

PROPUESTA METODOLÓGICA BASADA EN HERRAMIENTAS DE INGENIERIA
PARA LA MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS PERDIDOS EN CAMPO APOYADA EN
SIMULACIÓN DISCRETA PARA UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE LA
REGIÓN.

ANDRÉS MAURICIO DELGADO LUGO
CESAR SUAREZ CABALLERO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017

PROPUESTA METODOLÓGICA BASADA EN HERRAMIENTAS DE INGENIERIA
PARA LA MINIMIZACIÓN DE TIEMPOS PERDIDOS EN CAMPO APOYADA EN
SIMULACIÓN DISCRETA PARA UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE LA
REGIÓN.

ANDRÉS MAURICIO DELGADO LUGO
CESAR SUAREZ CABALLERO

Proyecto de investigación presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Industrial

DIRECTOR
JULIÁN GONZÁLEZ VELASCO
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2017

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Zarzal, Valle del Cauca,

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y capacidades para alcanzar este importante logro. A mi madre y familia por ser un apoyo incondicional, acompañarme a lo largo de este proceso y creer en mí.

Andrés Mauricio delgado

DEDICATORIA

Agradezco a mi familia y compañeros por brindarme todo su cariño y dedicación sin importar las dificultades era el pilar que me mantenía fuerte para continuar en este camino y poder culminar esta etapa.

Cesar Suarez caballero.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento de manera especial al Director de Trabajo de Grado **JULIAN GONZALES** Ingeniero ind. Por su compromiso y apoyo.

A la **Universidad del Valle y los docentes del programa** por todos los conocimientos y experiencias dadas.

A nuestras **familias y amigos** que estuvieron presentes durante todos este proceso y nos dieron su voz de aliento para continuar en este proceso

CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
2.	OBJETIVOS.....	20
2.1	OBJETIVO GENERAL:	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
3.	JUSTIFICACIÓN	21
4.	MARCO REFERENCIAL	22
4.1	ANTECEDENTES	22
4.2	MARCO TEÓRICO	27
4.3	MARCO CONCEPTUAL	32
4.3.1.	HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING	32
4.3.2.	DESPERDICIOS	33
4.3.3.	PRINCIPIOS LEAN MANUFACTURING	34
4.3.4.	HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING	34
4.3.5.	OEE: Overall Equipment Effectiveness (Eficacia Global del Equipo)	37
4.3.6.	PRUEBA CHI CUADRADO	38
4.3.7.	SIMULACIÓN	39
5.	DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS.....	42
5.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	42
5.2	LOGÍSTICA EN CAMPO.....	44
5.2.1.	CAMBIO DE TURNO:	45
5.2.2.	MANTENIMIENTO CARRO TALLER.....	45
5.2.3.	TRABAJO EN EL LOTE	47
5.3	RECOLECCIÓN DE DATOS	48
5.3.1.	DETALLES DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	49
5.4	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL	54
5.4.1.	Registro de actividades.....	55
5.4.2.	VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	56
5.4.3.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	59
5.4.4.	ANÁLISIS DE VARIABLES CRÍTICAS	61
6.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA EN PROMODEL	63
6.1	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	63
6.2	ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	69

7.	HERRAMIENTAS DE MEJORA	73
7.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5´S	75
7.2	IMPLEMENTACION MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	76
7.3	IMPLEMENTACIÓN DE SMED	82
7.4	RESULTADOS OBTENIDOS.....	83
8.	SIMULACIÓN DE LA NUEVA SITUACIÓN.....	85
8.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	87
9.	CONCLUSIONES	89

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: tiempos operativos azucarera Guácimas	19
TABLA 2 : Variedades de caña dependiendo de la región	28
TABLA 3 : ficha de tima de tiempos	51
TABLA 4 : ficha análisis de datos	53
TABLA 5: datos recolectados	55
TABLA 6: validación de muestra de mantenimiento	56
TABLA 7: validación de muestra de reparaciones	57
TABLA 8 : validación de muestra de paso por callejones	57
TABLA 9 : validación de muestra de otras pérdidas de tiempo	58
TABLA 10 : validación de muestra de velocidad de trabajo	58
TABLA 11 : simulación de PROMODEL	69
TABLA 12 : Herramientas vs problemáticas	74
TABLA 13: Lista de chequeo 5´S	76
TABLA 14 : Análisis de procesos SMED	82
TABLA 15 : Nuevos estándares de cosecha	83
TABLA 16 : Resultados PROMODEL nueva situación.....	85
TABLA 17 : Comparación de modelos tiempos productivos	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 : Ciclo de transporte y cadenero en suertes de caña de azúcar	31
FIGURA 2: Herramientas de LEAN MANUFACTURING	35
FIGURA 3 : proceso de cosecha mecanizada	43
FIGURA 4 : código de ubicación de muestra	52
FIGURA 5: validación de muestras.....	54
FIGURA 6: locación de entrada de caña	64
FIGURA 7 : locación de mantenimiento	64
FIGURA 8 : locación de reparaciones	64
FIGURA 9 : locación de giros en campo	65
FIGURA 10 : locación de callejones	65
FIGURA 11 : locación otras pérdidas de tiempo	65
FIGURA 12 : locaciones de vagones de transporte	66
FIGURA 13 : locación de despacho de vagones	66
FIGURA 14 : locación de cosechadora	67
FIGURA 15: Agrupación de problemas	73

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: relación de eficiencia, utilización y velocidad de corte	17
GRÁFICO 2 : Pareto consolidado en semanas	18
GRÁFICO 3: Pareto consolidado de los tiempos de cosecha.....	59
GRÁFICO 4 : relación de eficiencia-utilización y el nominal	60
GRÁFICO 5 : tiempo de reparaciones en 11 semanas	61
GRÁFICO 6 : tiempos de trabajo en 11 semanas	62
GRÁFICO 7 : Otras pérdidas de tiempo en 11 semanas	62
GRÁFICO 8 : Réplicas de pérdidas en callejones	70
GRÁFICO 9 : Réplicas de cosechadora	70
GRÁFICO 10 : Réplicas de reparaciones	71
GRÁFICO 11 : réplicas de mantenimiento	71
GRÁFICO 12 : Réplicas de tiempo de giros.....	72
GRÁFICO 13 : Réplicas de otras pérdidas de tiempo	72
GRÁFICO 14 : Tiempos de cosecha después de estándares	84
GRÁFICO 15: Comparación de tiempo replica 1	86
GRÁFICO 16 : Comparación de tiempo replica 2	86
GRÁFICO 17: Comparación de tiempo replica 3	87

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: FICHA DE ANÁLISIS

ANEXO B: MUESTRAS DE CAMPO

ANEXO C: IMÁGENES ANTES DE 5´S

ANEXO D: PRESENTACIÓN DE CAPACITACIÓN EN 5´S

ANEXO E: ESTÁNDAR PARA CAMBIO O DESDOBLE DE CUCHILLA BASE

GLOSARIO

Alistamiento: tarea que se efectúa antes de iniciar a una maquina o equipo con la finalidad de que esté lista para sus actividades.

Austoft: empresa fabricante de maquinaria agrícola.

Chulquines: brotes en la caña que aparece en el segundo o tercer mes.

Cameco : empresa fabricante de maquinaria agrícola.

Descogollador : cuchillas frontales de la maquina cosechadora que se encargan de quitar el cogollo en la parte superior de la caña.

Kinpin: es el tornillo que sujeta las gomas para que los movimientos no sean muy bruscos.

OEE: es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial.

Outsourcing: La subcontratación es el proceso económico empresarial en el que se transfieren las responsabilidades de tareas a una sociedad externa.

PROMODEL: software de simulación de procesos.

Rebobinadora: Máquina que sirve para bobinar.

Tablones: lote de caña sembrado limitado por callejones.

Trozadores: parte de la maquina cosechadora que se encarga de picar la caña.

Surcos: fila de caña sembrada.

INTRODUCCIÓN

La utilización de maquinaria agrícola en Colombia se hizo necesaria cuando la industrialización se extendió y se requería incluir herramientas que aumentaran la eficiencia de las tareas en el campo que eran realizadas de forma manual, Esto con el fin de tener la capacidad de competir a nivel internacional , problemas que no se tenían en cuenta surgieron en los procesos, una nueva etapa que obligaba que las organizaciones evaluaran las actividades realizadas por maquinas tanto a nivel operativo, táctico y estratégico.

La utilización de la maquinaria agrícola en las operaciones de cosecha presenta factores asociados que de manera directa e indirecta ocasionan tiempo de ocio; en el proceso de abastecimiento de caña estas pérdidas de tiempo son ocasionadas principalmente por fallas mecánicas, tiempos de alistamiento y mantenimientos preventivos, en la mayoría de los casos estos mantenimientos preventivos no son suficientes para garantizar un estado óptimo de las máquinas.

A pesar que los registros de información actual para la empresa, presentan datos fiables en cuanto a la operación y los procesos logísticos, sigue existiendo una carencia informativa (veraz y soportada estadísticamente), que permita identificar los componentes de pérdida de tiempo más representativos como tiempo perdido, mantenimientos correctivos, otras pérdidas de tiempo (Cambio de turno) y tiempo perdido en callejones, que conlleve a planear una ruta de mejoramiento metodológico usando herramientas de optimización; es necesario hacer un estudio, para tener una mejor base de información, cuya ejecución redunde en la estandarización de los procesos de cosecha mecanizada, el aprovechamiento eficiente de los recursos y el aumento de la rentabilidad del proceso de abastecimiento .

Este proyecto está diseñado con el propósito de plantear la problemática de los mantenimientos de las máquinas cosechadoras de caña, generando un análisis para determinar las fuentes que causan más pérdidas de tiempo y de esta manera proponer la implementación de herramientas de ingeniería industrial y posteriormente el diseño y ejecución de un modelo de simulación discreta para la validación de los impactos positivos generados en el sistema de cosecha.

El proyecto se enmarca en cuatro fases , se posiciona la empresa objeto de estudio en el panorama agroindustrial generando un valor comparativo en el sector identificando algunas falencias de manera inmediata, procediendo a generar un diagnóstico de la empresa que detallan los procesos realizados al área de cosecha mecanizada tomada como objetivo de estudio , se obtienen registros de los tiempos de campo de la empresa que son utilizados en la segunda fase para ser procesados y proyectados en un modelo de simulación que reflejaba el estado actual de la empresa, a continuación se aplican herramientas de ingeniería como 5's, mantenimiento autónomo y SMED que ayudan a reducir pérdidas

encontradas en la etapa de diagnóstico, con estas herramientas se crean estándares para actividades de cosecha mecanizada , se genera un nuevo estándar de tiempo que es utilizado para la última fase donde se proyectó de nuevo en un modelo de simulación en PROMODEL cuáles son los impactos de los nuevos estándares en las tareas de campo.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de la caña en el departamento del Valle del Cauca es una de sus principales fuentes industriales para el sostenimiento económico de la región, en este caso en el que la práctica del corte de la caña se ha llevado a cabo por décadas de manera manual, surgen nuevas alternativas que van en concordancia con el deber de la industria azucarera, el cual es mantener un nivel de desarrollo adecuado, dando paso a la introducción del corte mecánico de caña de azúcar y su posterior incremento. Estas alternativas surgieron del interés de la industria por conocer y ajustar esta oportunidad a las actuales condiciones, a la implementación de nuevas tecnologías para la cosecha de la caña, que propendan por la disminución de los costos de producción, alivien la escasez paulatina de mano de obra para la labor y permita el cumplimiento de la legislación ambiental cada vez más estricta respecto a la quema de caña de azúcar. Estos procesos llevan dos décadas en la industria que ha sido cautelosa en la expansión de la cosecha mecánica y no ha dejado de lado aspectos de carácter social técnico y económico derivados de la utilización de este sistema de corte.

La industria encontró una estabilidad en la productividad del corte mecanizado, basando este proyecto de investigación en el análisis de la eficiencia de las máquinas cosechadoras e implementación de nuevos métodos que mejoren los rendimientos de las máquinas en campo, introduciendo técnicas y tecnologías que faciliten el cumplimiento de objetivos del área de cosecha que es la piedra angular de los procesos realizados por los ingenios que buscan diariamente mejorar y reducir desperdicios.

Empresa: el proyecto se lleva a cabo en una empresa agroindustrial dedicada a la siembra, corte de caña y producción de azúcar, es colombiana con noventa y siete años de experiencia en el mercado nacional e internacional en la producción y comercialización de azúcar, miel y alcohol. Actualmente es una de las líderes en producción de azúcar

Es una sociedad anónima de capital nacional, sometida al control exclusivo de la Superintendencia Financiera de Colombia por ser emisora de valores y tener sus acciones inscritas en el Registro Nacional de Valores y Emisores. Durante el período de este informe no se presentaron cambios en la propiedad de la Compañía.

La empresa integra todo el sistema de producción desde la materia prima, el presente trabajo se dirige a los procesos realizados en campo específicamente el corte de caña con maquinaria.

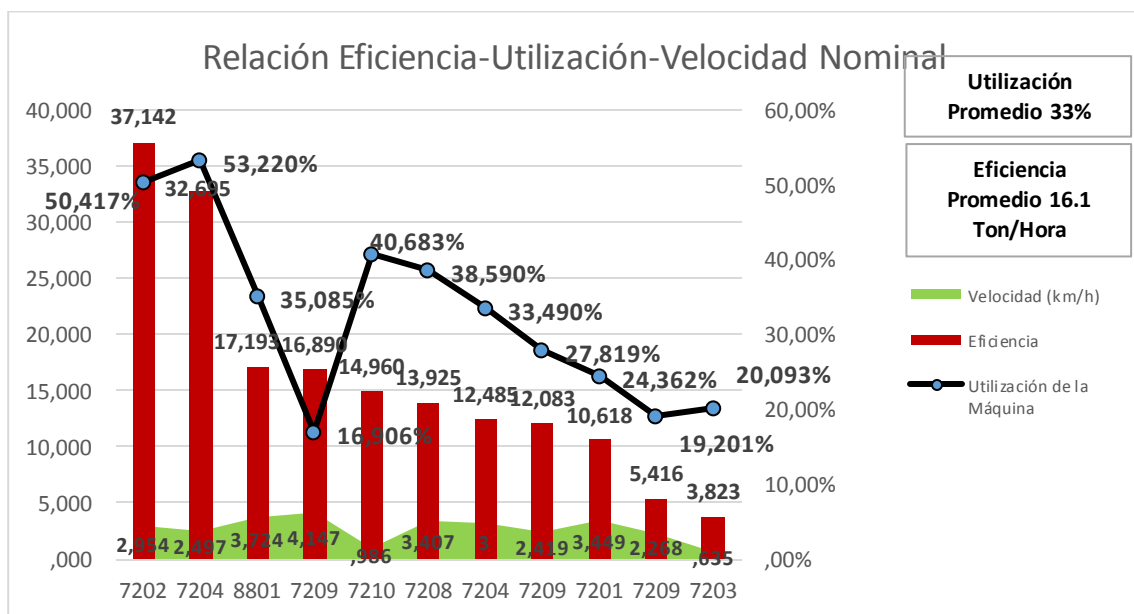
Maquinaria utilizada: La John Deere 3520 es la cosechadora más vendida en la industria global. Ninguna otra cosechadora puede igualar su desempeño, confiabilidad, confort, opciones y facilidad de uso. La 3520 logra pasar por las condiciones más difíciles y está equipada con el comprobado motor John Deere 4 Valve PowerTec 9.0L de 337 hp (375 hp opcional), diseñado específicamente para aplicaciones agrícolas. La verdadera prueba de fuerza no es lo que la cosechadora puede hacer a la potencia nominal del motor sino lo que puede hacer por encima de ésta. Cuando se carga al máximo la máquina puede desarrollar hasta 10% de reserva de potencia. Este músculo adicional es lo que le permite cosechar fácilmente campos con condiciones difíciles.

A partir de las máquinas utilizadas se incluyen el factor suelo, este puede generar un gran impacto en el desarrollo de las actividades en campo, teniendo en cuenta

- La topografía del terreno para facilitar el paso de las máquinas.
- El manejo de la densidad de siembra por medio de la distancia entre surcos.
- Temperatura y textura de suelo, en temporadas de lluvia cuando los suelos se vuelven inestables se debe suspender el corte de caña mecanizado.

El Gráfico 1 muestra la relación de eficiencia vs Utilización-velocidad nominal de corte. Esta información se recolecta para analizar las tareas que realiza las máquinas cosechadoras y que tiempo dedica a cada una de las actividades que realiza en campo.

GRÁFICO 1: relación de eficiencia, utilización y velocidad de corte



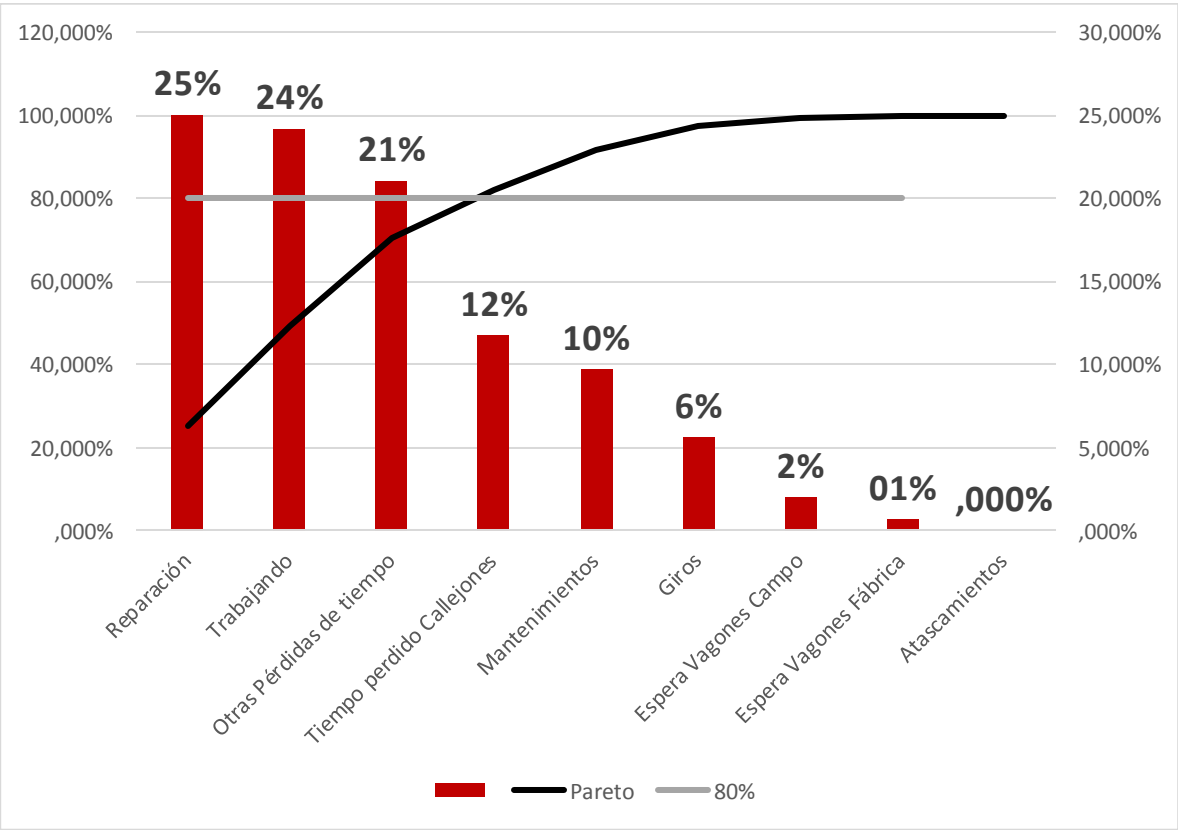
Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, se presenta mucho tiempo improductivo, los mantenimientos tienen escasa planeación para la prevención de fallas y no se programan revisiones periódicas significativas.

Se plantea una problemática a partir del diagnóstico de problemas futuros que pueden ser progresivos y causar daños mayores provocando que las máquinas permanezcan más tiempo fuera de funcionamiento, estas máquinas deben ser inspeccionadas, limpiadas y lubricadas diariamente.

El problema de los tiempos improductivos en campo también está dado por la falta de cumplimiento con el tiempo establecido para el cambio de turno, significando esto extensos espacios de ocio por parte de los operadores de máquinas cosechadoras, y finalmente esto termina afectando la operación en campo. Ver (Ver Gráfico 2).

GRÁFICO 2 : Pareto consolidado en semanas



Fuente: Elaboración propia

En Gráfico 2 se identifican las actividades que más tiempo consumen, determinando cuál de estas es primordial para la producción o agregan valor, identificando que las reparaciones y otras pérdidas (cambios de turno) de tiempo eran las principales causas de la baja utilización promedio de las máquinas cosechadoras, para tener más provecho de estos datos se comparan con estudios similares para determinar que la variables que se evidencian como problemas realmente deben ser intervenidas.

Estudio realizado en la empresa azucarera Batalla de las Guásimas del municipio Vertientes, provincia de Camagüey.

TABLA 1: tiempos operativos azucarera Guácimas

CASE 7000		Productividad x hora
Trabajando	53%	27,34 t/h
Mantenimiento diario	10%	
Paradas por roturas	7%	
Paradas ajenas a la máquina	26%	
Descanso y necesidades personales	4%	
Total	100%	

Fuente: datos de cosecha del ingenio batalla de las guácimas

Comparando los datos de las máquinas cosechadoras de las 2 empresas resalta la baja productividad de la empresa caso de estudio y las operaciones que deben estudiarse, con el objetivo disminuir su tiempo y aumentar la productividad de las máquinas.

Con base en lo expuesto, surge como interrogante de investigación ¿Qué métodos se pueden establecer que contribuya a minimizar los tiempos improductivos en el área de campo de una empresa agroindustrial de la región?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Proponer una estructura para la valoración de la eficiencia de la cosecha mecanizada en una empresa agroindustrial de la región que contribuya para una propuesta de minimización de tiempos improductivos en campo

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ Caracterización de los procesos y Realizar un diagnóstico de las actividades relacionadas con la operación de maquinaria en el área de campo de la empresa objeto de estudio.
- ✓ Elaborar un modelo de simulación de las actividades de cosecha mecanizada integrando herramientas de ingeniería industrial.
- ✓ Definir una metodología para estandarizar los tiempos en la operación de cosecha mecanizada generando una propuesta que mejore la eficiencia en la cosecha.
- ✓ Realizar un análisis de sensibilidad del modelo cumpliendo con los estándares de operación propuestos

3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de este trabajo de investigación radica en la eficiencia que se puede obtener por medio de herramientas de ingeniería que sirvan de apoyo a las actividades de campo de una empresa del sector agroindustrial. Puesto que el nivel de competencia internacional es cada vez más exigente forzando a la industria a optimizar sus procesos tanto estratégicos como operativos, mejorando estos mismos en el campo de la cosecha mecanizada.

Teniendo en cuenta la situación actual de la operación, se evalúa ésta haciendo uso de un estudio de métodos y tiempos, el cual, a través del análisis de los datos obtenidos, nos deja en evidencia que los procesos que generan mayor pérdida de tiempo, son los cambios de turnos (contemplado en la variable de otras causas de pérdida de tiempo), los mantenimientos correctivos y los mantenimientos preventivos.

Dado los resultados del diagnóstico obtenido por el estudio anteriormente mencionado en la operación, se diseñan planes de acción, con el fin de mitigar los tiempos muertos en la cosecha mecánica. Dichos planes están soportados en herramientas de ingeniería, que, con su adecuada implementación al sistema y correcto seguimiento, fomentando así la mejora continua, aportará excelentes resultados al proceso de cosecha mecanizada de caña de azúcar.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

El mejoramiento o reducción de desperdicios al realizar las actividades se toman de Las herramientas lean manufacturing que son de grande importancia para el desarrollo y planteamiento de posibles soluciones en grandes empresas como lo fueron en su inicio para la compañía Toyota en 1950 que sirvieron para mejorar y optimizar las actividades, estos procesos fueron ampliados para que su aplicación fuera en cualquier empresa ya sea productora de bienes o servicios, independientemente de su tamaño Se plantea el usar la metodología 5's basado en las 5 palabras japonesas seiri ,seiton ,seiso ,seiketsu ,shitsuke. Esta es una técnica que busca mayor orden y limpieza con el fin de mejorar las condiciones del sitio de trabajo y halla un mayor desempeño de los empleados.

Para afrontar problemas de rendimiento la limpieza es el pilar principal en este caso Lefcovich Mauricio (2008) explicaba que a partir de la aplicación de las 5's pueden obtenerse niveles bajos de suciedad Y más rapidez en la detección de fallas en las herramientas, reduce el número de accidentes y aumentan el mantenimiento de los equipos, viéndose notablemente favorecido la técnica SMED por la limpieza y el orden de las herramientas que se van a utilizar y de esta manera agilizar tiempos de cambios y alistamientos que son tiempos muertos que no generan utilidad a las empresa.

Zapata y Rodríguez (2012) realizaron un trabajo en una productora de lámparas encargada de distribuir a home center que por su compromiso de mejorar calidad y nivel de producción, la empresa cuenta con buena infraestructura y tecnología para llevar a cabo los procesos pero el hecho de no contar con adecuada estructuración para las áreas de trabajo como listas de requerimientos para las actividades, una adecuada ubicación de las estaciones y asignación para las herramientas provocando desperdicios , este desorden se extendía hasta el área de almacenamiento donde habían perdidas de producto terminado, esta visualización genera un gran aporte para la reducción de tiempos en los cambios de turnos en la empresa caso de estudio.

La implementación de la metodología 5's daba inicio con un diagnóstico de dos áreas donde se identificaban puntos críticos y con eso tomar las medidas necesarias para los factores de riesgo, se llegó a conclusión que había aproximadamente 80% del espacio mal distribuido y la empresa apoyándose en los pilares de 5's clasifico los objetos necesario e innecesarios obteniendo resultados satisfactorios como una mejor distribución del espacio físico, personal y materia prima.

En el trabajo de maquinaria pesada estas están expuestas a fallas constantemente exigiendo una atención más personalizada buscando la reducción de falas en los equipos y que tengan que estar el menor tiempo en manteamientos y ajustes, para el caso de que estos entren fallas tener un plan de repuestos con correctivos bien establecidos que disminuyan el tiempo de intervención, en el caso el trabajo elaborado por Montoya y Núñez (2014) implementaron la técnica 5`s en grupo elite de outsourcing S.A.S Esta es una empresa dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento, alquiler y venta de maquinaria de oficina bajo la modalidad de Outsourcing que tenían un problema en los procesos y procedimientos. Realizaron diagnósticos para evaluar el estado actual ,se presentó la primero la implementación de 5`s para mejorar el orden y la limpieza en el área de mantenimiento Además Se proponían trabajar con un modelo de mantenimiento autónomo para disminuir la frecuencia de realización de mantenimiento correctivo a las máquinas y equipos, hicieron análisis general del área de abastecimiento, buscando la mejora de disponibilidad de repuestos, encontraron falencias directamente asociadas a los servicios del departamento de mantenimiento, establecieron un manual guía para esta área. Como resultado de esta implementación obtuvieron mejoras en la eficiencia, el pilar de TPM concateno perfectamente con las metodología 5`s, y se establecieron directrices para los correctivos en los mantenimientos.

Otro caso fue el realizado por Edgar Mendoza (2010) con una aplicación de 5`s en la compañía azucarera Valdez S.A buscando aumentar la eficiencia en los talleres de servicio, el factor principal de para poner en marcha las 5`s era la concientización de los empleados ,la aplicación permitió un mejor uso de los espacios en el taller, el presupuesto tuvo una reducción del 46,51 % entre los años 2009 y 2010,también se redujo un 50 % ocupado por las máquinas en el taller y un 50% en los accidentes laborales, este proceso no solo les arrojó números positivos sino que genero un cambio de actitud positiva en los trabajadores.

El sistema SMED o cambio de matriz tuvo su inicio por que se necesitaba lograr una producción más eficiente y exacta donde lo que se quería era producir por lotes más pequeños y poder cumplir con pedidos diferentes pero para estos métodos en producción se necesita realizar cambios de placas y moldes ,por la necesidad de tener un producción justo a tiempo sin tener sobre costos en ajustar máquinas, estas tareas de preparación y ajuste se realizan antes y después de producir cada lote, estos tipos de preparación se dividen en internas como todas las actividades que puedan realizarse cuando la máquina esta parada y externas son las actividades que se Pueden hacer cuando la máquina esté funcionando, Paredes (2011) afirmaba que Esta misma técnica aplicada a la preparación de equipos, máquinas o líneas de producción durante las actividades de cambio de modelo o producto o, también durante la ejecución del mantenimiento, puede

conllevar a reducir hasta en un 60% los tiempos de parada programada de máquina.

Otro fue el proyecto de García (2013) implementando la herramienta SMED en los tiempo de alistamiento en la línea de producción de una planta farmacéutica, la empresa busca reducir los tiempos productivos en el alistamiento y limpieza(implementación de 5`s) en los laboratorios de GENFAR ,estos tiempos perdidos representaban para la empresa el 25% del tiempo de labores de la empresa ,que su equivalencia en pesos es un total semestral \$145'119.746, plantearon una reducción de tiempos con la herramienta SMED donde con identificación de operaciones internas y externas ,capacitación de los empleados donde buscaban aumentar la seguridad y autonomía al realizar labores de limpieza y preparación de las máquinas ,obtuvieron resultados de reducir las pérdidas en un 50%.

Urrego (2012) aprovechando la herramienta SMED en la empresa EL COFRE S.A para la solución del problema que tenían la línea de producción de aros para ruedas porque estas son producidas por lotes y la dirección exige a esta línea un aumento en la productividad del 11% ,este plan tuvo como resultado la reducción en la operación más demorada del 58.8% en la preparación , Finalmente, aplicar la metodología SMED llevó a mejorar la eficiencia de la línea, en tanto que maximiza la utilización de los recursos, en la última fase del proyecto, la que correspondía a todos los aspectos para la preparación de la línea , la planificación del cambio se convierte en punto crítico para la reducción de tiempo de cambio de línea porque esta es la que más demanda tiene y también la responsable de más tiempo de cambios pero obtuvieron una reducción del 17,2%.

Otro trabajo realizado por Vázquez (2011) utilizó la herramienta SMED en la empresa CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A una empresa productora de llantas en ecuador, en este caso el trabajo aborda el área de producción de llantas para camión radial, en esta hay una diversidad de neumáticos modelos y medidas ,llevando al problema porque en cada cambio la máquina necesita ajustes y diferentes materiales, la empresa aplicando la herramienta SMED evaluaron las operaciones internas y externas ,simularon la carga de los trabajos para asignar las actividades y se elaboró un manual para el suministro de materiales para la máquina y distribución de las responsabilidades de las personas que van a realizar los cambios, arrojando resultados en 4 líneas de cambio que fueron intervenidas con reducción de tiempo del 38% ,25%,29% y 44% .

El trabajo realizado por Rojas y Cortez (2014) en PEPELES NACIONALES S.A , la empresa presenta perdidas por cambios de bobina de papel semielaborado entonces decide utilizar la herramienta SMED para reducir tiempos que no agregan valor como los alistamientos, la empresa basada en indicadores OEE se da cuenta que puede mejorar la disponibilidad y eficiencia en la máquina rebobinadora de esta forma cambiar los tiempo de cambio en tiempo productivo,

llevar acabo a la empresa presento una reducción en el cambio de bobina del 32% ,lograron estandarizar los procesos de cambios y comprometer al personal, adicionalmente se generó \$41.000.000 el proyecto proveniente del tiempo en que la máquina permanecía detenida por cambios.

Estas herramientas están proyectadas al aumento de productividad de las máquinas encargadas de la cosecha estas deben estar en estado óptimo para realizar las labores y en este caso un correcto mantenimiento es fundamental, estos mantenimientos deben ser preventivos y continuo refiriéndose a que deben mantenerse vigilada la máquina frente a cualquier siniestro que pueda presentarse.

Hoy en día son muchas las empresas industriales que utilizan metodologías y herramientas de gestión como TPM (Total productive maintenance), la piedra angular para que funcionen en gran medida a una buena implantación previa de las 5S, Estas son estrategias decisivas en la gestión moderna gerencial para ser frente a la incertidumbre y al riesgo del entorno.

(Edwards Deming, 1986) El mantenimiento autónomo como pilar del TPM no es solo una parte más del área de mantenimiento es una filosofía de trabajo que se integra realmente con los principios de calidad total, zimmermann jose (2005) la clave es establecer metodologías que permitan llevar a la práctica de manera sistémica y ordenada sus principios, como es de suponer donde se plantean cambios de hábitos y costumbres el mayor peligro de no llegar al objetivo es falta de constancia en el propósito.

Castillo y Güette (2006) realizaron una aplicación en CELLUX COLOMBIANA S.A. es una compañía a nivel internacional que se dedica a la fabricación y comercialización de cintas adhesivas utilizando tecnología Suiza. Su producción cuenta con tres procesos que son Adhesivo, Conversión e Impresión, la empresa con mira de mejorar los procesos productivos programando los mantenimientos de las máquinas definidas a partir de las horas de operación, el otro problema son las responsabilidades de los operadores estos no realizan lubricación, reparaciones y preparaciones de máquinas. Como consecuencia de esto se está viendo afectada la calidad de la producción, en el trabajo implementan un metodología de para el mejoramiento de la producción usando la filosofía 5`s para adaptar al personal y lograr una área de trabajo más apta para llevar a cabo el TPM con mantenimientos preventivos como inspecciones, lubricaciones y limpieza pasando a la fase de estandarización de estos procesos, esta filosofía llevo apertura del área de mantenimiento donde se controlan las operaciones del TPM, como resultado a calidad de los productos aumento.

Otra aplicación a cargo de Ardila (2009) en La empresa BAVARIA seccional Bucaramanga con la idea de ajustar su producción a nivel mundial con base en este trabajo donde se plantea la implementación de mantenimiento autónomo

donde buscan el cumplimiento de tres actividades principales como lo son evitar, detectar y reparar problemas en la producción buscando mejorar la eficiencia, estos procesos los definieron en una serie de pasos :Limpieza inicial, Eliminar las fuentes de contaminación, Establecer estándares de limpieza y lubricación, Inspección de equipos, Inspección autónoma, Implementación plena del mantenimiento autónomo

Se comprobó el correcto funcionamiento cuando se realizaron auditorias y se encontró seguridad en las áreas, las habilidades de los operadores aumentaron y cumplían con sus roles, los mantenimientos cumplen con las etiquetas es decir que se solucionan resuelven todas las anomalías en las máquinas.

Otro aporte fue en el proyecto de Sánchez (2013) en el cual usaron TPM para mejorar procesos en La fábrica de motores y ventiladores de SIEMENS S.A que está en una estrategia de cambios e involucra el área de manteniendo, este trabajo se enfoca en un proceso de mejoramiento del área de mantenimiento, que muestra un atraso que se ve representado con pérdidas en promedio de \$3.309.000 mensuales.

En el trabajo desarrollan un diagnostico con OEE donde median las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paros, desarrollaron un cronograma para capacitaciones y entrenamientos en TPM. Después diseñaron el plan maestro de TPM donde definieron todas las metodologías para realizar el TPM, definieron como base del TPM la filosofía 5`S para limpieza y orden en las áreas, para revisar el impacto de implementación programaron auditorias donde encontraron porcentajes de aprobación superiores al 85% en todas las áreas donde se usó el TPM Y 5`s.

Otro trabajo de donde se plantea un procesos de mejora continua por Rangel (2011) a la planta de producción OFIXPRES S.A.S aplicando mantenimiento total productivo (TPM) con mejoras que son enfocadas en el mantenimiento autónomo , en el proceso fijaron unos indicadores para encontrar cuales son los puntos críticos y establecer acciones correctivas los problemas también fueron detectados con herramientas que utilizaron como las 5W y diagramas de causa y efecto , para llevar el correcto proceso de mantenimientos crearon formatos basados en la filosofía 5`S , capacitaron al personal en manteniendo autónomo y mejoramiento enfocado como resultado mejoraron la rentabilidad y competitividad de cada operario.

Para tener un panorama donde se visualicen todos estos mecanismos de mejora para las actividades de un empresa, hay distintos métodos para sustentar resultados que pueden resultar viables, unos de estos métodos es la simulación discreta de eventos en este caso hay casos de empresa que han hecho uso como Un caso de simulación discreta fue realizado por Ceballos y Restrepo (2013) en la empresa Renault usaron el software Promodel para la problemática de

reparación de vehículos que ingresaban por aseguradora, la simulación contaba con las áreas de recepción ,autorización, desarmado, latonería, preparación de superficies , pintura, ensamble electromagnético , Lavado y facturación. Para el modelo se definieron 23 variables validadas en el software Statgraphics, El tiempo asignado a la simulación correspondió a 396 horas reales de trabajo que representan tres meses de operación en el taller con los resultados obtenidos el área cuello de botella era la autorización, se definieron estándares para la Disminución en el tiempo de autorización por parte de las compañías aseguradas

4.2 MARCO TEÓRICO

En corte de cosecha mecanizada en Colombia inicia en los años 80, este encuentra sujeto a ciertas variables que pueden determinar la eficiencia determinándolas como: los atributos de las variedades de la caña, el diseño del campo o tamaño de los lotes sembrados, la máquina cosechadora usada, la capacitación o nivel educativo del operario de acuerdo a los procesos, los mantenimientos de las máquinas , la logística del corte y el transporte de la caña a la fábrica, el éxito de la cosecha depende del buen funcionamiento de las variables anotadas. Mantilla (2010)

- Variedades de las cañas : para el proceso de cosecha es fundamental que el operador a cargo tenga conocimiento de las distintas variedades de frutos, siempre se busca un tipo prometedor que aporte un gran rendimiento y esto se consigue cuando tienen un periodo vegetativo corto y que posean un nivel de concentración de azúcares alto, estas clases también deben tener una capacidad de adaptabilidad al clima, insectos y plagas , por estas razones la variedad que se decida producir juega un papel fundamental, el suelo en el que se siembre y el manejo que se le da al cultivo en cada una de las regiones , podemos ver cómo se lleva cabo la distribución de las variedades de acuerdo a las regiones en Colombia ver la tabla 2.

TABLA 2 : Variedades de caña dependiendo de la región

Variedad	Producción potencial de panela, t/ha		Región geográfica y unidad agroecológica
	Min.	Max.	
RD 75-11	20,3	24,1	Hoya del río Suárez Chicamocha (Me – Mf) – Corte por parejo
PR 61-632	14,2	17,5	
POJ 28-78	11,5	15,4	
MY 54-65	17,3	19,7	Cundinamarca y Norte de Santander (Mf – Mg) – Corte por entresaque
RD 75-11	18,5	20,6	
POJ 28-78	9,8	13,7	
RD 75-11	19,8	23,7	Antioquia (Me – Mf – Mg) – Corte por parejo
PR 11-41	19,4	22,5	
SP 701284	20,2	23,3	
MY 54-65	18,4	20,4	Llanos Orientales y Cimitarra (Santander) (Cg – Cj) – Corte por parejo
MZC 74-275	19,4	22,6	
PR 62-66	21,2	23,7	
RD 75-11	20,1	24,3	

Fuente: Manrique e Isuasty, recomendaciones para el cultivo de la caña (2000).

La determinación de la variedad de caña que se utiliza puede definir el éxito de la industria resaltando el destino que se le piense dar ya sea para producción de panela o mieles.

Diseño de campo:

Este determina las características como se siembra, en esta fase se puede ver una de las principales falencias causantes de pérdidas de tiempo en campo, comenzando por los callejones divisorios entre tablonos las máquinas deben poder moverse entre tablonos para realizar el corte de caña si los callejones no tienen un fácil acceso o son demasiado anchos generan pérdidas de tiempo que se resumen en dinero, después de esto los tablonos del cultivo deberían tener una longitud por lo menos de 300 metros propuesto por técnicaña (2007), este tiene una pérdida de tiempo asociada a los giros que las máquinas deben realizar cuando terminan los surcos de un tablón, también existe la propuesta de la separación que debe tener entre los surcos de 1.90 metros estas medidas son propuestas por los fabricantes de las máquinas que aseguran que puede facilitar el trabajo de la cosechadora evitando fallas.

Existen otras variables ajenas al proceso como lo puede ser el terreno de cosecha luego de constantes lluvias las máquinas se atascan y los vagones que acompañan a la máquina para ser llenados se atascan, técnicaña (2007), plantea el uso de vagones de auto volteo como necesidad de corte, estos con un menor peso pueden ingresar al corte con

mayor facilidad y tienen un sistema de vaciado con hidráulicos para vaciar a los vagones de transporte que esperan en los callejones.

Mantenimientos de las máquinas: Las máquinas deben recibir mantenimiento y limpiezas con frecuencia esto garantiza el buen funcionamiento de la máquina y la vida útil esperada, se pueden clasificar el mantenimiento en 2 grupos:

- **Preventivos:** Con los mantenimientos preventivos se busca reducir el índice de fallos empezando con la programación de inspecciones, para revisar el funcionamiento y la seguridad de la máquina, se realizan ajustes de tornillos, reparaciones, analizan las causa de fallos, se limpia, lubrica estos debe realizarse de una forma periódica con plan de ejecución establecido.

Su propósito es ver las fallas antes de que suceden se analiza la infraestructura y los procesos, la característica de este método de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas cuando apenas están comenzando y corregirlas en un momento oportuno.

Cuando se realiza un buen mantenimiento preventivo se determina la causa de las fallas repetitivas o causadas por el tiempo de operación, como también los puntos débiles de las máquinas.

Como propuesta para encontrar una mejora en los preventivos en los procesos de cosecha mecanizada se propone el uso de la herramienta de las 5's se inicia con la elaboración del diseño del programa, primero se realizará el diagnóstico de la situación actual de la empresa, en donde se analiza el estado de la misma con respecto a la metodología de las 5S y se identifican las fallas en las áreas productivas.

Vargas (2000), propone que este puede ser aplicada a cualquier organización, que quiere empezar el camino de mejora continua, incluso para los que creen que están bien siempre se puede reducir desperdicios, reducir desplazamiento, tiempo y espacio.

El área de cosecha manifiesta grandes pérdidas por fallas en las máquinas por falta de limpieza y demoras en los mantenimientos por falta de estándares y capacitaciones, el orden en las herramientas de trabajo es fundamental quitar tiempo buscando cosas, en este caso Dorbessan (2000), contaba que esta herramienta genera un cambio en toda la empresa enfocándose en desperdicios mejorando la calidad ,seguridad, productividad ,el ambiente laboral mejora con un nivel de comunicación más alto y plan de capacitación fortalece el aprendizaje, un ambiente limpio despejado en el área de trabajo provoca de inmediato el aumento en la productividad y fortaleciendo los preventivos.

- **Correctivos:** El mantenimiento correctivo está enfocado en reparar una falla que se presente en transcurso del proceso, este un modelo muy antigua de mantenimiento es el equipo quien determina cuando se debe parar, la idea de este es poner en funcionamiento el equipo o máquina lo más rápido posible y con el mínimo de costos, cuenta con unas ciertas características especiales y desventajas para la empresa que utilice este modelo

Características

Se necesita una alta disponibilidad de mano de obra provocan Altos costos de oportunidad, se deben mantener un buen nivel de repuestos para cuando las máquinas fallen, de tal manera que puedan permitir efectuar cualquier reemplazo de piezas a fallos no esperado. Generalmente es desarrollado en pequeñas empresas. En las empresas siempre se busca no trabajar bajo esta modalidad pero siempre esta presenta en los procesos y las organizaciones deben estar preparadas para cualquier eventualidad

Desventajas

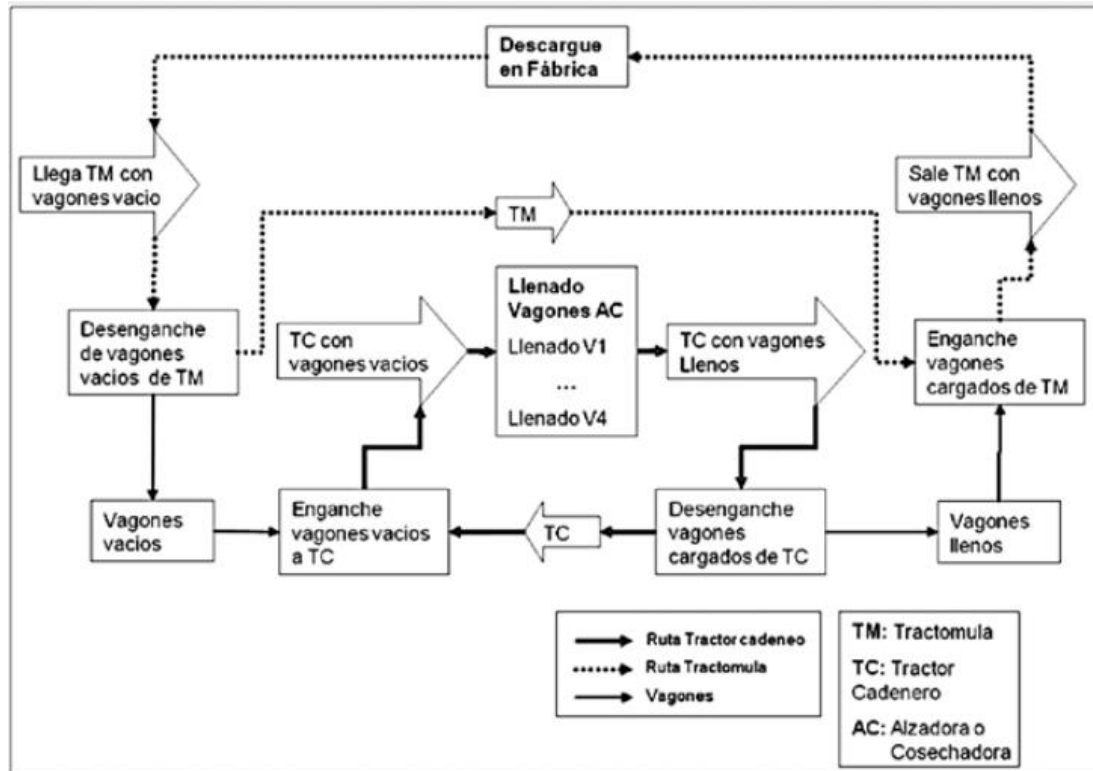
- Tienen tiempos muertos inesperados
- Una falla mínima en las máquinas con el tiempo puede causar efecto en cadena y causar fallas en otras partes del mismo equipo generando una fallas más grande y costosa
- Es muy común que cuando un equipo falle el repuesto que se necesite no esté disponible, porque al estar bajo la influencia de muchas fallas se deben tener muchos repuestos en almacén .
- Se dan situaciones en las que la producción no se puede detener y ocurre una falla, alterando el nivel de seguridad durante el proceso.
- Los equipos desgastados pueden afectar la calidad de los productos.

Logística del corte: esta sección del proceso de cosecha mecaniza es de vital importancia, se han identificado falencia en el proceso por falta de limpieza o prevención de problemas como averías, falta de mantenimientos programados y un vasto sistema de disciplina para el control y mantenimiento del estado óptimo de los equipos o maquinaria de cosecha.

Se analizan el movimiento y tiempos que intervienen en el proceso de corte desde la selección de la suerte, cambios de turno, alistamientos, cadeneo y transporte de vagones en la suerte, la figura 5 representa todo el proceso logístico del transporte de caña, estas variables consumen un tiempo considerable de las

actividades de campo, en gran parte del tiempo generan retrasos para un mayor aprovechamiento de las máquinas cosechadora.

FIGURA 1 : Ciclo de transporte y cadenero en suertes de caña de azúcar



Fuente: Logística de cosecha: evaluación de tiempos y movimientos. Indicadores y control, LUIS AMU (2010)

El flujo de vagones en campo es fundamental si este no es eficiente la máquina debe esperar que estos lleguen generando pérdidas de tiempo por espera de vagones en campo y fabrica

Para afrontar las problemáticas de pérdidas de tiempo en la fase de cosecha se encuentran propuestas dentro del sistema de lean que pueden aportar grandes beneficios , se encuentra que “Incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales” Juan Carlos Hernández, Antonio Idoipe,(2013) , las características descritas pertenecen a la metodología SMED que presenta u gran margen de aplicación teniendo en cuenta que otras herramientas del mismo sistema de mejoramiento continuo han sido propuestas y pueden generar un perfecta sinergia como vemos “las 5S son los pilares para el trabajo con técnicas más metódicas y

concretas que no se aplican en toda la planta, sino a una máquina o estación de trabajo, como los sistemas SMED y los sistemas Poka Yoke.” JUAN ARRIETA POSADA, (2007). Como se muestra en la cita la aplicación de cada una de las metodologías deben ser de forma conjunta y la efectividad de una va ligada directamente proporcional al impacto que genere la anterior, como plantea el autor 5´s es el pilar para dar continuidad al SMED, mantenimiento autónomo y de más herramientas lean que puedan realizar en cada una de las actividades de cosecha mecanizada.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1. HISTORIA DE LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing surgió de la compañía Toyota en 1930 cuando kichiro Toyota, taichí ohno y otros asociados buscaron una nueva forma de producir, implementaron una serie de innovaciones que buscaban bajar la cantidad de desperdicios y aumentar la competitividad en los procesos. “es un enfoque de mejora que ha tenido gran acogida gracias a su capacidad para dar solución efectiva a muchos de los problemas que enfrentan las organizaciones hoy. Por esta razón, grandes empresas a nivel mundial han implementado este enfoque como una estrategia de negocios para mejorar la calidad de los productos y servicios, mejorar la eficiencia de los procesos, aumentar la satisfacción del cliente y aumentar la rentabilidad” (Jiménez-Amaya, 2014).

Aláez et ál., (2003).Este modelo japonés tuvo gran éxito que desencadeno un proceso de extensión en otras industrias empezó la imitación, en productores estadounidenses como europeos, con diferencias en el alcance de la aplicaciones el ritmo en las la efectuaban y la composición dependiendo del sector, esto se hizo más intenso a principios de los ochenta.

Basados en su idea principal de reducir desperdicios de producir más y más con menos aumentado la productividad situando el poder en los procesos, “el objetivo de la transformación del proceso a los principios Lean es conseguir eliminar de los procesos las actividades que no aporten valor añadido (desperdicios) e introducir la flexibilidad necesaria para adaptar la producción a una demanda fluctuante” (Cuatrecasas, 2007).

Se buscaba delegar el poder y disminuir la jerarquía pasar la responsabilidad de los ingenieros a los operarios, del mismo modo el conocimiento era trasladado los operarios que son los que permanecen más tiempo involucrados con el proceso.

4.3.2. DESPERDICIOS

Se consideran desperdicios de producción todos aquellos procesos que no agregan valor al producto o los cuales el cliente no está dispuesto a pagar por ellos, estos deben regularse de acuerdo al requerimiento del cliente, a continuación se especifican como se distribuyen los desperdicios según su fuente

- Sobreproducción: Procesar más artículos de lo que el cliente requiere , este es considerado como una de las principales fuentes de desperdicio y causante de otros
- Inventario: Mantener más producto del que necesitan ya sea de materia prima, el principal problema está en que los verdaderos problemas de la empresa no son visibles
- Transportación: Mover el producto de un lado a otro así sean distancias cortas, también se considera para materiales o partes desde el área de almacenamiento
- Espera :Cualquier retraso y que los operarios estén a la espera de materiales o información, también si se espera por fallas o averías en las máquinas
- Movimiento: Cualquier movimiento que realice el operador aparte de generar valor en una secuencia de trabajo
- Sobre procesamiento: Hacerle a los productos cosas por las que el cliente no está dispuesto a pagar o niveles de calidad más altos
- Corrección: Son fallos en el proceso que obligan que los productos sean re trabajados o inspeccionados son los llamados inconformes o devueltos por el cliente
- Talento Humano: Este es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios. Cuando los empleados no se han capacitado en los 7 desperdicios se pierde su aporte en ideas, oportunidades de mejoramiento.

4.3.3. PRINCIPIOS LEAN MANUFACTURING

- **Definir el valor:** En este principio nos muestra que no se debe pensar por los clientes, ellos deciden qué cosas tienen valor hay que verlo desde su perspectiva, que es lo que los clientes realmente esperan de los productos, cuales son las características que esperan de los productos y aquellas que el cliente está dispuesto a pagar, todo lo demás es considerado muda.
- **Análisis de la cadena de valor:** Se identifica toda la cadena de valor por secuencias de actividades que van a permitir responder a la necesidad del cliente, se crea un mapa de la corriente de valor de esta forma eliminar desperdicios y aquellas actividades que no agregan valor, la cadena de valor contiene los pasos necesarios para que el cliente reciba el producto.
- **Flujo continuo:** Se debe lograr un movimiento de flujo sin interrupción continuo del producto o servicio a través de toda la cadena de valor desde la materia prima hasta llegar al consumidor quitando obstáculos en el proceso y que cada paso le agregue valor al siguiente, se debe tener en cuenta que se busca trabajar por lotes más pequeños para reducir los tiempos de demora y costos de producción.
- **Sistema Pull :** Producir lo que le cliente quiere, después de eliminar los desperdicios se debe tener el flujo correcto para generar una respuesta más rápida y con menos esfuerzos, todo esto buscando mantener el nivel de stock al mínimo.
- **Mejoramiento continuo:** El trabajo debe ser constante para lograr avance las empresas deben empezar con mejoras pequeñas de manera continua, buscando siempre una producción con ciclos más cortos. "Ninguna máquina o proceso llegará a un punto a partir del cual no se puede seguir mejorando" (Sakichi Toyoda ,1890), sin olvidar siempre generar valor para el cliente.

4.3.4. HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING

Se consideran a las distintas herramientas que hacen parte del sistema de producción esbelta, todas las herramientas ayudan a reducir las mudas especificadas, para obtener un mayor impacto de algunas deben haber sido introducidas con anterioridad como es el caso de las 5's que es pieza importante para iniciar el este proceso de mejora en la figura 6 muestra las alternativas

FIGURA 2: Herramientas de LEAN MANUFACTURING



Reindustria(2008). Red de conocimiento en Innovación, Gestión en Tiempo Real y Agilidad Empresarial. <http://redindustria.blogspot.com.co/2008/10/lean-manufacturing-y-mes-ii.html>

5.3.4.1 5'S

Se llama estrategia de las 5S porque representa acciones, son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son: .

- Clasificar. (Seiri)
- Orden. (Seiton)
- Limpieza. (Seiso)
- Limpieza Estandarizada. (Seiketsu)
- Disciplina. (Shitsuke)

Las cinco "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. No es que las 5S sean características exclusivas de la cultura japonesa. Todos los no japoneses practicamos las cinco "S" en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notamos. Practicamos el Seiri y Seiton cuando mantenemos en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves etc.

5.3.4.2 SMED

SMED (Single Minute Exchange of Die): es una técnica desarrollada para acortar los tiempos de cambios de herramental o utillaje en las máquinas durante la fabricación de productos con distintas especificaciones en una misma línea de producción; esto se logra mediante la simplificación de las actividades realizadas durante los cambios, involucrando al factor humano para trabajar de una manera más inteligente con el menor esfuerzo posible. Aunque dichos tiempos no necesariamente son acortados a diez minutos, se logra una reducción significativa. Justo a Tiempo, es una filosofía industrial que considera la eliminación o reducción de todo lo que implique desperdicio en actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo a la producción (actividades de oficina). Es una filosofía de producción que se orienta a la demanda: “se produce lo que el cliente realmente quiere”. El creador del SMED fue un Ingeniero Mecánico llamado Shigeo Shingo. Este método fue desarrollado a lo largo de 19 años; en el año 1969 redujo drásticamente el tiempo de cambio en una prensa de 1000 toneladas en Toyota Motors Company. Aunque conocido fuera del Japón alrededor de 1975, no fue aceptado de manera generalizada hasta 1980. Consta de cuatro pasos básicos y sencillos:

Paso 1: Observar y medir.

Paso 2: Separar actividades internas y externas.

Paso 3: Convertir actividades internas a externas.

Paso 4: Análisis de reducción de tiempos de las actividades internas y externas. Para desarrollar mejores métodos, el analista debe investigar la preparación y el herramental según las tres formas siguientes:

- reducir tiempo de preparación mediante una mejor planeación y control de la producción.
- diseñar o rediseñar el herramental para utilizar la máquina a su máxima capacidad.
- introducir herramientas más eficientes.

5.3.4.3 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Este es uno de los pilares fundamentales en la implementación del TPM en las organizaciones, utiliza el conocimiento y la comunicación con los operarios para que estos estén pendientes de las máquinas y las mantenga en buenas condiciones, por esta razón es muy necesario la aplicación de la herramientas 5's previamente, por que como nos indicada estas tareas deben hacerse de manera autónoma y que el operario sea el que tenga la propuesta para que el proceso tenga una mejora continua, se debe tener un buen ambiente al momento de ingresar esta forma de trabajar por que el operador debe verlo como algo bueno y no como algo complejo y que solo es carga extra laboral que le está poniendo la administración, se consideran 3 etapas principales para la correcta implementación de un mantenimiento en los procesos de manera autónoma:

- Mejorar la eficiencia de los equipos en colaboración con el personal.
- Capacitar a los trabajadores aumentando destrezas y capacidades para mantener el alto rendimiento en los procesos de producción.
- Mejorar el funcionamiento en general de la organización. se sugiere la implementación de siete pasos para la correcta ejecución del mantenimiento autónomo dentro de una organización que son: limpieza inicial, eliminar fuentes de contaminación, estándares de limpieza y lubricación, inspección general, inspección autónoma, organización y ordenamiento, implementación total.

4.3.5. OEE: Overall Equipment Effectiveness (Eficacia Global del Equipo)

Este indicador mide la eficiencia productiva de la maquinaria involucrando factores como: la disponibilidad, rendimiento y calidad. SHIROSE, Kunio (1991).

Es un ratio de medida de la productividad que aglutina todos los conceptos incluidos en la utilización de unos medios para la fabricación, Se define el OEE como el producto de 3 factores: utilización rendimiento y calidad.

OEE = Disponibilidad * Tasa de rendimiento * Tasa de Calidad

$$\text{disponibilidad (tasa de operacion)} = \frac{\text{tiempo de carga} - \text{tiempo de paradas}}{\text{tiempo de cargas}}$$

$$\text{tasa de rendimiento} = \frac{\text{timepo de ciclo ideal}}{\text{tiempo de carga} * \text{tiempo de paradas}}$$

$$\text{tasa de calidad} = \frac{\text{cantidad de productos aceptables}}{\text{cantidad total}}$$

- **Tiempo de Carga:** corresponde a la disponibilidad que tiene una máquina o equipo en un tiempo definido, se puede interpretar como el tiempo que la máquina estuvo disponible menos los tiempos muertos
- **Tiempo de paradas:** son la suma de todos los tiempo en los que la máquina esta parada pero que estaba programado para que estuviera en operación entre estos están los mantenimientos, alimentación y festivos.
- **Output:** número de piezas producidas en un periodo determinado.
- **Tiempo de Ciclo Ideal:** es el tiempo determinado para que se pase un ciclo en las mejores circunstancias o estado óptimo.
- **Tiempo de Operación:** es la capacidad óptima o máxima de la máquina, son todas las unidades aceptables o no rechazadas en la producción
- **Cantidad total:** son todas las piezas que salen de un proceso o sistema sin importar que estas sean conformes o inconformes

4.3.6. PRUEBA CHI CUADRADO

Una prueba de chi-cuadrado es una prueba de hipótesis que compara la distribución observada de los datos con una distribución esperada de los datos. Existen varios tipos de pruebas de chi-cuadrado:

- **Prueba de chi-cuadrado de bondad de ajuste:** Se Utiliza este análisis para probar qué tan bien una muestra de datos categóricos se ajusta a una distribución teórica.
- **Pruebas de chi-cuadrado de asociación e independencia:** Los cálculos para estas pruebas son iguales, pero la pregunta que se está tratando de contestar puede ser diferente.
- **Prueba de asociación:** Utilice una prueba de asociación para determinar si una variable está asociada a otra variable. Por ejemplo, determine si las ventas de diferentes colores de automóviles dependen de la ciudad donde se venden.
- **Prueba de independencia:** Utilice una prueba de independencia para determinar si el valor observado de una variable depende del valor observado de otra variable. Por ejemplo, determine si el hecho de que una persona vote por un candidato no depende del sexo del elector.

4.3.7. SIMULACIÓN

La simulación es la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, que permite analizar sus características; Pero la simulación no es solo eso también es algo muy cotidiano hoy en día puede ser desde la simulación de un examen que le hace la maestra a su alumno para un examen del ministerio, la producción de textiles, alimentos, juguetes, construcción de infraestructuras por medio de maquetas, hasta el entrenamiento virtual de los pilotos de combate.

Las aplicaciones recreativas, hoy muy extendidas y mejoradas principalmente por los adelantos en este campo, están especialmente diseñadas para crear un pasatiempo que logre sacar de la rutina al ser humano y que el mejor de los casos de otro modo sería impracticable debido a su costo. Estas consisten en crear ambientes y decorados artificiales con sonido en algunos casos, que logran una perfecta simulación de cualquier tipo de contenido, creando el pasatiempo perfecto.

La simulación de los procesos productivos representa cómo funciona el sistema en un periodo de tiempo, para este se utilizan aproximaciones discretas para los tiempos, se especifican cada uno de los eventos y cuanto tardan las actividades en cada recurso , continuación se presentan consideraciones básicas para la interpretación de modelos de simulación basados en los conceptos de kelton et al. (2004) y Banks at.(2000)

Estado de Variables del sistema: es la información necesaria que se ingresa para saber que sucede en el sistema en cada fase de tiempo, el principal objetivo es ver cómo se comportan las variables en el caso estudio cuanto tiempo se demoran las tareas de cosecha y donde o que se encuentra haciendo la máquina en el tiempo

- **Entidades:** este representa una unidad que se mueven por el sistema, esta es la que se encuentra bajo cambio y es procesada, un ejemplo es en un proceso productivo la materia prima que entra al sistema y es transformada, con el paso de las estaciones se convierte en el bien final.
- **Atributo:** son las propiedades de las entidades como el tamaño o color, es muy importante definirlos muy bien porque son las que determinan los movimientos de entidades por el sistema.
- **Recursos:** son los encargados de brindar el servicio a las entidades que se mueven por el sistema, por ejemplo la máquina cosechadora que se encarga de procesar la caña que está en campo y se transporta a los vagones, también se toman en cuenta las herramientas que se necesiten para realizar el proceso.
- **Actividades:** son las divisiones que tiene el proceso esta tienen asignada una duración, estas son asignadas como una probabilidad.
- **Evento:** es una situación que ocurre en un momento determinado de la simulación y que cambia su funcionamiento por ejemplo una falla o avería en las máquinas.
- **Simulación discreta:** es cuando el estado de las variables cambian en momentos determinados por las actividades que están sujetas a un nivel de ocurrencia.

Fases para la creación de un modelo: la primera fase es la formulación del problema observado, cual es el alcance y la necesidad que busca resolverse,

unos objetivos que me limitan y definen el paso a paso, se realiza una recolección de información de esta depende la precisión del trabajo, de manera simultánea se conceptualiza el modelo, se lleva este al software que se va a utilizar luego se valida el modelo y realizan iteraciones para comprobar que el modelo nos muestra los resultados adecuados, se procede hacer una documentación de los resultados para concluir hacer un informe final y determinar si la implementación es la solución propuesta para el problema

Sistema de cosecha mecanizada: se realiza con cosechadoras de proceso tecnológico integral, en el cual el corte y el alza se realizan mecanizada mente y en algunos casos el transporte interno dentro del campo, se lleva a cabo por medio de tractores con remolques o remolques auto basculantes y el transporte al central utilizando tracto trenes; tractor provisto de varios remolques o camiones de alto tonelaje.

Este tipo de sistema de cosecha necesita de operarios capacitados técnicamente, el mismo utiliza menor cantidad de mano de obra que los otros sistemas descritos, además en la actualidad se amplía su utilización ya que su aplicación aumenta los rendimientos productivos y disminuye los costos de cosecha.

En países como Australia, Brasil, EEUU, Sudáfrica, Taiwán Tailandia, Cuba, Venezuela etc., donde el cultivo de caña de azúcar se encuentran con un alto Nivel de mecanización o en vías del mismo, se utilizan cosechadoras de diferentes modelos y nivel de automatización. En estos países la caña de azúcar se cultiva en grandes extensiones, pertenecientes a los propios ingenios, así como a grandes, medianos o pequeños agricultores.

La capacidad productiva de las cosechadoras varía según el modelo. La limitación en el uso de la cosecha mecanizada está dada por la presencia de campos pequeños; por terrenos irregulares y fragmentados, o por diversas formas del cultivo, variedad, cepa y edades y por los escasos recursos de los agricultores pequeños en muchos países.

5. DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS

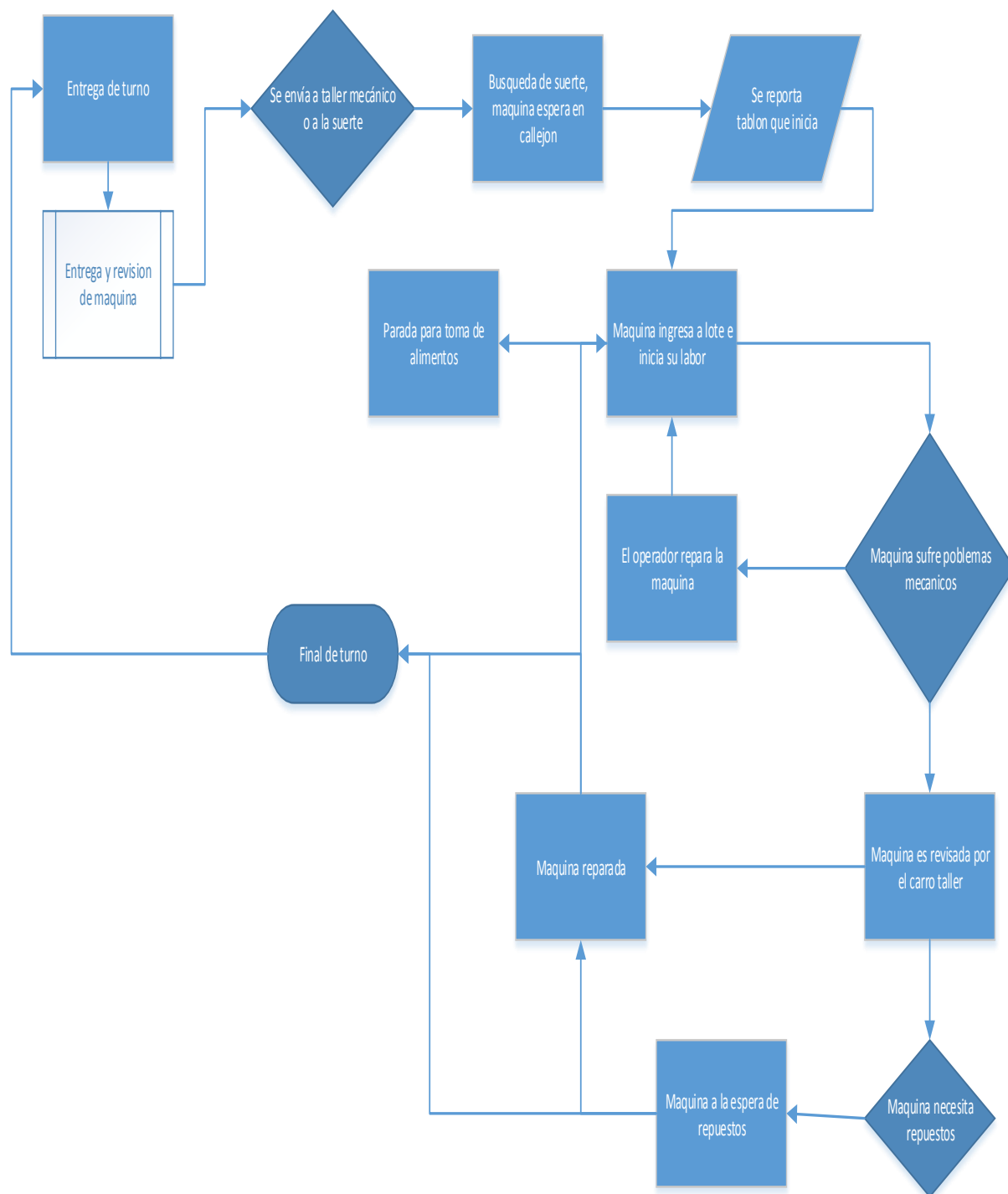
A continuación, se presentan algunos aspectos descriptivos de la empresa caso de estudio para comprender la problemática en cuestión.

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Se describen Las tareas realizadas por las máquinas y operadores, el proceso es comprendido en lazo de tiempo de 24 horas correspondiente un día de trabajo, iniciando desde la entrega del turno donde el operador que está a cargo realiza una lista de chequeo en conjunto con el operador que recibe y que va quedar a cargo por la próximas 8 horas, esta inspección es necesaria para dejar al tanto de las posibles fallas o inconvenientes que hubo en el turno de esta forma determinar si la máquina será enviada a la suerte o debe recibir reparaciones mecánicas o eléctricas.

El encargado del corte definirá la ubicación en la que inicia la máquina; el caso contrario en que la máquina necesite reparaciones de decide si la falla es menor y el operador puede resolverla o se deba llamar carro taller y la máquina que da en espera a que el carro taller llegue al lugar, a partir de aquí en mecánico se hará cargo si este determina que la falla es muy grave o necesita repuesto, el mecánico tiene la facultad de decidir si la máquina debe ser trasladada al taller o se necesitan repuestos que no posee el carro taller y la máquina queda en espera de que lleguen , después de ser resueltos las fallas la máquina regresara a su labor habitual; a continuación se puede observar el proceso en la figura 3.

FIGURA 3 : proceso de cosecha mecanizada



Fuente: Elaboración propia

5.2 LOGÍSTICA EN CAMPO

El proceso de cosecha mecanizada inicia cuando la hacienda ya tiene su punto de corte. Por lo tanto el ingenio programa al proveedor para ir a cosechar la caña de azúcar. El proveedor se encarga de realizar el traslado a dicha hacienda por medio de una logística que cuenta con un equipo de apoyo que le facilita el servicio. Para esto, se cuenta con dos equipos de cama baja, dos tracto mulas y dos carros los cuales se convierten en escoltas que permiten hacerle un seguimiento del proceso. Cuando se llega a la hacienda, los supervisores de campo miran el terreno y buscan donde alojar los vagones (conocido como patio en los alces). Después buscan la mejor opción para abrir brecha (es el inicio de la cosecha), utilizando un tractor y una cosechadora. Después de abrir brecha, ya tratan un programa de cómo va hacer la cosecha en el alce.

El tractor hace la labor de cadeneo, está conformado por un tractor y un remolque o semi-remolque. Este equipo va siempre de la mano de la cosechadora. El tractor va al lado de la cosechadora, mientras el vagón se llena con la estera de la cosechadora. Mientras el vagón se está llenando, hay otro tractor esperando, cuando se termina de llenar el vagón, la cosechadora reposa por unos instantes mientras llega el tractor que estaba en espera y se repite el ciclo.

Una vez se llene el vagón sigue el proceso de transporte. El vagón llega al patio donde se encuentran los remolques y semi-remolques tanto llenos como vacíos y gracias a un grupo de ayudantes van formando los trenes, un tren cañero está conformado por tres remolques y un semi-remolque. El tren cañero se inicia con los remolques de atrás hacia adelante hasta completar con el semi-remolque. Cuando este ya este armado, llega una tracto mula y la engancha a un kinpin y revisan que todo quede bien asegurado. Después la tracto mula sale del alce con ayuda de los guardavías que le facilita la entrada y la salida del alce a las carreteras e inicia su ruta hacia el ingenio. Una vez llegado al ingenio, la tracto mula hace fila en la mesa esperando descargue, después de hacerlo, vuelve y sale para alce y repite este ciclo durante los dos turnos.

El tiempo en campo de las cosechadoras se divide en recursos que son los que garantizan el funcionamiento de la máquina (ver figura), esta tiene una secuencia programada y un plan de las situaciones que se presenten en el transcurso del turno.

5.2.1. CAMBIO DE TURNO:

El tiempo de cambio de turno contiene los alistamientos del nuevo operador de la máquina, el anterior operador debe informar sobre la situación actual de la máquina de esta manera se detectan averías futuras interviniendo la máquina con mantenimientos preventivos ,algunos de estos son rutinarios y deben hacerse en cada cambio de turno, a continuación se describen algunos de las labores que deben realizarse para el óptimo funcionamiento de la máquina estos no deben hacerse en cada cambio de turno algunos tienen sus respectivo ciclo de tiempo para realizarse.

- Lubricar los puntos indicados en el Manual del Operador
- Limpiar el filtro de recirculación del aire acondicionado
- Inspeccionar el cable de soporte del elevador para detectar señales de desgaste, deshilachado o rotura.
- Cambiar el aceite y el filtro del motor
- Cambiar los filtros del aceite hidráulico
- Cambiar los filtros de combustible
- Cambiar el aceite de la caja de la transmisión
- Cambiar el aceite de la caja de los trozadores
- Cambiar el aceite de la caja del cortador de base
- Cambiar el aceite del mando final - Máquinas de rueda y de oruga de 2 velocidades.
- Cambiar el aceite del mando final - Máquinas de oruga
- Recoger muestra de fluido: aceite hidráulico
- Recoger muestra de fluido: refrigerante
- Reemplace los bloques de caucho del amortiguador de torsión
- Reemplace los termostatos y juntas

5.2.2. MANTENIMIENTO CARRO TALLER

Este recurso está dispuesto para atender la máquina cuando se encuentra averiada esta la interviene para la busque de la falla, hay una seria de partes de la máquina que tiene mayor nivel de criticidad como:

Sistema descogollador o despuntador: Se encuentra en la parte frontal de la máquina y está compuesto por un par de tambores que giran en sentido contrario hacia adentro. En ellos van montadas cuchillas que desmenuzan tanto el tallo

inmaduro del cogollo como las hojas verdes. También existen descogolladores que cortan y dejan en el campo el cogollo entero.

Sistema de inclinado o tumbado y divisores de línea o cosecha: El rolo tumbador inclina o 'agobia' la caña hacia adelante para permitir que la base del tallo quede expuesta al sistema de corte de base. Los divisores de cosecha introducen la caña hacia el centro de la máquina y levantan aquellas que están caídas hacia los lados.

Sistema de corte basal o corte de base: Conformado por dos platos y cuatro cuchillas cada uno. El sistema, que es graduable, permite una inclinación al momento del corte de los tallos. En este punto se produce la calidad del corte de la cepa y la incorporación de materia extraña compuesta principalmente por el suelo, la cepa misma y las raíces.

Sistema de alimentación: Está compuesto por rodillos que tienen la función de introducir la caña dentro de la máquina, en forma ordenada y adecuada para el troceado. Es un sistema importante en la eficiencia de corte de la máquina, ya que en la medida que procesa el mayor volumen, la máquina es más productiva.

Sistema de troceado: También llamado caja de trozadoras, es el encargado del picado de la caña en trozos gracias a seis u ocho cuchillas montadas en dos rodillos. Este sistema es graduable a diferentes tamaños. Su función es preparar la caña para la limpieza del material extraño, especialmente de las hojas, ya que con el picado de los tallos también se pican las hojas, que quedan más livianas para ser extraídas. De igual manera, los trozos de cogollo y chulquines son susceptibles de ser extraídos más fácilmente por su menor peso. Este sistema, a la vez que pica la caña, la lanza hacia la tolva para facilitar la extracción de material extraño.

Sistema de limpieza, extractor primario: Consiste en una tolva, sistema aerodinámico con un extractor ubicado en la parte superior, el cual limpia o extrae (succiona) la materia extraña y la expulsa nuevamente al campo. La velocidad de giro de las aspas del extractor se expresa en r.p.m. Las aspas son graduables según se requiera extraer menor o mayor cantidad de materia extraña de la caña. El sistema debe ser graduado adecuadamente para que las pérdidas de caña sean las menores posibles. En este sistema se logra la mayor limpieza de la caña.

Sistema de cargue, elevador. Es un conductor metálico que lleva la caña al sitio más alto de la máquina para cargar los vagones del transporte de la caña.

Sistema de limpieza, extractor secundario. Es el último punto por el que pasa la caña antes de ser definitivamente entregada al sistema de cargue. Consiste en lanzar la caña del elevador al vagón de transporte.

5.2.3. TRABAJO EN EL LOTE

Durante la marcha de la cosechadora a lo largo de la hilera, los divisores de la sección receptora levantan los tallos de caña, los separan de la hilera contigua y los dirigen hacia el mecanismo de corte inferior. Una vez cortados, los tallos son arrastrados por los tambores alimentadores hacia el mecanismo troceador, donde son seccionados en partes aproximadamente iguales. La masa vegetal pasa por los transportadores y el sistema de limpieza, donde se produce la separación de la materia extraña y la parte aprovechable, antes de ser descargada esta última en el medio de transporte.

Para un buen proceso de la cosecha mecanizada se debe tener en cuenta que:

- La caña sea cosechada en su máximo estado de madurez, evitando cortar caña sobre madura o inmadura.
- El corte de la caña debe ser hasta el suelo, para cosechar los entrenudos inferiores ricos en azúcar, aumentando la producción y el rendimiento de azúcar.
- El despunte o desmoche debe hacerse a una altura adecuada para eliminar los entrenudos superiores inmaduros.
- La caña debe estar limpia, removiendo los cuerpos extraños, tales como hojas, basura, raíces, etc.
- La caña cosechada debe enviarse rápidamente al ingenio.

Toma de alimentos

Este tiempo es necesario y comprende el lapso que tarda los operadores en consumir sus alimentos ya sea el desayuno almuerzo y cena se atribuye un tiempo adecuado de 30 min, durante este tiempo la máquina permanece parada y se pueden realizar intervenciones a la máquina que sean necesarios por fallas o revisiones preventivas para no incurrir en averías en el tiempo productivo de la máquina

Despacho de vagones

Para el transporte de la caña hasta el ingenio azucarero se utilizan camiones con semi-remolque que arrastran varios remolques. Con caña troceada la caja debe estar cerrada; cuando la caña se transporta entera se admite una caja abierta tipo jaula.

5.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

En los últimos años se han realizado algunos ensayos sobre el corte mecanizado; para el efecto se han utilizado máquinas combinadas que cortan, trozan, limpian y alzan la caña directamente al equipo de transporte, También se han ensayado cosechadoras de uno o dos surcos, que cortan la planta, descogollan y separan las hojas, dejando los tallos arrumados en forma perpendicular al surco para el alce en forma mecánica.

Los primeros ensayos se hicieron en 1982 en el Ingenio Providencia con cuatro cosechadoras-trozadoras CLAAS R.C. 1400; posteriormente, CENICAÑA, en cooperación con los Ingenios Manuelita y Cauca, evaluaron una combinada Versatile Toft 6000. Algunas conclusiones con el uso de estos equipos son las siguientes:

1. Para el buen funcionamiento de las cosechadoras mecánicas se requieren Variedades de crecimiento erecto y de fácil deshoje, el corte del cultivo se Debe hacer entre 15 y 20 cm de profundidad en el suelo y los surcos deben Tener una longitud de 300 m.
2. En épocas de lluvias, el funcionamiento de los equipos es limitado; por lo Tanto, la cosecha se debe programar para épocas de escasa precipitación.
3. El contenido de materia extraña es alto (entre 9% y 20%), en comparación con el corte manual (entre 3% y 7%).

En 1992, el Ingenio Manuelita obtuvo resultados aceptables con el uso de una Cosechadora Cameco CH. 2000, alcanzando entre 15 y 20 T.M.C.V. por hora de trabajo, con un porcentaje de 8.5% de material extraño en la época seca y de 12% en la época lluviosa. Actualmente en este ingenio se utilizan dos cosechadoras "Cameco" y dos Austoft para la cosecha del 30% de la caña. Con estos Equipos se ha obtenido una reducción del 30% en los costos de corte y transporte, en comparación con la cosecha manual y el alce mecánico. Sin embargo, con la cosecha mecanizada aún existen algunos problemas para los cuales es necesario buscar soluciones. Entre ellos los principales son:

1. Alta presencia de residuos después del corte, que alcanzan entre 40 y 80 t/ha.
2. El manejo de los residuos afecta el vigor de las cepas, las cuales pueden perder entre 10% y 20% de su capacidad para desarrollarse.
3. El encalle se dificulta hasta el punto de que no es posible utilizar el equipo, ya que los residuos en el suelo no permiten pasar de un tablón a otro para hacer las labores de cultivada y abonada.

4. No es posible hacer el aporque en las “suertes” programadas; por otra parte, el riego, la abonada y la cultivada se dificultan con el encalle 2x1 y, cuando se hacen, sólo alcanzan el 50% del área, en comparación con el encalle 4x1.

5.3.1. DETALLES DE LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se tienen unos parámetros para determinar el estado de los procesos de cosecha

Medida de Eficiencia: Entrega el concepto sobre en qué se está gastando el tiempo de operación y lo desglosa en diferentes medidas definidas como conceptos.

Evento: Se refiere a todas las novedades que ocurren en la operación y necesitan una pertinente cuantificación. Estos son: Inicio de surco, terminación de surco, inicio de vagón, terminación de vagón, reinicio de labores, paro por mantenimiento preventivo, paro por reparación (Correctivo), paro por atascamiento, espera de vagones en campo y fábrica, paso por callejones y paro por otras causas.

Conceptos: Es toda la desagregación de actividades principales que pueden ocurrir en la operación de cosecha mecanizada, considerando la operación, las condiciones de diseños de campo, logística y los mantenimientos menores que se llevan a cabo en el campo del orden correctivo, preventivo y predictivo; estos son: Trabajo, Giros, Atascamientos, Mantenimiento, Reparación, Espera de Vagones en Campo y Fábrica, Tiempo Perdido en Callejones y otras pérdidas asociadas. Para la cuantificación del tiempo, es pertinente establecer una relación de precedencia entre eventos y conceptos, ya que la muestra es continua (el cronómetro no se detiene), por esta razón se cuantifica la acción que antecedió, así se puede decir que los eventos son la acción que ocurre en el momento y el concepto es la acción antecesora y a la cual le corresponde el tiempo cronometrado.

Parámetro de Evaluación: Los parámetros de evaluación se refieren a la medida de eficiencia real el tiempo muestreado en el que la máquina tuvo trabajo efectivo con su respectiva eficiencia y a la vez cuál debería ser la eficiencia mejorada. Este mismo valor y análisis se entrega para el parámetro de Toneladas de Caña por hora.

CUM (Código de Ubicación de la Muestra): Es el color que nos identifica corrimientos por encima o por debajo del promedio de eficiencia o tipificación de tiempo perdido según corresponda. Esta variable calificativa monitorea los estándares planteados en la primera fase del proyecto y será un factor clave para establecer las tolerancias que conlleven a generar acciones de mejora o por el

contrario levantar actualizaciones de estándares por las modificaciones que ocurran dado el avance de propuestas de mejoramiento operativo y grupos de mejoramientos, pues es allí donde se piensa que deben redundar los esfuerzos.

Observación: Es el campo se encargan de documentar el detalle de lo que ocurrió, este se llena con información correspondiente a algunas numeraciones fijadas de la siguiente manera:

- Pérdidas de Tiempo
- Objetos Extraños
- Tractor
- Gasolina
- Almuerzo
- Otras
- Causas de Op. Anormal
- Exceso de Humedad
- Aporque
- Acequias
- Piedras
- Otras observaciones
- Surco Desalineado
- Pérdida del Surco

HERRAMIENTAS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se definen algunos parámetros para la recolección y evaluación de datos sobre el funcionamiento de las máquinas en campo, se estipularon los casos más comunes por los que la máquina cosechadora puede perder tiempo o generar tiempos improductivos, como se tiene conocimiento de que no todos los tiempos en los que la máquinas permanezca parada sean tiempos perdidos algunos de estos hacen parte de situaciones que son necesarias para el correcto funcionamiento de estas como los casos de cambios de turno, reparaciones, tiempos en callejones, etc. Pero el hecho de que sean necesarios no quiere decir que no deban ser monitoreados.

Se realiza la recolección de información del funcionamiento del estado actual, registrando con tiempo cada una de las tareas que ejecuta las máquinas cosechadoras, todo se registra en una ficha de toma de tiempos, ver tabla 3.

TABLA 3 : ficha de tima de tiempos

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis de los datos
- Siendo unos de los pasos más importantes que es la estructuración del análisis de los registros de tiempo se define un CUM (código de ubicación de la muestra) figura 9. Donde se establece los parámetros para las situaciones encontradas en campo, caracterizadas de tal manera que la información se organice de manera ordena y propicia para su análisis.

FIGURA 4 : código de ubicación de muestra

Códigos de Ubicación de la Muestra (CUM)

 Diseño de Campo Ventas y Servicios	 Mantenimiento Disponibilidad de Maquinaria	 Operación Cosechadora Materia Extraña-Eficiencia	 Logística Falta de Caña
---	---	---	--

IS Inicia Surco		RL Remicia Labor		EC Espera Vagones-Campo	
TS Termina Surco		PM paro Mantenimiento		EF Espera Vagones-Fábrica	
IV Inicia Vagón		PA paro Atascamiento		PC Paso de Callejones	
TV Termina Vagón		PR paro Reparación		OP Paro por otras causas	

T Trabajando		Conceptos		F Espera Vagones-Fábrica	
G Giros		M Mantenimiento		C Tiempo Perdido Callejones	
A Atascamiento		R Reparación		P Otras pérdidas de Tiempo	
		E Espera Vagones-Campo			

1 Pérdidas de Tiempo	1.1 Objetos Extraños	1.2 Tractor	1.3 Gasolina	1.4 Almuerzo	1.5
2 Causas de Operación Anormal	2.1 Exceso de Humedad	2.2 Aporque	2.3 Acequias	2.4 Piedras	
3 Otras observaciones	3.1 Surco Desalineado	3.2 Pérdida del Surco			

Datos de Registro Personal

Nombres y Apellidos: _____		Teléfono: _____	
ID Ficha: _____	Cédula: _____	Área: _____	Firma: _____

Fuente: Elaboración propia.

El registro correcto los datos es muy importante al momento que estos sean trasladados a la ficha de análisis tabla 2. Esta nos proporciona una primera visión del sistema actual, siendo una hoja de cálculo programada que me arroja medidas de eficiencia como porcentaje de tiempo que permanece la máquina en cada actividad

TABLA 4 : ficha análisis de datos[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

5.4 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL

Siendo parte fundamental del proyecto recolectar información veraz que sustente las razones del proyecto y cual son los puntos clave para dirigir los esfuerzos, esta información debe reflejar las situaciones que se presentan y dar pie a la identificación de la causa o problema raíz que provoca que los indicadores no sean tan buenos como los esperados, esta información debe estar sustentada estadísticamente, queriendo decir que se debe tener la cantidad necesaria de datos para plantear una hipótesis y esta información debe estar organizada de tal forma que el receptor pueda interpretarla.

La metodología seleccionada se basa en los estudios sobre muestreo del trabajo. Para ello se parte de la observación, registrando bitácoras de los procesos operativos, mantenimiento en carro taller, logística de cambios de turno, maquinaria y vehículos. Se emplea un diseño inicial que aporta los valores de tiempo perdido y tiempo de trabajo, para estimar el total de la muestra que bajo un 95% de conformidad, evalúe con suficiente información estadística el comportamiento del sistema actual, en la FIGURA 6. Se muestra el tiempo necesario de las muestras para que la información sea validada estadísticamente

FIGURA 5: validación de muestras

	Código de Cosechadora													Total	Promedio	Utilización
Medida de Eficiencia	7201	7202	7203	7204		7207		7208	7209			7210	8801			
Tiempo de Campo	357,7167	362,50	359,78	358,55	360,00	353,27	360,00	360,00	272,62	364,383	360	360	335,55	4564,37	351,11	
Tiempo teórico de Campo (Q)	26,88333	162,47	179,53	217,68	0,00	263,62	77,40	76,70	208,53	260,25	0	138,83	199,77	1811,67	139,36	
Tiempo Perdido (P)	330,83	200,03	180,25	140,87	360,00	89,65	282,60	283,30	64,08	104,13	360,00	221,17	135,78	2752,70	211,75	
Eficiencia	7,52%	44,82%	49,90%	60,71%	0,00%	75,00%	21,50%	21,31%	76,49%	71%	0%	39%	60%	4564,37		
Error -->	5,00	σp	2,5	n	8,20	11803,49	196,72	10,93	3,64	Cronómetro						
Confianza-->	95,00%				Dias Totales	Minutos totales	Horas Totales	Horas semana	Horas día persona	3 horas	39 min	26 seg				
		Número de Secciones		Muestras por día			Número de Tecnólogos									
		3		2			3									

Fuente: Elaboración propia.

5.4.1. Registro de actividades

Se registra los tiempos de las máquinas y de esta manera se identifica el tiempo que permanece ocupada cada máquina en cada actividad de manera simultánea se puede ver en que sección se está trabajando, cuál fue el operador de la máquina y el tipo de suelo en el que se trabajó. En la TABLA 5 se ven los datos recolectados.

TABLA 5: datos recolectados

Sección Analizada	Tipo de Suelo	TCH	Trabajando	Giros	Mantenimientos	Reparación	Espera Vagones Campo	Tiempo perdido Callejones	Otras Pérdidas de tiempo	Tiempo de Campo (mi)
Sección 5	Seco	90	7,91%	3,36%	0,00%	25,10%	0,00%	1,16%	62,47%	217,10
Sección 5	Seco	90	42,11%	9,77%	4,70%	30,22%	0,69%	7,62%	4,89%	219,30
Sección 6	Seco	130	38,86%	7,79%	0,00%	5,73%	0,08%	40,00%	7,55%	220,00
Sección 6	Seco	90	6,35%	1,36%	0,00%	72,78%	0,47%	5,46%	13,57%	221,17
Sección 6	Seco	125	18,74%	3,55%	0,00%	61,78%	1,83%	11,95%	2,15%	220,00
Sección 6	Seco	90	17,87%	5,01%	42,83%	0,00%	0,13%	34,16%	0,00%	219,70
Sección 6	Seco	90	49,10%	18,16%	0,00%	0,00%	2,42%	22,80%	7,53%	219,70
Sección 6	Seco	125	31,69%	16,43%	0,00%	10,29%	1,65%	35,98%	3,97%	219,58
Sección 6	Seco	100	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	219,70
Sección 6	Seco	100	7,43%	2,75%	0,00%	22,15%	0,00%	34,42%	33,25%	211,30
Sección 4	Seco	120	8,45%	0,23%	0,00%	85,94%	0,00%	5,38%	0,00%	220,32
Sección 4	Seco	120	68,73%	7,58%	0,00%	0,00%	1,68%	21,00%	1,02%	219,70
Sección 6	Seco	90	53,22%	14,52%	0,00%	0,00%	6,88%	25,11%	0,27%	171,58
Sección 5	Seco	135	33,86%	4,59%	50,08%	0,00%	1,10%	9,82%	0,55%	221,65
Sección 5	Seco	135	2,31%	0,64%	0,00%	47,71%	0,06%	49,29%	0,00%	229,53
Sección 5	Seco	135	56,58%	13,91%	0,00%	16,88%	0,50%	12,13%	0,00%	219,70
Sección 4	Seco	108	0,00%	0,00%	0,00%	75,16%	0,00%	3,27%	21,57%	219,70
Sección 4	Seco	106	14,41%	0,51%	36,72%	45,76%	0,00%	2,60%	0,00%	219,70

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el caso de investigación una vez se hallan recolectado los datos estos deben prepararse para que puedan ser analizados dando paso que a partir de estos se pueda analizar la situación actual y responder al planteamiento del problema.

En la recolección de información no siempre se cuenta con información válida para la interpretación del sistema actual para este caso se realiza pruebas chi cuadrado El estadístico chi cuadrado, sirve para someter a prueba hipótesis referidas a distribuciones de frecuencias. En términos generales, esta prueba contrasta frecuencias observadas con las frecuencias esperadas de acuerdo con la hipótesis nula. Luego se describe su uso para evaluar cuán buena puede resultar una distribución teórica, cuando pretende representar la distribución real de los datos de una muestra determinada.

A esto se le llama evaluar la bondad de un ajuste. Probar la bondad de un ajuste es ver en qué medida se ajustan los datos observados a una distribución teórica. En este caso se busca probar si las muestras tomadas en campo se ajustan a los datos esperados y poder ver inconformidades en las muestras, las muestras tomadas en cada actividad realizada por las máquinas cosechadoras, como se observa en la TABLA 6. se realizan pruebas de hipótesis para las actividades y de esta manera aceptar o rechazar las muestras.

A continuación, se analizan las muestras de cada una de las variables críticas con respecto a las pérdidas representativas para la máquina en campo:

VARIABLE DE MANTENIMIENTO

TABLA 6: validación de muestra de mantenimiento

Variable analizada	Valores Esperados	Valores Reales	Rango de aceptación	Hipótesis	Prueba Chi Cuadrada			
Mantenimiento	0.30	0.428311334	Un estadístico de la prueba χ^2 menor que el valor crítico χ^2 o igual a él se considera como prueba de la variación casual en donde H_0 no se rechaza	Ho = La distribución de los datos se ajusta a las condiciones del estudio	1.1482	NO SE RECHAZA Ho	α	0.05
	0.25	0.653209273					r	2
	0.21	0.500789533					k	6
	0.74	0.29936258	x > 0,95 = Se rechaza Ho	H1 = La distribución de los datos no se ajusta a las condiciones del estudio			$(r-1)*(k-1)$	5
	0.54	0.542822859					Valor Crítico χ^2	11.07
	0.65	0.735312451					Probabilidad de χ^2_{prueba}	0.9497
	0.43	0.773175542						

Fuente: Elaboración propia

VARIABLE DE REPARACIONES

TABLA 7: validación de muestra de reparaciones

Reparaciones	0.53	0.727807084	Un estadístico de la prueba χ^2 menor que el valor crítico χ^2 o igual a él se considera como prueba de la variación casual en donde H_0 no se rechaza	Ho = La distribución de los datos se ajusta a las condiciones del estudio	4.25	NO SE RECHAZA H_0	α	0.1
	0.87	0.61780303					r	2.0
	0.48	1					k	6.0
	0.61	0.221486039	$\chi > 0,95 =$ Se acepta H_0	H1 = La distribución de los datos no se ajusta a las condiciones del estudio			$(r-1)*(k-1)$	5.0
	0.22	0.85936909					Valor Crítico χ^2	11.1
	0.30	0.419663177					Probabilidad de χ^2_{prueb}	0.5
	0.24	1						

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE DE PASO POR CALLEJONES

TABLA 8 : validación de muestra de paso por callejones

Pasos por callejones	0.09	0.4	Un estadístico de la prueba χ^2 menor que el valor crítico χ^2 o igual a él se considera como prueba de la variación casual en donde H_0 no se rechaza	Ho = La distribución de los datos se ajusta a las condiciones del estudio	7.66	NO SE RECHAZA H_0	α	0.05
	0.03	0.359772296					r	2
	0.49	0.251092763					k	6
	0.21	0.492884113	$\chi > 0,95 =$ Se acepta H_0	H1 = La distribución de los datos no se ajusta a las condiciones del estudio			$(r-1)*(k-1)$	5
	0.04	0.376594149					Valor Crítico χ^2	11.0705
	0.06	0.345850402					Probabilidad de χ^2_{prueba}	0.1762
	0.12	0.250493097						

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE DE OTRAS PÉRDIDAS DE TIEMPO

TABLA 9 : validación de muestra de otras pérdidas de tiempo

Otras pérdidas de tiempo	0.530974843	0.624673729	Un estadístico de la prueba χ^2 menor que el valor crítico χ^2 o igual a él se considera como prueba de la variación casual en donde H_0 no se rechaza	Ho = La distribución de los datos se ajusta a las condiciones del estudio	9.85	NO SE RECHAZA HO	α	0.05
	0.624673729	0.764600033					r	2
	0.830141579	0.630708542					k	6
	0.363108785	0.530974843	$\chi > 0,95 =$ Se acepta Ho	H1 = La distribución de los datos no se ajusta a las condiciones del estudio			$(r-1)*(k-1)$	5
	0.294379482	0.802457897					Valor Crítico χ^2	11.0705
	0.189746373	1					Probabilidad de χ^2_{prueba}	0.0797
	0.11535267	1						

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLE DE VELOCIDAD DE TRABAJO

TABLA 10 : validación de muestra de velocidad de trabajo

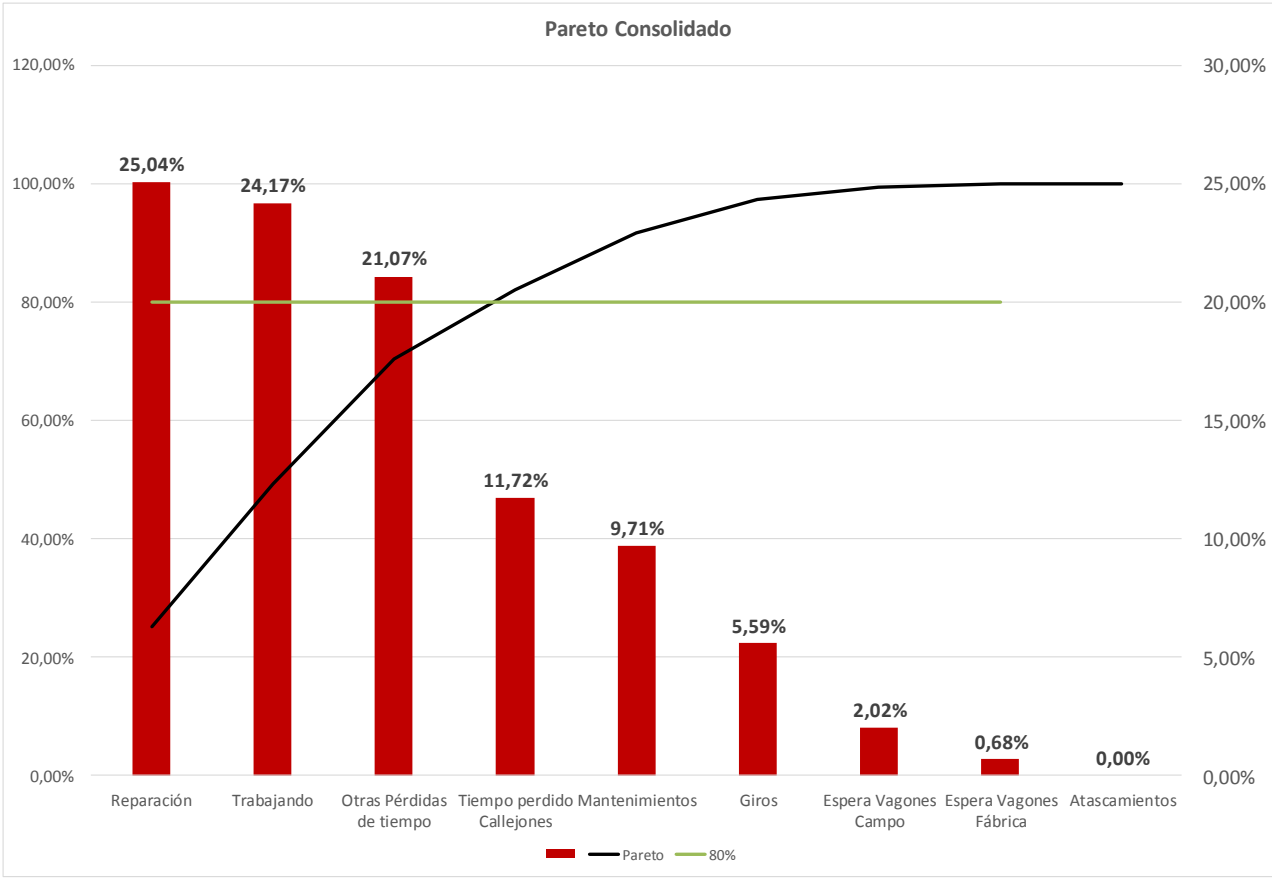
Velocidad de trabajo	4.585987261	7.302491103	Un estadístico de la prueba χ^2 menor que el valor crítico χ^2 o igual a él se considera como prueba de la variación casual en donde H_0 no se rechaza	Ho = La distribución de los datos se ajusta a las condiciones del estudio	9.09	NO SE RECHAZA HO	α	0.05
	5.549184654	4.966717304					r	2
	3.640127389	8.883116883					k	6
	4.966717304	6.615228426	$\chi > 0,95 =$ Se acepta Ho	H1 = La distribución de los datos no se ajusta a las condiciones del estudio			$(r-1)*(k-1)$	5
	8.883116883	6.744109589					Valor Crítico χ^2	11.0705
	6.744109589	6.22052506					Probabilidad de χ^2_{prueba}	0.1055
	4.89267	5.787712805						

Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se crean gráficos de Pareto y tablas dinámicas para unificar la información obtenida, y mejorar la información obtenida e identificar las actividades que más tiempo le consumen a las máquinas cosechadoras GRAFICO 2, cuáles de estas son necesarias o que tiempo se puede reducir de las actividades necesarias o imposibles de eliminar del sistema.

GRÁFICO 3: Pareto consolidado de los tiempos de cosecha



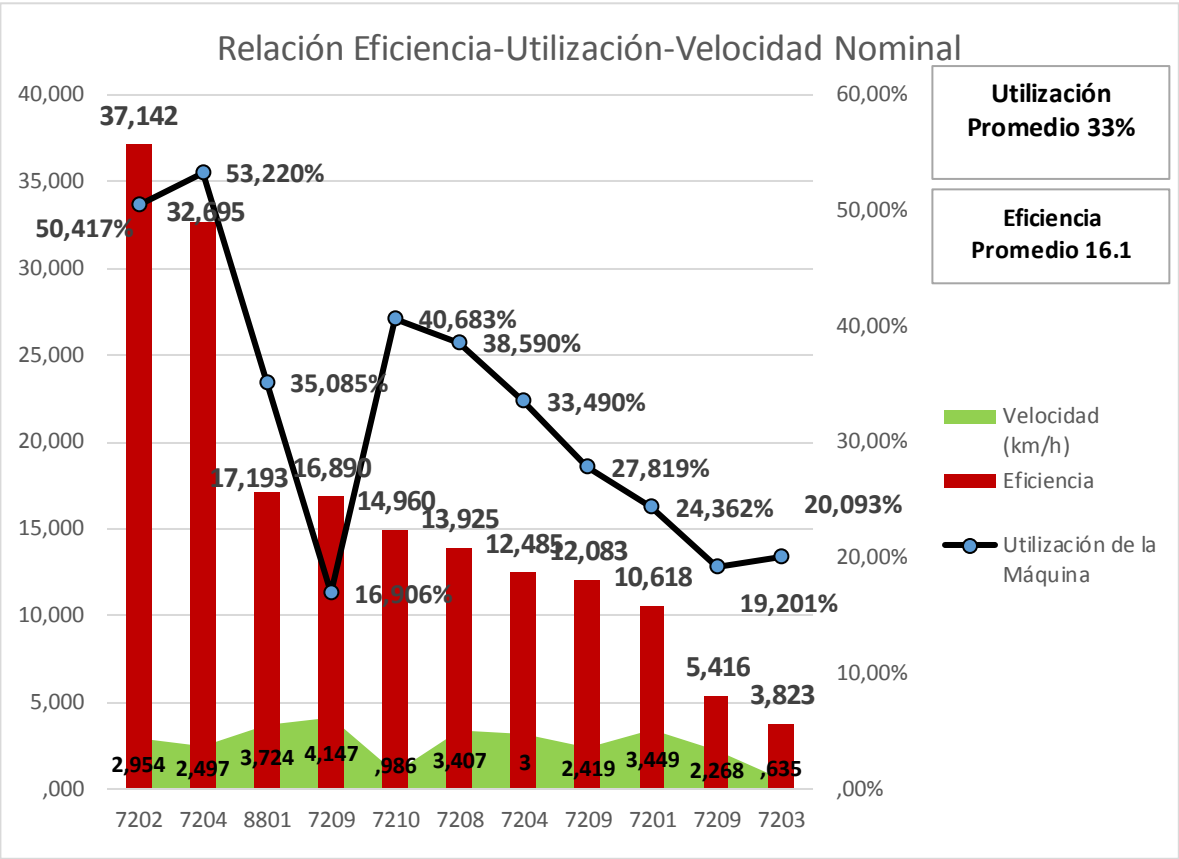
Fuente: Elaboración propia.

Se identifican actividades como reparaciones, trabajo y otras pérdidas de tiempo como cambios de turno como las que más tiempo representan para las máquinas.

La base de información obtenida no se limita a identificar las actividades que presentan tiempos improductivos, también nos proporciona indicadores generales del área de corte de cosecha mecanizada, arrojando eficiencia de las máquinas,

utilización promedio, identificar cuáles son las máquinas que mejor trabajan y velocidad promedio, por parte de la velocidad promedio ajustar una velocidad estándar en la que la máquina aumente su eficiencia promedio.

GRÁFICO 4 : relación de eficiencia-utilización y el nominal



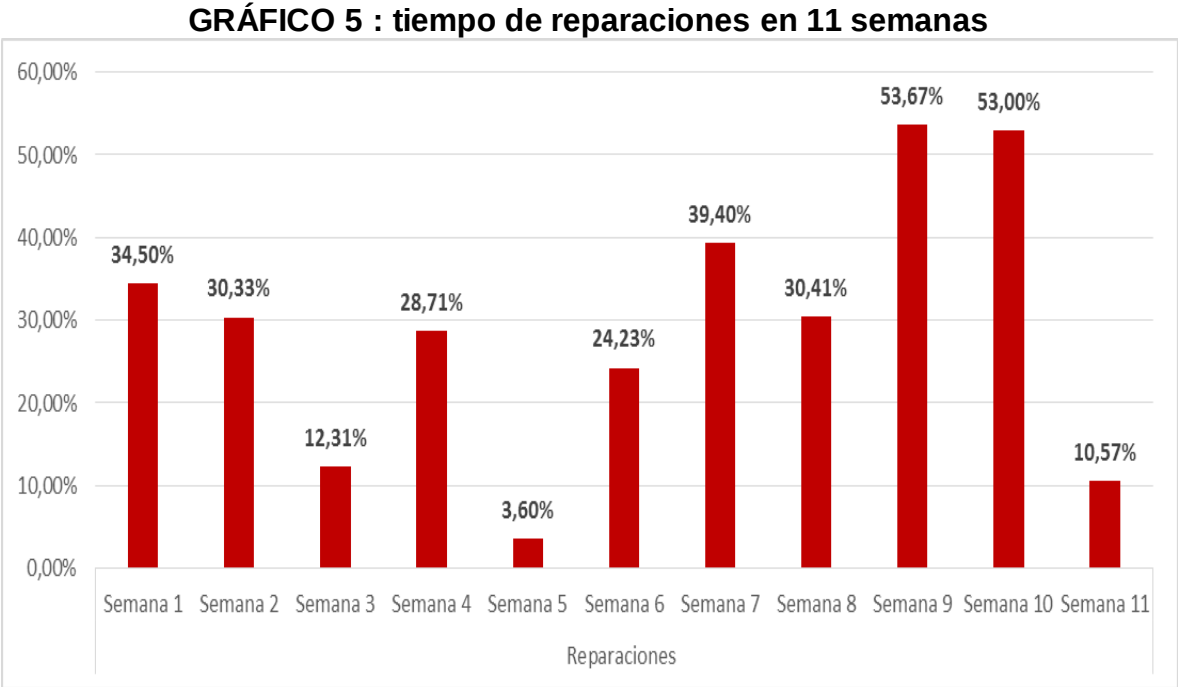
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se encuentra un análisis de Pareto, en este encontramos tres actividades que son las que más ocupan la máquina de las cuales nos enfocaremos en otras perdidas como cambios de turno, se desarrolló un plan para reducir este tiempo utilizando las herramientas SMED y 5'S.

5.4.4. ANÁLISIS DE VARIABLES CRÍTICAS

Se realiza toma de datos de 11 semanas para las actividades trabajo, reparaciones y otras pérdidas de tiempo, estas son las que generan más tiempo representativo en las máquinas.

TIEMPO EN REPARACIONES

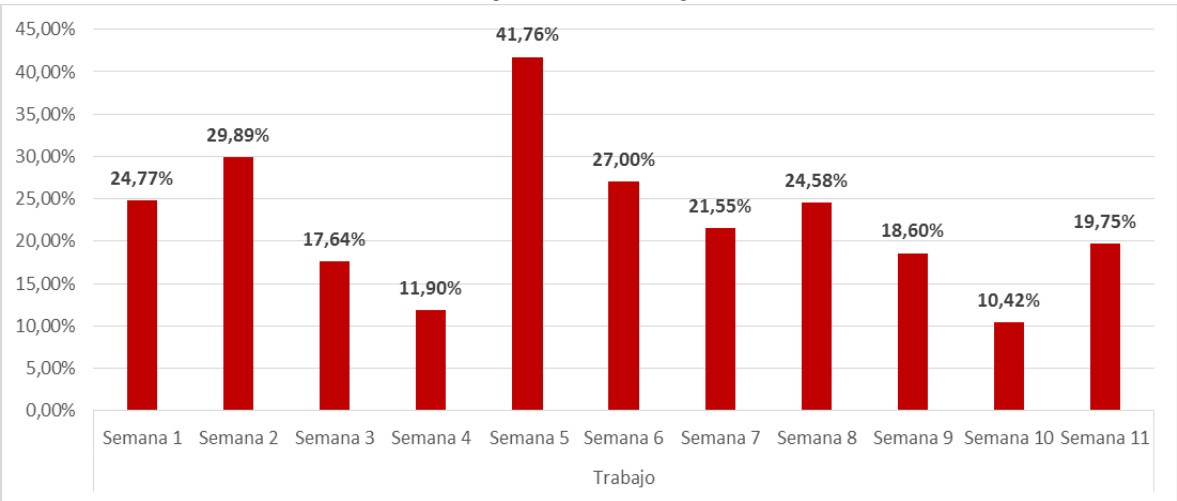


Fuente: Elaboración propia.

- Graves daños en las máquinas ocasionados por desgaste y antigüedad de sus componentes.
- Demora en los repuestos pedidos al taller, para asistir las máquinas.

TIEMPOS DE TRABAJO

GRÁFICO 6 : tiempos de trabajo en 11 semanas

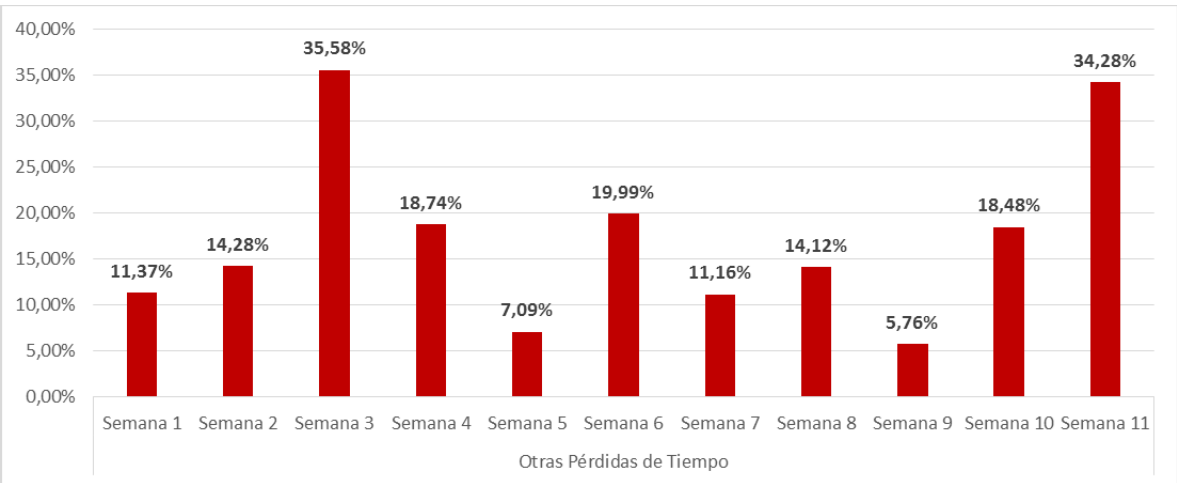


Fuente: Elaboración propia.

Una de las principales causas de la variabilidad en el trabajo, es el extenso tiempo de permanencia de las máquinas en el carro taller a causa del mal estado de las mismas. Por otro lado, está el evento que se ha presentado en ocasiones, donde salen las máquinas del taller agrícola sin el mantenimiento completo y son llevadas en este estado al campo, donde se les termina de hacer las intervenciones necesarias para su funcionamiento.

OTRAS PÉRDIDAS DE TIEMPO

GRÁFICO 7 : Otras pérdidas de tiempo en 11 semanas



Fuente: Elaboración propia.

El factor más influyente dentro de las otras pérdidas de tiempo, son las ocasiones en los que se presentan extensos tiempos de cambio de turno, y esto se podría controlar con una buena coordinación por parte del supervisor.

6. SIMULACIÓN DEL SISTEMA EN PROMODEL

Características de simulación: el modelo de simulación del proceso de cosecha mecanizada es realizado en un computador Windows 7 ULTIMATE con características de 4gb de RAM y procesador INTEL CORE i3, versión de PROMODEL 7.0.

Determinando las ventajas que brinda PROMODEL, que es una herramienta de simulación, se decide utilizar para representar la situación actual de las máquinas cosechadoras, para realizar la simulación se utilizó la versión estudiantil por que el proceso no presentaba tanta complejidad

Para la representación del sistema actual teniendo en cuenta todas las variables que intervienen en el proceso como entidades, locaciones y variables de fallas.

6.1 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Para la construcción de un modelo se definieron las siguientes partes:

Entidades:

El proceso solo cuenta con una entidad que es la caña, será contada por toneladas y la salida de esta entidad del sistema representara la eficiencia del proceso

Caña: es la única entidad en el proceso y representa las toneladas procesadas por la cosechadora o retenida en las locaciones de pérdidas de tiempo

Locaciones:

Las locaciones son las estaciones necesarias para que una unidad sea procesada y pueda salir del sistema, en el modelo propuesto para tener un análisis de las pérdidas definidas anteriormente se posicionan pérdidas de tiempo como locaciones con el fin de analizar las pérdidas de manera probabilística

Entrada: muestra el número de toneladas que ingresan al sistema, la unidad de tiempo o perdida que se evalúa son el número de toneladas que se dejan de producir, esta estación no contiene demoras en el proceso solo contiene la

variable de limitación de entidades que entran en el sistema con respecto a la capacidad que pueden llegar a tener la máquinas en un sistema óptimo.

FIGURA 6: locación de entrada de caña



Fuente: Elaboración propia.

Mantenimiento: esta es una locación de pérdida de tiempo retiene las entidades cuando está programado un mantenimiento que lleguen a esta locación con una probabilidad y distribución para el tiempo que puede tardar.

FIGURA 7 : locación de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

Reparaciones: esta locación retiene las entidades cuando la máquina sufre una avería y el tiempo que tarde va ligado a una distribución de probabilidad

FIGURA 8 : locación de reparaciones



Fuente: Elaboración propia.

Giros: esta locación es el tiempo que tarda la máquina en iniciar una línea de caña después de terminar el tablón, este es necesario hace parte del funcionamiento y el proceso habitual.

FIGURA 9 : locación de giros en campo



Fuente: Elaboración propia.

Callejones: esta locación es el tiempo que permanece la máquina fuera de operación en los callejones ya sea esperando la suerte o por algún inconveniente deba salir al callejón.

FIGURA 10 : locación de callejones



Fuente: Elaboración propia.

Otras pérdidas: esta locación corresponde al tiempo que la máquina esta parada por cambio de turno, abastecimiento de combustible, lubricación.

FIGURA 11 : locación otras pérdidas de tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Vagones: en esta locación es la representa los vagones que reciben la caña de las máquinas solo tiene una perdida asociada que es espera de vagones.

FIGURA 12 : locaciones de vagones de transporte



VAGONES

Fuente: Elaboración propia.

Despacho: locación donde se conectan los vagones con la tracto mula para ser despachado a fabrica.

FIGURA 13 : locación de despacho de vagones



DESPACHO

Fuente: Elaboración propia.

Cosechadora: la locación encargada de procesar las entidades su productividad depende de las otras locaciones.

FIGURA 14 : locación de cosechadora



Fuente: Elaboración propia.

TIEMPOS DE PROCESOS

Para los tiempos correspondientes a cada una de las actividades como el tiempo que tarda procesar una tonelada de caña o los tiempos perdidos de la máquina realizando giros para iniciar el corte, esperando en los callejones o fallos en la máquina que obliga a reparaciones o mantenimiento, la variabilidad de estos son estimados con los datos recolectados y expuestos en las tablas 6, 7, 8, 9. Donde se realiza pruebas de bondad y ajuste a los datos para su validación, partiendo de la certeza de la información recolectada en campo con las bitácoras se procede a determinar el tipo de distribución que más se ajusta a las muestras

Tabla 11: distribuciones de los tiempos de locaciones

locaciones	tiempos de procesamiento	unidad
Giros	Weibull (0.98783, 11.964)	Min
Mantenimientos	Normal (76.738, 80)	Min
Reparación	Beta (0.54008, 0.53001, 2.9, 220)	Min
Tiempo perdido Callejones	Person 6 (1.801, 6.2273, 1.1906)	Min
Otras Pérdidas de tiempo	Person 6 (0.71388, 2.7229, 1.8730)	Min

Fuente: Elaboración propia.

Se utiliza el software easyfit para analizar los datos, el programa nos permite como se encuentran distribuidos los datos y cuáles son las distribuciones probabilísticas que más se aproximan a los datos ingresados, para los tiempos de procesamiento de la máquina cosechadora se estima una capacidad de 20 Ton/Hora.

LIMITACIONES DEL MODELO

en el modelo de simulación se evalúan las operaciones que hacen parte de la cosecha mecanizada que influyen en el funcionamiento óptimo de la máquina, como limitaciones de modelo de simulación propuesto no se analiza la capacidad o disponibilidad del carro taller este debe atender varias secciones, como futuros estudios para la ampliación del tema pueden tomarse la capacidad de respuesta y la efectividad de los carros taller, otra limitación en el proceso es la disponibilidad de repuestos en fábrica, es una variable que puede afectar mucho el tiempo laborado por las máquinas dando la posibilidad de la ampliación del trabajo realizado.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Luego de haber definido todas las variables, locaciones, entidades y tiempos asociados a los procesos se realiza una corrida de 24 horas correspondiente a un día de trabajo normal, los resultados obtenidos por PROMODEL son una representación cercana a los tiempos obtenidos en campo, esto se hace con el fin de tener un panorama de la situación actual teniendo en cuenta que los tiempos de los procesos están ingresados en probabilidades, a partir de este modelo se procede a la aplicación de metodologías definidas como 5'S, MANTENIMIENTO AUTÓNOMO y SMED con el fin de realizar cambios en este proceso, proyectando mejoras y que puedan ser evidenciadas en una nueva corrida en el programa de simulación y en este caso que se evidencie un aumento en la productividad en las máquinas con respecto al modelo inicial, a continuación se muestran los datos arrojados en la tabla 12.

TABLA 11 : simulación de PROMODEL

Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
CALLEJONES	24,00	13,36	0,00	86,64	0,00	0,00	0,00
COSECHADORA	24,00	24,12	0,00	71,99	0,00	0,00	3,89
REPARACIONES	24,00	23,75	0,00	76,25	0,00	0,00	0,00
MATENIMIENTO	24,00	10,53	0,00	89,47	0,00	0,00	0,00
Giros	24,00	6,05	0,00	93,96	0,00	0,00	0,00
otros perdidas	24,00	21,92	0,00	78,09	0,00	0,00	0,00
VAGONES	24,00	16,08	0,00	82,75	0,00	0,00	1,17

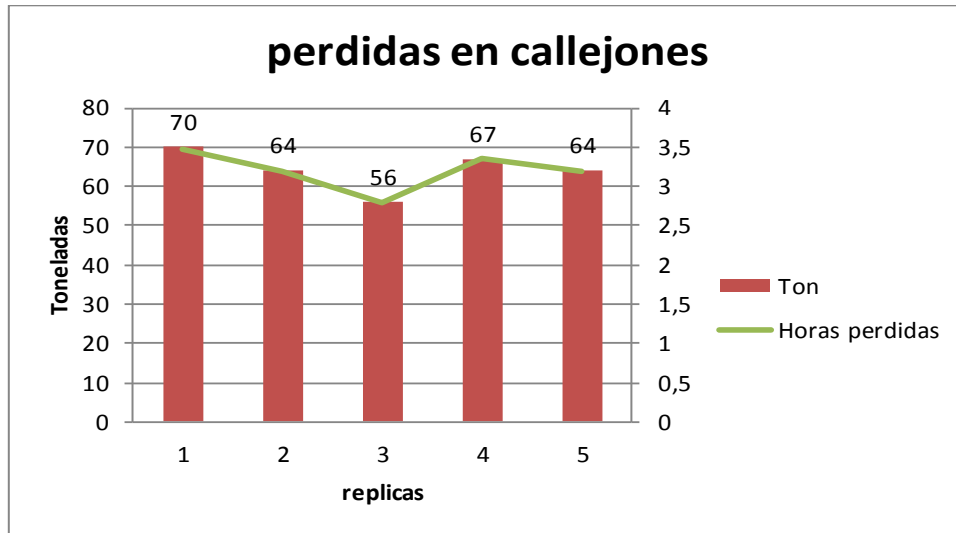
Fuente: Elaboración propia.

6.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se valida que modelo refleje la realidad del sistema de cosecha mecanizada y no se encuentre alejados de la realidad, para tener un mayor imagen de análisis se realizan 5 corridas del modelo y ver cómo se comportan los procesos con respecto a los tiempos de proceso

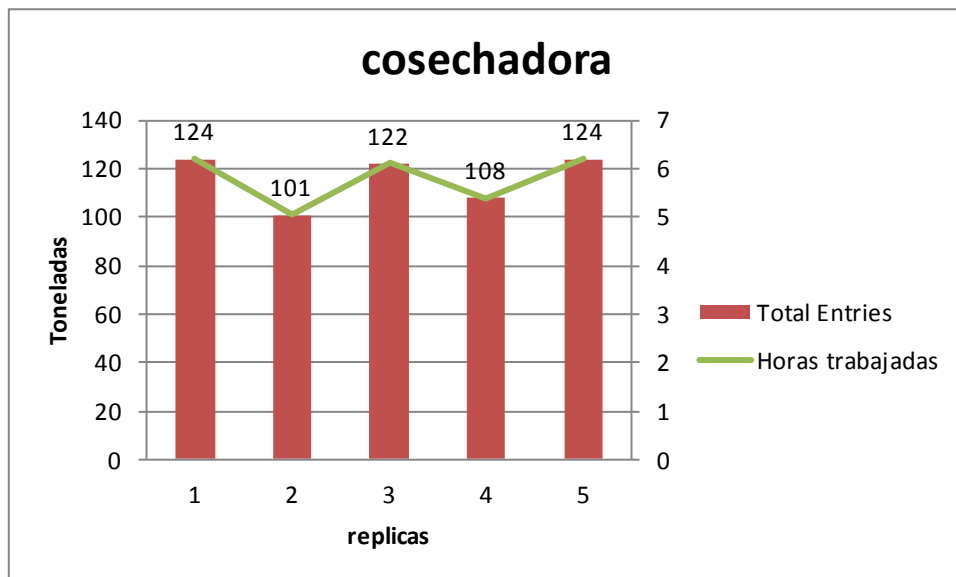
Resultados arrojados por PROMODEL en las 5 réplicas, las replicadas fueron hechos de 24 horas cada una, a partir de estos datos se empieza definir como se comparta el proceso cuando los tiempos de operación son probabilidades, se estima cuáles son los que más impactan la producción y con las herramientas lean manufacturing como pueden ser intervenidas reduciendo los desperdicios

GRÁFICO 8 : Réplicas de pérdidas en callejones



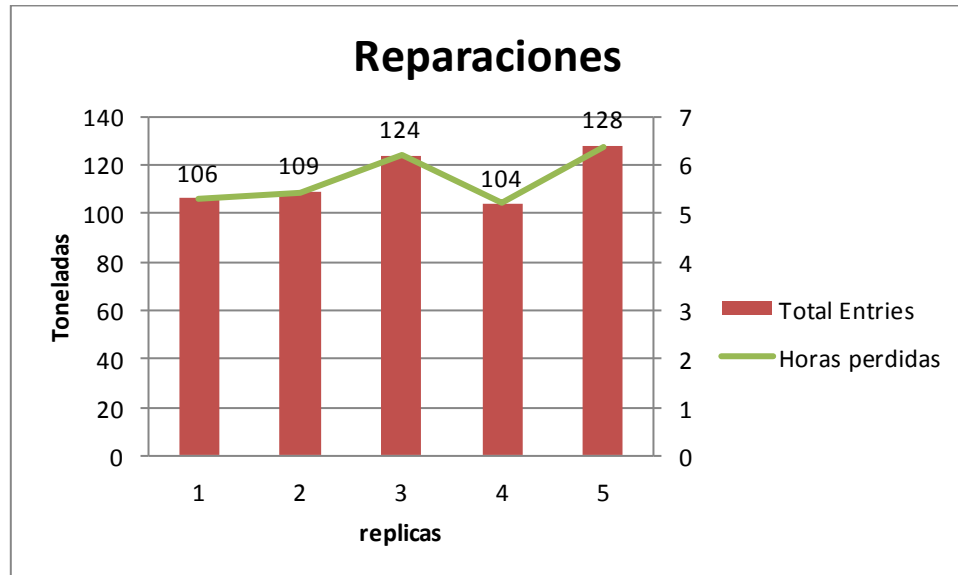
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 9 : Réplicas de cosechadora



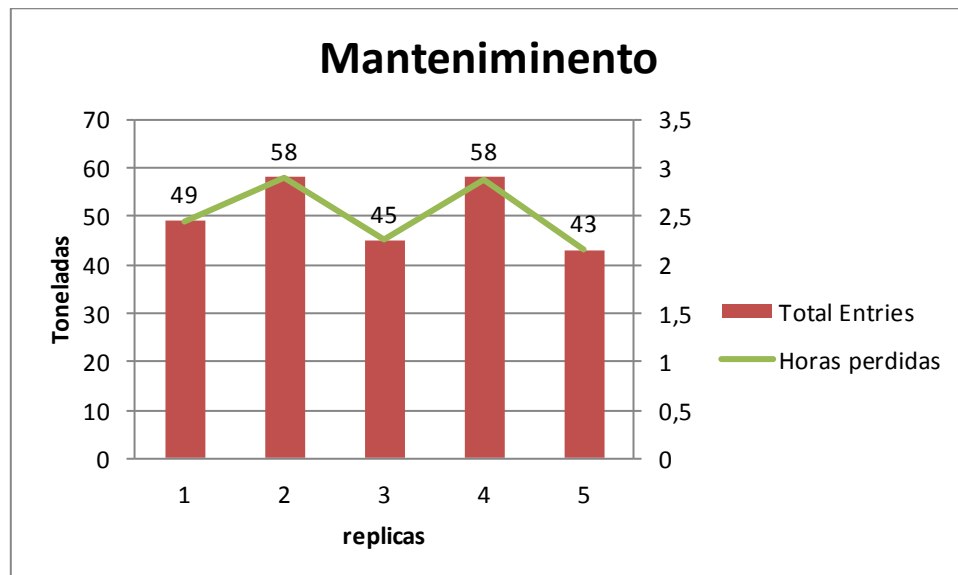
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 10 : Réplicas de reparaciones



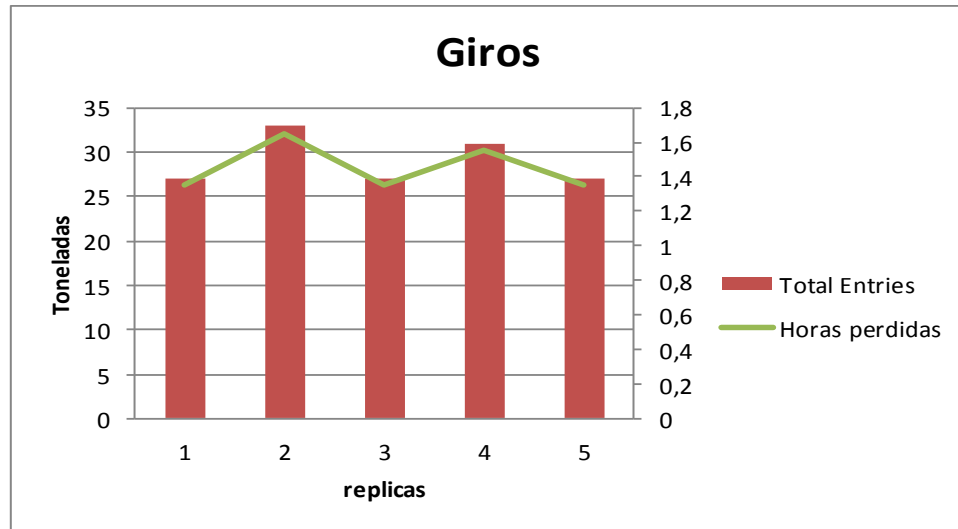
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 11 : réplicas de mantenimiento



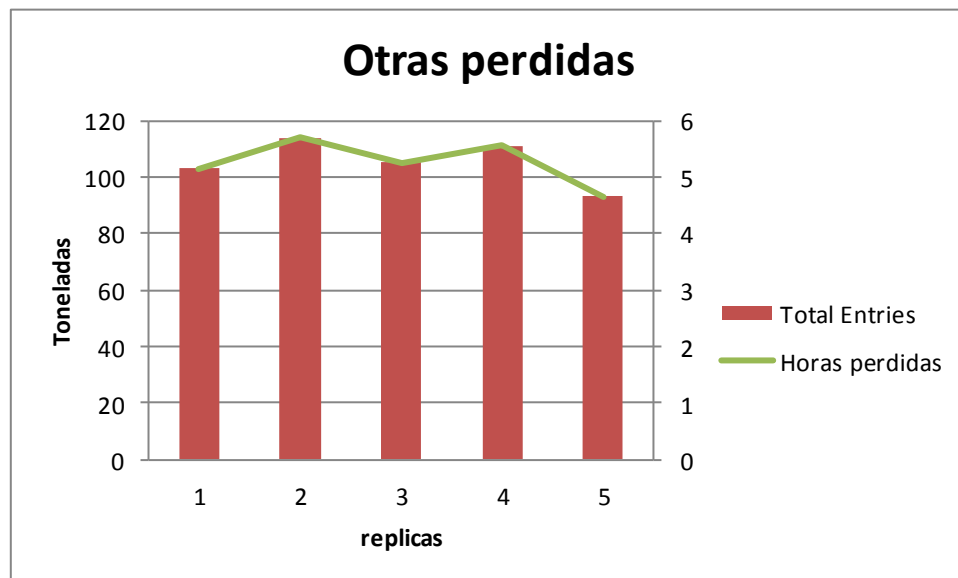
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 12 : Réplicas de tiempo de giros



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 13 : Réplicas de otras pérdidas de tiempo



Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las pérdidas representa una pérdida significativa para la empresa caso de estudio pero es necesario decidir que algunas son necesarias proceso y la complejidad para ser reducidas es más alta.

7. HERRAMIENTAS DE MEJORA

El sistema de cosecha muestra muchas pérdidas de tiempo asociado a la máquina cosechadora, se deben evaluar cada una de las pérdidas y las posibles herramientas que pueden ser utilizadas para afrontar las falencias, se analizan los principales causantes y reúnen en un 3 grupos generales de manera que puedan ser afrontados por herramientas propuesta encontradas en la investigación bibliográfica , desarrollan un plan de acción aplicativo en campo procediendo luego a generar un nuevo estándar de tiempo para las actividades que sean intervenidas construyendo un nuevo modelo que nos refleje el margen de oportunidad que se posee si se expande, las pruebas piloto se desarrollan en una sección de cosecha mecanizada de la empresa objeto de estudio en esta en conjunto con los trabajadores se definieron los conjuntos de problemas figura 15.

FIGURA 15: Agrupación de problemas



Fuente: Elaboración propia.

Las herramientas lean manufacturing siempre están conectadas y para la correcta aplicación de algunas de estas es necesario que se ejecuten una medidas

TABLA 12 : Herramientas vs problemáticas

CONJUNTOS	HERRAMIENTA LEAN APLICADA	MEJORAS
fuentes de suciedad y desorganización en las herramientas	5's	mantener la máquina cosechadora en un nivel de limpieza estándar
		Organizar y limpiar el almacén de campo
		Facilidad para estandarizarlas tareas
capacitación de operario para mantenimientos y reparaciones	Mantenimiento autónomo	Capacitar al operario en actividades de reparación
		Definir las tareas realizadas por el operador y el mecánico
		Reducir los tiempos perdidos esperando el carro taller
tiempos en cambio de turno y alistamientos	SMED	Reducir los tiempos de cambio de turno
		Capacitar al operador en alistamientos
		Estandarizar los procesos para reducir fallas

Fuente: Elaboración propia.

7.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5'S

SELECCIONAR: La primera fase es clasificar todos los objetos que son necesarios e innecesarios, para que esta sea realmente representativa se debe tener el acompañamiento de los empleados acorde al área que se está ordenando, en la empresa caso de estudio se busca organizar el área de mantenimiento y carro taller de forma que cualquier operario, ya sea en operador de la máquina o el mecanizada le surge la necesidad de utilizar una herramienta este pueda hacerlo de forma rápida, por esta razón es vital que ellos estén presentes al momento de tomar la decisión de si cada objeto está en el lugar de trabajo es importante y en qué lugar va a quedar ubicado, para facilitar la ubicación se utilizan medio visuales que indiquen donde esta cada objeto de acuerdo a sus características.

ORGANIZAR: Para que quede cada objeto o elemento en el lugar correcto se debe realizar una redistribución en el área de trabajo ubicando todo en estanterías y solo lo necesario, de esta forma se reducen tiempo improductivos cuando la persona va a buscar sus herramientas de trabajo, las cosas se ubican de acuerdo a su uso, los más frecuentes deben tener un fácil acceso y un buen control visual de lo que necesita durante las tareas

LIMPIAR: Esta fase se concentra en el compromiso por que la persona a cargo de cada actividad debe mantener una limpieza en los puntos más críticos en el caso de estudio se debe estar revisando el nivel de limpieza de la máquina para evitar averías

ESTANDARIZAR: Se realiza una auditoria para determinar cuál fue el nivel de limpieza después de aplicar la metodología 5's y a partir de esto definir cuál debe ser el estado del área de trabajo cada vez que se haga una auditoria.

SEGUIMIENTO: Se debe seguir realizando auditoria para asegurar que los cambios efectuados en el nivel de limpieza para el área de trabajo sean constantes y no se deteriore, se presenta una propuesta de lista de chequeo tabla 13.

TABLA 13: Lista de chequeo 5'S

1	Muy malo	2	Malo	3	Promedio	4	Bueno	5	Muy bueno			
CATEGORIA	PREGUNTAS						1	2	3	4	5	COMENTARIOS
SELECCIÓN	1	Existen elementos innecesarios en los puestos de trabajo?										
	2	Estan todas las herramientas arregladas en condiciones sanitarias y seguras?										
	3	Los corredores y areas de trabajo son lo suficientemente limpias y señaladas?										
PUNTAJE TOTAL												
ORDENAMIENTO	1	Existe un lugar específico para herramientas, marcadas visualmente?										
	2	Son los lugares para los artículos defectuosos fáciles de reconocer?										
	3	Es facil reconocer el lugar para cada cosa?										
	4	Se vuelven a colocar las cosas en su lugar despues de usarlas?										
PUNTAJE TOTAL												
LIMPIEZA	1	Son las areas de trabajo limpias, y se usan elementos apropiados para su limpieza?										
	2	El equipo se mantiene en buenas condiciones y limpio?										
	3	Es facil de localizar los materiales de limpieza?										
	4	Las medidas de limpieza y horarios son visibles facilmente?										
PUNTAJE TOTAL												
ESTANDARIZACIÓN	1	Los trabajadores disponen de toda la informacion necesaria como normas, procedimientos para la elaboracion de productos en su puesto de trabajo?										
	2	Se respetan consistenientemente todas las normas y procedimientos?										
	3	Estan asignadas las responsabilidades de limpieza?										
	4	Estan los compartimientos de desperdicio vacios y limpios?										
PUNTAJE TOTAL												
AUTODISCIPLINA	1	Los trabajadores respetan los procedimientos de seguridad?										
	2	Esta siendo la organización, el orden y la limpieza regularmente observada?										
	3	Son observadas las reglas de seguridad y limpieza?										
	4	Se respetan las areas de no fumar y no comer?										
	5	La basura y desperdicio estan bien localizados y ordenados?										
PUNTAJE TOTAL												

Fuente: Ej. Salinas Quevedo, (2011)

Se realiza la Capacitación en 5's enfatizando en cada uno de los pasos propuesto para el personal de las secciones de cosecha mecanizada.

7.2 IMPLEMENTACION MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Esta metodología va muy ligada con las 5s y es fundamental para dar inicio a TPM, por cuestiones de alcance y tiempo el caso de estudio solo afronta la etapa de mantenimiento autónomo y su aplicación se realiza en seis pasos:

Paso 1

Se inicia con una limpieza por esto es fundamental la aplicación de las 5's, una 5's bien aplicada logra que esta fase sea muy sencilla y rápida, se educa a los trabajadores para que mantengan las máquinas limpias y cuál debe ser el estado en el que debe permanecer todo el tiempo, normalmente se trabaja mientras permanezca todo limpio y que hay personas asignadas para esta labor.

Paso 2

Se propone medidas y se señala cuáles son las causas y los efectos de tener la máquina sucia, se deben proponer medidas para reducir la generación de suciedad, desajustes y desorden

Paso 3

En los 2 primeros pasos los operarios determinan cuales son las condiciones básicas que deben tener las máquinas, en este paso ya se definen los estándares de limpieza, lubricación ajustes de las máquinas reapriete de tuercas y tornillos que puedan causar una falla.

Paso 4

En los primeros pasos se previene, se detiene y controlan las condiciones básicas de las máquinas y equipos, en este paso se establece una forma para inspeccionar los modos de falla realizando una inspección general, se deben desarrollar destrezas en los operadores con capacitaciones que aumente que mejoren la habilidad para detectar anomalías en los equipos y que pueden ser corregidas rápidamente

Paso 5

Los estándares de lubricación y limpieza ya fueron definidos , en este paso se pone en práctica la inspección autónoma tomando como referencia el estado óptimo , compararlo y evaluarlo para eliminar las inconsistencias para que se mantengan las actividades de mantenimiento autónomo, se debe trabajar conjunto los trabajadores y el personal técnico para desarrollar un manual, cuando el personal se encuentre entrenado el departamento técnico puede realizar mejoras en el diseño, además de estándares para mantenimientos planeados , mantenimientos preventivos, listas de verificación y paso a paso del ciclo completo de inspección

Paso 6

Ahora se debe hacer la organización de todo lo que se ha realizado definiendo en los mandos medios quien es el encargado, estos clarifican la implantación del mantenimiento autónomo evalúan el papel de los operarios y cuáles son sus responsabilidades

DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES

Se definen y estandarizan las actividades que realiza los involucrados en el proceso de cosecha

Actividades del Cosechador

Este será el encargado de la inspección y garantizar que el estado de la máquina se mantenga bajo los estándares

- **Actividades que el Cosechador realizará en la suerte:**

Se definen cuáles son las tareas correspondientes del mantenimiento autónomo a las que queda a cargo el cosechador mientras la máquina permanezca en la suerte

- Desbarre de Máquina Cosechadora: limpiar la máquina con una barra para evitar atascamientos y averías
- Cambio de mangueras de: Gato hidráulico y manguera de sinfines, Se realiza capacitación para el cosechador pueda realizar cambio de manguera de gato hidráulico y sinfines

8. Actividades que el cosechador realizará en el carro taller:

Mientras la máquina permanezca en el carro taller el cosechador tiene unas tareas asignadas

- Rotación y Cambio de cuchillas
- Desdoblar cuchillas
- Desbarrar extractor primario
- Cambio de aspas del extractor secundario

Actividades del mecánico

Cuando la máquina se encuentre en la suerte el mecánico debe cumplir con estas tareas

- **Actividades del mecánico en la suerte:**

- Cambio de mangueras
- Reparación de problemas eléctricos

- **Actividades en el carro taller**

Actividades a cargo del mecánico mientras este en el carro taller y la máquina

- Gatos de suspensión
- Soldadura
- Quitar y poner sinfines
- Cambio de discos de base
- Cambio de trozadoras y aspas
- Problemas del sistema hidráulico
- Completar full de aceites

Dotación a Operadores

Para las labores que llevarán a cabo los operadores de cosechadora tanto en la suerte como en el carro taller, se les brindará la herramienta y equipo de seguridad necesaria para así ellos puedan cumplir sus tareas de una manera segura.

- Para realizar dichas labores con la seguridad requerida, se necesitan las siguientes herramientas e implementos de seguridad:
 - Desbarre de la máquina: - Barra Desbarradora



Fuente: S.F

- Cambio de mangueras de gato de suspensión: - Llaves mixtas: Llave de 22 mm y Llave de 23.8 mm



Fuente: S.F

- Cambio de mangueras de sinfines: Llave mixta: Llave de 31.75 mm



Fuente: S.F

- Los implementos de seguridad necesarios para llevar a cabo estas actividades son
 - Guantes tipo ingeniero.



Fuente: S.F

- Gafas de protección.



Fuente: S.F

- Camisa manga larga.



Fuente: S.F

- Gorra o Pava



Fuente: S.F

7.3 IMPLEMENTACIÓN DE SMED

Para llevar a cabo el Plan de SMED en la Sección piloto de cosecha mecanizada, se tuvo en cuenta los siguientes puntos:

1. Desarrollo y aprobación de estrategia en conjunto con el jefe de cosecha para optimizar el tiempo en los cambio de turno.
2. Diseño de formatos para llevar registro de tiempos en los cambio de turno.
3. Difusión de plan SMED al formador de cosecha y equipo de trabajo, para obtener apoyo en la ejecución del mismo.
4. Coordinación con el formador y equipo de trabajo para llevar a cabo el plan de SMED en sección piloto.

TABLA 14 : Análisis de procesos SMED

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO: Máquina / Operario / Equipo														
Taller:			Máquina (Serie-Código):			Ingenio:		Riopaila		Castilla				
Diagrama núm: _____			Hoja núm: _____ De: _____			Resumen				Costos Actuales				
Cargo: _____			Actividad		Actual	Propuesta	Economía	M.O:						
Actividad: _____			Operación		○				M.P:					
Técnico(s): _____			Transporte		→				Total					
Método: _____			Espera		D				Costos Propuesta					
Lugar: _____			Inspección		□				M.O:					
Insumos y/o Refacciones			Almacenam.		▽				M.P:					
			Distancia (m)						Total					
			Tiempo (horas)						Ahorro:					
Elaborado por: _____						Fecha: _____		Fecha: _____						
Aprobado por: _____						Fecha: _____								
Descripción			Insumo	Cant.	Distancia (Metros)	Tiempo			Símbolo					Observaciones
						Horas	Min	Seg	○	→	D	□	▽	

Fuente: Elaboración propia.

Con el desarrollo del Plan de SMED se busca:

- Minimizar los extensos tiempos de cambio de turno
- Disminuir los tiempos improductivos
- Analizar las actividades internas y en lo posible volverlas externas
- Aumentar la productividad
- Desarrollar un personal más eficiente.

7.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Al ser metodologías de mejora continua en el trabajo realiza se ejecuta una primera fase implementación y unas propuestas para la continuación de las herramientas, se realiza una nueva recolección de información de acuerdo a lo implementado y ver reflejado el impacto en los procesos de campo de cosecha mecanizada

ESTÁNDARES DE OPERACIÓN

Se determinan los tiempos estándares de operación para las actividades de campo cuando se implementaron las metodologías de 5's, mantenimiento autónomo y SMED se buscaba reducir desperdicios correspondientes a tiempo en que la máquina permanecía fuera de funcionamiento, analizando cómo se llevan a cabo las tareas mientras son supervisadas para asegurar su correcta ejecución, esto solo representa una primera fase de implementación y con esta recolectar una nueva muestras de los tiempos, a continuación se pueden ver en la Tabla 15. Los estándares de una manera global.

TABLA 15 : Nuevos estándares de cosecha

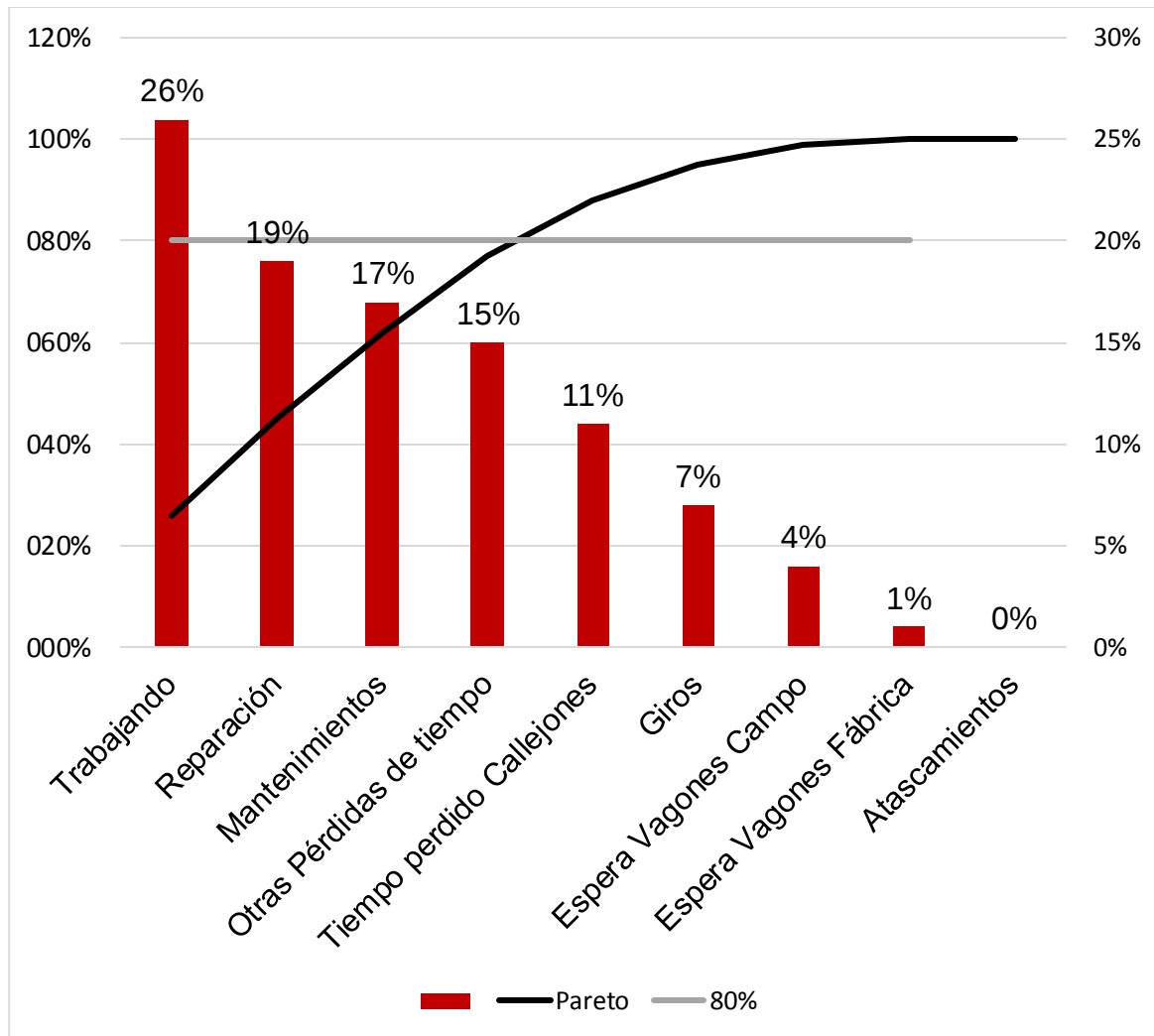
		Minutos por Turno		Frecuencia	% Tiempo
DIAS/MES	30	Suplementos	36	Diaria	5%
Maquinas laborando	10	Cambio de Turno	25	Diaria	3.5%
HORAS DISPONIBLES/TURNO	12	Alimentación	27	Diaria	3.8%
HORAS DISPONIBLES/MES	3600	Limpieza Maq	14	Por turno	5.8%
TIEMPOS MUERTOS POR TURNO (HORAS)	1.2	Alistamientos	20	Diaria	2.8%
		Taqueo	24	Dos por Turno 1.7%	

Fuente: Elaboración propia.

Recolección de datos

Utilizando las bitácoras para la recolección de datos se toma una muestra que nos indica cual ha sido el impacto de las metodologías aplicada a las operaciones de cosecha mecanizada encontrando en la tabla 1

GRÁFICO 14 : Tiempos de cosecha después de estándares



Fuente: Elaboración propia.

Encontramos que las variables que más se vieron afectadas fueron :

Reparaciones: los tiempos se ven afectados cuando se mejora el nivel de preventivos, las averías provocadas por fallas en la máquina porque estaba sucia o piezas desajustadas se corrigieron.

Mantenimientos: en las primeras fases de implementación de mantenimiento autónomo siempre se evidencia un aumento en los mantenimientos logrando que la máquina esté en un estado de funcionamiento, la cantidad de mantenimientos se va reduciendo con el paso de los días.

Otras pérdidas: al momento de intervenir los tiempos de los cambio de turno con la herramienta SMED se reducen rápidamente, se estandariza el tiempo que debe tardar, se agiliza el proceso de tanque teniendo el combustible cerca a la máquina tomando esta tarea como actividad externa al proceso por que otra persona podía encargarse de llevar el combustible mientras la máquina aún estaba en funcionamiento.

8. SIMULACIÓN DE LA NUEVA SITUACIÓN

Se modela la nueva situación ingresando al PROMODEL los nuevos datos recolectados después de aplicar las herramientas de ingeniería a los procesos

Para la creación del nuevo modelo no se modifican las locaciones y las entidades solos se generan cambios para las variables de tiempo, las probabilidades de las operaciones de campo.

Se pueden observar en la tabla los datos arrojados por PROMODEL de la nueva situación.

TABLA 16 : Resultados PROMODEL nueva situación

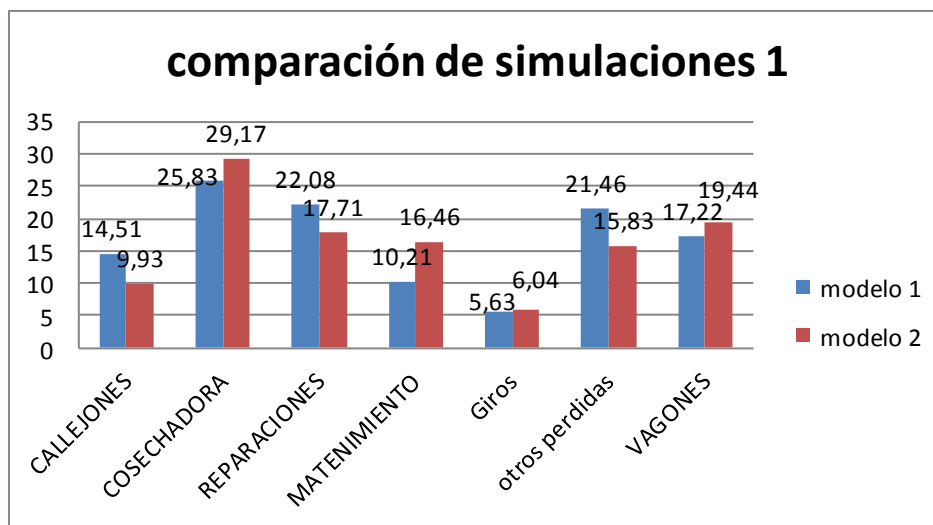
Name	Scheduled Time (HR)	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
CALLEJONES	24,00	9,79	0,00	90,21	0,00	0,00	0,00
COSECHADORA	24,00	30,42	0,00	68,09	0,00	0,03	1,46
REPARACIONES	24,00	18,75	0,00	81,25	0,00	0,00	0,00
MATENIMIENTO	24,00	14,17	0,00	85,83	0,00	0,00	0,00
Giros	24,00	9,10	0,00	90,90	0,00	0,00	0,00
otros pérdidas	24,00	13,33	0,00	86,67	0,00	0,00	0,00
VAGONES	24,00	20,28	0,00	78,26	0,00	0,00	1,46

Fuente: Elaboración propia.

Escenarios de la simulación

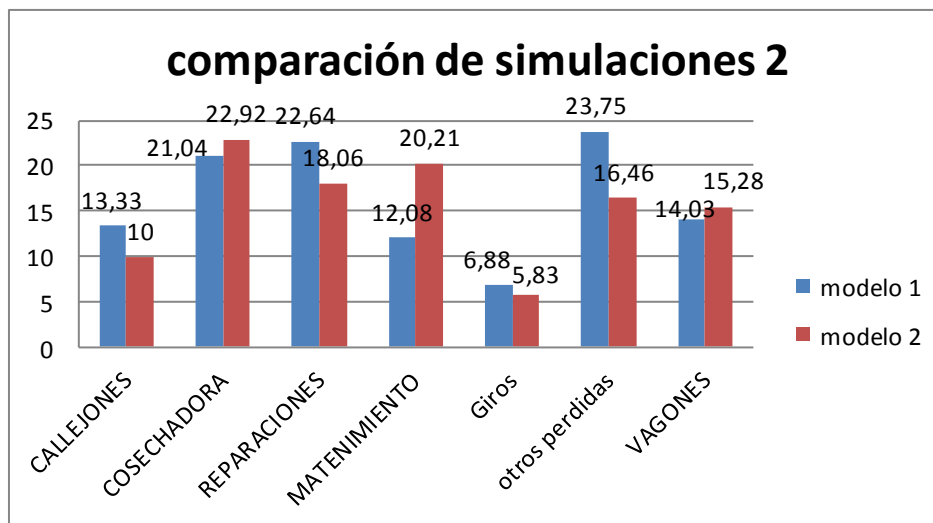
Se realizan 3 réplicas para los modelos de simulación en PROMODEL se compara respetivamente para determinar las mejoras en el sistema, cada una de las categorías está sujeta cambios por que los tiempo de proceso está sujeto a probabilidades.

GRÁFICO 15: Comparación de tiempo replica 1



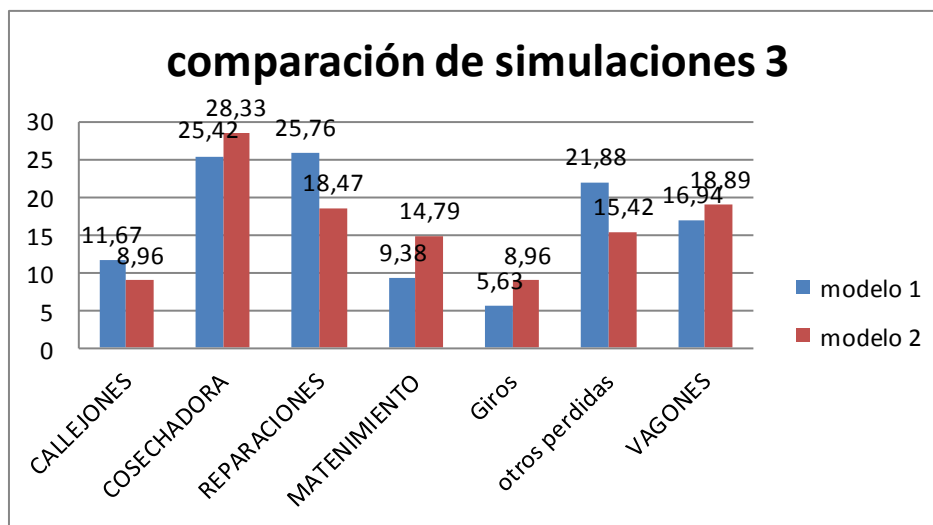
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 16 : Comparación de tiempo replica 2



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 17: Comparación de tiempo replica 3



Fuente: Elaboración propia.

8.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la comparación de las situación se puede notar como el tiempo de operación de las máquinas se ve mejorado , el aumento no es muy amplia pero largo plazo puede representar grandes un aumento considerable para la empresa de estudio , teniendo en cuenta que esto es un trabajo progresivo de mejora continua , el proceso seguirá evolucionando en el trabajo propuesto solo se evalúa una pequeña parte del impacto por motivos de tiempo no se sigue evaluando el sistema de cosecha mecanizada, la segunda recolección de datos fue tomada de manera muy inmediata después de implementar las herramientas no permitiendo que los el operario de cosecha y mecánico alcance un nivel de desarrollo óptimo dejando un amplio rango de oportunidad para las muestras futuras, en los 3 escenarios se muestra una mejora.

TABLA 17 : Comparación de modelos tiempos productivos

	MODELO 1	MODELO 2	MEJORA
REPLICA 1	25,83%	29,17%	3,3%
REPLICA 2	21,04%	22,92%	1,9%
REPLICA 3	25,42%	28,33%	2,9%

Fuente: Elaboración propia.

Las mejoras en la productividad para un día de operaciones en campo estas cifras reflejadas a largo plazo para cada una de las réplicas puede representar para un

mes de trabajo esta mejora puede llegar acumular 24 horas en la réplica 1, 13 horas de la réplica 2, y 20 horas en la réplica 3; como se esperaba las mejoras a largo plazo pueden generar muchas ganancias para la empresa, continuidad del proceso es fundamental para el sostenimiento de estos nuevos indicadores

9. CONCLUSIONES

Se crean medidas para contrarrestar el nivel de pérdidas para el área agrícola del sector azucarero en Colombia, se plantea la inclusión de modelos matemáticos que luego es validado con el uso de software de simulación que aporta mayor confiabilidad a las decisiones tomadas por la empresa caso de estudio, cada una de las propuestas deben analizarse desde el aspecto operativo, táctico y estratégico. Se encuentra cierta dificultad para adaptar el modelo por la escasa información que hay del sector azucarero con respecto a la simulación de sus procesos, se encuentra un amplio estudio e información con respecto a la producción de azúcares, miel o panela como tiempos de proceso, eficiencias y modelos de producción, dando la oportunidad de aplicabilidad al ser un caso muy específico del que se tiene que definir su comportamiento durante la fase de diagnóstico, adicional a esto es importante resaltar los métodos con los que se definieron la oportunidad de mejora y el direccionamiento durante la etapa de factibilidad del proyecto, partiendo del diagnóstico se determinan las falencias y la necesidad de cumplimiento de los requerimientos de la planta de procesamiento, desde el punto operativo se deben regular los procesos de cosecha por que se encuentran limitados por el tiempo de crecimiento y maduración de la caña esta que debe ser cosechada en el momento oportuno, a partir de ese momento se trabaja contra reloj cada minuto que la caña se encuentra fuera de fábrica representa pérdida de propiedades de la cosecha.

El proyecto se enfoca en las pérdidas en campo que mayor generan impacto o que provocan que la máquina permanezca más tiempo fuera de operación se realiza propuesta de mejoras buscando impactar las pérdidas de tiempo por correctivos, preventivos y tiempos muertos por alistamiento de las máquinas, en la revisión de la bibliografía se identifican herramientas que han logrado mejorar el margen de ganancias en industrias ubicadas en todos los sectores, que reformaban los procesos desde los detalles más mínimos, La significativa reducción de los tiempos perdidos en los correctivos en el procesos mediante las capacitaciones en métodos aplicativos en 5's, para la herramienta 5's se lleva cabo el proceso de implementación de las fases correspondientes a limpieza inicial, clasificación de las herramientas, equipos y descarte de las innecesarias organización del lugar de trabajo, orientación de los operarios a generar estándares para luego visualizar el nivel de limpieza requerido y el paso fundamental para que la propuesta generada siga causando impacto el aumento de eficiencia de las máquinas que es la disciplina y compromiso de todos los involucrados, estas prácticas están bajo el mejoramiento continuo lo realizado solo es la primera fase pero mientras se mantenga este mismo método de trabajo las oportunidades de mejora crecen de esta misma manera se hace la réplica de prácticas de mantenimiento de las máquinas que reportaban mayores índices de disponibilidad redundó en el aumento del tiempo operativo de las máquinas.

La preparación de los procesos generando estándares en cosecha de manera visual y por medio de bitácora, la contribución al proceso se dio mediante planes de mantenimiento autónomo y SMED que redujeron las pérdidas asociadas a los alistamientos y cambios de turno.

El comportamiento de los índices de operación que aún se monitorean, se debe en gran medida a que los planes de acción se han ejecutado de manera parcial por falta de recursos logísticos, económicos e informáticos. A su vez el proyecto no ha ido más allá de presentar las grandes pérdidas que se generan tanto por el desabastecimiento del cliente interno como de los costos ocultos e intangibles, puesto que estos se han señalado generando gran número de propuestas, el desarrollo incompleto de éstas no han permitido observar una reacción colateral proveniente de estos planes. Por esta razón sólo se pueden considerar exitosos aquellos planes que han sido apoyados por las jefaturas de la empresa y que si reflejan un comportamiento favorable; como ejemplo de esto son los electromecánicos y la coordinación con supervisores para cambios de turno.

Para corroborar el impacto de las metodología aplicadas se recrea un estado actual por medio de simulación utilizando datos tomados de campo y en tiempo real que posteriormente son validados, la simulación de los tiempo iniciales se realiza para generar un propuesta comparativa con los nuevos estándares se genera un cruce de información luego de recrear el modelo inicial y modelo luego de la implementación de las metodologías mencionadas se encuentran incrementos de 3.3%,1.9% y 2.9% estos datos son obtenidos de la comparativa de los modelos en 3 replicadas cada sufre un variación a causa de que los tiempo de cosecha mecanizada de cada una de las actividades está sujeta a probabilidad. Estos tiempo representados a largo plazo pueden acumular cerca de 20 horas mensuales en comparación con el sistema inicial, las directivas de la empresa deben decidir un plan estratégico para difundir el modelo por que la situación de mejora solo se proyecta en una sección piloto dado que los recursos son limitados para ser aplicado a toda el área de cosecha de la empresa.

Se hacen consideraciones para tener en cuenta si se decide expandir el proyecto como La cantidad de personas que lideran el proyecto (Ingeniero Líder) se deja a consideración, puesto que se debe tener en cuenta las condiciones de operación de cosecha mecanizada como son:

- El volumen de equipos: cantidad de equipos que deben ser intervenidos para se realice la limpieza y mantenimiento inicial para poder empezar las operación bajo el modelo más estricto de preventivos
- La cantidad de personal actual: el número de empleados que va estar vinculado al proceso debe estar comprometido ,considerando los costos de capacitación de todo el personal de cosecha

- La capacidad a la que se piensa ampliar en el futuro: nivel de ampliación para toda las actividades de cosecha, aún quedan actividades que no han sido vinculadas definitivamente.
- El entorno y ubicación geográfica de las haciendas de cosecha.
- Las necesidades y condiciones en las que varía la cosecha mecanizada para cada planta.
- Los recursos de transporte; entre otros.

Se propone asignar un equipo enfocado en el análisis de tiempos en campo y propuestas de mejora, El equipo operativo (practicantes) deberá ser mínimo de 4 personas por cada planta, puesto que la Planta aumenta la capacidad de operación para el presente año.

Es importante generar canales de cruce de información entre campo, maquinaria, operaciones y control procesos, ya que hay muchos indicadores que desde la lógica del OEE, podría ser más consistentes en la información arrojada, sin generar contradicciones o competencias por indicadores que carecen de una visión sistémica.

Se propone mayor intervención de los mandos medios de la empresa en las actividades de cosecha, estos deben monitorear constantemente los indicadores de tiempo y la asignación de personal para obtener datos de análisis como propuesta los practicantes pueden asumir la función pero la empresa debe destinar un Recurso de transporte para la constante movilización desde las plantas hacia las secciones de cosecha mecanizada.

REFERENCIAS

Mendoza Haro, E. I. (2010). Metodología de las 5`S aplicadas a los talleres de servicio de compañía azucarera Valdez S.A. *THE AMERICAN ENBRYOTRANSFER ASSOCIATION*.

Montoya Amezquita, L. X., & Núñez Beltran, F. A. (2014). *Propuesta para la implemetacion de un programa de gestion de mantenimineto bajo la metodologia 5`s en la empresa "GRUPO ELITE DE OUTSOURCING S.A.S"*. Universidad distrital Francisco José de Caldas, Bogota.

Zimmermann Ing. José Sobrino. (2005, julio 16). *5S, base del Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/5s-base-del-mantenimiento-productivo-total-tpm/>

Zapata Atehortua, D. I., & Buitrago Guzman, M. (2012). *Implementacion de la metodologia 5`s en una empresa de fabricaciòn y comercializaciòn de lamparas*. Universidad de San Buenaventura Seccional Medellin, Medellin.

García Jojoa, C. E. (2013). *Implementación de la metodología SMED para la reducción de tiempos de alistamiento y limpieza en las líneas de producción 921-1,921-2 y 921-3 de una planta farmacéutica en la ciudad de Cali*. Universidad San Buenaventura Cali, Cali.

Rojas Castro, L. J., & Cortez Ferreira , C. A. (2014). *Aplicación de la metodologia SMED para el cambio de bobina de semielaborado en una maquina rebobinadora de pael higiénico en la empresa PAPELES NACIONALES S.A*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.

Vázquez Mosquera, D. A. (2011). *Propuesta de un plan para la aplicación de la estrategia SMED en el area: construcción de llantas de camión radial de la empresa CONTINENTAL TIRE ANDINA S.A* . Universidad Politécnica Salesiana, CUENCA.

Zamir Urrego, A. (2012). *Plan piloto para la implementacion de SMED en la linea de Aros de Cofre S.A.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogota.

Ceballos Carillos, J. A., Fernández Ledesma, J. D., & Restrepo Núñez, D. E. (2013). Aplicación de un modelo de simulacion discreta en el sector del servicio automotor. *Ingeniería Industrial UPB*, 1.

Ardila Ojeda, A. A. (2009). *Diseño de un plan y capacitación de personal en mantenimiento autonomo del equipo envasadora marca HYK tipo WF 77/20 linea 2 producción Bavaria S.A .* Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga.

Barboza Castilla, K. P., & Guette Castillo, L. D. (2006). *Diseño de un programa de matenimineto productivo total (TPM) en el area de conversión de la empresa CELLUX COLOMABIANA S.A.* Universidad de Cartagena, Cartagena.

Rojas Rangel , M. F. (2011). *Implementación de os pilares TPM(mantenimiento total productivo) de mejoras enfocadas y mantenimiento autonomo en la planta de producción OFIXPRES S.AS.* Universidad Pontificia Bolivariana, Floridablanca.

Lefcovich Mauricio. (2008, abril 18). *Las 5s y la producción en la fábrica visual*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/5s-produccion-fabrica-visual/>

Sanchez Perez, D. A. (2013). *Estructuración del mateniento productivo total (TPM) como herramienta de mejoramiento continuo en la linea de inyección de aluminio fabrica de motores y ventiladores SIEMENS S.A.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas , Bogota.

Fernanda, R. M. (2011). *Implementacion de los pilares tpm(matenimineto total productivo) de mejoras enfocadas y matenimineto autonomo en la planta de produccion OFIXPRES S.A.S .* Floridablanca.

Lefcovich Mauricio. (2008, marzo 9). *SMED, Single Minute Exchange Die. Conceptos fundamentales*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/smed-single-minute-exchange-die-conceptos-fundamentales/>

SHIROSE, Kunio. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL TPM. Madrid. Edición en español Tecnología de gerencia y producción S.A. 1991. 35-40p.

Banks J., Nelson, y D. Nicol. (2000), *Discrete Event System Simulation*, 3rd Ed., Prentice-Hall, New Jersey.

Kelton D., D. Sadowski (2004), *Simulation with Arena*. 3rd Ed., McGraw-Hill, Boston.

JUAN GREGORIO ARRIETA P OSADA,(2007) *Interacción y conexiones entre las técnicas Ss, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo*.

Dorbessan, J. (2,000). *Las 5 "S" Herramienta de Cambio* Editorial Universitaria de la U.T.N.

Mautner Himmelblau, David; Bischoff Kenneth B(1992) *Análisis y Simulación de Procesos*, Reverte.