

Propuesta de plan de mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca



Jose W. Majin Erazo
Hernán Gómez Chicue

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial
Popayán, 2015

Propuesta de plan de mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca



Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de Ingenieros en
Automática Industrial

Jose W. Majin Erazo
Hernán Gómez Chicue

Director: Mg. Juan Fernando Flórez Marulanda.

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control

Ingeniería en Automática Industrial

Popayán, Marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo de grado se lo dedicó a quienes siempre estuvieron apoyándome física y espiritualmente:

A Jehová Dios por darme fortaleza, confianza y una familia que siempre ha buscado lo mejor para mí. Por permitirme crecer como persona y estar en continuo aprendizaje de todas sus creaciones.

A mi madre María Alicia por ser la autora de la persona que soy, por ser una plaza fuerte en momentos de turbulencia y perturbaciones. Por ser partícipe en todas mis decisiones.

A mi padre Diver por ser un ejemplo a seguir a pesar de las barreras y oposiciones de este mundo. Por darnos a mi hermano y a mí una crianza sin igual, un hogar y otras cosas grandiosas.

A mi hermano Hamilton por su compañía y apoyo a pesar de su mal genio.

A mis amigos Jennifer, Diego, Cesar por estar presentes en los momentos más difíciles de mi vida y que con sus palabras y su humor fino logran derrumbar cualquier pensamiento negativo. A mi primo y amigo Carlos, quien fue el de la idea de iniciar con esta carrera, la cual nos ha traído muchas alegrías.

Definitivamente es para mí muy importante dar mi más sincero agradecimiento a:

Juan Fernando Florez, Ingeniero en Electrónica y telecomunicaciones, por su completa dedicación y dirección en el desarrollo de este trabajo.

Juan Manuel Segura, Ingeniero en Automática Industrial, por ser el codirector en el desarrollo de esta propuesta.

Y la Cooperativa de Caficultores del Cauca por abrirnos las puertas de sus instalaciones.

Jose W. Majin

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerzas en todo momento de dificultad para afrontar este gran reto en mi vida.

A mis padres Darío y Aura, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, y por ser las personas que siempre me han dado su amor, apoyo y sacrificio en cada momento de mi vida.

A mis hermanos por su paciencia y constante ayuda.

A mi madrina Graciela Cifuentes por el incondicional apoyo que me ha brindado a lo largo de estos duros años de carrera profesional.

A mi familia y amigos por su constante compañía y motivación y quienes han sido fuente de apoyo constante.

Hernán D. Gómez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 GENERALIDADES	3
1.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.....	3
1.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (<i>Total Maintenance Productive-TPM</i>).....	4
1.2.1 Pilares del TPM.....	4
1.3 ESTADO DEL ARTE	6
1.4 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA.....	11
1.5 CONCEPTOS PARA EL PROTOCOLO DE TRABAJO	16
1.6 PROTOCOLO DE TRABAJO.....	19
1.6.1 Identificación y secuencia de los procesos.....	19
1.6.2 Descripción del proceso de mantenimiento	19
1.6.3 Seguimiento y medición del proceso de mantenimiento	19
1.6.4 Mejora del proceso de mantenimiento con base en el seguimiento y medición realizado	20
1.6.5 Descripción del proceso productivo para la obtención de café excelso....	20
1.6.6 Clasificación e Identificación de equipos	20
1.6.7 Plan de mantenimiento.....	20
1.6.8 Programación de mantenimiento	21
Capítulo 2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO	22
2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	22
2.2 PLANEACIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO	28
2.3 ORGANIZACIÓN Y ASIGNACIÓN DE MANTENIMIENTO	30
2.4 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	31

2.5 ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO	34
2.6 FICHA TÉCNICA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO.....	42
2.6.1 Instructivo del proceso de mantenimiento	44
Capítulo 3 PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO.....	45
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EXCELSO ...	45
3.2 CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	55
3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	63
3.3.1 Análisis de criticidad para los equipos	63
3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	66
3.4.1 Sistemas Mecánicos.....	66
3.4.2 Sistemas Eléctricos	68
3.4.3 Sistemas de Lubricación	70
3.5 FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS	71
Capítulo 4 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO.....	73
4.1 PLAN DE PRODUCCIÓN	73
4.2 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO	75
4.2.1 Programa Maestro de Mantenimiento (PMM).....	75
4.2.2 Programa semanal de mantenimiento	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ISTA DE TABLAS

Tabla 1-1 Diagnóstico del proceso de mantenimiento de Caficauca	15
Tabla 1-2 Tareas de las actividades seleccionadas del Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento.....	18
Tabla 2-1 Esquema Organizacional propuesto para personal de mantenimiento de Caficauca.....	25
Tabla 2-2 Flujos de información entre las cuatro sub-actividades del modelo IDEF0 (A-0).	26
Tabla 2-3 Propuesta tipos de paradas en la planta trilladora de Caficauca.....	38
Tabla 2-4 Indicadores propuestos para el proceso de mantenimiento	40
Tabla 2-5 Caracterización del proceso de mantenimiento de Caficauca.	43
Tabla 2-6 Instructivo propuesto para el Proceso de Mantenimiento de Caficauca.....	44
Tabla 3-1 a) Tipos de productos de la planta trilladora de Caficauca.....	50
Tabla 3-2 b) Tipo de subproductos de la planta trilladora de Caficauca.	50
Tabla 3-3 Flujos de café en el proceso de producción en Caficauca.	53
Tabla 3-4 Modelo Físico Unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos de la planta trilladora de Caficauca.....	56
Tabla 3-5 Modelo Físico Unidad B: Pre-Limpieza de la planta trilladora de Caficauca	57
Tabla 3-6 Modelo Físico Unidad C: Trilla café pergamino de la planta trilladora de Caficauca.....	58
Tabla 3-7 Modelo Físico Unidad D: Selección Granulométrica o por tamaño de la planta trilladora de Caficauca	58
Tabla 3-8 Modelo Físico Unidad E: Clasificación Mecánica de la planta trilladora de Caficauca.....	59
Tabla 3-9 Modelo Físico Unidad F: Selección electrónica de la planta trilladora de Caficauca.....	60
Tabla 3-10 Modelo Físico Unidad G: Almacenamiento de producto terminado de la planta trilladora de Caficauca.....	60
Tabla 3-11 Codificación para las unidades de producción propuesto para Caficauca....	61
Tabla 3-12 Tabla codificación para los módulos de equipo propuesto para Caficauca..	61

Tabla 3-13 Análisis de criticidad para los equipos de la planta trilladora	65
Tabla 3-14 Propuesta de Mantenimiento Preventivo Mecánico para los Equipos de la unidad A: Recepción y Almacenamiento de café pergamino en silos.	67
Tabla 3-15 Propuesta de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para los equipos de la Unidad A:	69
Tabla 3-16 Propuestas de Mantenimiento Preventivo de lubricación para equipos de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos.	71
Tabla 3-17 Propuesta de ficha técnica para el elevador 1 de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos de la planta trilladora de Caficauca.	72
Tabla 4-1 Producción de café excelso para Enero del 2014.	74
Tabla 4-2 Programación de mantenimiento según el horizonte de tiempo.	75
Tabla 4-3 Propuesta de Actividades para la programación de mantenimiento preventivo para Caficauca.	77
Tabla 4-4 Programa de Mantenimiento Preventivo Mecánico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.	79
Tabla 4-5 Instructivo de trabajo tipo mecánico para el drenaje del compresor SULLAIR 40H propuesto para Caficauca.	80
Tabla 4-6 Programa de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.	81
Tabla 4-7 Instructivo de trabajo tipo eléctrico para los motores de los monitores de pergamino propuesto para Caficauca.	82
Tabla 4-8 Programa de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.	84
Tabla 4-9 Instructivo de trabajo para lubricación para los equipos propuesto para Caficauca.	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Mapa de Procesos propuesto para Caficauca.	23
Figura 2-2 Diagrama IDEF0 (A-0) para el Proceso de Mantenimiento propuesto para Caficauca.	25
Figura 2-3 Diagrama IDEF0(A-0) para el proceso de Mantenimiento propuesto para Caficauca.	27
Figura 2-4 Diagrama IDEF0 (A-0) Planeación de Recursos de Mantenimiento.	28

Figura 2-5 a) Formato solicitud de Mantenimiento (SOMA 01) propuesto para Caficauca.....	30
Figura 2-6 b) Formato Solicitud de Recursos (SORE 01) propuesto para.....	30
Figura 2-7 . Diagrama IDEF0 (A-0) Organización y Asignación de Mantenimiento. ...	31
Figura 2-8 Diagrama IDEF0 (A-0) Programación de Mantenimiento.....	32
Figura 2-9 Formato Orden de Trabajo (OT) propuesto para Caficauca.....	33
Figura 2-10 Diagrama IDEF0 (A-0) Análisis de Mantenimiento.	34
Figura 2-11 Formato Bitácora de Mantenimiento (FOMA01) propuesto para Caficauca	36
Figura 2-12 Formato de control de paradas de producción (FOMA 02) propuesto para Caficauca.....	37
Figura 3-1 Recepción de café pergamino.....	46
Figura 3-2 Almacenamiento de café pergamino	47
Figura 3-3 Mezcla de cafés	47
Figura 3-4 Pre limpieza de café pergamino	48
Figura 3-5 trilla de café pergamino	49
Figura 3-6 Clasificación granulométrica o por tamaño de café verde	49
Figura 3-7 Clasificación mecánica de café verde	50
Figura 3-8 Máquinas electrónicas para la selección de café verde por visión de máquina.	51
Figura 3-9 Empacado y almacenamiento de café excelso para exportación.....	52
Figura 3-10 DFP para producción de café excelso en la planta trilladora de Caficauca.	54
Figura 3-11 Propuesta de estructura de codificación para los equipos de la planta trilladora de Caficauca.	62

INTRODUCCIÓN

La economía mundial está experimentando, en el transcurso de los últimos años, un aumento de la producción de manufacturas y servicios en una escala nunca antes vista. Este hecho ha involucrado a gran número de empresas, actuando de manera coordinada a través de redes globales de abasto y distribución. Sumado a lo anterior, la alta competencia por precios, el cumplimiento de normas para exportar, entre otros factores las obliga a dirigir su atención hacia mejores procesos financieros, administrativos y productivos para lograr un aumento en la competitividad frente a otras empresas, que con nuevas tecnologías y estrategias girando alrededor de los clientes, están acaparando el mercado regional, nacional e incluso internacional por sus productos con alto grado de calidad y bajos costos en producción [1].

Los clientes son de suma importancia ya que permiten a las empresas mantenerse en el mercado y lograr crecimiento, por eso es significativo prestarles atención a sus necesidades y expectativas [2]. Los procesos productivos son soporte para estas empresas ya que contribuyen a la satisfacción del cliente por sus producto (sus características y especificaciones) y cumplimiento en la entrega de los mismos. Para lograr lo anterior, se hace necesario enfocarse en sus diferentes procesos y en particular en los productivos. Éstos contienen a su vez procesos de apoyo como el de mantenimiento, que contribuye a incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad de la empresa. Sin embargo, para muchas el mantenimiento suele estar en un nivel inferior al de producción, tanto así que sólo interesa reparar una avería cuando éste impide cumplir con el pedido de un cliente. Lo cierto es que un plan y programación de mantenimiento adecuado al proceso productivo permite aumentar la disponibilidad de los equipos y reduce considerablemente las averías imprevistas [3].

En el contexto nacional existen empresas manufactureras que se encuentran en un constante crecimiento y mejora de sus procesos productivos, buscando una mayor productividad que les permita ser más competitivas y lograr cumplir con estándares de calidad cada vez más exigentes buscando satisfacer las necesidades de los clientes [4]. Esto también sucede en uno de los departamentos con mayor producción y acopio de café pergamino, Cauca. En éste existen dos cooperativas, la de Caficultores del norte del Cauca y la de Caficultores del Cauca (Caficauca) las cuales efectúan procesamiento industrial de café pergamino por medio de trilla. Éstas acopiaron 31 millones de kilogramos de café pergamino seco para el 2013 aumentando en un 100% en relación a 2012 [5]. Este aumento ha llevado a que Caficauca descuide el mantenimiento, como parte fundamental del proceso productivo, reaccionando sólo cuando se presentan averías que interrumpen la producción.

El presente trabajo de pregrado “Propuesta de plan de mantenimiento para la planta trilladora de la cooperativa Caficultores del Cauca”, establece realizar una

caracterización del proceso de mantenimiento de la planta trilladora de Caficauca para definir y documentar un plan de mantenimiento y posteriormente generar la programación del mismo. Inicialmente se identifican rasgos distintivos como flujos de información que existen al interior y entre otros procesos, bajo el estándar ANSI/ISA-95.03, para proporcionar la base necesaria para conectar las áreas de planificación y producción (en éstas se genera un gran volumen de información que, documentada de la mejor forma, aumenta la productividad y la eficiencia del proceso de mantenimiento). Posteriormente con el uso del Estándar ANSI/ISA-88 se jerarquizan los activos físicos de la planta y se propone un plan y programación de mantenimiento preventivo, haciendo uso del Enfoque Basado en Procesos de la norma ISO 9001:2008. Este último se constituye en la herramienta clave alineada al direccionamiento estratégico de la empresa que garantiza una mejora continua del proceso e incremento de la satisfacción del cliente.

El capítulo 1 presenta el estado del arte de la filosofía TPM y la metodología RCM, generalidades sobre la técnica de modelado IDEF0, normas internacionales como los estándares ISO e ISA y finaliza con el protocolo propuesto para la realización de este trabajo.

El capítulo 2 aborda los flujos de información que existen al interior del proceso de mantenimiento en la interacción de cuatro sub-actividades, proponiendo una serie de formatos que deben ser instaurados con el fin de documentar y llevar el proceso a una mejora continua, bajo dos primeros indicadores propuestos de mantenimiento.

El capítulo 3 desarrolla la propuesta de plan de mantenimiento preventivo para los sistemas mecánicos, eléctricos y de lubricación para los equipos de la planta de Caficauca con base a los estándares en automatización y criticidad de los mismos. Además se propone un formato de ficha técnica para el ingreso de información de los equipos.

El capítulo 4 efectúa el desarrollo de la programación de mantenimiento tomando en cuenta los criterios establecidos en las normas internacionales y conceptualización del mantenimiento establecidos en los capítulos 1 y 2.

Finalmente, se presenta las conclusiones generales de este documento y recomendaciones para el proceso de mantenimiento en Caficauca.

Capítulo 1

GENERALIDADES

El constante crecimiento y desarrollo de los mercados a nivel mundial impulsa a las empresas productoras a un continuo cambio en sus funciones y áreas, para lograr satisfacer las necesidades de los clientes en relación a los productos ofertados. Además, deben acoplarse a las cambiantes órdenes de producción, fechas de entrega y de materias primas no disponibles [6]. Este capítulo da a conocer las principales normas y técnicas para modelar procesos, presenta conceptos teóricos y contextualización del sector cafetero que soporta el desarrollo de este proyecto en el área de mantenimiento.

1.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Para los siglos XVII y XVIII la prevención y mantenimiento sobre las máquinas no era trascendental en relación a la mano de obra, por tanto sólo se actuaba sobre éstas de forma correctiva. El término “mantenimiento” como actividad sistemáticamente organizada se empezó a utilizar a nivel industrial a principios del siglo XX en Estados Unidos [7].

En 1914, en plena primera Guerra Mundial, las máquinas realizaban el trabajo a toda capacidad y sin interrupción, adquirieron mayor importancia, se masificaron y se prestó un mayor cuidado a éstas. Es así como nace el Mantenimiento Preventivo el cual, según [8] consiste en un conjunto de tareas previamente planeadas que se realizan sobre un equipo o sistema con el fin de prevenir posibles fallas, y así lograr que éste cumpla con las funciones para las que fue creado. Posteriormente, en la segunda guerra mundial, el mantenimiento tuvo un importante progreso en diferentes aplicaciones de interés militar, principalmente en la industria de la aviación, donde se crearon programas de inspección de aviones antes de cada vuelo [9]. Para finales de la década del 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y su probabilidad de fallas [10].

Para 1990 surge en Japón un método organizativo para el mantenimiento industrial denominado Mantenimiento Productivo Total (*Total Maintenance Productive-TPM*), que consiste en obtener el máximo rendimiento global de las instalaciones de producción con una participación activa de los empleados, desde los operarios de planta hasta empleados de altos cargos. Entre sus principales conceptos cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, realizado por los propios operarios de producción. Para finales del siglo XX emerge otra metodología denominada Mantenimiento basado en Confiabilidad (*Reliability Centered Maintenance-RCM*) que tiene como base un análisis riguroso de los tipos de fallas y los modos en que éstos ocurren [10]. En el *ANEXO-A Evolución del mantenimiento industrial* se ofrece un panorama más completo.

1.2 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (*Total Maintenance Productive-TPM*)

En 1960 la empresa japonesa Nippondenso, fabricante y proveedora del sector automotriz, fue pionera en implantar en su planta el mantenimiento preventivo y autónomo a partir del mantenimiento preventivo importado de Estados Unidos gracias a Seiichi Nakajima. Esta organización, al automatizar sus procesos, necesitaba mayor personal para el mantenimiento de sus máquinas, así que en 1961 decidió que el mantenimiento debía ser realizado por los mismos operarios y organizó grupos o equipos haciendo partícipe a todo el personal de la compañía, creando así el Mantenimiento Productivo. Este mismo hecho conllevó a la creación de un programa corporativo llamado, inicialmente, *Total Member Participation*, abreviado bajo las siglas TPM, este programa contó con el apoyo de la JIPE, actualmente conocida como la JIPM¹, quien, a partir de ese momento, ha desarrollado la metodología y conceptos de TPM convirtiéndose en una filosofía de mantenimiento que involucra a todos los empleados de una empresa, incluyendo la alta dirección [11] [3]. El TPM afirma que los empleados que mejor conocen los procesos productivos y equipos de planta, son los mismos operarios de producción, y son ellos mismos quienes pueden prevenir las fallas que se producen de una mejor manera. Las iniciales de TPM significan:

Total: implica la participación activa de todos los operarios de la organización durante todo el ciclo de vida útil de los equipos o instalaciones industriales.

Productive: todas las operaciones productivas deben llevarse de forma perfecta, con el fin de lograr aumento en la productividad.

Management: se interpreta como gerenciamiento o *manufacturing*, relacionándose con el compromiso de gerencia con esta filosofía, convirtiéndose en una cultura orientada desde la cabeza visible de la organización.

En síntesis TPM busca que los mismos operarios de producción participen en las actividades de mantenimiento preventivo y ayuden al personal de mantenimiento en las reparaciones [7]. Así, esta filosofía de mantenimiento contiene ocho pilares considerados necesarios para el desarrollo de la misma en una empresa: 1) Mejoras enfocadas, 2) Mantenimiento autónomo, 3) Mantenimiento progresivo o Planificado, 4) Educación y formación, 5) Mantenimiento temprano, 6) Mantenimiento de calidad, 7) Mantenimiento en áreas administrativas, 8) Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.

1.2.1 Pilares del TPM

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son [12]:

¹ JIMP: Organización japonesa, del inglés Japan Institute of Plant Maintenance

- ✓ **Mejoras enfocadas o Kobetsu Kaisen:** son actividades que se desarrollan con la participación e intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo para maximizar la Efectividad Global del Equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, funcionales e interfuncionales con el objeto de eliminar los despilfarros que se presentan en las plantas industriales. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido Ciclo Deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) [13].
- ✓ **Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen):** está compuesto por un conjunto de actividades para realizar diariamente por los trabajadores de producción que operan los equipos. Estas labores incluyen inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras. Además, analiza y soluciona problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.
- ✓ **Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen):** este pilar tiene como propósito avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial, eliminando los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para eso se hace necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.
- ✓ **Educación y Formación:** Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad.
- ✓ **Mantenimiento Temprano:** Este pilar busca mejorar u obtener nuevas tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, *Mass Customization* o manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallas, son factores extremadamente críticos. Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento. Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.
- ✓ **Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen):** tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto de "cero defectos", el cual tiene directo impacto en las características de calidad del producto. Para lograr esto, se debe clasificar los defectos e identificar las circunstancias que presentan, frecuencia y efectos. Esto implica, realizar un análisis físico para identificar los factores en el equipo que afectan la calidad en el producto. Además, se debe establecer un sistema de inspección periódico de las características críticas. Para eso se emplea la metodología de las 5s [14]:

- ✓ **Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente:** tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares, mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.
- ✓ **Mantenimiento en áreas administrativas:** Este pilar busca eliminar pérdidas que se presentan en las áreas que son soporte de la producción, como planificación, compras pero que facilitan y ofrecen apoyo al proceso productivo.

1.3 ESTADO DEL ARTE

Dentro de los casos analizados acordes al desarrollo de esta propuesta, se encontró una serie de trabajos que han utilizado la metodología RCM y la filosofía TPM, en sectores químicos, alimenticios, entre otros. Se presenta la forma cómo los autores abordan éstos. Así mismo, se expone trabajos y propuestas de mantenimiento para plantas trilladoras de café pergamino a nivel internacional y nacional.

En [15] se elaboró una propuesta de mantenimiento aplicando la técnica de RCM para los equipos del sistema de almacenamiento y bombeo con el fin de minimizar los costos que generaban y así lograr una correcta operación y funcionamiento. Para ello, se indagó sobre el estado actual en el mantenimiento que realizaban los operarios en la planta y, posteriormente, se desarrolló un análisis de criticidad y jerarquizó los equipos por medio de un Diagrama de Pareto. Finalmente, se propuso hojas de información para los equipos del sistema de almacenamiento y bombeo de la planta. Este trabajo de grado realiza un rediseño de los planes de mantenimiento ya existentes en la empresa aplicando la técnica RCM sólo en el sistema de almacenamiento y bombeo de la planta.

En [16] se mejora el mantenimiento industrial en Pasteurizadora Picos del Siguara Ltda. Para establecer un mantenimiento de carácter preventivo eliminando dificultades de producción y costos. Para lograr esto, se determinó la distribución en el área de producción, se desarrolló una base de datos para almacenar información de los equipos, definiendo el plan anual de mantenimiento de los equipos; en la parte organizacional se realizó la descripción de puesto de técnico de mantenimiento. Además, se definieron una serie de indicadores de gestión que permiten controlar puntos clave de la operación de mantenimiento, esperando una reducción en costos de mantenimiento y la mejora sustancial de la organización del área.

En [17] aplican la metodología RCM al plan existente en el sistema de embotellado de GPL, realizando un guía de la implementación de ésta para que el personal de mantenimiento la incorpore en cada subsistema. Esto se realizó con base a las normas directrices del estándar SAE JA 1011 “Criterios de evaluación de procesos de Mantenimiento Basado en la Confiabilidad” y SAE JA1012 “Una guía para el Mantenimiento Basado En La Confiabilidad”.

En [18] bajo la metodología RCM, identifican cuáles son las funciones que debe realizar un activo fijo bajo las condiciones particulares en que opera. Para lo cual realizan un análisis de causas de los estados de falla y sus efectos, estableciendo una actividad de mantenimiento que elimine o reduzca los efectos de las fallas a un valor aceptable.

En [19] realizan un marco teórico sobre la metodología RCM y sobre algunas técnicas de mantenimiento predictivo empleadas en líneas de transmisión. Realizan un análisis AMFE para determinar el riesgo de cada modo de falla, el cual fue evaluado por un grupo de personas con un claro entendimiento del mecanismo de la falla, los efectos de

falla, la probabilidad de que las fallas ocurran, y de las posibles medidas que pueden ser tomadas para anticiparla o prevenirla.

En [20] detallan la metodología RCM y el pilar Mantenimiento Planificado del TPM y lo incorporan en un caso de estudio y, posteriormente, es analizado con base a propuestas de otros autores sobre este tema. Finalmente, presentan la forma en cómo se aplica los pilares del TPM en el caso de estudio.

En [21] se presentó un formato para la aplicación de la metodología RCM en una planta de concreto, aplicando un análisis de modo de falla. Para esto utilizó una lista de chequeo y mejora de los instructivos de mantenimiento. La planta de concreto posee un plan de mantenimiento y se pretendió aplicar esta metodología con una propuesta de formato y mejora de las operaciones de trabajo mediante la reestructuración de instructivos ya existentes.

En [22] se presentó el estudio para aplicar la metodología RCM en empresa de servicios públicos de generación eléctrica y se determinó qué activos debe mantenerse y cuáles sustituirse con base a los recursos financieros de ésta. Luego, se propuso una estrategia de mantenimiento para una renovación de las máquinas. Finalmente, se describió una secuencia de renovación de equipos al interior de las subestaciones a partir de un sistema experto de inteligencia artificial. Este proyecto sólo se concentra en determinadas áreas de la planta, reestructurando el plan y formatos ya existentes.

En [23] se diseñó e implementó un programa de mantenimiento productivo total tomando el enfoque de un sistema de gestión de control con el fin de mejorar el desempeño en una de las áreas críticas en la empresa caso de estudio, esta empresa no cuenta con un plan de mantenimiento que disminuya las paradas no programadas y eleve la disponibilidad de equipos. Se destaca del trabajo la propuesta y aplicación de listas de chequeo diarias que permiten recolectar información para posteriormente ser analizada y con ello conocer las causas de las paradas no programadas en el área de confección. Lo anterior se plantea dentro de la aplicación del pilar de mejoras enfocadas. También proponen fichas técnicas y formatos de registro de mantenimiento dentro del pilar de mantenimiento autónomo. Aunque en el trabajo proponen formatos para mejorar la gestión el mantenimiento en la empresa textil, Éstos no están enmarcados dentro de una norma de gestión de la calidad como ISO 9001. Tampoco se toman en cuenta modelos de estándares en automatización como ISA para organizar el área de mantenimiento.

En [24] realizan un plan orientado por la filosofía del TPM. Como principal aporte se destaca el método utilizado para la realización del trabajo, dicho método se sintetiza a grosso modo en ocho pasos: Análisis del área bajo estudio, recopilación de datos, descripción de actividades de los trabajadores, definición de catálogo de equipos, elaborar calendario para los equipos, reconocer el deterioro gradual de las maquinas, establecer indicadores de efectividad, y diseño del plan de mantenimiento. Aunque el paso ocho aborda un plan de mantenimiento, cabe decir que este método no se plantea en base a normas como ISO 9001 o estándares de ISA.

En [25] se destaca la realización de entrevistas a personal de la empresa caso de estudio para conocer el estado de la gestión del área de mantenimiento y con ello proponer un plan para la aplicación del TPM. Se realiza un análisis de criticidad para los equipos y proponen indicadores de gestión de mantenimiento. Dentro del pilar de mantenimiento planificado proponen un plan de mantenimiento preventivo tomando como referencia el análisis de criticidad, pero éste no se hace en base a normas de gestión de la calidad

como ISO 9001, tampoco realizan una estructuración y documentación del área de mantenimiento en base a modelos de normas internacionales como ISA 95 o ISA 88.

En [26] se describió la implantación del TPM en el área de Laminado en Frío de la Corporación Aceros Arequipa S.A para la zona de las enderezadoras. Entre los principales aportes del trabajo se destacan: la definición de las etapas de implementación del TPM, estas etapas se realizan de acuerdo a las necesidades y problemas detectados al interior del área de mantenimiento, la descripción de los equipos utilizados en la zona de enderezadora de acero para abordar la implementación del TPM. El trabajo no desarrolla un plan y programación de mantenimiento, sólo se enfoca en implementar los pilares del TPM.

En [27] se realizó un diagnóstico al interior de la empresa tostadora de café quetzalito S.A y se propuso un plan de mantenimiento preventivo para disminuir los paros en el proceso productivo de ésta. A partir del diagnóstico, se presenta mejoras en el área de mantenimiento utilizando herramientas administrativas e información recopilada. Posteriormente, para la implementación del sistema de mantenimiento preventivo, se tomó en cuenta bases técnicas y científicas y se planteó mejoras en el departamento de mantenimiento, para fortalecer y sustentar un plan de mantenimiento preventivo y eficiente, desde una planeación estratégica y una metodología de mantenimiento preventivo. Esta propuesta no se realizó con base a estándares o normas como ISO 9001 para la certificación de la empresa.

En [28] se realizó, a partir del análisis de la situación de la empresa inmobiliaria e inversiones 2000 S.A, dedicada al beneficio seco de café , un rediseño en el sistema de planificación de la producción y plan de mantenimiento preventivo. Para esto, se hizo un diagnóstico de la empresa para determinar las carencias en la actual planificación de producción y plan de mantenimiento. Con el rediseño se pretendió minimizar costos de operación y optimizar los recursos existentes.

En [29] se realizó una aplicación de la filosofía del TPM, describiendo ésta, sus objetivos y características, pilares y herramientas que utiliza (herramienta 5S y el indicador de Efectividad Global de Equipo). Posteriormente abordó la situación de la empresa describiendo el proceso de embotellado y cómo el área de mantenimiento gestiona el mantenimiento sobre los equipos productivos y, finalmente, se realizó un análisis estadístico de las pérdidas en la línea de embotellado. Con lo anterior, se efectuó una implementación piloto del TPM sobre el plan de mantenimiento existente.

En [30] se plasmó una contextualización sobre conceptos básicos del mantenimiento y TPM, presentando un diagnóstico de las PYMES de Bogotá sobre los tipos de mantenimiento y la manera en cómo se aborda. Con esto, se detectó deficiencias en la realización de labores de mantenimiento a sus equipos en el proceso productivo que desarrolla. Finalmente, realizan y validan el aplicativo de mantenimiento, el cual se diseña con base a las necesidades y deficiencias detectadas en el diagnóstico, aplicando la filosofía TPM. En dicho aplicativo se gestiona información importante de los equipos como: hojas de vida, fichas técnicas, tabla de manuales y generación de informes sobre mantenimiento realizado en equipos. Se destaca del trabajo el diagnostico que se realiza a las PYMES para detectar deficiencias en cuanto a gestión del mantenimiento. Sin embargo, este proyecto no realiza un plan y programación de mantenimiento sin enfocar la gestión de mantenimiento a estándares en calidad o en automatización industrial como ISA.

En [31] se describió los conceptos y herramientas de la filosofía TPM y tipos de mantenimiento (preventivo, correctivo) que aplica éste. Posteriormente, contextualizan el sector avícola en Colombia para introducir una descripción de la empresa. Con base a esta descripción se diseñó un plan de implementación del TPM en la empresa del sector avícola MAQUIAVICOLA LTDA. El trabajo no aborda un plan y programación de mantenimiento, sólo se enfoca en aplicar los pilares del TPM mediante un plan de implementación, sin alinearse con normas para certificación como ISO 9001.

En [32] se realizó un diagnóstico del estado del área de mantenimiento de la planta trilladora de café, analizando su sistema de gestión, documentación técnica, gestión de repuestos y principalmente, su estado de equipos y mantenimiento de éstos. Posteriormente, se hizo un análisis de criticidad y se definió el programa de actividades para los equipos, estableciendo un marco teórico acerca de los sistemas de información e interrelaciones entre sus componentes y, finalmente, se efectuó el proceso de desarrollo del sistema de información. Cabe resaltar que el sistema de información desarrollado en el trabajo de grado permite gestionar las órdenes de trabajo, hojas de vida de equipos y registro de tiempo para los cálculos de indicadores de gestión. A pesar de que la empresa trilladora de café cuenta con una certificación de calidad BASC (Business Alliance for Secure Commerce) análoga a ISO 900 no se toma en cuenta éste para realizar el sistema de información y/o estándares en automatización como ISA para estructurar el área de mantenimiento.

En [33] se abordó la temática de mantenimiento desde la perspectiva del estándar ISA-95.00.03, realizando una conceptualización acerca del mantenimiento con base al estándar, definiendo los modelos que contiene y enfatizándose en el Modelo de Actividades de la Administración de Operaciones de Mantenimiento y los flujos de información. Posteriormente, aplicaron el modelo de actividad de administración de operaciones de mantenimiento a un caso de estudio. Sin embargo, este trabajo no desarrolla un modelado de dichas operaciones y flujos de información acordes a las necesidades presentes en el caso de estudio. Sólo se limita a presentar la forma en cómo la empresa ejecuta el mantenimiento a sus equipos alineado al estándar. No aborda la gestión de mantenimiento, información y datos generados por las actividades o labores de mantenimiento.

En [34] se realizó un diagnóstico del área de mantenimiento de la empresa textil Texcol S.A localizada en el municipio de Yumbo Valle del Cauca. El diagnóstico reveló factores que afectan a esta área mediante el método propuesto por Dounce Villanueva para la solución de problemas de mantenimiento industrial. Estos factores se sometieron a procesos de ingeniería industrial como: análisis de la confiabilidad, estudio de reducción de tiempos de preparación SMED y la herramientas 5'S con el objetivo de reducir los paros no deseados en la línea de producción. La propuesta se basa en la unión de las diversas herramientas mencionadas, las cuales arrojaron distintos resultados de mejora. El desarrollo de este diagnóstico sólo procura detectar factores que afectan al área de mantenimiento, no aborda o realiza un plan y programación de mantenimiento, enfocado a la mejora continua.

Cabe destacar que a nivel local no existe propuesta de plan y programación de mantenimiento para industrias dedicadas al procesamiento de café pergamino, no

significa que éstas no realizan labores de mantenimiento, más bien, precisan de una documentación de actividades y procedimientos para dichas labores. El trabajo realizado en [16] no realizan un análisis de criticidad para los equipos de la planta industrial de la organización Pasteurizadora Picos del Siquara, no establece la forma para obtener los datos e introducirlos en los indicadores que proponen, no indican el funcionamiento de los equipos en el proceso productivo que desarrollan. En [17] se limitan a proponer una guía de mantenimiento basada en RCM para el sistema de llenado, no presentan un análisis de criticidad de los equipos de éste y no realizan plan y programación de mantenimiento. En [18] no realizan plan y programación de mantenimiento, más bien, aplican la metodología para determinar las causas de los estados de falla y sus efectos. En [19] no realizan un plan de mantenimiento, se enfocan en desarrollar una guía para implementar la metodología RCM sobre las líneas de transmisión. En [20] aplican las metodologías a un plan de mantenimiento de una organización caso de estudio, no realizan análisis de fallas y no detallan los pasos para la implementación en el caso; no presentan las áreas de la organización en la que se implementaría, sin realizar documentación del proceso y sin analizar los resultados por medio de indicadores de gestión de mantenimiento. Los trabajos [23], [24] y [25] aunque realizan una documentación de formatos para recolección de datos no implementan un plan y programación de mantenimiento alineados con estándares en automatización como ANSI/ISA 95 y ANSI/ISA 88 y normas enfocadas a la calidad como ISO 9001-2008. Los trabajos existentes sobre el tema de mantenimiento en otros sectores de la industria como [15], [21], [22], [21], [27] y [28] no plantean un procedimiento que guíe la elaboración de plan y programación de éste ya que, para muchos casos, los autores sólo aplican los pilares del TPM a planes ya elaborados por las mismas organizaciones. En [24], [25], [30], [27] y [28] presentan reestructuraciones a planes ya existentes de mantenimiento sin concentrarse en exigencias de normas en calidad como ISO 9001 y su enfoque basado en procesos. Por otro lado, en [33] no se realiza un modelado en el área de mantenimiento de la organización, a pesar que se aplica el estándar ANSI/ISA-95, para abstraer información y lograr una mejor toma de decisiones. Todo esto conduce, para el desarrollo de la presente propuesta, a plantear un procedimiento para la realización de un plan y programación de mantenimiento alineado con la filosofía TPM y la metodología RCM; además, que se orienta a normas para certificación en calidad como la NTC/ISO 9001-2008. Además, se hace uso de normas en automatización industrial como ANSI/ISA 95.00.03 y ANSI/ISA 88.00.01 que reúnen la información necesaria para levantar la información y planear las actividades de mantenimiento con el fin de minimizar el deterioro de los equipos.

1.4 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA

La Cooperativa de Caficultores del Cauca (Caficauca) fue creada en 1961 por caficultores caucanos, dedicándose única y exclusivamente al mercado del café. En 1988 con la ayuda del Comité Departamental de Cafeteros del Cauca, la cooperativa construye una trilladora de café, con el objetivo de efectuar procesamiento industrial de pergamino, aportando valor agregado y obteniendo café excelso², para Almacafé S.A o Expocafé S.A. quienes finalmente comercializan en el exterior [35].

Actualmente la planta trilladora de Caficauca ubicada al norte de la ciudad de Popayán tiene una producción diaria de 1500 sacos de café, dada por el aumento de la cosecha cafetera en los últimos años. Para el 2013 las dos cooperativas del departamento del Cauca, la Cooperativa de caficultores del norte del Cauca y Caficauca acopiaron 31 millones de kilogramos de café pergamino seco aumentando en un 100% en relación a 2012 [5]. En el *ANEXO B- Sector cafetero*, se ofrece más información sobre conceptos del sector cafetero y de la producción de café para 2012 y 2013. Este aumento ha influido en la programación de la producción y por ende en la planificación y programación del mantenimiento, Caficauca es consciente que debe optimizar sus recursos existentes al interior de su trilladora. El área de mantenimiento de Caficauca cuenta con un jefe de Mantenimiento, un mecánico industrial y tres auxiliares en mantenimiento y electricidad.

Con el fin de conocer el estado actual del proceso de mantenimiento de Caficauca, se realizaron encuestas a una población de 18 personas conformado por tres grupos estratégicos (Gerencia, Jefes de áreas y Operarios) conformados de la siguiente manera: Gerencia (1), Jefe de Producción (1), Jefe de Mantenimiento (1), Operarios de mantenimiento (5) y Operarios de producción (10). La encuesta está estructurada a partir de preguntas dicotómicas, con las cuales se cuantifica el nivel de cumplimiento de éstas en el proceso de mantenimiento. Están organizadas en seis ejes, que obedecen a una clasificación propia de los autores: filosofía TPM, metodología CRM, planeación de mantenimiento, programación de mantenimiento, documentación del proceso y certificaciones de calidad. Cada uno de éstos retoma lo que se considera un proceso de mantenimiento acorde a lo analizado en el estado del arte; el diagnóstico está estructurado de la siguiente forma, ver Tabla 1-1:

- ✓ *Eje*, se plasman los seis ejes ya mencionados.
- ✓ *Preguntas*, se realizaron 22 preguntas a la población conformada por los tres grupos anteriores.
- ✓ *Respuesta*, contiene tres espacios (SI, NO, En proceso) para que los encuestados respondan.
- ✓ *Comentario*, contiene espacio para manifestar o aclarar aspectos sobre las preguntas realizadas a la población.

La información obtenida a partir del diagnóstico revela que:

² Café excelso: grano obtenido después del proceso de trilla, según sus cualidades, tamaño y tolerancia del grano, ver capítulo 3.

- En lo referente al eje Filosofía TPM, el 100% de la población sostiene que: 1) los operarios están capacitados para realizar las actividades de limpieza, revisión y lubricación; 2) las herramientas de trabajo de la organización no se clasifican de acuerdo a su uso; 3) Los equipos, herramientas y repuestos de Caficauca no poseen código de localización. De otro lado, el 94.44% de la población afirma que la empresa no cuenta con inventario de recursos.
- En cuanto al eje Metodología RCM, el 100% de la población coincide en que no se ejecutan análisis de criticidad y el 88,24% de la población asegura que el personal de producción y mantenimiento conoce la función que cumple cada equipo en el proceso productivo.
- Respecto al eje Planeación de Mantenimiento, el 100% de la población asevera que: 1) Las actividades de mantenimiento no se planean; 2) No existen manuales de equipo; 3) No se realiza mantenimiento preventivo, pero si se emprenden acciones de mantenimiento correctivo.
- En lo concerniente al eje Programación de Mantenimiento, el 100% de la población afirma que las actividades de mantenimiento no obedecen a un cronograma, y la frecuencia de inspecciones no se realiza con base en análisis de criticidad.
- En relación al eje Documentación del proceso de Mantenimiento, el 100% de la población sostiene que no existen: fichas de los procesos de mantenimiento, ficha técnicas de los equipos, instructivos para la realización de labores de mantenimiento, formatos de control de paradas de producción, formatos para consignar averías de los equipos, formatos para reportar una avería o falla, formatos para realizar reposición de repuestos de materiales, órdenes de trabajo de mantenimiento ni indicadores de mantenimiento.
- Finalmente, en lo referente al eje Certificaciones de Calidad, el 100% de la población afirma que la organización se encuentra en el proceso de certificarse en la norma NTC/ISO 9001-2008.

Las encuestas con las personas encargadas de las áreas de producción y mantenimiento permitieron evidenciar que el 100% manifiesta que el área de mantenimiento no cuenta con una organización formalmente estructurada, con autonomía ni plan de mantenimiento, documentación de procedimientos de planificación, programación, control ni de órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento. También se evidenció que el 94,5 % de los encuestados declaran que el proceso de mantenimiento no cuenta con inventario de activos existentes;

Así las deficiencias detectadas respecto al área de mantenimiento destacan la inexistencia de:

- Una correcta planificación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento.
- Un registro y análisis de fallas.
- Un manejo de la orden de trabajo para las actividades de mantenimiento.

- Indicadores de gestión.
- Un inventario detallado de activos físicos.
- Una programación de las actividades de mantenimiento.

Estas deficiencias conllevan a que existan paros innecesarios en la producción, influyendo directamente en la productividad, y a su vez aumentando costos de operación, disminuyendo la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y de paso afectando condiciones laborales. El diseño del plan de mantenimiento contribuirá a una mejor programación de las actividades de mantenimiento, mejor manejo de la información obtenida del mantenimiento, maximización de la vida de la maquinaria, así como igualdad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento y producción.

Lo anterior conlleva a proponer un protocolo de trabajo, estableciendo conceptos para éste, con la finalidad de guiar el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente proyecto según las necesidades actuales de Caficauca.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

Eje	Pregunta	Respuesta			Comentario/Anotación
		SI	NO	En proceso	
Filosofía TPM	¿Los operarios están capacitados para realizar las actividades de limpieza, revisión y lubricación?	18	0		Pregunta realizada a la población
	¿Cuenta con inventario de recursos?	1	17		De acuerdo a la información suministrada por gerencia, la persona que respondió que sí está en proceso de capacitación.
	¿Se clasifica las herramientas de acuerdo a su uso?	0	6		Pregunta realizada sólo a operarios de mantenimiento.
	¿Los equipos, herramientas y repuestos poseen un código de localización?	0	6		
Metodología RCM	¿Realizan un análisis de criticidad?	0	17		Pregunta realizada sólo al personal de producción y mantenimiento
	¿Sabe la función que cumple cada equipo en el proceso productivo?	15	2		
Planeación de Mantenimiento	¿Planean las actividades de mantenimiento?	0	18		Pregunta realizada a la población
	¿Cuenta con manuales de equipos?	0	17		Pregunta realizada sólo al personal de producción y mantenimiento
	¿Realizan mantenimiento correctivo?	17	0		
	¿Realizan mantenimiento preventivo?	0	17		
Programación de Mantenimiento	¿Las actividades de mantenimiento obedecen a un cronograma?	0	17		
	¿La frecuencia de inspecciones se realiza con base a algún análisis de criticidad?	0	17		

(Continuación)

Eje	Pregunta	Respuesta			Comentario/Anotación
		SI	NO	En proceso	
Documentación del proceso de Mantenimiento	¿Existe fichas de los procesos de mantenimiento?	0	18		Pregunta realizada a la población
	¿Existe Ficha técnicas de los equipos?	0	17		Pregunta realizada sólo al personal de producción y mantenimiento
	¿Existe instructivo para la realización de labores de mantenimiento?	0	17		
	¿Existen formatos de control de paradas de producción?	0	17		
	¿Existen formatos para consignar averías de los equipos?	0	17		
	¿Existen formatos para reportar una avería o falla?	0	17		
	¿Existen órdenes de trabajo de mantenimiento?	0	17		
	¿Existe indicadores de mantenimiento?	0	18		Pregunta realizada a la población
	¿Existe formatos para realizar reposición de repuesto de materiales?	18	0		
Certificaciones de calidad	¿Están certificados con NTC ISO 9001-2008?			18	

Tabla 1-1 Diagnóstico del proceso de mantenimiento de Caficauca

Fuente Propia

1.5 CONCEPTOS PARA EL PROTOCOLO DE TRABAJO

Para el desarrollo de esta propuesta y del protocolo de trabajo, que guía la realización del plan y programación de mantenimiento, se hace uso de la técnica de modelado IDEF³ [36] la cual ofrece una perspectiva integrada para representar y modelar procesos de negocios. Dentro de la familia IDEF se toma IDEF0, un lenguaje de modelado e integración basado en SADT⁴, que se conforma por cajas que representan funciones, procesos o actividades que se conectan con líneas o flechas de cuatro formas distintas: entradas, salidas, controles y mecanismos; para modelar el proceso de mantenimiento de tal forma que permita conocer y comprender mejor sus subactividades. Con el modelado del proceso de mantenimiento se espera mejorar su rendimiento, permitiendo soportar el análisis y toma de decisiones. Además, estimula la generación de conocimiento para que sea compartido dentro de la empresa con la finalidad de mejorar, integrar y tomar mejores decisiones [37],[38].

Así mismo, se hace uso de normas internacionales como ISO⁵ [39] y estándares en automatización como ISA⁶ [40] la cual se utiliza, entre otras cosas, para unificar lenguajes e integrar los sistemas de negocio y control.

Para el caso de ISO se adopta el enfoque basado en procesos de la NTC-ISO 9001-2008 con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente y confianza en la conformidad del producto mediante el cumplimiento de sus requisitos establecidos o especificados y, además, para ser certificado por una entidad externa. Esta norma define un proceso como “*un sistema de actividades que utiliza recursos que transforman entradas en salidas y deben estar sujetos a análisis y mejora continua*” [41]. En el ANEXO C- *Estándares ISO* se aborda a mayor profundidad la norma NTC-ISO 9001-2008.

Por otro lado, de los estándares que ha publicado ISA, es de interés ANSI/ISA 88 y ANSI/ISA 95. El primero, ha sido reconocido en el mercado de la automatización de procesos de fabricación Batch, de éste se toma para el presente trabajo la parte 1 ANSI/ISA-88.01-1995, “Modelos y terminologías”, el cual establece y define los modelos y terminología que describirán los sistemas de control Batch. Además, para las industrias manufactureras, este estándar permiten unificar su lenguaje sin importar las herramientas que se utilizan para su implementación, como es el caso del Modelo Físico [42]. Del segundo estándar, ANSI/ISA 95, se toma ANSI/ISA-95.00.03 parte 3 y su Modelo de Actividades de Administración de las Operaciones de Mantenimiento. Resulta de provecho para el desarrollo de esta propuesta ya que se centra en las actividades y funciones que se llevan a nivel MES⁷ [43]. Además, presenta los modelos de actividades y los flujos de información de manufactura que operan entre el ERP⁸ y el

³ IDEF: del inglés *Integrated Definition for Function Modelling*

⁴ SADT: del inglés *Structured Analysis and Design Technique*

⁵ ISO: Organización, del inglés *International Organization for Standardization*

⁶ ISA: Organización, del inglés *International Society of Automation*

⁷ MES: en español Control y Operaciones de Manufactura

⁸ ERP: en español Logística y Planeación de Negocio

nivel 2, funciones de control de procesos manuales y automatizados, contribuyendo a que las organizaciones logren enfatizar en buenas prácticas de operaciones de manufactura sin importar el grado de automatización. Así mismo, facilita la coordinación, dirección, control y seguimiento de las funciones que mantienen tanto los equipos como las herramientas y activos para asegurar la disponibilidad en la manufactura y la programación de mantenimiento periódico⁹, preventivo¹⁰, reactivo¹¹ o proactivo. Para mayor información consultar *ANEXO D-Estándares ISA*.

Para el desarrollo del modelado del proceso de mantenimiento de Caficauca se hace uso del Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento de ANSI/ISA 95.00.03. Sin embargo, este modelo no indica que al interior de una organización se debe realizar esa estructura específica, ya que ellas difieren de roles en las actividades de mantenimiento y en la asignación de estos roles. Por tanto, se selecciona de éste las siguientes actividades que son aplicables a este proceso según las necesidades existentes en esta organización [43]:

Administración de recursos de mantenimiento: para el caso de estudio, esta actividad permite manejar la información sobre los equipos, personal y herramientas utilizados en el mantenimiento que se realiza al interior de la planta. Para ello, se hace de la **Capacidad de mantenimiento**, flujo de información de recursos utilizados y necesarios en las actividades de mantenimiento, que incluye los recursos: personal, equipos y materiales (repuestos) utilizados en labores de mantenimiento.

Programación detallada de mantenimiento: conjunto de actividades para realizar un programa de mantenimiento. Para el caso de estudio, se toma en cuenta las solicitudes de mantenimiento existente, según las solicitudes negadas y aprobadas, la prioridad de las éstas y disponibilidad de los recursos. Para ello se toma el flujo de información **Solicitud de mantenimiento** que puede ser para el servicio de mantenimiento correctivo o preventivo.

Recolección de datos de mantenimiento: conjunto de actividades que reúne información sobre la disposición de las órdenes de trabajo de mantenimiento lo que incluye estado actual, tiempo requerido, tiempo de inicio, tiempo actual, tiempo estimado para finalización, tiempo real y recursos utilizados a la hora de realizar mantenimiento.

Análisis de mantenimiento: conjunto de actividades que a partir de la examinación de los equipos o personal determina problemas o áreas por mejorar. Esto se determina gracias a los indicadores de gestión. Para ello se toma el flujo de información **Respuesta de mantenimiento** las cuales dan registro o la finalización de un mantenimiento habitual, programado o no planeado, según la orden de trabajo[44].

⁹ Mantenimiento periódico: conjunto de actividades periódicas, necesarias para conservar el nivel de servicio de un equipo.

¹⁰ Mantenimiento preventivo: también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo de falla o avería en un sistema, máquina, equipo

¹¹ Mantenimiento reactivo o proactivo: está basado en métodos predictivos, para identificar y corregir las causas de las fallas en las máquinas

De las anteriores actividades seleccionadas del Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento se analizan y determina las tareas que serán aplicables para el proceso de mantenimiento de Caficauca, bajo el marco *Aplica* y *No aplica*. Esto detalla el nivel de cumplimiento para este proceso según las necesidades detectadas en el diagnóstico. Las tareas que se etiquetan como *Aplica* determinan la información necesaria para abordar el cumplimiento de los objetivos de este proyecto. Por el contrario, las tareas que se etiquetan como *No aplica* señala el incumplimiento sobre este proceso, ver Tabla 1-2.

Actividades	Tareas Modelo de Administración de operaciones de Mantenimiento ISA 95.00.03	Proceso de Mantenimiento de Caficauca
Administración de recursos de mantenimiento	Estado de los recursos utilizados en mantenimiento	Aplica
	Recursos: equipos de mantenimiento, herramientas de mantenimiento, documentación del personal (conjuntos de habilidades).	Aplica
Programación detallada de mantenimiento	Revisión de las solicitudes de mantenimiento	Aplica
	Confirmación o negación de la solicitud de mantenimiento	No aplica
	Determinación de la prioridad de la solicitud y el nivel de esfuerzo y disponibilidad de todos los recursos	Aplica
	Programación de la solicitud de mantenimiento para ser realizada dentro de un programa detallado de mantenimiento	No aplica
	Coordinación del trabajo planeado con los operarios y los supervisores de planta.	Aplica
Recolección de datos de mantenimiento	reporte sobre la información y los eventos relacionados con la disposición de la orden de trabajo de mantenimiento	Aplica
Análisis de mantenimiento	Examina el personal, el equipo y la historia del material para identificar áreas problema o áreas para mejoramiento.	Aplica
	análisis de trazabilidad de recurso, el cual rastrea la historia de todos los recursos en términos de las acciones y los eventos de mantenimiento	Aplica
	generación de indicadores de mantenimiento	Aplica

Tabla 1-2 Tareas de las actividades seleccionadas del Modelo de Administración de Operaciones de Mantenimiento.

Fuente Propia

Cabe destacar que la norma ISO 9001-2008 sólo establece los requerimientos que un SGC debe cumplir, sin indicar la forma o el cómo debe cumplirse en una organización. Para esto se propone un protocolo de trabajo para el levantamiento y documentación de la información en el proceso de mantenimiento.

1.6 PROTOCOLO DE TRABAJO

El protocolo de trabajo, que guía la realización de esta propuesta, se ha planteado en función de las necesidades existentes al interior de Caficauca, de las técnicas de modelado y los estándares internacionales descritos en la sección anterior. Los siguientes pasos dan cumplimiento a los objetivos de este trabajo, y son:

1.6.1 Identificación y secuencia de los procesos

Los modelos de ISO 9001-2008 descritos en [45] no establecen los procesos a incorporar al interior de las organizaciones. Por lo tanto, se deben identificar y seleccionar los procesos que conforman a éstas, determinando las interrelaciones que existen entre los mismos, haciendo uso de un mapa de procesos o red de procesos. Lo anterior permite establecer conexiones o vínculos entre los diferentes procesos llevados en una organización; estos vínculos pueden ser de información, recursos económicos, productos físicos, entre otros [46]. Por requerimiento de Caficauca, el proceso de mantenimiento forma parte de la red de procesos y se debe gestionar e identificar de manera apropiada para que resulte lo suficientemente significativo y forme parte de la estructura de procesos. Esto se logra tomando en cuenta los efectos que pueden tener sobre la calidad de los productos, en la satisfacción del cliente y, por ende, en los resultados organizacionales.

1.6.2 Descripción del proceso de mantenimiento

El punto precedente señala que el mapa de procesos permite a las organizaciones identificar los diferentes procesos existentes y sus interacciones. Sin embargo, los mapas de procesos no permiten contemplar cómo son los procesos y cómo transforman entradas en salidas; por eso se ve necesario realizar, para el caso de estudio, la descripción del proceso de mantenimiento. Esto se lleva a cabo determinando actividades y características sobresalientes, mecanismos y restricciones mediante la técnica de modelado IDEF0 y determinar flujos de información bajo ANSI/ISA-95 y su Modelo de Actividades de Administración de las Operaciones de Mantenimiento¹².

Además, la descripción del proceso de mantenimiento determina actividades y características, que desemboca en la realización de PFD¹³, para ser utilizado en las secciones siguientes, y fichas de procesos respectivamente, cumpliendo con la caracterización del proceso de mantenimiento.

1.6.3 Seguimiento y medición del proceso de mantenimiento

Se hace indispensable realizar un seguimiento y medición con el fin de conocer los resultados y determinar si cumple con los objetivos previstos. No basta con disponer del mapa de procesos, los PFD y fichas de procesos, si no se preocupa por conocer los resultados. Se debe plantear el qué se está obteniendo y por dónde se debe orientar las mejoras.

¹² Ver Anexo D- Estándares ISA.

¹³ PFD: del inglés Process Flow Diagram.

Para eso se deben proponer y usar indicadores de gestión que permitan medir la capacidad y la eficiencia del proceso de mantenimiento, determinando si los resultados obtenidos fueron los planificados. Estos indicadores deben ser fáciles de medir y evaluar, permitiendo obtener de forma adecuada, estructurada y representativa la información de los resultados obtenidos[10].

1.6.4 Mejora del proceso de mantenimiento con base en el seguimiento y medición realizado

Los datos obtenidos gracias a la medición y seguimiento de los procesos deben ser analizados con el fin de conocer las características y la evolución del proceso [47]. En caso que el proceso no alcance los objetivos inicialmente planteados se debe realizar una acción correctiva, es decir, una acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación no deseable [39]. Así, la mejora del proceso de mantenimiento se puede entender como el aumento de la capacidad del mismo para cumplir los requisitos, aumentando la eficacia y la eficiencia. Para lo cual se utiliza el pilar mejoras enfocadas de TPM y el modelo clásico del ciclo PHVA o Deming.

1.6.5 Descripción del proceso productivo para la obtención de café excelso

Identificados los rasgos y características del proceso de mantenimiento, el siguiente paso es definir las etapas de producción de café excelso para obtener una mayor visualización y entendimiento de las funciones que realiza los equipos en éstas. Por tanto, se debe adquirir toda la información en lo relacionado a funciones de los equipos que intervienen en la transformación de café pergamino en excelso, sin descuidar ningún detalle; esto implica definir los productos y subproductos resultantes en cada etapa. Luego, se debe realizar el PFD como referencia para el siguiente paso.

1.6.6 Clasificación e Identificación de equipos

El PFD, diagrama que expone los flujos de productos y subproductos, obtenido en el paso precedente se toma como referencia para obtener el Modelo Físico de la planta bajo el estándar ANSI/ISA-88. Con este modelo se hace posible levantar la información e inventario de equipos para clasificarlos en unidades, módulos de equipos y elementos de módulos de equipo. Con esta información se asignan códigos para ser identificados según la unidad de producción a la que pertenece, el tipo de módulos de equipos y el número de equipos que existen por unidad.

1.6.7 Plan de mantenimiento

Levantada la información bajo el Modelo Físico del estándar ANSI/ISA-88, el siguiente paso es obtener las fichas técnicas de los módulos de equipos e identificar las actividades o labores que se deben realizar para los elementos de módulos de equipos; no sin antes, realizar un análisis sobre la criticidad de los equipos en el proceso productivo. Esto implica determinar la importancia que tiene los equipos según cuatro aspectos: seguridad y medio ambiente, producción, mantenimiento y calidad. Lo anterior facilita determinar la frecuencia de inspección, según las actividades o labores, para los elementos de equipo. Se aplica el pilar Mantenimiento Autónomo de TPM, lo que implica que tanto los operarios de mantenimiento como de producción deban realizar labores menores como inspecciones, lubricación, limpiezas e intervenciones menores.

1.6.8 Programación de mantenimiento

La frecuencia de inspección para los elementos de módulos de equipo se efectúa según la criticidad que tengan éstos en el proceso productivo, de la disponibilidad en planta y de los manuales de la maquinaria. Por tanto, se debe recolectar dicha información para realizar la programación diaria, semanal y mensual. Caficauca depende de las exigencias de los clientes y no cuenta con un plan de producción, por eso se debe realizar una programación de labores de mantenimiento, basado en la criticidad e información de los equipos, para los elementos de módulos de equipos durante el mes. Además, se debe realizar capacitaciones a los operarios de mantenimiento y producción con el de lograr altos niveles de desempeño del personal, aplicando el pilar educación y formación de TPM.

Capítulo 2

CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Las organizaciones actuales deben tomar en serio la importancia que para ellas representa documentar sus procesos puesto que contribuye en gran medida a ejecutarlos de la forma correcta. Además posibilita una mejor medición y un mayor control sobre las actividades de los mismos, realizando una mejor gestión y un mejoramiento continuo a través de su medición. Tener documentado un proceso no debe depender de la memoria, conocimiento y experiencia de quienes lo realizan, de modo que cuando se necesite realizar una consulta exista una referencia escrita o visual para informarse de la manera más correcta sin perder tiempo de trabajo[48]. La siguiente sección identifica la interacción de los procesos al interior de Caficauca y se concentra en el proceso de mantenimiento, como proceso de apoyo, el cual contribuye en gran medida en la productividad de la organización, esto con el fin de lograr un mayor entendimiento y realizar la correcta documentación de éste.

2.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

Para abordar la caracterización del proceso de mantenimiento en Caficauca es necesario partir desde el mapa o red de procesos general de la empresa. En este punto, Caficauca representa un desafío ya que no tiene sus procesos debidamente documentados y en algunas áreas es nula como en producción y mantenimiento. Se optó por realizar entrevistas con el gerente de Caficauca, Dr. Edgar Francisco Meneses Muñoz, en las que se establecieron pautas para identificar los procesos que hacen de Caficauca una empresa productora de café excelso y determinar su misión y visión como parte del direccionamiento estratégico. Es así como se propone en el presente trabajo de pregrado para Caficauca:

Misión: La Cooperativa de Caficultores del Cauca es una empresa dedicada a la producción de café excelso para el mercado nacional e internacional, garantizando a los caficultores precios justos de sustentación y economía social mediante un modelo Cooperativo.

Visión: En el 2020 ser una cooperativa altamente productiva y competitiva a nivel local y nacional en el mercado del café mediante alianzas y estrategias que aseguren calidad en el grano y desarrollo social y productivo para los caficultores.

Los procesos de Caficauca deben contribuir al desarrollo de la misión y visión, por lo que conviene identificarlos para que resulten significativos a través de un mapa de procesos, el cual representa de forma gráfica la estructura que conforma el sistema de gestión. Las entrevistas con gerencia y otras áreas permitieron establecer los procesos: misionales, estratégicos y de apoyo.

Los procesos misionales son aquellos que se relación directamente con la realización del producto. Para el caso de Caficauca, también, están ligados al cliente y al caficultor, permitiendo cumplir con la razón de ser de la organización, obtener un producto de calidad y economía social. En este sentido, los procesos incluidos como procesos misionales son: producción, facturación y ventas.

Los procesos estratégicos son aquellos que están vinculados al ámbito de responsabilidades de la dirección, para el caso de Caficauca son: gerencia y planeación estratégica, los cuales están encargados de definir y establecer las metas, políticas y objetivos estratégicos.

Los procesos de apoyo son aquellos que dan soporte a los procesos misionales, permiten a Caficauca fortalecer los procesos misionales para lograr cumplir con los requisitos del cliente sobre el producto y proveer a ésta de los recursos necesarios para generar valor agregado que desean los clientes. Dentro de estos procesos se encuentran: Gestión administrativa y financiera, recursos humanos y salud ocupacional, gestión de compras, Mantenimiento, entre otros. El mapa de procesos propuesto para Caficauca presenta las entradas como necesidades y expectativas del cliente, y las salidas como satisfacción de los mismos, ver Figura 2-1.

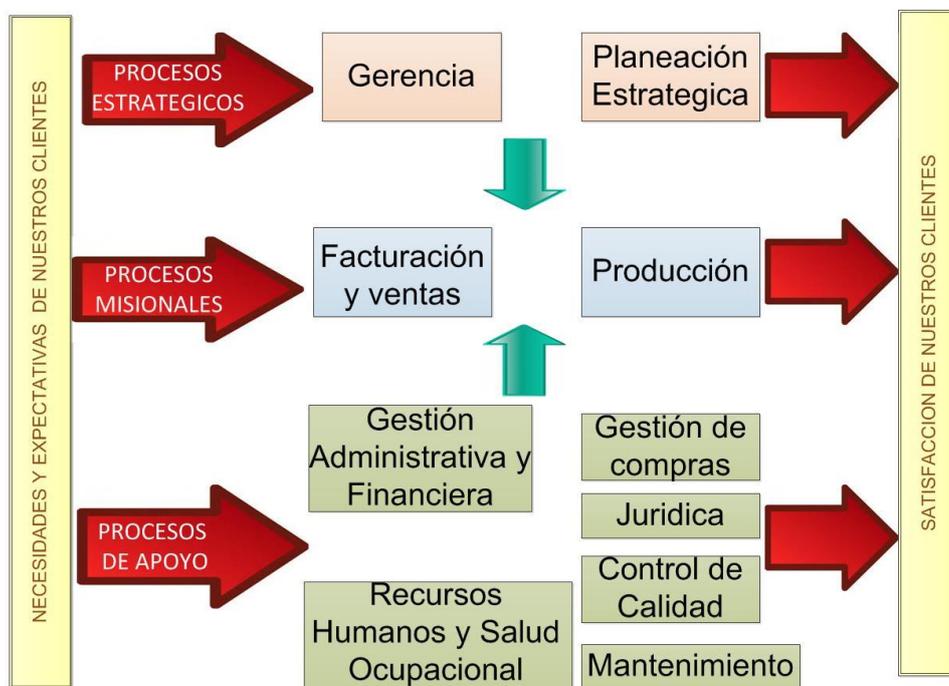


Figura 2-1 Mapa de Procesos propuesto para Caficauca.

Fuente propia.

Identificados los procesos existentes al interior de Caficauca y sus interacciones para cumplir con el direccionamiento estratégico, el desarrollo de este proyecto se enfoca en la caracterización del proceso de mantenimiento para determinar sus flujos de información, cómo transforma entradas en salidas y la descripción de éstas. El proceso de mantenimiento hace parte de la red de procesos de Caficauca y tiene como objetivo mantener y restaurar la maquinaria y equipos de la planta trilladora, para apoyar el proceso de producción y lograr cumplir con las expectativas del cliente.

La caracterización del proceso de mantenimiento consiste en identificar rasgos distintivos estableciendo relación con otras actividades externas e internas, insumos y salidas, proveedores, clientes y controles de este proceso. Con esto los responsables pueden entender el funcionamiento y accionar para una adecuada toma de decisiones y mejora continua. Por eso, es necesario determinar qué flujos de información entran y qué salidas se obtiene para que exista una documentación apropiada del proceso. Con el fin de profundizar en el intercambio de información, la interacción con otras actividades y características sobresalientes, permitiendo visualizar de la manera más apropiada la estructura del proceso de mantenimiento, se realiza el modelo IDEF0 de éste. El modelo se representa la mayor abstracción que se tiene del proceso de mantenimiento al interior de Caficauca, definiendo los principales flujos de información de entrada y salida del modelo, controles o regulación y recursos utilizados.

Para el caso particular del proceso de mantenimiento de Caficauca las entradas pueden ser data formal o data informal. La primera hace referencia a formatos que contiene escrita la información y requerimientos que son enviados desde el proceso de producción o pueden ser generados por las sub-actividades al interior del proceso para realizar un trabajo de mantenimiento. Por otro lado, la data informal resulta ser comunicaciones entre dos o más personas sobre un asunto en particular y que no queda plasmado en un documento. Los formatos son: *Bitácora de Mantenimiento*, *Programación de Producción*, *Solicitud de Mantenimiento* y *Formatos de Paradas de Producción*. Las comunicaciones o data informal constituyen en *Aviso por paradas de producción* y *Estado de los Recursos* que se comunica por medio de teléfono o cara a cara. Ambas son consideradas entradas porque resultan necesarias para ser consumidas por el proceso y generar salidas, ver Figura 2-2.

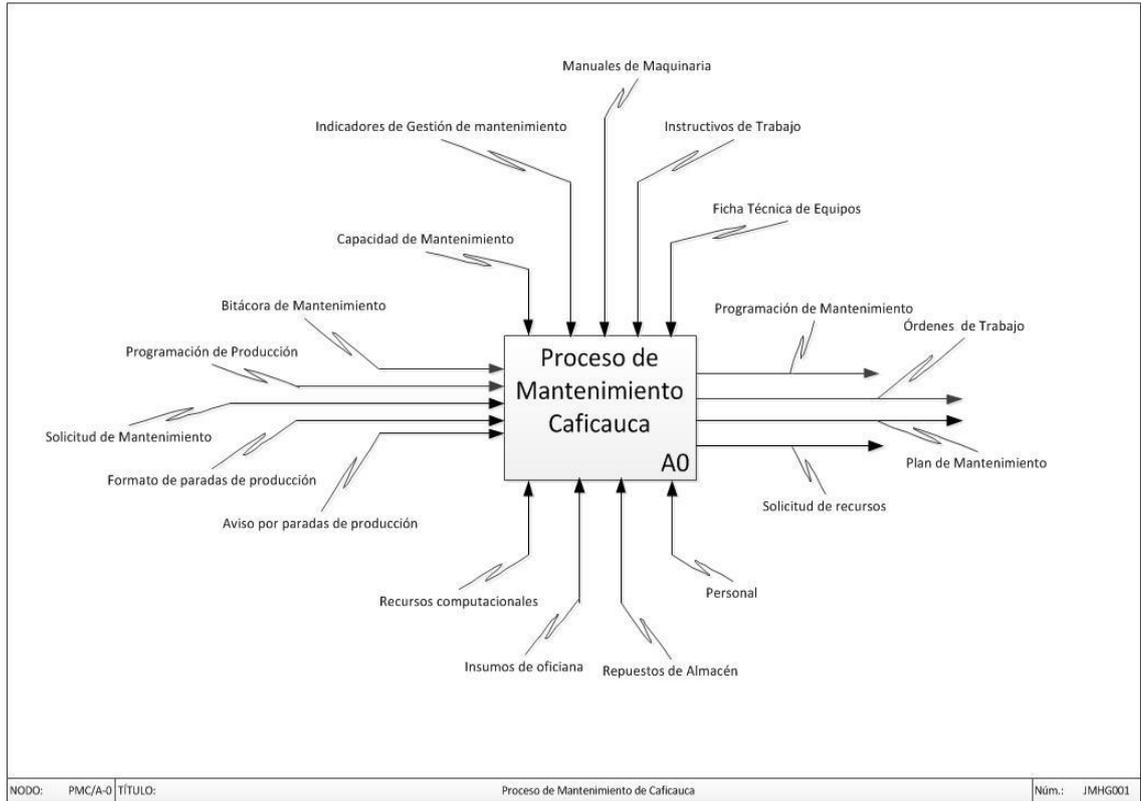


Figura 2-2 Diagrama IDEF0 (A-0) para el Proceso de Mantenimiento propuesto para Caficauca.
Fuente propia.

El modelo IDEF0(A-0) para el proceso de mantenimiento es desagregado en sub-actividades para conocer a mayor profundidad sus interacciones, presenta formatos y flujos internos de data informal necesaria para el proceso de mantenimiento. Las cuatro sub-actividades propuestas son: *Planeación de Recursos de Mantenimiento*, *Organización y Asignación de Mantenimiento*, *Programación de Mantenimiento* y *Análisis de Mantenimiento*, ver Figura 2-3. Con esto es posible obtener una mayor visión de los intercambios de datas que se llevan al interior del proceso de mantenimiento. Además, estas cuatro sub-actividades interactúan con el personal actualmente disponible en Caficauca según la Tabla 2-1, donde X representa asignación de la sub-actividad al personal y la ausencia de X representa NO asignación de personal.

Personal	<i>Planeación de Recursos de Mantenimiento</i>	<i>Organización y Asignación de Mantenimiento</i>	<i>Programación de Mantenimiento</i>	<i>Análisis de Mantenimiento</i>
Jefe de Mantenimiento	X	X	X	X
Auxiliar 1 de Mantenimiento	X	X	X	
Auxiliar 2 de Mantenimiento	X		X	X

Tabla 2-1 Esquema Organizacional propuesto para personal de mantenimiento de Caficauca.
Fuente propia

El modelo de IDEF0 propuesto en la Figura 2-3 posibilita identificar las interfaces y flujos de información para el proceso de mantenimiento, según las cuatro sub-actividades, ver Tabla 2-2.

INTERFAZ				FLUJO DE INFORMACIÓN
Proceso de Mantenimiento	Planeación de recursos de mantenimiento	➔	Organización asignación de mantenimiento	Disponibilidad de recursos
	Programación del mantenimiento	←	Organización asignación de mantenimiento	Recursos asignados Plan de mantenimiento
	Análisis de mantenimiento	➔	Organización asignación de mantenimiento	Orden de trabajo de inmediata
		➔	Planeación de recursos de mantenimiento	Estado de Recursos
		➔	Programación del mantenimiento	Reprogramación de mantenimiento

Tabla 2-2 Flujos de información entre las cuatro sub-actividades del modelo IDEF0 (A-0).

Fuente propia

En las siguientes secciones se realiza un análisis detallado de estas sub-actividades y flujos de Datos que interactúan, proponiendo una serie de formatos estructurados que serán utilizados a la hora de ejecutar algún tipo de mantenimiento a equipos y máquinas.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

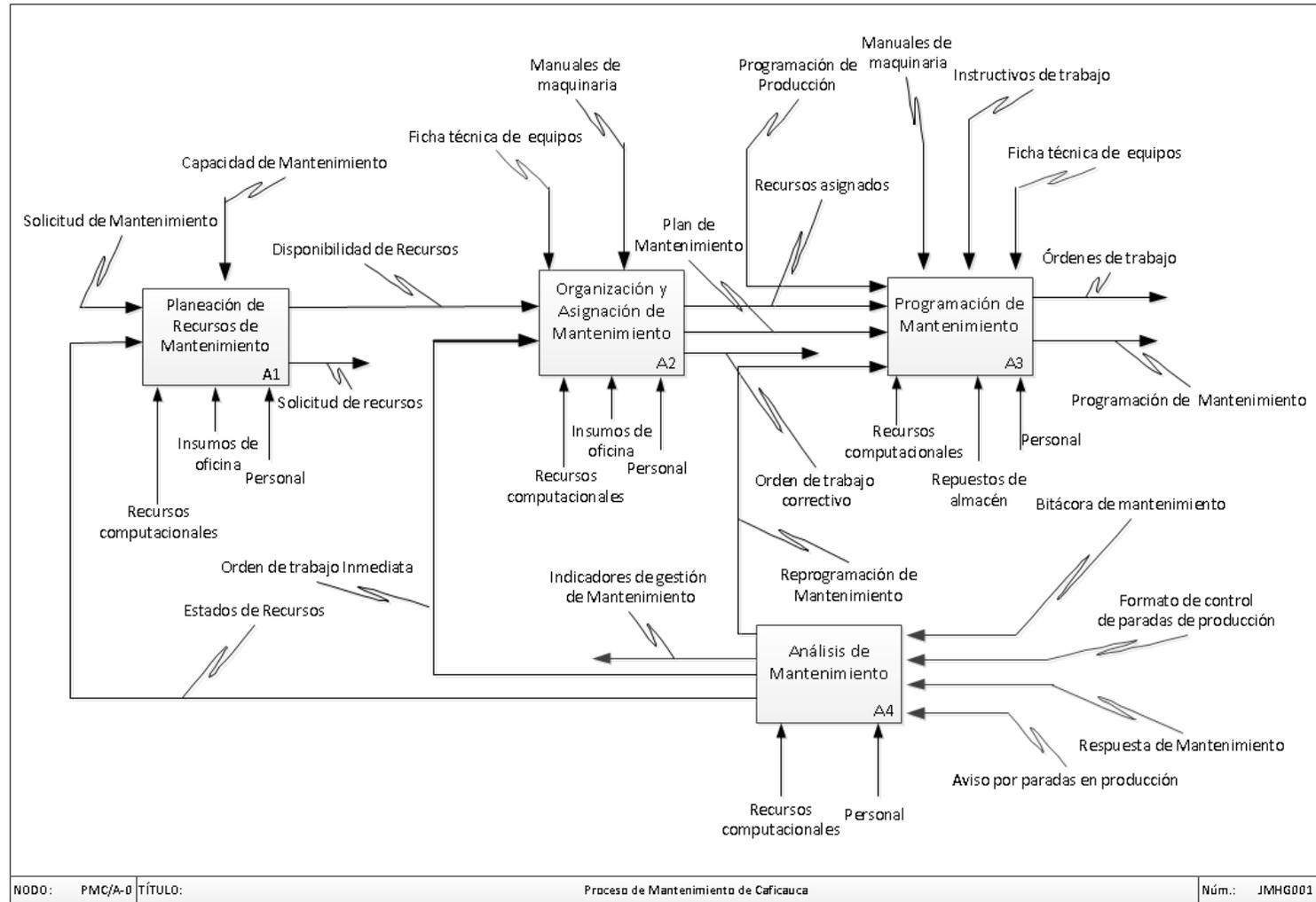


Figura 2-3 Diagrama IDEF0(A-0) para el proceso de Mantenimiento propuesto para Caficauca.

Fuente Propia.

2.2 PLANEACIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO

La *planeación de recursos de mantenimiento (A1)* expuesta según el modelo de IDEF0 se encarga de determinar y preparar todos los elementos necesarios antes de iniciar el trabajo de mantenimiento. Es decir, establece la disponibilidad de la planta como recursos necesarios para los trabajos de mantenimiento, con el fin de alcanzar los objetivos planeados y fijar la mejor utilización de los recursos. Identifica las habilidades y conocimiento de cada miembro del área de mantenimiento, ver Figura 2-4. Tiene como:

Entrada: formato *Solicitud de Mantenimiento* y comunicación *Estados de Recursos*.

Salida: comunicación *Disponibilidad de recursos* y formato *solicitud de recursos*.

Control: *Capacidad de mantenimiento*.

Mecanismos: *Recursos computacionales, insumos de oficina y personal*.

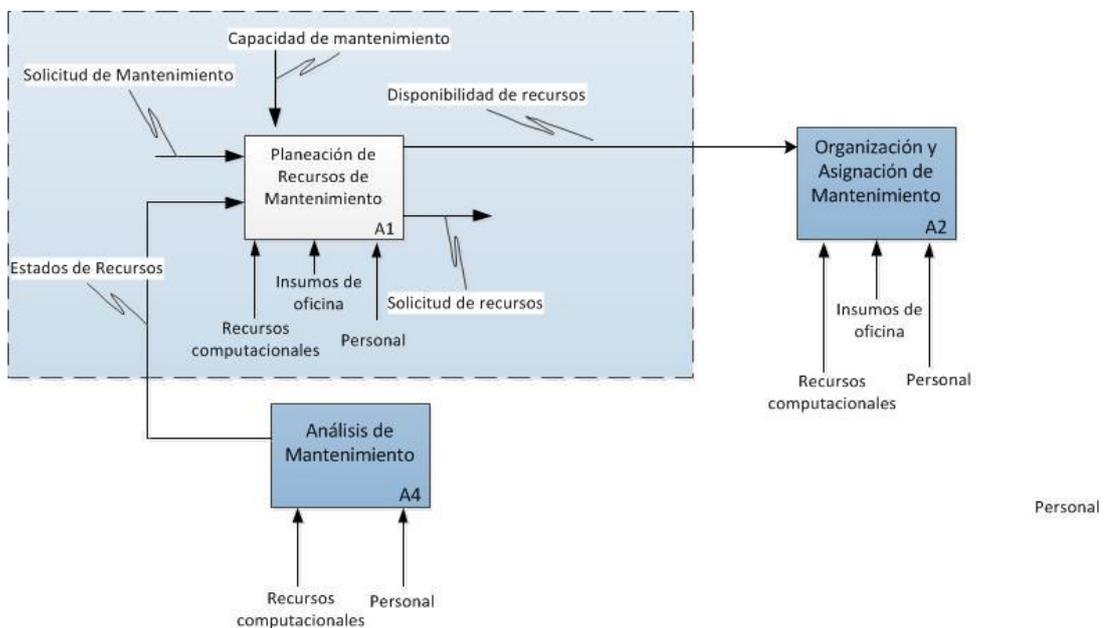


Figura 2-4 Diagrama IDEF0 (A-0) Planeación de Recursos de Mantenimiento.

Fuente Propia

La *solicitud de Mantenimiento* es un formato enviado desde producción o desde la gerencia con el fin de realizar un mantenimiento preventivo o correctivo. La sub-actividad *planeación de recursos de mantenimiento (A1)* toma esta solicitud y, según la *Capacidad de mantenimiento*, envía la comunicación *disponibilidad de recursos* a la sub-actividad *organización y asignación de mantenimiento (A2)*. Así mismo, esta sub-

actividad está encargada de realizar el formato *solicitud de recursos* según el *stock*¹⁴ que ésta posea y comunicación enviada sobre los *Estados de Recurso* desde la sub-actividad *análisis de mantenimiento (A4)*. La comunicación *Disponibilidad de recursos y Estados de Recursos* es manejada por los auxiliares de mantenimiento asignados tanto a la sub-actividades (A1), (A2) como a (A4), según el esquema organizacional del personal de mantenimiento presentando en la Tabla 2-1 y por eso no requiere formatos.

Solicitud de Mantenimiento: los técnicos del área de producción son las personas que más contacto tienen con la maquinaria y equipos y, por consiguiente, logran percibir si algunos de éstos posee alguna falla. De esta manera se elaboró un formato de *solicitud de Mantenimiento* para que se registre y comunique de manera escrita a los jefes de producción o de mantenimiento sobre el problema encontrado. Ésta contiene espacio para describir la avería del equipo o máquina y el nombre del solicitante, entre otras características. Por lo general estas solicitudes son de tipo preventivo al detectar que algún equipo puede llegar a fallar y no está en manos de los técnicos realizar las correcciones necesarias, ver Figura 2-5 a).

Solicitud de recursos: la información de material disponible es manejada con base al *stock* mínimo en el proceso de mantenimiento y la comunicación *Estado de los Recursos* enviada desde la sub-actividad *Análisis de Mantenimiento (A4)*. Solicitud de recursos es un formato que contiene espacio para ingresar cantidad, unidad, referencia y descripción de los materiales (repuestos) y que es enviada al proceso de gestión de compras, quienes cotizan y aprueban por gerencia para su posterior compra. El jefe de mantenimiento debe realizar la recepción y verificación de materiales (repuestos) y llevar registro de los mismos, ver Figura 2-5 b).

Capacidad de mantenimiento: es una especificación de control sobre la mano de obra, materiales (repuestos), equipos y herramientas. Así mismo provee aspectos sobre la cantidad de trabajadores de mantenimiento, sus habilidades y las herramientas especiales requeridas para el mantenimiento en Caficauca. Con esto se busca que la mayor parte de los trabajos sean realizados por personal de Caficauca o en casos en los que no se pueda, se recurra a personal externo a la empresa. En el *ANEXO E-Capacidad de mantenimiento*, se determina las habilidades, número exacto de trabajadores de Caficauca y herramientas que se logró obtener del área de mantenimiento.

¹⁴ *Stock*: Inventario de materiales (repuestos) del área de mantenimiento.

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO		N° Solicitud
EQUIPO:	CÓDIGO:	
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	FECHA:	HORA:
Descripción de avería:		

El solicitante:		

Figura 2-5 a) Formato solicitud de Mantenimiento (SOMA 01) propuesto para Caficauca.
Fuente Propia

SOLICITUD DE RECURSOS			N° Solicitud
Referencia	Cantidad	Unidad	Descripción
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
El solicitante:			

Figura 2-6 b) Formato Solicitud de Recursos (SORE 01) propuesto para Caficauca.
Fuente Propia

Estado de los recursos: comunicación que envía la actividad *Análisis de mantenimiento (A4)* sobre los recursos utilizados y consumidos en trabajos de mantenimiento para equilibrar el *stock*. Es decir, debe existir disponibilidad en almacén de recursos para que cuando se llegue a un nivel de reposición se haga el formato *solicitud de recursos* al proceso de gestión de compras y de esta manera no alterar el funcionamiento del proceso de mantenimiento, disponiendo de recursos para una mejor labor.

2.3 ORGANIZACIÓN Y ASIGNACIÓN DE MANTENIMIENTO

La *Organización y asignación de mantenimiento (A2)* como segunda actividad del modelo IDEF0 se encarga de diseñar el trabajo, es decir, el contenido de cada tarea, las herramientas y materiales (repuestos) a utilizar como lo es la realización del *plan de mantenimiento*, el cual se detalla en el capítulo 3 del presente trabajo, y la *orden de trabajo correctivo* bajo los *Manuales de maquinaria* y *Ficha técnica de equipos*, ver Figura 2-7. Tiene como:

Entrada: comunicación *Disponibilidad de recursos* y *Orden de trabajo inmediata*.

Salida: formato *Orden de trabajo correctiva*, *Plan de mantenimiento* y comunicación *Recursos asignados*.

Control: *Ficha técnica de equipos* y *Manuales de maquinaria*.

Mecanismos: *Recursos computacionales*, *Insumos de oficina* y *Personal*.

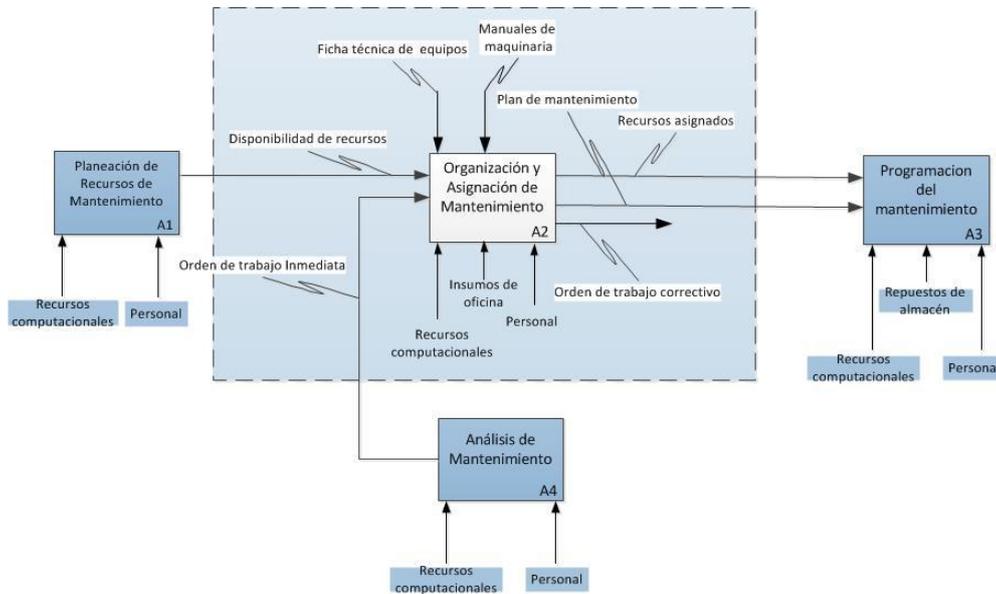


Figura 2-7 . Diagrama IDEF0 (A-0) Organización y Asignación de Mantenimiento.

Fuente Propia.

Esta sub-actividad es la responsable de enviar la comunicación *Recursos asignados* a la sub-actividad *programación de mantenimiento (A3)* para que ésta a su vez determine los trabajos que se deben realizar en determinados momentos. Esto se logra gracias a la comunicación *disponibilidad de recursos* enviada desde la sub-actividad *Planeación de recursos de mantenimiento (A1)*, ya que es necesario asegurar la disponibilidad del personal, repuestos y/o equipos antes de ser asignados. Recibe la comunicación *orden de trabajo inmediata*, que surge en el caso de presentarse una falla y que debe ser reparada en el menor tiempo posible, asignando recursos necesarios en una *orden de trabajo correctiva* para que se ejecute en la planta. Esta sub-actividad está a cargo del Jefe de Mantenimiento quien maneja la comunicación *orden de trabajo inmediata* y el Auxiliar 1 de Mantenimiento quien es el encargado de la comunicación *Disponibilidad de recursos* en caso de presentarse una falla que resulte en una *orden de trabajo correctiva*. Como ya se mencionó son los responsables de diseñar el *plan de mantenimiento* según los *manuales de maquinaria* y las *fichas técnicas de equipos*. Esto bajo el esquema organizacional propuesto en la Tabla 2-1.

2.4 PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La *programación del mantenimiento (A3)* presentada como la tercera actividad en el modelo IDEF0 es la encargada de acoplar el *plan de mantenimiento* y los *recursos asignados* provenientes de la *organización y asignación de mantenimiento (A2)* y plasmarlos en una secuencia de actividades para su posterior ejecución en un determinado plazo de tiempo. La *programación del mantenimiento (A3)* también

establece actividades de mantenimiento a mediano y a corto plazo, es decir, de un mes a un año y de un día a una semana respectivamente. Lo que incluye la planeación de mantenimiento preventivo y actividades industriales necesarias antes de iniciar con producción en la planta, ver Figura 2-8. Tiene como:

Entrada: formatos *plan de mantenimiento* y la *programación de la producción* y la comunicación *Recursos asignados* y *reprogramación de mantenimiento*.

Salida: formatos *órdenes de trabajo* y *programación de mantenimiento*.

Control: *Manuales de maquinaria*, *ficha técnica de equipos* e *instructivos de trabajo*.

Mecanismos: *recursos computacionales*, *repuestos de almacén* y *personal*.

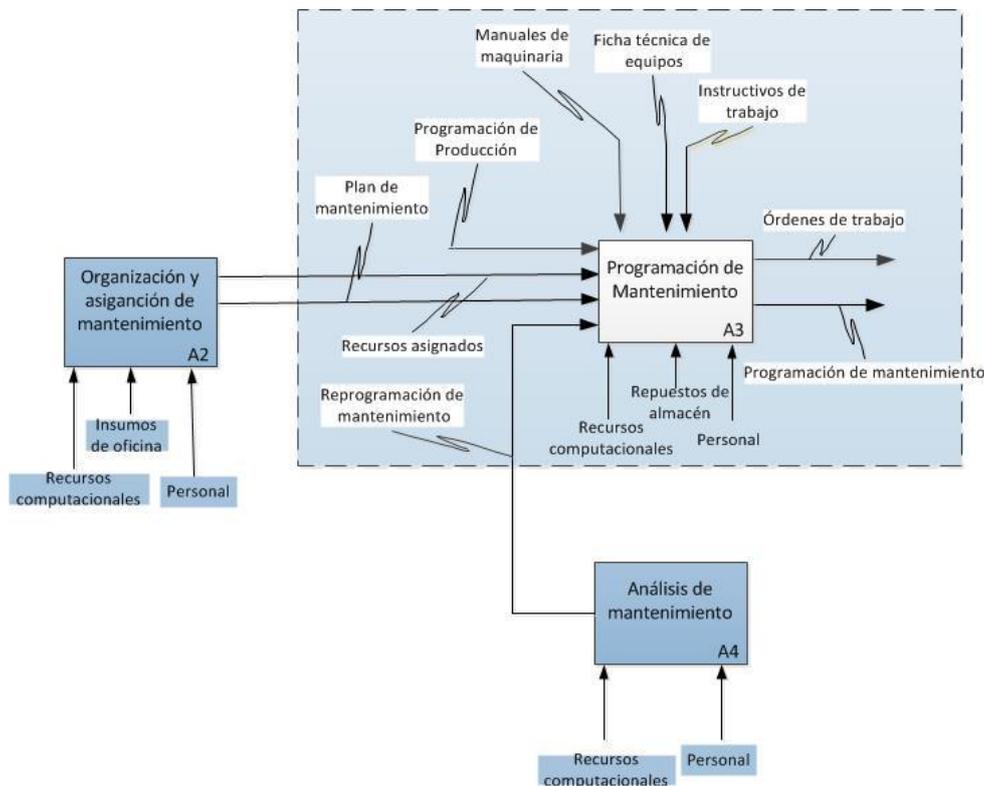


Figura 2-8 Diagrama IDEF0 (A-0) Programación de Mantenimiento.

Fuente Propia

Las entradas *plan de mantenimiento*, *programación de la producción* y *recursos asignados* son necesarios para desembocar en el formato *programación de mantenimiento* y en *órdenes de trabajo* ya sea mantenimientos preventivos y/o correctivos. Según el esquema organizacional propuesto para el personal de mantenimiento en la Tabla 2-1, la sub-actividad *programación del mantenimiento* (A3) está a cargo del jefe y los auxiliares de mantenimiento para realizar una correcta programación del mismo. En caso de presentarse tiempos disponibles en la planta, por paros programados en producción, se origina la comunicación *reprogramación de*

mantenimiento necesaria para realizar cambios en la programación permitiendo ser flexibles ante estas situaciones inesperadas.

Órdenes de trabajo: son formatos que detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar. Son elaboradas a partir de la actividad *programación del mantenimiento (A3)*, contiene información para el control y verificación de los trabajos realizados sobre la maquinaria y equipos de la planta. Es de los formatos más importantes dentro del mantenimiento y pueden ser generados a partir de una *solicitud de mantenimiento*, según la programación realizada al interior del proceso de mantenimiento o en el caso que se presenten fallas inesperadas. Las *órdenes de trabajo* se caracterizan por el tipo de mantenimiento, preventivo o correctivo, el código del equipo o maquinaria, la unidad de producción a la que pertenece, la fecha de radicación de la orden, descripción de la falla, los recursos necesarios, el tiempo que demandó el trabajo, entre otros. Permiten retroalimentar a la sub-actividad *Planeación de recursos de mantenimiento (A1)* mediante el *estado de los recursos*, comunicación enviada desde la sub-actividad *Análisis de mantenimiento (A4)*. Ver Figura 2-9.

ORDEN DE TRABAJO		ÁREA DE MANTENIMIENTO CAFICAUCA	
EQUIPO:		CÓDIGO:	
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:		FECHA:	
TIPO DE MANTENIMIENTO: PREVENTIVO <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input type="checkbox"/>			
Descripción de la falla: _____ _____ _____			
Recursos:			
Herramientas		Materiales	
_____		_____	
_____		_____	
_____		_____	
Operación ejecutada sobre el equipo: _____ _____ _____			
Tiempo efectivo(minutos):			_____
Fecha de inicio:		Fecha de Finalización:	
Personal requerido:		Regreso a operación:	
_____		Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Figura 2-9 Formato Orden de Trabajo (OT) propuesto para Caficauca.

Fuente Propia.

Ficha técnica de los equipos: formato que contiene toda la información que identifica cada máquina y/o equipo en relación a sus sistemas eléctricos, mecánicos, técnicos y lubricantes, componentes auxiliares. En el capítulo 4 del presente proyecto se detallan las fichas técnicas de los equipos propuestas para el proceso de mantenimiento de Caficauca.

2.5 ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO

El *Análisis de mantenimiento (A4)* representada como la cuarta actividad en el modelo IDEF0 es la encargada de examinar el funcionamiento de los equipos y de la maquinaria según el historial recopilado de la retroalimentación de las *bitácoras de mantenimiento*, *órdenes de trabajo* bajo los *Indicadores de Gestión de Mantenimiento*, los cuales permiten identificar qué equipos precisan de atención y en qué determinado tiempo. Además, esta actividad señala el por qué de paradas no programadas sobre algunas unidades¹⁵, ver Figura 2-10.

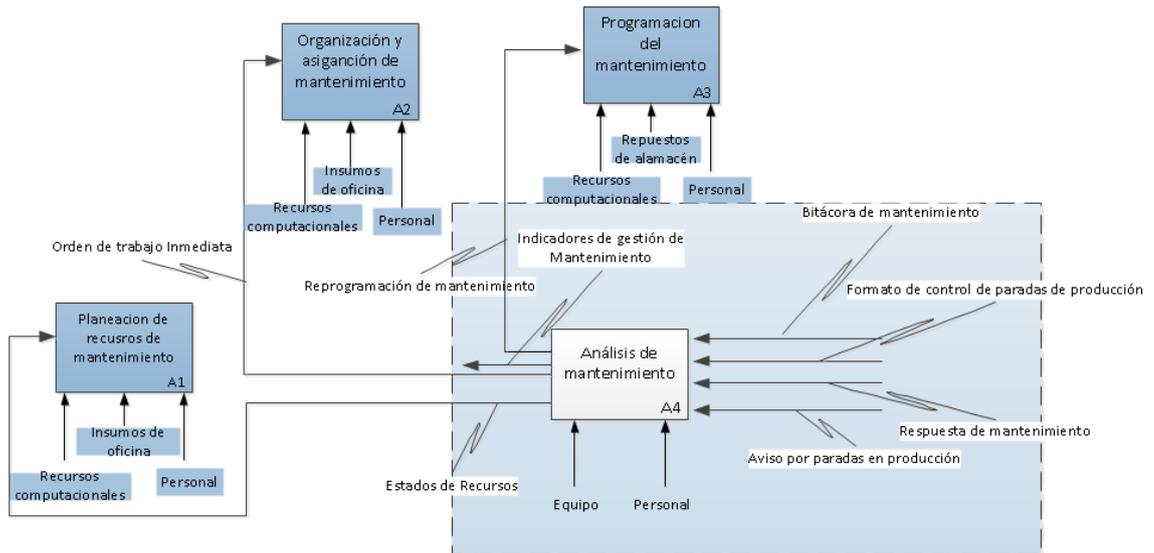


Figura 2-10 Diagrama IDEF0 (A-0) Análisis de Mantenimiento.

Fuente Propia

Tiene como:

Entrada: Formato *Bitácora de mantenimiento*, *respuesta de mantenimiento* (orden de trabajo ejecutada), *formato de control de paradas en producción* y la comunicación *aviso por paradas de producción*.

Salida: Formato *Orden de trabajo correctiva*, *Comunicación reprogramación de mantenimiento*, *Estado de Recursos e indicadores de gestión de mantenimiento*.

Control: *Ficha técnica de equipos y Manuales de maquinaria*.

Mecanismos: *recursos computacionales, insumos de oficina y personal*.

¹⁵ Unidades: ver capítulo 3 descripción del proceso de obtención de café excelso

El análisis es realizado por el jefe de mantenimiento y el auxiliar 2 de mantenimiento según el esquema organizacional propuesto en la Tabla 2-1 con datos específicos como características de equipos, tiempos de funcionamiento, número de reparaciones, entre otros. Esta sub-actividad tiene a su cargo el seguimiento sobre los recursos utilizados en cada trabajo de mantenimiento, es decir, determina la cantidad de repuestos, herramientas y personal que fueron utilizados sobre el mantenimiento en equipos o máquinas, estableciendo control de trabajos y control de inventarios, enviando la comunicación, *estado de recursos*, hacia la actividad *planeación de recursos de mantenimiento (A1)*. Además, envía la comunicación *reprogramación de mantenimiento* a la sub-actividad *programación de mantenimiento (A3)* en caso que existan equipos que si no se intervienen con prontitud pueden fallar o se puedan reducir actividades rutinarias de mantenimiento preventivo. Como entrada, tiene la *bitácora de mantenimiento, respuesta de mantenimiento, formato de control de paradas en producción y aviso por paradas de producción*. Éstos dos últimos difieren, el primero es un formato que se debe llenar por el personal de producción y se entrega cada semana para ser analizado, y el segundo es un llamado de urgencia (teléfono o cara a cara) por anomalías o fallas en equipos y/o máquinas para que esta actividad emita la comunicación *orden de trabajo inmediata* que debe ser acatada en el menor tiempo posible por la *actividad organización y asignación de mantenimiento (A2)* para que no afecte el proceso de producción.

Bitácora de mantenimiento: formato que llena el personal de Mantenimiento o de producción de Caficauca para reportar desperfectos o anomalías encontradas al interior de la planta. En caso de presentarse fallas, el operario de turno debe llenar y entregar el formato al jefe de mantenimiento quien analiza y toma las medidas necesarias. Cada unidad de la planta tiene su respectiva bitácora, la cual contiene los equipos y máquinas, el Tipo de falla (Tf) mecánica, eléctrica o neumática, espacio para detallar la falla y el personal requerido. El jefe de mantenimiento suma el *número total de fallas* por cada bitácora recibida para ser introducidos en los *Indicadores de Gestión de Mantenimiento*, ver Figura 2-11. En el *ANEXO F- Bitácoras propuestas para el proceso de mantenimiento de Caficauca*, se consigna las bitácoras para las unidades de la planta.

Respuesta de mantenimiento: registro sobre el mantenimiento preventivo o correctivo que se realizó sobre equipos y máquinas, contiene la fecha y tiempo de la respuesta, quién respondió a la orden de trabajo, una descripción de la respuesta y el resultado de la orden de trabajo. En resumen es la orden de trabajo presentada en la Figura 2-9 debidamente diligenciada.

Formato de control de paradas de producción: este formato contiene los equipos y maquinaria importante de la planta y que pueden sufrir algún tipo de falla. Contiene espacio para introducir el tiempo para arrancar cada equipo o máquina y actividades de personal antes de iniciar con producción. En caso de presentarse una parada no programada en la producción, este formato contiene espacio para ingresar la hora de inicio y hora final en la que volvió a funcionamiento y, además el tipo de parada,

mecánica y/o eléctrica, que presentó el equipo y que debe ser ingresada en la columna *Parada*, ver Tabla 2-3. Esto permite a la sub-actividad *Análisis de mantenimiento (A4)* tener claridad sobre los constantes paros sobre un determinado equipo para su valoración y atención en el tiempo, el cual será revisado en una nueva programación de mantenimiento, ver Figura 2-12. Además, le permite a esta sub-actividad contar con información para generar los *indicadores de gestión de mantenimiento*, y determinar disponibilidad y mantenibilidad de la planta.

Bitácora del proceso de mantenimiento		ÁREA DE MANTENIMIENTO CAFICAUCA			
UNIDAD RECIBO Y ALMACENAMIENTO EN SILOS CAFÉ PERGAMINO					
Parrilla Principal	TF	Elevador 1	TF	Banda transportadora de la parrilla principal	TF
Parrilla Auxiliar	TF	Elevador 2	TF	Silo 1 y silo 2	TF
DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN					
<hr/>					
Turno:			Tiempo efectivo(minutos):		
Fecha de inicio:			Fecha de Finalización:		
Personal requerido:				Regreso a operación:	
				Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Figura 2-11 Formato Bitácora de Mantenimiento (FOMA01) propuesto para Caficauca
Fuente Propia

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA								
Formato de Control de Paradas								
FECHA					TIEMPO DE OPERACION		Total Minutos	Descripción
Día	Mes	Año	Turno		Parada	H.Inicio		
ALISTAMIENTO			H.Inicio	H.Final				
Ingreso personal								
Vestier								
Limpieza de Maquinaria								
Banda transportadora de la parrilla principal								
Monitor de Pergamino								
Apolo IV								
Monitor de Almendra								
Catadoras								
Mesas densimétricas								
Elevadores								
Descanso								
Aseo								
Total de alistamiento					Total de paradas			
					Tiempo total de paradas			
					Tiempo total de paradas +alistamiento			

Figura 2-12 Formato de control de paradas de producción (FOMA 02) propuesto para Caficauca.

Fuente propia

Tipos de Parada en la Planta trilladora			
1	Avería mecánica en el motor-reductor	15	Avería eléctrica en máquina de coser
2	Avería eléctrica en Máquina Trilladora	16	Avería eléctrica en transportador de sacos
3	Avería mecánica en Elevador	17	Avería mecánica en transportador de sacos
4	Avería eléctrica en Elevador	18	Avería mecánica en mesas Densimétricas
5	Avería mecánica en Catadora	19	Avería mecánica en banda transportadora
6	Avería eléctrica en Catadora	20	Avería en Báscula
7	Avería eléctrica en mesas Densimétricas	21	Cambio de producción
8	Avería mecánica en mesas Densimétricas	22	Mantenimiento de máquinas
9	Avería mecánica Máquina Electrónica	23	Falta de personal
10	Avería eléctrica Máquina Electrónica	24	Falta de sacos
11	Avería eléctrica en compresor	25	Falta de fluido eléctrico
12	Avería mecánica en compresor	26	Inspección de materia prima en línea
13	Avería neumática en compresor	27	Eventos, reuniones programadas, charlas.
14	Avería eléctrica en secador	28	Avería eléctrica en báscula

Tabla 2-3 Propuesta tipos de paradas en la planta trilladora de Caficauca.

Fuente propia

Indicadores de Gestión de Mantenimiento: se encargan de reportar a través de cálculos estadísticos la eficiencia de los equipos y maquinarias de la planta. Lo que se busca con éstos es presentar mejoras o cambios sobre el proceso de mantenimiento en el momento adecuado. Es decir, realizar una comparación con un valor o nivel de referencia para tomar medidas correctivas. Los indicadores deben ser fáciles de entender y de medir, para que el jefe de mantenimiento y el auxiliar 2 de mantenimiento puedan apropiarse de ellos y aplicarlos en su trabajo cotidiano, ver Tabla 2-4.

En general en todo proceso de mantenimiento existe una cultura, resistencia al cambio, por el personal sobre la forma en cómo realizan y reportan reparaciones a equipos y máquinas. No obstante, es responsabilidad de cada uno de los operarios de mantenimiento y producción, concientizarse de la importancia de contar con un modelo de su proceso de mantenimiento y dedicar tiempo en introducir los datos solicitados en los formatos planteados, aunque estén bajo presión, con el fin de ser analizados, permitir una mejor toma de decisiones y estar en una continua mejora del proceso de mantenimiento. Para eso se realizaron entrevistas al jefe de mantenimiento sobre qué influencia tiene el área de mantenimiento sobre su cliente interno, en este caso sobre producción, y sobre el direccionamiento estratégico para establecer los indicadores apropiados para éste.

Dado que uno de los objetivos básicos del mantenimiento es garantizar la máxima disponibilidad de la maquinaria, se presenta el indicador de disponibilidad como el tiempo que el equipo está fabricando productos, confrontado con el tiempo en receso

(tiempo efectivo por paradas de producción no programadas, por averías o fallas). En una entrevista personal con Juan Manuel Segura ingeniero en mantenimiento, afirmó que para el caso de estudio, un valor de disponibilidad entre 81% y 90% indica que el comportamiento de los equipos es regular y se debe buscar las causas del problema.

La mantenibilidad es la probabilidad que tiene un equipo en estado de falla de ser reparado con éxito en un tiempo dado, para que éste siga cumpliendo con la función para la que fue creado[3], para el cálculo de este indicador se necesita la información del tiempo de reparación del equipo y número total de fallas del equipo extraídas del formato de la Figura 2-12. El tiempo en receso es el tiempo efectivo (minutos) de las *órdenes de trabajo*.

Tiempo de operación del equipo: es el tiempo durante el cual el equipo está fabricando productos[49].

Tiempo efectivo: es el tiempo por inactividad dado por averías o fallas en el equipo.

Se recomienda una serie de indicadores adicionales para la medición del desempeño de las actividades del proceso de mantenimiento en Caficauca, con los cuales se podrá tener una mejor perspectiva de la administración de los recursos disponibles y el aprovechamiento de los mismos. Los Indicadores mostrados en la Tabla 2-5 se proponen para que el personal de mantenimiento de Caficauca los implemente luego que se haya familiarizado con los indicadores de la Tabla 2-4. De igual manera la información necesaria para realizar los cálculos de éstos, se obtienen de los diferentes formatos presentados en esta misma sección.

Indicador	Fórmula	Tipo de Indicador	Frecuencia de Medición	Meta	Responsable
% Disponibilidad	$\frac{\text{Tiempo de operación del equipo}^{16}}{\text{Tiempo de operación del equipo} + \text{Tiempo efectivo}^{17}}$	Eficiencia	Mensual	70%-80%: Mala 	Jefe de Mantenimiento
				81%-90%: Regular 	
				91%-96%: Normal 	
				97%-100%: Óptimo 	
Mantenibilidad	$\frac{\text{Tiempo efectivo}}{\text{número total de fallas}^{18}}$	Eficiencia	Mensual	Disminución en 5% anual	Jefe de Mantenimiento

Tabla 2-4 Indicadores propuestos para el proceso de mantenimiento

Adaptado de [3]

¹⁶ Tiempo de operación del equipo: ver formato de control de paradas de producción.

¹⁷ Tiempo efectivo: ver formato orden de trabajo.

¹⁸ Número de fallas: ver formato bitácora de mantenimiento.

Mantenimiento preventivo	
Tiempo inactivo=	$\frac{\text{Tiempo inactividad causado por averias}}{\text{Tiempo total de inactividad}}$
Tiempo correctivo=	$\frac{\text{Horas hombre empleadas en trabajos correctivos}}{\text{Total de horas hombre trabajadas}}$
Sistema de órdenes de trabajo	
Órdenes correctivas=	$\frac{\text{Órdenes correctivas}}{\text{Total de órdenes de trabajo}}$
Órdenes preventivas=	$\frac{\text{Órdenes preventivas}}{\text{Total de órdenes de trabajo}}$
Efectividad total del equipo	
Eficiencia del desempeño=	$\frac{\text{Producción real para el tiempo programado}}{\text{Producción diseñada para el tiempo programado}}$

Tabla 2-5 Indicadores propuestos para el proceso de mantenimiento
Fuente [28]

Donde:

- ✓ *Tiempo de inactividad causado por averías: es el tiempo en el cual el equipo está en estado de paro debido a algún tipo de falla, se obtiene del formato de control de parada.*
- ✓ *Tiempo total de inactividad: es el tiempo total en el cual el equipo está en estado de paro, programado y no programado.*
- ✓ *Órdenes correctivas: Número de órdenes correctivas generadas en el proceso de mantenimiento.*
- ✓ *Total de órdenes de trabajo: Número de órdenes de trabajo, correctivas más preventivas.*
- ✓ *Horas hombre empleadas en trabajos correctivos: sumatoria de las horas empleadas en mantenimiento correctivo.*
- ✓ *Total de horas hombre trabajadas: sumatoria de las horas empleadas en mantenimiento preventivo y correctivo.*

Se sugiere ver el ANEXO G- Ejemplificación de indicadores de gestión de mantenimiento para el proceso de mantenimiento en Caficauca; el cual presenta un ejemplo explicado de cálculo de indicadores de disponibilidad y de mantenibilidad.

Tras presentar, definir y analizar las cuatro sub-actividades del modelo IDEF0(A-0) expuestos en la Figura 2-3, el paso siguiente es recolectar aspectos y características propias del proceso e incorporarlos en los denominados instructivos y fichas técnicas

del proceso de mantenimiento. Esto con el fin de documentarlos a través de la caracterización y presentarlos mediante un flujo general: entradas, salidas, clientes, proveedores y responsables.

2.6 FICHA TÉCNICA DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO

En esta sección se incorporan elementos tratados en las secciones anteriores de este capítulo, como el modelo presentado en la Figura 2-3, para organizarlos en una ficha técnica del proceso de mantenimiento. Estos elementos recogen las definiciones del mantenimiento junto con información relacionado con el mismo. La ficha técnica pretende documentar todo el proceso de forma clara y ordenada. Ésta establece el marco para la realización del seguimiento, medición y análisis del proceso de mantenimiento, que sirve para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua del mismo. Ésta se debe concebir alrededor de parámetros como: las actividades a realizar, los objetivos del proceso, el responsable, entre otros, ver Tabla 2-6. En resumen, la ficha es la descripción detallada del proceso. La ficha inicia definiendo los siguientes elementos [50]:

Responsable: es la persona cuya misión es asegurar el funcionamiento del proceso como un todo.

Objetivo: descripción breve y concisa del propósito del proceso.

Entradas: Información, requerimientos y/o formatos para iniciar las actividades.

Salidas: producto o servicio creado por el proceso.

Clientes: pueden ser otros procesos o terceros para quienes va dirigida la actividad.

Proveedores: suministradores de servicios o información para las entradas del proceso, pueden ser externos o internos a Caficauca.

El listado de los anteriores elementos incluye una breve definición de cada uno y se obtuvo a partir de entrevistas no estructuradas con el personal que mejor conoce el proceso en Caficauca como: el jefe de producción, el jefe de mantenimiento y de compras, entre otros. Cada uno de los elementos es explicado para asegurar su comprensión por todos los involucrados en el proceso. Existen algunos apartados de la ficha como los indicadores y soportes para la documentación como los formatos, analizados en las secciones precedentes, que son expuestos en los instructivos del proceso para que el personal vaya familiarizándose con éstos. Así se presenta la siguiente propuesta de fichas técnicas e instructivos del proceso, tras ser analizadas por los responsables de mantenimiento de Caficauca, ver Tabla 2-6 y Tabla 2-7.

Adicional a las fichas técnicas del proceso de mantenimiento, se requiere información complementaria en los llamados instructivos de proceso de mantenimiento. Mientras que la ficha técnica indica responsabilidades, los instructivos son interpersonales y se limitan a indicar o clarificar la forma de operar, utilizar o realizar algo. La siguiente sección presenta el instructivo para el proceso de mantenimiento.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

Cooperativa de Caficultores del Cauca					
Caracterización del proceso de Mantenimiento				Código DOMA 01	
Objetivo: Garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipos de la planta trilladora.		Alcance: Inicia con las solicitudes de mantenimiento desde producción y finaliza con el plan y la programación de mantenimiento.			Responsable: jefe de mantenimiento
Entradas	Proveedores	Actividades	Responsable	Cientes	salidas
PLANEAR					
Manuales de equipos y maquinaria	Fabricante	Elaborar la programación de mantenimiento	Jefe de mantenimiento	Producción	Plan y programación de mantenimiento
Solicitud de mantenimiento	Jefe de producción	Elaboración de plan de mantenimiento preventivo Elaborar la solicitud de recursos	Jefe de mantenimiento	Producción Gestión de compras	Solicitud de recursos
HACER					
Órdenes de trabajo Plan y programación de mantenimiento	Jefe de mantenimiento	Ejecutar el plan y la programación de mantenimiento; realizar las actividades establecidas y necesarias para el mantenimiento de la planta trilladora	Jefe de mantenimiento	Operarios de la planta trilladora y/o contratistas de mantenimiento.	Maquinaria de producción en condiciones favorables
Concepto técnico	Jefe de mantenimiento	Realizar el manejo y disposición temporal de residuos	Jefe de mantenimiento		Registro de disposición final
Registro de control de paradas	Jefe de producción	Análisis de tiempo muertos provocados por fallas en la maquinaria	Jefe de mantenimiento	Producción	Informe de gestión de mantenimiento
VERIFICAR					
Respuesta de mantenimiento	Producción	Realizar seguimiento a las actividades Elaborar informe de medición de indicadores	Jefe de mantenimiento	Producción Gerencia	Informe de medición de indicadores
ACTUAR					
Informe de medición de indicadores		Documentar e implementar acciones preventivas, correctivas o de mejora	Jefe de mantenimiento	Gerencia producción	Registro de acciones correctivas, preventivas y de mejora

Tabla 2-5 Caracterización del proceso de mantenimiento de Caficauca.

Fuente propia

2.6.1 Instructivo del proceso de mantenimiento

Para el caso de estudio se plantea un instructivo para el proceso de mantenimiento el cual detalla las actividades que se deben realizar según las necesidades y expectativas de los clientes, ver Tabla 2-7. Por lo tanto se hace necesario realizar instructivos de procesos que evidencien quién o quiénes son los responsables y para quién se realiza la actividad.

Los formatos y flujos de comunicación propuestos y desarrollados en la presente sección, además de ser el aporte principal para una correcta documentación del proceso de mantenimiento en Caficauca, representan la base para el desarrollo de posteriores fases del presente proyecto, como el plan y programación de mantenimiento. El siguiente capítulo aborda el Plan a partir de modelos prácticos y nociones de mantenimiento.

Instructivo Proceso de Mantenimiento		Código DOMA 02
Qué se hace	Para quién y cómo se hace	Para qué se hace
Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos y maquinaria de la planta.	<p>La planta trilladora de la cooperativa que busca brindar mantenimiento preventivo a los equipos y maquinaria mediante el formato (DOMA 03).</p> <p>La respuesta de mantenimiento obtenida por medio de las órdenes de trabajo (OT) correctamente llenadas y las bitácoras de mantenimiento (FOMA01).</p>	<p>Para garantizar el correcto estado y funcionamiento de los equipos y maquinaria de la planta.</p> <p>Obtener el comportamiento de los equipos y maquinaria a través del tiempo gracias a los indicadores de gestión de mantenimiento.</p>
Programar el mantenimiento preventivo	Para garantizar la vida útil de los equipos y maquinaria de la planta por medio de realizar fechas programadas para la realizar el mantenimiento, junto con las ordenes de trabajo (OT) e instructivos de mantenimiento.	<p>Para garantizar el correcto estado y funcionamiento de los equipos y maquinaria de la planta.</p> <p>Garantizar que se realice la programación de mantenimiento preventivo</p>
Elaborar la solicitud de recursos	Según el stock del proceso de mantenimiento se debe solicitar compra de materiales (repuestos) para cumplir con las exigencias de trabajos de mantenimiento por medio de SORE01.	Para garantizar los recursos necesarios antes de iniciar con un trabajo de mantenimiento.

Tabla 2-6 Instructivo propuesto para el Proceso de Mantenimiento de Caficauca.

Fuente Propia

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

Las organizaciones manufactureras perciben la presión por la competitividad y por entregar productos de calidad, razón por la cual gerentes e ingenieros trabajan de la mano para optimizar los procesos productivos. El mantenimiento, como proceso de apoyo, tiene la función de contribuir en gran medida a alcanzar las metas y objetivos según el direccionamiento estratégico de ésta, reduciendo costos, aumentando la productividad y asegurando la confiabilidad en los equipos para cumplir con los requerimiento de los clientes [8]. Para lograrlo es necesario plantear un conjunto de tareas o plan de mantenimiento que deben realizar los operarios con el fin de garantizar la disponibilidad de los equipos [51]. Esas tareas se deben realizar de acuerdo al proceso de producción que se realiza al interior de la planta.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EXCELSO

Por iniciativa privada y con apoyo del comité departamental de cafeteros regional Cauca perteneciente a la FNNC se crea Caficauca en 1961, cuya red de compras permite a los pequeños productores, de diferentes municipios del departamento del Cauca (La Vega, Bolívar, el Tambo, entre otros) vender su café a Almacafé S.A o Expocafé S.A. Caficauca tiene como objeto el procesamiento de café pergamino en café excelso para exportación, que a grosso modo, se describe en nueve etapas: 1) Recepción, 2) Almacenamiento, 3) Pre limpieza, 4) Trilla, 5) Clasificación por tamaño, 6) Clasificación por densidad, 7) Clasificación por color, 8) Empacado o llenado y 9) Almacenamiento

Recepción: El café pergamino se transporta en camiones desde las fincas de los productores hasta la planta de Caficauca, ver Figura 3-1 a), pasando por una báscula para su peso y registro con emisión de recibo de entrega del productor, ver Figura 3-1 b). Éste se recibe en bultos de 40,6 kilogramos, y es apilado en bodegas por un periodo corto de tiempo, para posteriormente procesarlo en la planta. Si los bultos no llegan calibrados, es decir no pesan los 40,6 Kg, se procede a calibrarlos ver Figura 3-1 c). A cada bulto, tanto al ingreso como egreso de la planta, se le toma una muestra para su análisis de calidad de acuerdo a ISO 4072/NTC 2323. Ésta mide aspectos como la humedad, determinante para la calidad del café y su valor de compra, entre otros. Si el café pergamino no está debidamente secado (humedad entre el 10 %-12%) es rechazado y devuelto al productor hasta que esté debidamente seco. La muestra debe ser lo más completa y representativa posible y para ello se usan muestreadores o "chuzos" acorde a ISO 6666 / NTC 2312, sin necesidad de abrir los bultos. Los chuzos son instrumentos

de metal en forma cónica, abiertos por el centro hacia la punta. Los bultos muestreados son llevados por una banda transportadora hacia las bodegas de almacenamiento, ver Figura 3-1 d).



a) Planta Trilladora de Caficauca



b) Báscula para peso de camiones



c) Báscula para calibrar peso de bultos



d) Operarios tomando muestras de café

Figura 3-1 Recepción de café pergamino

Fuente Propia

Almacenamiento: Los bultos son descocidos por operarios y el café pergamino es descargado en la parrilla principal, la cual contiene un enrejado para eliminar objetos grandes ajenos al café que pueden causar fallas a la maquinaria, ver Figura 3-2 a). Luego, es transportado por elevadores de cangilones que descargan el café pergamino en bandas transportadoras aéreas. Ya que el proceso de obtención de café excelsa es un proceso de paso continuo, es decir el producto de una máquina constituye la materia prima de la siguiente, los elevadores y las bandas transportadoras permiten trasladarlo de forma continua. Los elevadores consisten en fajas rotativas con pequeños recipientes remachados o “cangilones”, que a su vez elevan el café a la altura necesaria para abastecer a la maquinaria sin detener el proceso, ver Figura 3-2 b). Los elevadores de cangilones y las bandas transportadoras aéreas elevan y depositan el café pergamino en dos silos de almacenamiento, según sea la calidad de pergamino. El silo uno almacena café proveniente de las fincas productoras para su posterior procesamiento en planta. El silo dos almacena café orgánico de alta calidad o mezclas de cafés según las exigencias del cliente para su posterior procesamiento en planta, ver Figura 3-3 a).



a) Parrilla principal



b) Elevadores de cangilones

Figura 3-2 Almacenamiento de café pergamino

Fuente Propia

Para eso existe una parrilla auxiliar, ver Figura 3-3 b), en caso que se desee obtener un producto con las especificaciones del cliente, que hace uso de una tolva homogenizadora con un transportador de tornillo vertical para recircular los diferentes tipos de cafés que se están mezclando, ver Figura 3-3 c).



a) silos de almacenamiento



b) parrilla auxiliar



c) Tolva homogenizadora

Figura 3-3 Mezcla de cafés

Fuente Propia

Pre limpieza: Luego de almacenar el café pergamino en los silos, éste se transporta a la sección de pre limpieza de la siguiente manera: el café pergamino cae por gravedad por medio de un mecanismo dosificador tipo compuerta desde los silos de almacenamiento a la banda transportadora de cárcamos que alimenta al elevador de pergamino, que a su vez, descarga el café sobre el monitor de pergamino. En esta etapa de vibración mecanizada se eliminan impurezas y elementos extraños como cabuyas, puntillas, pequeñas piedras, alambres y todo tipo de elementos ajenos al café pergamino, a través del monitor de pergamino (cabuyas, puntillas, alambres, etc.) y dos máquinas despedregadoras (piedras), con el fin de minimizar las impurezas presentes junto al café, ver Figura 3-4.



a) Banda transportadora de cárcamos



b) elevador de pergamino



c) Monitor de pergamino



d) Máquina despedregadora

Figura 3-4 Pre limpieza de café pergamino

Fuente Propia

Trilla: Luego de la limpieza del café, éste es llevado por los elevadores quienes lo depositan en la tolva de alimentación para posteriormente descargarlo a la máquina trilladora APOLO IV. Ésta se compone de dos secciones: una derecha o sección de trilla y una izquierda o sección de retrilla, en cada sección el café verde o almendra que se produce es limpiada por ventiladores centrífugos, ver Figura 3-5 a). La almendra es obtenida gracias a la separación por medio de fricción del pergamino que cubre el grano, éste representa aproximadamente un 20% de la materia prima. En el momento que el café sale de la trilladora pasa por un succionador que remueve todo el pergamino separado, denominado cisco, que se transporta por tuberías hacia un depósito (cisquera), ver Figura 3-5 b). Si un café pergamino que ingresa a la trilladora es demasiado seco, la máquina quebrará un mayor porcentaje de grano que será succionado junto con el pergamino, o bien, eliminado posteriormente por las zarandas de clasificación por tamaño. Esto afecta en forma negativa el rendimiento o la conversión de pergamino a almendra. Por otro lado, si el café contiene más del 12% de humedad, los granos serán aplastados y blanqueados por la combinación de fricción y temperatura. En otros casos, la trilladora es la causante de quebrar granos debido a fallas o averías, razón por la cual se debe prestar atención al análisis de calidad de café de la etapa de Recepción antes de continuar su procesamiento y a un adecuado mantenimiento de la trilladora. El café verde no clasificado pasa a la tolva pulmón, ver Figura 3-6 a), la cual alimenta al monitor de almendra, máquina clasificadora por tamaño o granulométrica, por medio de los elevadores.



a) Máquina Trilladora APOLO IV



b) Elevadores (color amarillo anaranjado) y succionador de cisco (color plateado)

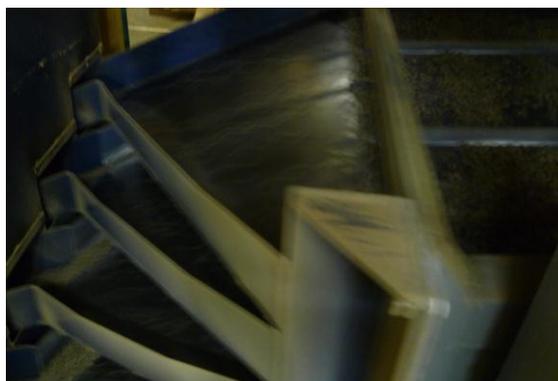
Figura 3-5 trilla de café pergamino

Fuente Propia

Clasificación granulométrica o por tamaño: En las preparaciones siempre se exige un determinado tamaño de grano homogéneo o un porcentaje mínimo de grano pequeño. En esta etapa se encuentra el monitor de almendra diseñado exclusivamente para seleccionar el café verde o almendra por tamaños, también denominada selección granulométrica. Para ello se pasa el café verde por una serie de mallas de diferentes calibres para clasificarlo de acuerdo al número de malla, así el café es seleccionado de mayor a menor tamaño. El tamaño puede variar según el número de malla (18-12), dependiendo de la exigencia de preparación del comprador, ver Figura 3-6 b).



a) tolva Pulmón



b) Monitor de almendra

Figura 3-6 Clasificación granulométrica o por tamaño de café verde

Fuente Propia

El monitor de almendra posee dos cuerpos, conjunto de mallas que son calibradas técnicamente y que giran en sentido contrario por dos razones: para que el producto tenga un doble recorrido y con mejor selección, y para cumplir con una ley mecánica que es la contraposición de fuerzas que evita desacoples en la máquina.

Caficauca define en esta etapa los productos a producir según la Tabla 3-1 a) y a lo largo del proceso de producción aparecen los subproductos como se expone en la Tabla 3-2 b).

Sobremalla No	Calidades de café
18	Supremo
17	
16	Especial
15	Europa
14	UGQ (Usual Good Quality)

Tabla 3-1 a) Tipos de productos de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente propia.

Subproductos
Pasilla de máquinas
Pasilla de electrónicas
Pasilla de exportadores(pasilla de máquinas y pasilla de electrónicas)
Malla 12 o Ripio

Tabla 3-2 b) Tipo de subproductos de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia.

La almendra seleccionada y correspondiente a cada malla pasa del monitor a los diferentes elevadores, quienes a su vez lo llevan a las diferentes catadoras de la siguiente etapa clasificación mecánica o por densidad.

Clasificación Mecánica: Debido a que la densidad tiene relación directa con la calidad del café, se clasifica el café verde con base al peso específico de cada grano y al volumen del mismo, es decir desde el más pesado o excelso hasta el más liviano o pasilla. Las máquinas utilizadas son las catadoras y las mesas densimétricas. La estructura de las máquinas catadoras es de forma vertical y poseen un ventilador en la parte inferior que genera una corriente de aire ascendente levantando los granos livianos por encima de los granos pesados, eliminando granos que no tienen el peso de un grano normal, tales como los quebrados. De esta manera se permite su separación al pasar por diferentes salidas a lo largo de la columna; aprovechando la diferencia de densidades para realizar el proceso de separación, ver Figura 3-7 a).



a) Catadoras



b) Mesas densimétricas

Figura 3-7 Clasificación mecánica de café verde

Fuente Propia

Posteriormente en las mesas densimétricas o *steeles* compuestos por palos inclinados vibratorios, se separan los granos de acuerdo a su densidad, aquí se generan tres flujos diferentes: la cabeza considerada el grano de café aceptado, la cola o grano rechazado y un flujo intermedio que se hace recircular por la misma máquina, ver Figura 3-7 b). Las pasillas rechazadas de las dos máquinas anteriores (pasilla de catadora y pasilla de mesas densimétricas) se juntan y depositan en una tolva para su posterior venta. Una vez seleccionado el café verde por catadoras y *steeles*, es elevado y depositado en tolvas de almacenamiento para ser seleccionados por las máquinas electrónicas en la siguiente etapa del proceso.

Selección electrónica: Existen granos defectuosos que poseen la forma y peso de un grano normal, y son identificados únicamente por su coloración, por lo que no pueden ser separados con las máquinas anteriormente descritas y se hace necesario recurrir a máquinas de selección electrónica. Éstas son seleccionadoras por visión de máquina tricomaticas¹⁹ de tres, nueve o doce conductos cuya función es rechazar todo grano (granos negros, blancos, vinagre, etc.) que no encaje dentro del patrón de color (verde normal). Para esto los granos son pasados por los conductos donde están ubicados los analizadores electrónicos, los granos rechazados, por disparo o pulso de aire comprimido, se denominan pasilla de electrónicas que son transportados y almacenados en una tolva para su posterior empaque y venta. Los granos aceptados van directamente por otra salida hacia la tolva de almacenamiento, ver Figura 3-8.



Figura 3-8 Máquinas electrónicas para la selección de café verde por visión de máquina.

Fuente Propia

En resumen, en esta etapa existe una disposición de máquinas electrónicas que funcionan con un sistema de visión artificial con el cual se realiza la clasificación del café por diferencia de color

Empacado o llenado: Consiste en empacar y sellar el producto resultante (café excelso) que ya ha pasado por las diferentes procesos de selección. Este empackado se

¹⁹ Tricomático: término para el uso de tres colores. Para las máquinas seleccionadoras por color se permite aplicar simultáneamente cinco (5) criterios de color básico para rechazar un grano, ya sea negro, blanco, rojo, verde o amarillo

realiza en bolsas de tejido de fique o yute, llenándolas hasta obtener un peso de 70,6 Kg. Los subproductos se empacan en bolsas de 62,5 Kg para su posterior venta, ver Figura 3-9 a) y b).

Almacenamiento: El café es nuevamente apilado en bodegas para su posterior transporte y exportación. Es fundamental disponer de un lugar seguro para almacenar el grano ya que no se utiliza inmediatamente y requiere de más tiempo de acuerdo con la conveniencia de los precios y de las necesidades de los compradores. Existe una gran variedad de tipos de instalaciones en las que se puede almacenar el café pergamino seco, las cuales van desde estibas de sacos, trincheras, silos planos o bodegas hasta silos metálicos para almacenamiento de muchas formas, tamaños y tipos de construcción. Para el caso de Caficauca los bultos son apilados en estibas con el fin de protegerlos de contaminantes o cualquier otro factor que afecte su calidad, ver Figura 3-9 c).



a) Báscula para calibrar bultos



b) Máquina cosedora



c) Almacenamiento de bultos

Figura 3-9 Empacado y almacenamiento de café excelso para exportación

Fuente Propia.

El tipo de proceso que se lleva a cabo al interior de la planta es de tipo Batch puesto que se preparan lotes de Supremo, Especial, Europa, UGQ y los subproductos anteriormente descritos según el tipo de cliente durante todo el proceso de producción. Esto conlleva a que en todo momento las actividades de producción estén bajo control debido al cuidado de procesar café pergamino, ya que la presencia de granos defectuosos impacta considerablemente la taza²⁰, como es el caso de los subproductos. Para una mayor abstracción del proceso producción anteriormente detallado, se realizó un PFD, ver Figura 3-1. Éste establece los flujos del producto y subproducto presentados en la Tabla 3-1a) y Tabla 3-2 b). Además, presenta los equipos principales en el proceso de producción de café Excelso con una descripción de ellos, es decir, para cada equipo se asignan un nombre descriptivo. Las corrientes de flujo de proceso están representadas por un número (No. de Flujo), incluyendo una descripción de las condiciones de proceso y las características propias de cada flujo, ver Tabla 3-3.

²⁰ Evaluación sensorial por gusto y olor del café que define y califica la impresión global del lote evaluado y se compara con una muestra patrón. La calificación de estos parámetros se basa en la prueba QDA (Análisis cuantitativo descriptivo) de acuerdo a un estándar colombiano para el café, y el cual utiliza una escala de 0 a 10, ver [53]

No. de Flujo	Descripción	Características
1	Flujo de café pergamino con impurezas	Café pergamino con cabuyas, piedras, metales, etc.
2	Flujo de diferentes tipo de café según los requerimientos del comprador	De 10% a 12% de contenido de humedad en café verde.
3	Flujo de café mezclado	
4-5	Flujo de café pergamino	Café pergamino sin impurezas
6	Flujo de impurezas	Piedras, metales, cabuyas, tornillos, etc.
7	Flujo de café pergamino	
8	Flujo de cisco	Cascarilla que recubre a la almendra de café
9	Flujo	
10	Flujo de pasilla	Grano defectuoso: negro, cardenillos, vinagres
11	Flujo de café excelso	Productos de la Tabla 3-1 a) junto con pasilla
12	Flujo de pasilla de máquinas	Pasilla de catadoras
13	Flujo de Café excelso	Productos de la Tabla 3-1 a) sin pasilla de catadoras
14	Flujo de café excelso	Productos de la Tabla 3-1 a) seleccionado por densidad, peso y volumen de grano aceptado
15	Flujo de café excelso	Productos de la Tabla 3-1 a) sin pasilla de electrónicas y seleccionado por coloración (verde normal).
16	Flujo de subproducto pasilla de máquinas	Mezcla de pasilla de catadoras y de mesas densimétricas
17	Flujo de café excelso	Granos de café excelso para exportación debidamente seleccionados por los diferentes equipos, empacados y sellados

Tabla 3-3 Flujos de café en el proceso de producción en Cáficauca.

Fuente Propia

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

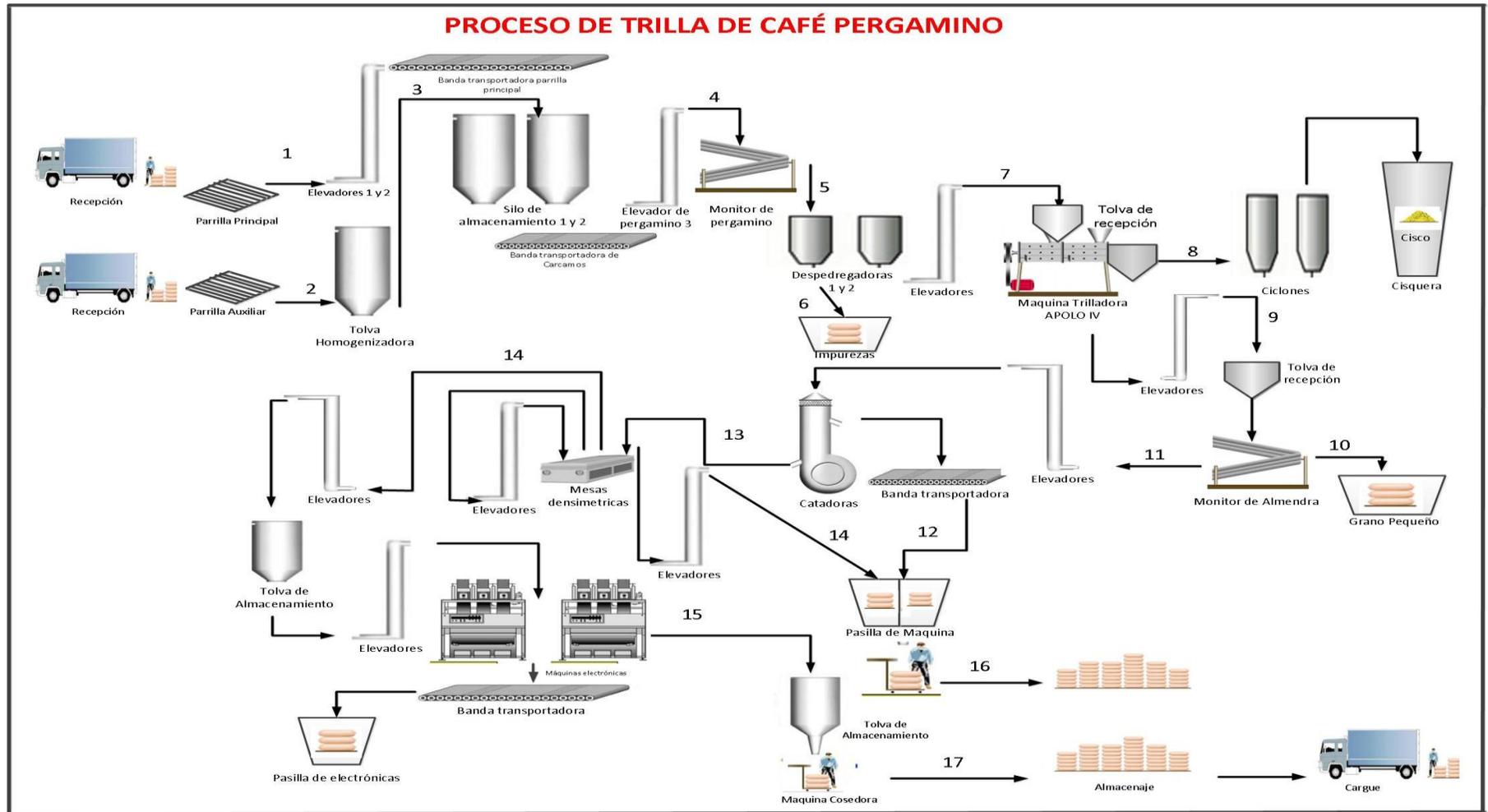


Figura 3-10 DFP para producción de café excelso en la planta trilladora de Caficauca.
Fuente Propia

La siguiente sección toma la anterior representación esquemática del proceso de producción de café excelso para realizar la codificación de los equipos necesario para la elaboración del plan de mantenimiento.

3.2 CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS.

La clasificación de los equipos permite la fácil localización de éstos así como su correcta referencia en *órdenes de trabajo*, *bitácoras de mantenimiento* y en el *formato de control de paradas de producción*. Posibilita el cálculo de indicadores concernientes a la mantenibilidad y disponibilidad de los equipos de la planta [3]. Para realizar la clasificación e identificación de los equipos, se obtuvo el PFD de la planta de Caficauca presentado en la sección anterior el cual identifica los flujos de productos y subproductos y principales equipos involucrados en el proceso de producción de café Excelso. Además, es un referente para ser utilizado en el inventario de equipos ya que permite una mejor visualización de la planta.

Puesto que, para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo, es necesario contar con un inventario actualizado que contemple las características y elementos de los diferentes equipos, el presente documento busca conocer, inventariar y codificar los equipos existentes de la planta. El levantamiento de la información de éstos se realizó con base al PFD de la planta de Caficauca y al estándar ISA-88. Uno de los modelos que presenta este estándar es el Modelo Físico, el cual busca estructurar los activos físicos de la empresa para definir una jerarquía de equipos utilizados en la producción. Esta jerarquía de equipos, para el caso particular de la planta, se realiza en términos de células, unidades y módulos de equipos. Así, varios módulos de equipo pueden ser parte de una unidad y varias unidades pueden ser parte de una célula de proceso. Para la planta de Caficauca el Modelo Físico se desarrolla hasta el nivel de módulo de equipo identificando elementos del mismo²¹, lo largo de este trabajo de pregrado se utiliza como sinónimos las palabras módulos de equipo y equipos. Ver Tabla 3-4 a Tabla 3-10 del Modelo Físico de la planta de Caficauca.

²¹ Para el desarrollo de la propuesta de mantenimiento no es de interés el Modelo Físico con el nivel de los módulos de control, ya que no es objetivo del presente trabajo proponer mantenimiento para los instrumentos de medición y control.

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos	Parrilla Principal y Parrilla Auxiliar	-
		Elevador de cangilones 1	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			poleas planas
			Motor
			Chumaceras
		Elevador de cangilones 2	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			poleas planas
			Motor
			Chumaceras
		Silo 1 y silo 2	-
		Banda transportadora de la parrilla principal	Motor reductores
			Banda de tres lonas
			Templetes de banda
			Desviadores de banda
			Chumaceras
poleas planas			
Empates de banda			

Tabla 3-4 Modelo Físico Unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia.

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad B: Pre-Limpieza	Banda transportadora de cárcamos	Motorreductor
			Sistema de marcha y contramarcha
			Banda de tres lonas
			Templetes de banda
			Desviadores de banda
			Chumaceras
			Poleas planas
			Empates de banda
		Elevador de cangilones 3 (para pergamino)	Chumaceras
			Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos

(Continuación)

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSELO	Unidad B: Pre-Limpieza	Monitor de pergamino	Cajón de madera
			Poleas planas
			motor
			Toma de ventiladores, Ductos de extracción de polvo
			Mallas de monitor
			Excéntricas
			Bielas de madera colgantes
			Descargue monitor chumaceras
			Despedregadoras 1 y Despedregadoras 2
		Sistema de alimentación chasis	
		Turbinas interior	
		Rodamiento de turbina	
		Mecanismo velocidad variable	
		filtros excéntricas	
		Motor de turbina(motor de la banda de arriba)	
		Motor de cubierta	
		Bielas de madera	
		Elevador de cangilones 4 (para pergamino)	
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos y Poleas planas
			Motor
			Chumaceras

Tabla 3-5 Modelo Físico Unidad B: Pre-Limpieza de la planta trilladora de Caficauca

Fuente Propia

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad C: Trilla café pergamino	Tolva de alimentación trilladora	
		Elevador de cangilones 5 (para trilla)	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			Poleas planas
			motor
			Chumaceras
		Máquina Trilladora apolo IV	Motor
			Medialuna
			Gusano 1
			Gusano 2
			Correas
			Balínera axial/Chumaceras
		Elevador de cangilones 6 (para retrilla)	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			Poleas planas
			Motor
			Chumaceras

Tabla 3-6 Modelo Físico Unidad C: Trilla café pergamino de la planta trilladora de Caficauca
Fuente Propia

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad Selección D: Granulométrica o por tamaño	Tolva alimentación monitor almendra	-
		Monitor almendra	Toma de ventiladores, Ductos de extracción de polvo
			Malla monitor
			Rodamiento de eje excéntrico
			Bielas de madera y Parales
			Bandejas de monitor
		Elevador de cangilones 7,8,9,10,11 (para almendra)	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			Poleas planas
			Motor y Chumaceras

Tabla 3-7 Modelo Físico Unidad D: Selección Granulométrica o por tamaño de la planta trilladora de Caficauca
Fuente Propia

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad E: Clasificación Mecánica	Catadora 1,2,3,4,5,6,7 y 8	Turbina
			Poleas
			Chumaceras
			Motor
			Rodamientos
		Banda transportadora 3 de catataras de pasillas	Moto reductor
			Banda de tres lonas
			Templetes de banda
			chumaceras
		Mesa densimétricas 1,2,3,4,5 y 6	Filtros
			Tensores
			Motor de cubierta y Rodamiento
			Mecanismo velocidad variable
			Excéntricas
			Eje principal
			Motor de Turbina
		Elevador de cangilones 12,13,14,15,16,17,18,19,20 ,21,22,23,24,25,26, y 27	Banda de cangilones
			Cangilones o cubetas
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
Motor			
Poleas planas			
Chumaceras			

Tabla 3-8 Modelo Físico Unidad E: Clasificación Mecánica de la planta trilladora de Caficauca
Fuente Propia.

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSO	Unidad F: Selección Electrónica	Tolva 1,2,3,4 y 6	
		Elevador de cangilones 28,29,30,31,32,33,34,35 y 36	Cangilones o cubetas
			Banda de Cangilones
			Correa(marcha y contra marcha)
			Rodamientos
			Poleas planas
			Motor
			Chumaceras
		Banda transportadora 4 y 5	Motor reductores
			Banda de tres lonas
			Templetes de banda
			Desviadores de banda
			Chumaceras
Poleas planas y empate de bandas			

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
		Máquina electrónica XELTRON 10	Rodillos
			Transmisión rodillos
			Analizadores ópticos
			Válvula inyectora
		Máquina electrónica XELTRON 10	Asientos válvulas
			Tarjeta electrónica
		Máquina electrónica BULLER	Analizadores ópticos
		Compresor SULLAIR 40H	Indicador filtro de aire
			Válvula para drenaje de condensado
			Horometro
			Filtro de aceite
			Filtro de Aire
			Radiadores
			rodamientos
		Secador SULLAIR	Radiadores
			Manómetros
Drenaje condensado			
Filtro de aire y Secador			

Tabla 3-9 Modelo Físico Unidad F: Selección electrónica de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia.

CELULA DE PROCESO	UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO
CELULA DE PROCESO PRODUCCION DE CAFÉ EXCELSELO	Unidad G: Almacenamiento de producto terminado	Tolva de UGQ	-
		Tolva de supremo	-
		Báscula electrónica	-
		Máquina de coser NEW LONG	Tensiones MAQ de coser
			Embrague máquina
			Aguja y luper
		Máquina de coser FISHBEING	Tensiones de máquina
			Embrague de máquina
			Aguja
			Luper
			Bandas de transmisión
			Bandas
		Transportador de sacos 1 y 2	Sellos de máquina
			Banda de tres lonas
			Tambores de transportar sacos
			Reductor
Acople			
Mecanismo de tensión			
Rodamientos			

Tabla 3-10 Modelo Físico Unidad G: Almacenamiento de producto terminado de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia

Una vez realizado el inventario de equipos de la planta se proponen códigos para ser identificados. Los diferentes equipos presentados en el PFD y en el Modelo Físico precisan de una correcta codificación para su localización. Con la propuesta de codificación se pretende obtener mayor información, mejor entendimiento y facilidad de localización en relación a las *órdenes de trabajo* y demás formatos expuestos en el anterior capítulo. La codificación se realiza con base a códigos que aportan información útil. Por ejemplo la cantidad de equipos que existen, el módulo de equipo y la unidad a la que pertenecen.

En primera instancia se plantea la codificación asignada para las siete unidades presentadas en el Modelo Físico organizadas y conformadas por un conjunto de módulos de equipos, ver Tabla 3-11.

Unidad	Código asignado
Recepción y almacenamiento en Silos de café pergamino	0
Pre-limpieza	1
Trilla	2
Clasificación Granulométrica	3
Clasificación Mecánica	4
Clasificación Electrónica	5
Almacenamiento Producto Terminado	6

Tabla 3-11 Codificación para las unidades de producción propuesto para Caficauca.

Fuente Propia.

El siguiente paso es asignar códigos alfabéticos al conjunto de módulo de equipo que representan el conjunto de equipos de la planta que permita una mejor descripción de los mismos, ver Tabla 3-12.

Módulos de equipo	Código alfabético asignado
Elevador de cangilones	EC
Trilladora	TR
Electrónica	EL
Mesa Densimétricas	MD
Catadora	CT
Despedregadoras	DS
Banda transportadora	BT
Compresor	CP

Módulos de equipo	Código alfabético asignado
Secador	SE
Transportador de sacos	TS
Monitor	MO
Ventiladores de cisco	VC
Tolva	TV
Silo	SL
Máquina de coser	MC

Tabla 3-12 Tabla codificación para los módulos de equipo propuesto para Caficauca

Fuente Propia.

Finalmente, se procede a realizar la estructura del código para cada equipo según tres casilla las cuales indica número equipo (número de veces que aparece por módulos de equipo), módulos de equipo y la unidad. Así por ejemplo el código 01EC00 corresponde al primer elevador de la unidad recepción y Almacenamiento de café pergamino en Silos, ver Figura 3-2.



Figura 3-11 Propuesta de estructura de codificación para los equipos de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia

Una vez realizada la lista de equipos incluso en elementos que los componen e identificados con un código único que permite referenciarlos, la siguiente etapa es determinar cómo hacerles mantenimiento, ya que precisan de constantes revisiones para lograr que permanezcan en estado óptimo para cumplir con su función y, en caso de presentarse averías o fallas, corregirlos en el menor tiempo posible. La planta tiene una producción diaria de 1500 sacos de café, dada por el aumento de la cosecha cafetera en 2013 y 2014 razón por la cual se hace necesaria garantizar la disponibilidad de la planta y de equipos o máquinas garantes para el proceso de producción. Sin embargo, Caficauca no cuenta con plan de mantenimiento, planificación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento lo que puede influir directamente en la productividad y por ende en la competitividad. La siguiente sección analiza cómo debería llevarse a cabo este mantenimiento al interior de la planta trilladora de Caficauca con base a los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo.

3.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En esta sección cabe recordar que el plan de mantenimiento es un documento que contiene el conjunto de tareas de mantenimiento que se va a realizar en la planta para asegurar los niveles de disponibilidad que se hayan establecido. Es un documento que sufre de continuas revisiones y modificaciones según el análisis de las incidencias que se van produciendo en la planta y del análisis de los diversos *indicadores de gestión de mantenimiento*²².

El personal de mantenimiento debe actuar rápido con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores; el equipo de mantenimiento entra en acción cuando una falla se presenta la cual no permite que la maquinaria siga funcionando normalmente. Además, se debe identificar el problema, las causas y la planeación para la reparación según la *disponibilidad de recursos*, comunicación enviada desde *planeación de recursos de mantenimiento (A1)* a *organización y asignación de mantenimiento (A2)* según el modelo de IDEF0 presentado en la Figura 2-3. Luego, el personal de mantenimiento debe ejecutar la *orden de trabajo* e ingresar los tiempos de ejecución del trabajo, el personal que actuó sobre la falla, los repuestos e insumos que se utilizaron junto con las observaciones realizadas sobre el mantenimiento.

Al producirse una falla, el personal de mantenimiento, por lo general, se encuentra realizando otro tipo de actividades en el taller. Por lo tanto, es necesario identificar qué fallas son más urgentes, según la gravedad de la falla y la implicación que tiene sobre la producción, y cuáles deben ser atendidas en el menor tiempo posible. En la planta de Caficauca existen equipos que deben ser atendidos de forma prioritaria por su alto nivel de criticidad (aquellos que generan fallas frecuentemente). Para lo cual se utiliza la metodología planteada en [3] que determina los criterios bajo cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad. La siguiente sección analiza la criticidad de los equipos existentes en la planta bajo esta metodología.

3.3.1 Análisis de criticidad para los equipos

No todos los equipos poseen la misma importancia en la planta. Por tanto, es necesario identificarlos determinando su importancia en relación a otros. Esto se debe, a que los recursos de la planta son limitados y deben ser dirigidos a aquellos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de Caficauca. Como ya se mencionó, se cuestiona bajo los cuatro criterios a seguir [3]:

²² Indicadores de gestión de mantenimiento: ver sección 2.5 análisis de mantenimiento capítulo 2.

Producción: establecer, en caso que se presente una falla, cómo puede afectar la producción. Es decir, si conlleva a parada total de instalación, en alguna unidad o sólo paralice alguno de los equipos.

Calidad: determinar si el equipo puede afectar seriamente la totalidad en la calidad del producto, parcialmente sin convertirse en un problema repetitivo o no la afecta en absoluto.

Mantenimiento: definir si el equipo puede presentar graves problemas que incurren en altos o bajos costos o no representa ningún problema.

Seguridad y medio ambiente: en el caso en el que falle un equipo puede suponerse en accidentes graves, ya sea por el medio o la persona. La falla supone accidentes medios o ninguna influencia sobre la seguridad.

Estos cuatro aspectos se enmarcan bajo una serie de niveles de importancia o criticidad. Para lo cual, fue necesario realizar entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento y operarios de producción para determinar cuáles equipos tiene mayor influencia sobre estos cuatro criterios, ver Tabla 3-13.

La criticidad de los equipos más trascendentales en la planta de Caficauca se calificó según la etiqueta de críticos, importantes y prescindibles.

- Equipos críticos: en caso de que algún equipo falle, su parada o mal funcionamiento afecta directamente en los resultados de la empresa.
- Equipos importantes: aunque su parada o mal funcionamiento afecta la empresa, sus consecuencias son asumibles.
- Equipos prescindibles: su falla afecta escasamente en los resultados, lo que implica bajos costos para su reparación.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

Equipos	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
APOLO IV Crítico	Necesita revisiones periódicas (cada dos días)	Su parada afecta directamente el plan de producción.	Es responsable en gran medida de la calidad del producto, ya que es el encargado de retirar el pergamino de almendra	Puede resultar en costos elevados para su reparación, consumiendo gran parte de los recursos de mantenimiento.
MESAS DENSIMÉTRICAS Importante	Necesita revisiones periódicas (cada dos semanas)	Afecta en parte la producción, pero no afecta al cliente o al plan de producción	Es el causante en alto grado de eliminar defectos ligeros y son esenciales en la preparación de un batch	Los costos en mantenimiento son moderados
MÁQUINAS ELECTRÓNICAS Críticos	Necesita revisiones periódicas (cada dos días)	Su parada afecta el plan de producción.	Determinan en alto grado la calidad pues retiran los granos defectuosos	Altos coste en reparación en caso de presentarse una falla o avería.
BANDAS TRANSPORTADORA DE CÁRCAMOS Prescindible.	Poca influencia en seguridad (mensual)	Poca influencia en producción	No afecta la calidad del producto	Bajos costos en mantenimiento.
CATADORAS Importante	Revisiones periódicas (cada dos semanas)	Afecta en parte la producción, pero no afecta al cliente o al plan de producción	Eliminan el grano (quebrado) que no tienen el peso normal	Los costos en mantenimiento son moderados
ELEVADORES Prescindible.	Poca influencia en seguridad (mensual)	Poca influencia en producción	No afecta la calidad del producto	Bajos costos en mantenimiento.

Tabla 3-13 Análisis de criticidad para los equipos de la planta trilladora

Fuente propia.

Establecido la criticidad de los equipos a los cuales debe prestarse la mayor atención por parte del personal de mantenimiento, se procede a determinar su rutina de mantenimiento. La siguiente sección aborda el mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de Caficauca.

3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Este tipo de mantenimiento se caracteriza por la actividad de inspección, detección de fallas y corrección en el momento oportuno. Esto se logra gracias a las inspecciones, limpieza, lubricación, calibración, entre otras labores que deben llevarse a cabo en forma periódica con base a un plan establecido. Así mismo, se logra obtener experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas, tiempo de operación y definición de puntos débiles de los equipos. El mantenimiento preventivo debe programar actividades o labores de trabajo de manera que no afecte al proceso de producción. En este sentido, se propone un plan o rutinas de mantenimiento preventivo para los sistemas mecánicos, eléctricos y de lubricación para cada uno de los equipos de la planta expuestos en el Modelo Físico.

3.4.1 Sistemas Mecánicos

La mecánica es una especialidad del conjunto de operaciones de mantenimiento denominado mantenimiento mecánico, el cual está relacionado con los sistemas mecánicos²³ e implica reparación de equipos o mecanismos como los elementos de los módulos de equipos. Sin embargo, no todos los equipos poseen la misma importancia en el proceso productivo y, por tanto, el personal de mantenimiento debe clasificarlas según los niveles de importancia o criticidad. Entre sus clasificaciones se encuentra las fallas mecánicas cuya definición consiste en cualquier cambio de tamaño, forma o propiedades del material del equipo o de los elementos de los módulos de equipo. Para evitar estas fallas se plantearon, bajo las consideraciones del personal de mantenimiento de Caficauca, las actividades de mantenimiento preventivo mecánico, que consisten en inspeccionar, limpiar y revisar. Estas actividades o labores se proponen para los equipos involucrados directamente en la producción, según el Modelo Físico para la planta de Caficauca.

El presente documento sólo establece el mantenimiento preventivo mecánico del Modelo Físico de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos.

²³ Sistemas mecánicos: conjunto de elementos de una máquina destinados a la transmisión de movimiento.

Éste establece los módulos de equipos y elementos de cada uno de ellos y propone actividades o labores que se deben realizar rutinariamente para mantenerlos en óptimas condiciones, ver Tabla 3-14. Las labores del resto de unidades del Modelo Físico se presenta en el *ANEXO H: Mantenimiento Preventivo Mecánico para la planta de Caficauca*.

UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPOS	LABORES PARA LOS ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPOS
Unidad A: Recepción y almacenamiento en silos café pergamino	Parrilla Principal y Parrilla Auxiliar	-	Limpiar
	Elevador de cangilones 1	Cangilones o cubetas	Inspeccionar/ Revisar
		Banda de Cangilones	Inspeccionar/ Revisar
		Correa(marcha y contra marcha)	Revisar
		Rodamientos	Inspeccionar/ revisar
		Poleas planas	Inspeccionar
		Motor	Inspeccionar/revisar
		Chumaceras	Inspeccionar/Revisar
	Elevador de cangilones 2	Cangilones o cubetas	Inspeccionar
		Banda de Cangilones	Inspeccionar
		Correa(marcha y contra marcha)	Revisar
		Rodamientos	Inspeccionar
		Poleas planas	Inspeccionar
		Motor	Inspeccionar
		Chumaceras	Revisar
	Silo 1 y silo 2	-	Limpiar internamente y externamente
	Banda transportadora de la parrilla principal	Motor reductores	Inspeccionar/Revisar
		Banda de tres lonas	Inspeccionar
		Templetes de banda	Inspeccionar/Revisar
		Desviadores de banda	Inspeccionar/Revisar
		Chumaceras	Inspeccionar/Revisar
Poleas planas		Inspeccionar/Revisar	
Empates de banda		Inspeccionar	

Tabla 3-14 Propuesta de Mantenimiento Preventivo Mecánico para los Equipos de la unidad A: Recepción y Almacenamiento de café pergamino en silos.

Fuente Propia.

Las labores para cada elemento de los módulos de equipos consisten en:

Inspeccionar: son inspecciones visuales, las cuales admiten un costo muy bajo e implica observar los equipos de la planta, tratando de identificar posibles problemas detectables a simple vista. Estos problemas pueden ser: ruidos anormales, vibraciones extrañas y fugas de aceite. Estas inspecciones visuales se realizan de forma rutinaria y consiste en visitas periódicas a los equipos para comprobar su estado y detectar posibles

averías. El objetivo es comprobar que el funcionamiento de los equipos continúe normal. Estas labores son llevadas por personal de mantenimiento o de producción.

Revisar: son revisiones del correcto funcionamiento de los equipos para detectar o confirmar las averías por inspecciones, previamente realizadas, las cuales son realizadas con herramienta e instrumental adecuados (multímetro, amperímetro, entre otros). La frecuencia de revisión es menor que la de las inspecciones.

Limpiar: trabajo cotidiano que debe efectuar el personal de mantenimiento o los operarios de producción sobre los equipos mientras la producción está en proceso. Ya que, la falta de limpieza conlleva a que éstos se empolven por operaciones realizadas sobre el café pergamino o acumulen telarañas y otros residuos que pueden perjudicar el buen funcionamiento de los mismos.

Por otra parte, se debe prestar atención a los componentes eléctricos de los equipos ya que son de vital importancia para el funcionamiento de los mismos. La siguiente sección aborda el mantenimiento preventivo para los componentes eléctricos de los elementos de los módulos de equipo.

3.4.2 Sistemas Eléctricos

El mantenimiento eléctrico está relacionado con los sistemas eléctricos²⁴ que hacen parte de los equipos de la planta y se define como las acciones o actividades que están encaminadas a prever y asegurar el funcionamiento normal de dichos sistemas. Entre las labores que deben realizarse sobre los elementos de los módulos de equipos están: revisiones, limpieza y cambio de los componentes eléctricos.

Al igual que para el mantenimiento preventivo mecánico, este documento establece el mantenimiento preventivo de los sistemas eléctricos para elementos de los módulos de control del Modelo Físico de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos. Se presenta los módulos de equipo, elementos de módulo de equipo, para facilitar la asignación de labores de mantenimiento preventivo para estos elementos que hacen parte del sistema eléctrico, Ver Tabla 3-15. En el *ANEXO I-Mantenimiento Preventivo Eléctrico para la planta de Caficauca* se desglosa las labores para los módulos de equipo del resto de unidades del Modelo Físico de la planta de Caficauca.

²⁴Sistemas eléctricos: conjunto de elementos destinados a conducir la energía eléctrica o a transformar esta en otro tipo de energía (energía mecánica, neumática, hidráulica, térmica, luminosa, etc.).

UNIDAD	MÓDULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MÓDULO DE EQUIPO	LABORES PARA LOS ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPOS
Unidad A: Recepción y almacenamiento en silos café pergamino	Parrilla Principal Y Parrilla Auxiliar	- -	- -
	Elevador de cangilones 1	Motor	Limpiar
			Revisar bornera
			Cambiar bornera
			Cambiar breaker
			Limpiar contactor (es)
			Cambiar Contacor (es)
			Cambiar optimal
			Cambiar térmico
			Verificar amperaje
	Elevador de cangilones 2	Motor	Limpiar
			Revisar bornera
			Cambiar bornera
			Cambiar breaker
			Limpiar contactor (es)
			Cambiar Contacor (es)
			Cambiar optimal
			Cambiar térmico
			Verificar amperaje
	Silo 1 y silo 2	Lámpara	Revisar
		Balasto	Cambiar tubo fluorescente
	Banda transportadora de la parrilla principal	Motor	Cambiar
			Limpiar
Revisar bornera y Cambiar bornera			
Cambiar breaker			
Limpiar y cambiar contactor (es)			
Cambiar optimal			
Cambiar térmico			
Verificar amperaje			

Tabla 3-15 Propuesta de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para los equipos de la Unidad A:
Fuente Propia

Las revisiones se realizan con el fin de predecir o detectar oportunamente cualquier desgaste o falla en los componentes eléctricos de los equipos y son realizadas con la herramienta e instrumental (multímetro, amperímetro, entre otros) necesarios. Las rutinas de revisión se efectúan según el nivel de importancia de los equipos en el proceso productivo. Los cambios de componentes eléctricos consiste en el cambio de

borneras y fusibles dependiendo del tiempo en funcionamiento. Lo anterior, se realiza utilizando el equipo de seguridad y herramienta adecuada.

Las limpiezas se realizan con el fin de evitar posibles daños por polvo o residuos de café pergamino en procesamiento y debe ser llevado por personal de mantenimiento de Caficauca calificado. En las industrias manufactureras todos los equipos por sencillos que sean requieren lubricación para mejorar tanto el funcionamiento como la vida útil de los mismos.

3.4.3 Sistemas de Lubricación

Existen componentes mecánicos de las máquinas que están en continuo movimiento, es decir, ruedan sobre otras superficies, por lo que se hace necesario recurrir a la lubricación para evitar desgaste de los elementos de los equipos o consumo excesivo de energía para el movimiento. Por tanto la lubricación tiene como fin principal reducir la fricción entre dos superficies materiales que están en contacto. Ésta es una operación esencial y forma parte de la función de mantenimiento como apoyo que soporta las actividades del proceso productivo, porque al no realizarse una correcta lubricación conlleva a deficiencias en el funcionamiento, excesos de costos en reparación y tiempos de paradas. Para lo cual, se hace necesario realizar un examen regular con el fin de detectar posibles causas de fallas a las máquinas. Además, se debe revisar y lubricar para optimizar su funcionamiento y durabilidad. Para eso, se propone un plan preventivo de lubricación para los elementos de módulos de equipo con labores que deben ser realizados por el personal de mantenimiento, ver Tabla 3-17. En el *ANEXO J- Mantenimiento Preventivo de Lubricación para la planta de Caficauca* se desglosa las labores para los módulos de equipo del resto de unidades del Modelo Físico de la planta de Caficauca. Donde:

- ✓ Lubricar: Actividad o las tareas que, por su bajo coste, son rentables y contribuyen a minimizar posibles fricciones o desgastes, optimizando la vida útil de los rodamientos, entre otros, gracias a los lubricantes (grasa y aceite).
- ✓ Revisar grasa: consisten en inspecciones visuales sobre el estado de la grasa. El personal de mantenimiento verifica el control de lubricación que le permite determinar el estado actual de la grasa, aceite, presencia de humedad, entre otros.

Cabe destacar que se hace necesario realizar las fichas técnicas de los equipos para llevar a cabo las anteriores propuestas de labores de mantenimiento preventivo. En la siguiente sección se propone la realización de fichas técnicas para alguno de los equipos de la planta de Caficauca.

UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPO	LABORES PARA LOS ELEMENTOS DE MODULO DE EQUIPOS
Unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos	Parrilla Principal y Auxiliar		
	Elevador de cangilones 1	Rodamientos	Revisar grasa/Lubricar
		poleas planas	Revisar grasa/Lubricar
	Elevador de cangilones 2	Rodamientos	Revisar grasa /Lubricar
		poleas planas	Revisar grasa/Lubricar
		Chumaceras	Revisar grasa /Lubricar
	Silo 1 y silo 2		
	Banda transportadora de la parrilla principal	Motoreductores	Completar nivel de aceite
			Cambiar aceite
		Chumaceras	Revisar grasa/Lubricar
Rodamientos	Revisar grasa/Lubricar		

Tabla 3-16 Propuestas de Mantenimiento Preventivo de lubricación para equipos de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos.

Fuente Propia.

3.5 FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS

Para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo anteriormente propuesto para la planta de Caficauca, fue necesario recurrir a información sobre los equipos. Sin embargo, el área de mantenimiento no cuenta con fichas técnicas de equipos para tener acceso a la información sobre éstos. Así, que fue necesario recurrir al jefe de mantenimiento y a operarios para conocer con detalles las características de cada equipo y realizar una propuesta de ficha técnica para los mismos. Para la realización de ésta se dispuso del Modelo Físico y de la experiencia del personal antiguo del área de mantenimiento. La ficha técnica propuesta para el elevador 1 de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos del Modelo Físico de la Planta de Caficauca, contiene especificaciones técnicas mínimas para identificar código del equipo, su ubicación y todos los elementos que lo componen. En la parte superior se ingresa el nombre del Jefe de mantenimiento, del responsable del equipo, de los módulos de equipo y unidad a la que pertenece. En la parte inferior se encuentra la descripción detallada de los elementos del módulo de equipo y espacio para ingresar descripciones si las hay, ver Tabla 3-18.

La ficha técnica está disponible para el personal de mantenimiento de Caficauca para identificar el equipo en el momento que lo requiera. El *ANEXO K Ficha técnica de equipo de la planta de Caficauca* presenta otras propuestas con la misma estructura de ficha para otros equipos involucrados en producción. A medida que transcurra el tiempo y se familiaricen con estas fichas, es aconsejable que el personal de mantenimiento realice las fichas técnicas para el resto de equipos de la planta.

La información consignada en las fichas técnicas es de vital importancia para la realización y modificación del plan de mantenimiento preventivo. El plan propuesto para los elementos de los módulos de equipos de la planta de Caficauca precisa de una correcta ejecución que no intervenga con el plan de producción de la empresa. Para eso se hace necesario recurrir a cronogramas o programación de mantenimiento, que permiten tener un mayor control de las actividades o labores realizadas al interior de la planta. Esto con el fin de garantizar la mayor disponibilidad de los equipos para una correcta producción. El siguiente capítulo aborda esta situación y propone una programación de mantenimiento acorde a las necesidades de la planta trilladora.

FICHA TECNICA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS EN LA TRILLADORA DE CAFICAUCA					
JEFE DE MANTENIMIENTO:			CODIGO DEL EQUIPO: 01ECO		
NOMBRE DEL RESPONSABLE:					
NOMBRE DEL EQUIPO: ELEVADOR 1			UBICACIÓN: Unidad recepción y almacenamiento de café pergamino en silos		
POLEAS PLANAS:			ALTURA DEL ELEVADOR ENTRE EJES:		
REFERENCIA DE EJES, RODAMIENTOS Y CORREAS					
NOMBRE	CANT.	REFERENCIA	NOMBRE	REFERENCIA	CANT.
EJE DE MARCHA	1	1,1/2"	RODAMIENTO DE CARCAZA	509	2
EJE DE CONTRAMARCHA	1	1,3/4"	RODAMIENTO DE PEDESTAL	P209	2
			BASE FLANCHE	P208	2
RELACION DE VELOCIDAD					
RELACION DE LA MARCHA		4" --- 18"	N° CANALES POLEA		2
RELACION DE LA CONTRAMARCHA		4"--- 20"	N° CANALES POLEA		3
CORREAS					
TIPO DE CORREA		CANTIDAD	REFERENCIA		
CORREAS DE MARCHA		2	B70		
CORREAS DE CONTRAMARCHA		3	B85		
BANDA DE CANJILONES					
POLEAS PLANAS	2		ALTURA DEL ELEVADOR ENTRE EJES:		
BANDA DE CANJILONES	ANCHO	10"	CANJILONES	REFERENCIA: 10"	
	LONGITUD			CANTIDAD:	
CARACTERISTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO					
MARCA	SIEMENS			AMPERIOS	
HP / RPM / A	4/1750/13,5	BALINERA DELANTERA		(A) CARGA	
EJE DE MOTOR	28	BALINERA TRACERA		(A) VACIO	
DIMENSION POLEA	4"			CONTACTOR HP	
CANALES	2			ESCALA DEL RELE (A)	
OBSERVACIONES:					

Tabla 3-17 Propuesta de ficha técnica para el elevador 1 de la unidad A: Recepción y almacenamiento de café pergamino en silos de la planta trilladora de Caficauca.

Fuente Propia.

Capítulo 4

PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO.

La globalización de los mercados ha obligado a empresas manufactureras a cumplir con estándares de calidad internacionales como ISO 9001 con la finalidad de ser más competitivas a nivel local, nacional e internacional [41]. Los empresarios han comprendido, con el paso de los años, la importancia de mantener en buen estado los equipos que participan en los procesos de producción, con el fin de lograr cumplir con la demanda de productos requerida por los clientes. Lo anterior implica que se deba contar con planes de mantenimiento que les permitan a las empresas conservar sus equipos en las mejores condiciones posibles, precisando de una correcta programación del mantenimiento que permita disminuir costos por paradas de producción o por fallas imprevistas. Además, permite a las empresas entregar productos a sus clientes en el tiempo acordado [52]. Claro está, la programación de mantenimiento depende de factores como el plan de producción el cual es analizado en la siguiente sección.

4.1 PLAN DE PRODUCCIÓN

El segundo capítulo desarrolló la documentación necesaria para el proceso de mantenimiento de Caficauca y planteó indicadores de gestión de mantenimiento con el fin de llevar al proceso a una continua mejora. Además se identificaron flujos de información que permite al personal de mantenimiento, encargado de asignar recursos, poseer una mayor agilidad a la hora de realizar un determinado trabajo, basado en un plan de mantenimiento. Este plan se abordó en el tercer capítulo, agrupando los diferentes equipos en unidades e identificándolos bajo una codificación propuesta. Posteriormente, según la criticidad y ficha técnicas de los mismos, se determinó las actividades o labores a realizar. El presente capítulo retoma dichas labores y se programa en un espacio de tiempo para ser ejecutadas. Sin embargo no es posible realizar la programación de mantenimiento, sin antes tener en cuenta lo que dictamine el plan y la programación de producción de la planta de Caficauca.

Las empresas en general, no deben producir al azar o funcionar improvisadamente, éstas deben planear con anticipación la producción. Sin embargo, para el caso particular de Caficauca, la “planeación” de la producción se realiza tomando en cuenta el comportamiento de las ventas día a día sin usar herramientas o modelos que permitan tener una mejor visión del comportamiento de la producción hacia futuro. Sumado a

lo anterior, los operarios desconocen cómo se va a comportar la “planeación” de la producción y esporádicamente realizan registros sobre dicha planeación pero en un horizonte de máximo una semana que puede ser modificado si aparece un nuevo cliente, esto se debe a la falta de cultura organizacional en planeación. En otras palabras, Caficauca no cuenta con un plan y programación de producción que permita visualizar el comportamiento de éste en el tiempo. Para subsanar este aspecto, en el presente trabajo de pregrado, se optó por realizar entrevistas no estructuradas con el jefe de producción para conocer a mayor plenitud el comportamiento de la producción en el 2014. Sin embargo, al no existir documentación sobre la planeación de la producción no fue posible comparar la producción real con la planeada. Así que se decidió revisar la información relacionada a la producción del año pasado y a partir de ésta proyectar el plan y programación de mantenimiento del 2015. En 2014 Caficauca de sus cuatro productos tipo café excelso: Europa, UGQ, Supremo y Especial realizó una producción media mensual de 16.000 sacos de 70,6 Kg, ver Tabla 4-1.

TIPO DE CAFÉ	CLIENTE		PER
	Almacafé	Expocafé	
UGQ	7413	667	4496
Supremo	474	231	725
CONS	0	0	0
MAQ	351	70	333
ELEC	184	12	72
MALLA12 (Ripio)	0	0	0
Cantidad total de sacos	8422	980	5626

Tabla 4-1 Producción de café excelso para Enero del 2014.

Fuente propia.

La Tabla 4.1 expone los diferentes productos para los clientes Almacafé y Expocafé. La columna PER hace referencia al café pergamino perteneciente a Expocafé y a quien se le realiza el proceso de trilla. La fila CONS es pasilla para consumo de Caficauca, MAQ y ELE con pasillas de máquinas y electrónicas respectivamente. La información de las ventas para estos clientes comprendidas entre Enero y Diciembre de 2014 se encuentra disponible en formato digital bajo el nombre *Producción Café excelso para 2014-Caficauca.xlsx*. Gracias a esta información fue posible determinar que en los meses de Abril, Mayo y Junio se presenta el mayor volumen de producción en vista de las cosechas cafeteras en el departamento del Cauca, en comparación al resto de meses. Con base en esta información fue posible realizar la propuesta de programación de mantenimiento preventivo, el cual se analiza en la siguiente sección.

4.2 PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

La programación del mantenimiento consiste en determinar el orden en el cual se deben efectuar los trabajos planificados tomando en cuenta: urgencia, materiales necesarios y disponibilidad de personal. Indudablemente, el programa de mantenimiento contribuye a superar el reto que presupone mantener una alta disponibilidad de la maquinaria y equipo en planta. Es el proceso que se encarga de coordinar las labores de mantenimiento, asignando repuestos, herramientas y personal con base al plan de producción y criticidad de los equipos para ser puestos en un horizonte de tiempo que consiste en tres programas:

- Programa maestro de mantenimiento: que cubre un período de un mes a 1 año.
- Programa semanal: que cubre el trabajo a realizar en una semana.
- Programa diario: que cubre el trabajo que debe realizarse cada día.

En el presente proyecto, estos programas, se acoplan con los horizontes de tiempo fijados en la sub actividad de programación de mantenimiento de la sección 2.4, ver Tabla 4-2:

Horizonte de tiempo	Actividades de mantenimiento
Mediano plazo	Programa maestro de mantenimiento, el cual comprende las actividades a desarrollar durante el periodo de un mes a un año.
Corto plazo	Programa diario y programa semanal. Comprende actividades a desarrollar de un día a una semana.

Tabla 4-2 Programación de mantenimiento según el horizonte de tiempo.

Fuente propia.

Para la realización de la programación de mantenimiento de Caficauca se partió de la experiencia del jefe en el área de mantenimiento y operarios de antigüedad, ya que cerca del 90% de la maquinaria existente en la planta ha sido desarrollada por éstos. Sin embargo, este mismo hecho ha conllevado a que no existen manuales de maquinaria y equipos, por lo que fue necesario recurrir en todo momento a la experiencia y conocimientos del jefe y operarios. Las siguientes secciones abordan el cronograma de ejecución de las actividades de los tres programas de mantenimiento propuestos para la planta de Caficauca, contribuyendo a mantener en óptimas condiciones los equipos.

4.2.1 Programa Maestro de Mantenimiento (PMM)

El programa maestro de mantenimiento prepara planes detallados de actividades a desarrollar y plazos de tiempo que se proveen para ello. Depende de características propias de la organización, de manuales de maquinaria, del programa de producción y del plan de mantenimiento propuesto en el capítulo precedente. Además, considera la

disponibilidad de recursos para determinar repuestos, herramientas y personal a utilizar en trabajos de mantenimiento, según la *capacidad de mantenimiento*²⁵.

Sin embargo ya que de algunas máquinas de la planta de Caficauca existen manuales incompletos y para otras no existen. Se debe tener en cuenta que será necesario recurrir a los operarios de antigüedad y al jefe de mantenimiento quienes poseen la experiencia y conocimiento del funcionamiento de los equipos y máquinas. Por otra parte Duffa en [8] expone que para realizar un programa confiable se debe tomar en consideración las siguientes pautas:

- Determinar las prioridades de trabajo según la urgencia.
- Si no existen los materiales (repuestos) necesarios, no debe programarse la orden de trabajo.
- Se debe tener a disposición la programación de producción.
- Flexibilidad del programa, lo que implica revisar el programa y actualizar con frecuencia.

Así mismo, menciona que el plan de mantenimiento es un requisito precedente antes de realizar la programación y que se debe tener total acceso al plan y programación de producción de la planta y conocimiento del momento en que las instalaciones estarán disponibles.

Aunque se realiza una propuesta de programa maestro de mantenimiento, es responsabilidad del personal revisar el programa cada día/semana/mes. Es decir, revisar la programación del día, la semana y mes anterior y verificar si se realizó todo, en caso contrario determinar las causas y realizar la *reprogramación de mantenimiento*. Además, debe presentarse el programa de la próxima semana y determinar cambios de programación. Este programa semanal de mantenimiento se analiza en la siguiente sección.

4.2.2 Programa semanal de mantenimiento

Para la realización de programas de mantenimiento que no interfieran con la producción y con aprovechamiento máximo de los recursos, es necesario utilizar una estrategia que consiste en preparar y programar el trabajo semanal.

Antes de poner en práctica el programa es necesario capacitar y educar a cada una de las personas involucradas, para que en el momento de su ejecución, éste alcance el éxito esperado. En la ejecución de los planes de mantenimiento se debe observar y registrar cada uno de los trabajos realizados. La verificación del programa de mantenimiento se

²⁵ Ver planeación de recursos de mantenimiento capítulo 2.

realiza mediante el análisis de cada uno de los equipos según los objetivos y metas propuestas, los cuales se miden de manera directa por medio de los *indicadores de gestión de mantenimiento*. Cuando el programa no cumple con los objetivos iniciales propuestos se debe buscar las causas fundamentales, emprender acciones correctivas y cambiar el procedimiento de trabajo para eliminar el problema con una *re-programación de mantenimiento*.

Para optimizar los recursos disponibles es de gran importancia realizar una correcta planificación de los trabajos, claro está dependiendo de la programación de la producción. Se propone diferentes convenciones de actividades para el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta, el cual permite llevar un registro de éstas, ver Tabla 4-3. Se divide en 9 columnas que contienen la siguiente información:

Actividad: actividades diarias, semanal, mensuales y anual de mantenimiento preventivo para cada máquina.

C1: La columna con la convención C1 que está a la derecha de la columna de actividades, indica si la actividad a realizar es diaria, semanal, mensual, o anual, y se marca como AD, AS, AM, AA respectivamente.

C2: Se escribe la palabra SI si la actividad implica paro de producción, en caso contrario se marca NO.

C3: Se escribe SI si la actividad implica intervención externa, es decir, si es necesario llamar a un proveedor o técnico especializado en la tarea de mantenimiento, en caso contrario se coloca NO.

C4: Se escribe SI si la actividad implica labor del taller mecánico, en caso contrario se marca NO.

C5: Destinada al registro de la realización de las actividades.

COOPERATIVA DE CAFICULTORES DEL CAUCA		
Programación de mantenimiento preventivo anual		Código DOMA01
COLUMNA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
C1	Actividad Diaria	AD
	Actividad Semanal	AS
	Actividad Mensual	AM
	Actividad Anual	AA
	Actividad Programada	AP
C2	La actividad implica parada de producción	SI / NO
C3	La actividad implica intervención externa	SI / NO
C4	La actividad implica labor de taller mecánico	SI / NO
C5	La actividad se realizó o se reprogramó	SI / NO

Tabla 4-3 Propuesta de Actividades para la programación de mantenimiento preventivo para Caficauca.

Fuente Propia.

Propuestas las actividades de programación de la Tabla 4-3, el siguiente paso es plasmar el plan de mantenimiento con las diferentes labores para cada tipo de equipo para ser realizadas por los operarios de mantenimiento o de producción. Sin embargo, Caficauca no realiza plan y programación de producción, por lo que se optó por usar los registros de producción del 2014 y con base en éstos desarrollar la programación de mantenimiento para 2015. Las inspecciones son realizadas mensualmente o diariamente por operarios de mantenimiento, permitiéndoles conocer de forma continua el estado de la planta. Además, presenta la codificación para cada labor con su respectivo instructivo de trabajo, el cual detalla cómo se debe realizar la actividad. Así mismo, tiene espacio para la Fecha/Tiempo en que se debe realizar la actividad y el tiempo que demanda y el espacio Máquina para el código de equipo sobre la que se realizó la actividad de mantenimiento preventivo, ver Tabla 4-4. El Programa Maestro de Mantenimiento preventivo para los sistemas mecánicos se encuentra disponible en formato digital en la carpeta “Programación de Mantenimiento Caficauca-2015” bajo el nombre *DOMA 04 Programación de mantenimiento preventivo anual Caficauca-mecanicos.xlsx*.

Una vez propuestas las actividades y tareas a realizar sobre los equipos y ubicadas en un horizonte de tiempo, es necesario redactar procedimientos en los que se explique cómo se llevan a cabo cada una de las labores. Los procedimientos o instructivos de trabajo constituyen un soporte para el personal que ejecuta las actividades de mantenimiento preventivo en la planta de Caficauca, éstos deben contener una explicación detallada paso a paso de la actividad a realizar, ya sea de tipo mecánico, eléctrico o de lubricación. Esta explicación describe qué recursos, entre repuestos, herramientas y personal, se utilizarán. En ocasiones, se redacta un instructivo por especialidades, como es el caso para el grupo de elevadores o catadoras y sus elementos de módulo de equipo. Así, son de utilidad diaria en la realización de algunas actividades y suelen estar adaptados a equipos, instalaciones y actividades. La estructura de cada instructivo de trabajo propuesto es:

Unidad: Nombre de la unidad donde se encuentra ubicada el equipo.

Código: Presenta el número del instructivo precedido por un código alfabético que lo identifica como: MEC si es de tipo mecánico, LUB si es de lubricación y ELEC si es de tipo eléctrico.

Sistema: Tipo de sistema en el que se realiza la tarea de mantenimiento preventivo, y puede ser de tipo eléctrico, mecánico o lubricación.

Módulo de Equipo: Nombre del equipo en el que se realiza la actividad de mantenimiento preventivo.

Existen otras casillas que son de importancia como Creado por, Fecha de creación, Modificado por, Fecha de última modificación, Actividad, Periodicidad, recursos a utilizar, Medidas de seguridad, Procedimiento y Tiempo estimado de ejecución.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

INSTRUCTIVO	LABOR	C1	C2	C3	C4	Fecha / Tiempo	C5	MODULOS DE EQUIPO
MEC-066	Inspeccionar y realizar drenaje condensado	AP;C/6M						COMPRESOR
MEC-001	limpiar Parrilla de recibo	AD						PARRILLAS DE RECIBO
MEC-002	Inspeccionar Banda y cangilones	AM						ELEVADORES
MEC-003	Revisar Bandas de transmisión	AM						
MEC-004	Inspeccionar y Revisar Rodamientos	AM						
MEC-005	Inspeccionar Rodillos internos	AM						
MEC-006	Revisar Chumaceras	AM						
MEC-007	Inspeccionar Cuerpo elevador	AM						
MEC-092	Inspeccionar Motor	AM						
MEC-008	Limpiar Elevador	AM						
MEC-010	Inspeccionar Estructura	AA						
MEC-011	Silo/Tolva limpiar internamente	AA						
MEC-012	Silo/Tolva limpiar externamente	AA						
MEC-003	Revisar Moto- Reductores	AM						BANDAS TRANSPORTADORAS
MEC-013	Revisar Banda de tres lonas	AM						
MEC-014	Revisar Templetes de banda	AM						
MEC-015	Revisar Empates de banda	AM						
MEC-006	Revisar Chumaceras	AM						
MEC-090	Revisar Poleas planas	AM						
MEC-091	Inspeccionar Motor	AM						
MEC-016	Revisar Desviadores de banda	AM						
MEC-017	Revisar Toma de ventiladores	AP;C/6M						MONITORES DE PERGAMINO
MEC-018	Revisar Ductos de extracción de polvo	AP;C/6M						

Tabla 4-4 Programa de Mantenimiento Preventivo Mecánico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.

Fuente Propia

El presente trabajo de pregrado propone un instructivo de mantenimiento preventivo mecánico que debe ser ejecutado sobre el módulo de equipo compresor de aire SULLAIR. Éste provee condiciones de presión y caudal a los equipos de la unidad F: selección electrónica, utilizadas para clasificar los granos por color. El funcionamiento del compresor consiste en recibir la energía mecánica que le transmite un motor por unión directa o por medio de una polea y correa. El compresor toma aire del ambiente donde está ubicado, incluyendo la humedad presente en ese instante, la cual varía dependiendo de las condiciones atmosféricas y, al entrar en funcionamiento forma gotas de agua que se deslizan por gravedad hasta el fondo cilíndrico del estanque de almacenamiento. Es importante la eliminación del agua acumulada porque de lo contrario disminuye la acumulación de aire en compresor. Así mismo puede dañar por corrosión las capas de pinturas presente en el compresor o en casos extremos el exceso de humedad o almacenamiento de agua puede causar averías al motor.

El instructivo de tipo mecánico contiene el procedimiento para realizar el drenaje del agua del compresor. Éste contiene una válvula de drenaje ubicada en la parte inferior por fuera en una posición que permite vaciar el agua acumulada durante la operación, ver Tabla 4-5.

Logo Caficauca	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	
Unidad: Selección Electrónica	Código: MEC-066	
Sistema: Mecánico	Módulo de equipo: Compresor SULLAIR 40H	
Creado por:	Fecha de creación:	
Modificado por:	Fecha última modificación:	
Actividad: Revisar drenaje de condensado	Periodicidad: Cada dos días	
Herramientas a utilizar:		
-Manguera ½		
Medidas de seguridad:		
-Antes de comenzar a realizar la actividad de mantenimiento desenergice completamente el equipo.		
Procedimiento:		
1-Desenergizar el presostato del compresor a drenar		
2-Cerrar la llave de descarga de aire del tanque		
3-Ubicar la manguera en el sifón		
4-Abrir la llave del drenaje hasta que esté totalmente despresurizado		
5-Cerrar la llave del drenaje y abrir la llave de descarga de aire		
6-Energizar de nuevo el compresor		
Tiempo estimado de ejecución: 30 min		
Aprobado por:	Fecha:	

Tabla 4-5 Instructivo de trabajo tipo mecánico para el drenaje del compresor SULLAIR 40H propuesto para Caficauca.

Fuente Propia

Por otro lado, en la sección 3.4.2 se abordó las actividades o labores que componen el mantenimiento preventivo eléctrico de los diferentes equipos del Modelo Físico de la planta. Estas labores son retomadas y puestas en un horizonte de tiempo. Para eso se optó por definir, junto con el personal de mantenimiento de Caficauca, la periodicidad de revisión, cambio y limpieza de los elementos de módulos de equipo. Esta periodicidad depende directamente del plan de producción definida para el mes de Enero. Para cada uno de estos elementos se les asignó un código de identificación para los instructivos de trabajo, ver Tabla 4-6. El Programa Maestro de Mantenimiento preventivo para los sistemas eléctricos se encuentra disponible en formato digital en la carpeta “Programación de Mantenimiento Caficauca-2015” bajo el nombre *DOMA 04 Programación de mantenimiento preventivo anual Caficauca-eléctrico.xlsx*.

INSTRUCTIVO	ACTIVIDAD	C1	C2	C3	C4	Fecha / Tiempo	C5	MODULOS DE EQUIPO
ELEC-018	Limpiar Motor	AM						ELEVADORES
ELEC-019	Revisar Bornera Motor	AA						
ELEC-006	Cambiar Bornera de Motor	AA						
ELEC-007	Cambiar Breaker	AA						
ELEC-008	Limpiar Contactores	AM						
ELEC-009	Cambiar Contactores	AA						
ELEC-011	Cambiar Optimal	AA						
ELEC-012	Cambiar Térmico	AA						
ELEC-016	Verificar Amperaje	AD						
ELEC-020	Revisar lámpara	AM						SILOS
ELEC-013	Cambiar tubo fluorescente de la lámpara	AA						
ELEC-003	Cambiar balasto	AA						
ELEC-018	Limpiar motor	AM						BANDAS TRANSPORTADORAS
ELEC-019	Revisar bornera motor	AP; C/6M						
ELEC-006	Cambiar bornera de motor	AA						
ELEC-007	Cambiar Breaker	AA						
ELEC-008	Limpiar Contactores	AM						
ELEC-009	Cambiar Contactores	AP						
ELEC-011	Cambiar Optimal	AP						
ELEC-012	Cambiar Térmico	AP						
ELEC-016	Verificar Amperaje	AD						
ELEC-018	Limpiar Motor	AM						MONITORES DE PERGAMINO

Tabla 4-6 Programa de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.

Fuente propia.

Para el mantenimiento preventivo de tipo eléctrico se propone el instructivo de trabajo ELE-018 para los elementos de módulos de equipos motores de los equipos monitores de pergamino de la unidad B: Pre-limpieza. Para estos motores (WEG 5HP, 1710 rpm, 14 A.) se propone un instructivo que contiene información de repuestos y herramientas a utilizar, las medidas de seguridad y el procedimiento. El instructivo ELE-018 hace referencia a la labor de limpieza para estos motores que constituye en prevención por daños eléctricos y se puede realizar en el lugar de operación, mientras se continúa con producción. Se debe realizar la limpieza de éstos, ya que están sometidos a gran polución en el aire por polvo y residuos de café pergamino que pueden provocar, en los devanados del motor, efectos nocivos como bloqueo en la ventilación que a su vez induce a recalentamientos y acorta la vida útil. Por lo que se hace necesario someterlos a limpieza con aire comprimido, ya que permite eliminar material e impurezas en áreas de difícil acceso, a las cuales no se llega con otros métodos como la utilización de brocha o trapo. Se debe tener precaución, por parte del personal de mantenimiento que esté llevando a cabo esta labor, en la dirección del aire la cual debe ser controlada para prevenir que la suciedad se ubique en lugares inaccesible del motor. Esto implica que el aire sea seco y con presión controlada, no mayor de 30 psi, ver Tabla 4-7.

Logo Caficauca	INSTRUCTIVO DE TRABAJO	
Unidad: Pre limpieza	Código: ELEC-018	
Sistema: Eléctrico	Módulo de equipos: Monitor de pergamino	
Creado por:	Fecha de creación:	
Modificado por:	Fecha última modificación:	
Actividad: Limpiar motor eléctrico	Periodicidad:	
Repuestos Herramientas a utilizar: -Compresor -Brocha de limpieza		
Medidas de seguridad: -Antes de comenzar la actividad desenergice completamente el equipo -Utilice los elementos de protección adecuados para la actividad de mantenimiento.		
Procedimiento: 1- Con la brocha retire todas las impurezas en la carcasa exterior del motor y en los ductos de ventilación. 2- Separe la tapa posterior. 3- Revise los devanados de tal forma que no presenten grietas. 4- Con la manguera del compresor aplique aire comprimido en el interior del motor retirando las impurezas y partículas extrañas. 5- Coloque nuevamente la tapa posterior.		
Tiempo estimado de ejecución: 30 min		
Aprobado por:	Fecha:	

Tabla 4-7 Instructivo de trabajo tipo eléctrico para los motores de los monitores de pergamino propuesto para Caficauca.

Fuente Propia.

Las actividades de lubricación propuestas en la sección 3.4.3 del presente trabajo de pregrado son retomadas para definir su periodicidad según el análisis de criticidad de los equipos presentado en la Tabla 3-13. De esta manera, se propone un programa de rutina para la revisión, cambio y lubricación de los elementos de módulos de equipos, componentes de los diferentes equipos de la planta de Caficauca. Al igual que para los demás programas de mantenimiento preventivo, se optó por definir, junto con el personal de mantenimiento de Caficauca, la periodicidad del conjunto de tareas a desarrollar tomando en cuenta el plan de producción definido para el mes de Enero. Así mismo, se precisa de una correcta revisión del estado actual de la grasa y lubricantes que contiene los elementos de los equipos. Además, cada tarea contiene su respectivo código para los instructivos o procedimientos de trabajo.

El personal de mantenimiento de Caficauca, bajo las actividades previamente establecidas y de acuerdo a los criterios establecidos de criticidad, inspecciona la condición de los mecanismos de las máquinas rotativas de cada unidad de producción, observando las condiciones del aceite y grasa. Así, se presenta inspecciones (aspecto, color, etc.) de los lubricantes para cada mes, y si las condiciones lo ameritan, cambios o relubricación de los elementos de los equipos. El programa de lubricación contiene el espacio de las actividades diaria, semanal, mensual o anual según sea el caso. Además, contiene espacio para programar la fecha en la que se va a realizar la actividad de lubricación, entre otras características, ver Tabla 4-8.

Esta lubricación debe realizarse bajo los instructivos de lubricación, propuestos para los equipos de la planta de Caficauca, que permiten realizar las actividades de mantenimiento referentes a la lubricación. Contienen información detallada de cómo se debe lubricar de manera correcta, esto se logró gracias a las observaciones realizadas sobre los trabajos de lubricación que actualmente se lleva a cabo al interior de la planta de Caficauca y al aporte de la experiencia de los técnico mecánicos de las diferentes áreas, ver Tabla 4-9. El Programa Maestro de Mantenimiento preventivo para los sistemas de lubricación se encuentra disponible en formato digital en la carpeta “Programación de Mantenimiento Caficauca-2015” bajo el nombre *DOMA 04 Programación de mantenimiento preventivo anual Caficauca-lubricacion.xlsx*.

Propuesta de plan de Mantenimiento para la planta trilladora de la Cooperativa de Caficultores del Cauca

INSTRUCTIVO	ACTIVIDAD	C1	C2	C3	C4	Fecha / Tiempo	C5	MODULOS DE EQUIPO
LUB-005	Inspeccionar grasa de rodamientos	AM						ELEVADORES
LUB-006	Lubricar rodamientos	AM						
LUB-012	Inspeccionar grasa poleas planas	AM						
LUB-011	Lubricar poleas planas	AM						
LUB-002	Completar nivel de aceite del motorreductor	AM						BANDAS TRANSPORTADORAS
LUB-003	Cambiar aceite del motorreductor	AM						
LUB-004	Lubricar chumaceras	AM						
LUB-005	Inspeccionar r grasa de rodamientos	AM						
LUB-006	Lubricar rodamientos	AM						
LUB-007	Lubricar excéntricas	AP;C/6M						MONITORES DE PERGAMINO
LUB-006	Lubricar rodamientos	AP;C/6M						
LUB-008	Inspeccionar grasa mecanismo de velocidad variable	AP;C/6M						MÁQUINAS DESPEDREGADORAS
LUB-009	Lubricar mecanismo de velocidad variable	AP;C/6M						
LUB-005	Inspeccionar grasa rodamientos	AP;C/6M						
LUB-006	Lubricar rodamientos	AP;C/6M						
LUB-007	Lubricar excéntricas	AP;C/6M						
LUB-005	Inspeccionar grasa rodamientos	AP;C/2D						MÁQUINA TRILLADORA APOLO IV
LUB-006	Lubricar rodamientos	AP;C/2D						

Tabla 4-8 Programa de Mantenimiento Preventivo Eléctrico para el mes de Enero de 2015 propuesto para Caficauca.

Fuente Propia

Logo Caficauca	INSTRUCTIVO DE TRABAJO
Unidad: Aplica para cualquier unidad	Código: LUB-006
Sistema: Mecánico	Máquina: Aplica para todas las máquinas
Creado por:	Fecha de creación:
Modificado por:	Fecha última modificación:
Actividad: Lubricar rodamiento	Periodicidad:
Herramientas a utilizar: -grasa -aceites	
Medidas de seguridad: -Antes de comenzar a realizar la actividad de mantenimiento desenergice completamente el equipo -Utilice lo elementos de protección adecuados.	
Procedimiento: 1-Colocar el equipo en condición de paro. 2-Ubique los puntos de lubricación de la máquina. 3-Coloque el engrasador en el cono del rodamiento con el extremo menor hacia abajo. 4-Empuje firmemente el engrasador hacia el cono del rodamiento, para que force la grasa a pasar entre los rodillos y el cono. 5-Limpie el excedente de grasa en el rodamiento. 6-Repita los pasos dos, tres y cuatro para los otros rodamientos de la máquina.	
Tiempo estimado de ejecución:	60 min
Aprobado por:	Fecha:

Tabla 4-9 Instructivo de trabajo para lubricación para los equipos propuesto para Caficauca.
Fuente propia.

Al realizar la programación adecuada del mantenimiento preventivo según las necesidades de Caficauca es posible optimizar los recursos de mano de obra, materiales (repuestos), equipos, herramientas, entre otros. Además, permite realizar control sobre el stock y mantener actualizados los inventarios. Sin embargo, las fechas exactas de las labores para cada mantenimiento preventivo tipo mecánico, eléctrico y de lubricación es responsabilidad del personal fijarlas. Es decir, para cada labor enmarcada presente durante el mes debe asignársele una fecha exacta que deba ser flexible en caso tal se presente otras actividades imprevistas. Además, el área de mantenimiento debe generar el inventario que actualmente poseen de repuestos y materiales junto con la realización de los instructivos mecánicos, eléctricos y de lubricación para los restantes elementos de módulos de equipo. Así mismo, se hace necesario desarrollar los manuales faltantes de los equipos y las fichas técnicas de los mismos que contribuyan en información actualizada y oportuna para el plan y la programación de mantenimiento.

CONCLUSIONES

Se abordaron y desarrollaron conceptos sobre sector cafetero, mantenimiento (correctivo y preventivo), normas internacionales en automatización ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88, normas enfocadas a gestión de la calidad ISO 9001-2008 y con ello se planteó y aplicó un protocolo de trabajo organizada en ocho pasos:

- *Identificación y secuencias de los procesos:* se obtuvo y propuso un mapa procesos, misión y visión para Caficauca ya que no existía tal información y se logró identificar los diferentes procesos estratégicos (gerencia y planeación estratégica), misionales (facturación y producción) y de apoyo (gestión administrativa y financiera, recursos humanos y salud ocupacional, gestión de compras, jurídica, control de calidad y mantenimiento).
- *Descripción del proceso de mantenimiento:* con el mapa de procesos que se obtuvo y propuso para Caficauca se determinó abordar el proceso de mantenimiento y se desarrolló el diagrama IDEF0 (A-0) para éste, con lo que se identificó cuatro sub-actividades (*Planeación de Recursos de Mantenimiento, Organización y Asignación de Mantenimiento, Programación de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento*). Dichas sub-actividades se establecieron bajo el modelo de actividades de administración de las operaciones de mantenimiento de ANSI/ISA-95.00.03, lo que permitió determinar treinta y dos flujos de información (data informal y data formal), cinco actores o personas en el proceso de mantenimiento y se inventarió la herramienta necesaria para las labores de mantenimiento en Caficauca.
- *Seguimiento y medición del proceso de mantenimiento:* al no existir información interna en el área de mantenimiento se planteó formatos como: *Solicitud de Mantenimiento, solicitud de recursos, orden de trabajo, Ficha técnica de equipos, instructivos de trabajo, formato programación de mantenimiento, bitácoras de mantenimiento e Indicadores de Gestión de Mantenimiento*.
- *Mejora del proceso de mantenimiento con base en el seguimiento y medición realizada:* se desarrolló *Indicadores de Gestión de Mantenimiento* de disponibilidad y mantenibilidad y se propuso otros indicadores para realizar seguimiento y medición del proceso de mantenimiento. Además, se ejemplificó con datos hipotéticos la obtención de datos e ingreso en el formato *Indicadores de Gestión de Mantenimiento*.
- *Descripción del proceso productivo para la obtención de café excelso:* Se elaboró la descripción del proceso de producción de café excelso, con su respectivo PFD y se levantó el Modelo Físico bajo ANSI/ISA-88 para los equipos de la planta de Caficauca.
- *Clasificación e Identificación de equipos:* con el Modelo Físico obtenido de la planta de Caficauca, se inventarió y dividió el proceso en unidades, módulos de

equipos y elementos de módulos de equipo, se propuso la codificación de los equipos y se plasmó las labores preventivas a realizar para cada elemento de los módulos de equipo.

- *Plan de mantenimiento:* Se elaboró una propuesta de plan de mantenimiento con base a las necesidades detectadas al interior del área de mantenimiento de Caficauca. Esta propuesta se desarrolló bajo el Enfoque Basado en Procesos de ISO 9001-2008, la cual presenta el qué hacer mas no indica el cómo hacerlo. Por tanto, para suplir este interrogante, se utilizó los estándares en automatización industrial ANSI/ISA-95 y ANSI/ISA-88. Se asignó ciento treinta labores de mantenimiento preventivo para los ochenta y siete equipos de la planta según tres tipos: mecánico, eléctrico y de lubricación.
- *Programación de mantenimiento:* con la realización del plan de mantenimiento preventivo se determinó la frecuencia de inspecciones, revisiones y otras actividades de mantenimiento preventivo. Se realizó el análisis de criticidad (tabla de aspectos críticos contra los seis equipos que pueden afectar el proceso de producción por paradas imparciales o inesperadas). Esta frecuencia se determinó a partir del plan de producción obtenido de 2014, de la experiencia del jefe de mantenimiento y otros operarios de antigüedad. Se organizó de manera diaria, semanal, mensual y anual definiendo las actividades y tareas a realizar para cada uno de los elementos de módulos de equipo.

Con lo cual se espera que a partir del momento en que Caficauca aplique la propuesta de plan de mantenimiento se espere evitar paros innecesarios en los procesos productivos, lograr mayor disponibilidad de la planta y prolongar la vida útil de los equipos de producción. Además, se logró recopilar gran parte de la información del área de mantenimiento que no existía.

Sin embargo, por la complejidad que representa el Modelo Físico de la planta de Caficauca se realizó instructivo de trabajo para el compresor SULLAIR 40H de la unidad Selección Electrónica, para el motor del monitor de pergamino de la unidad pre limpieza y un instructivo general para la lubricación de los elementos de módulos de equipo de la planta. Además, se desarrolló Fichas técnicas para elevadores, catadoras, despedregadoras 1 y 2, monitor de pergamino, monitor de almendra, mesas densimétricas, máquina trilladora apolo IV y bandas transportadoras de cárcamos, parrilla principal y 4 (rechazo). Por tanto, se recomienda al personal de mantenimiento desarrollar las fichas técnicas e instructivos para el resto de equipos de la planta, tomando en cuenta los pasos de realización que aparecen en el ANEXO-L guía para la elaboración de fichas técnicas e instructivos de trabajo para los módulos de equipo.

RECOMENDACIONES

Es importante que, antes de la implementación del plan de mantenimiento, los operarios de las áreas de mantenimiento y producción se hagan conscientes de la importancia en

introducir correctamente los datos obtenidos en planta en los formatos propuestos, con el fin de obtener una información veraz y objetiva para lograr un adecuado análisis de datos. Para lograr esto, se recomienda a los jefes de estas áreas desarrollar actividades de familiarización con los formatos propuestos. Estas actividades deben involucrar la participación de personal con experiencia en labores de mantenimiento en asocio con la academia y, en especial, con el acompañamiento y apoyo del programa en Ingeniería en Automática Industrial, de la Universidad del Cauca.

Con el fin de lograr la mejora continua, se recomienda al personal de mantenimiento recopilar toda la información necesaria de los módulos de equipos para incorporarlos en los manuales de maquinaria inexistentes y en historiales de hojas de vida de los equipos. En caso, de adquirir nuevos equipos para la planta se debe actualizar el Modelo Físico de la planta, el plan y programación de mantenimiento. Para eso, el jefe de mantenimiento debe seguir los pasos propuestos en el protocolo de trabajo.

Los jefes en las áreas de producción y mantenimiento deben mantener una constante comunicación sobre el proceso productivo para determinar las fechas y tiempo exactos de disponibilidad de la planta para realizar labores de mantenimiento. Además, se recomienda para estas áreas aplicar el método de las 5S (clasificación, orden, limpieza, estandarización, y disciplina y compromiso) para mejorar las condiciones y lugar de trabajo.

Para el área de producción se recomienda estructurar la proyección de las cosechas cafeteras, información ofrecida por la FNCC, para que se elabore una planeación tentativa de producción e informar al área de mantenimiento sobre ésta para que garantice condiciones de funcionamiento de equipos y de la programación de mantenimiento preventivo.

Se deben mantener actualizados los formatos de indicadores de gestión de mantenimiento, para evaluar periódicamente el funcionamiento de los equipos y realizar posibles mejoras al plan y programación de mantenimiento preventivo para que éstos respondan ante la demanda cambiante de un mercado competitivo. Finalmente, se recomienda la realización de trabajos de grados en el área de producción en lo que corresponde a propuestas de plan y programación de producción, modelado de los productivos del proceso de producción, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Cantwell, *The Globalisation of Technology: What Remains of the Product Cycle Model?* 1997.
- [2] “La importancia de una buena relación con los clientes | eHow en Español.” [Online]. Available: http://www.ehowenespanol.com/importancia-buena-relacion-cliente-info_232585/. [Accessed: 13-Apr-2015].
- [3] E. Navarro, L. Pastor Tejedor, A. C. Mugaburu Lacabrera, Miguel, and Jaime, *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo, 1997.
- [4] A. A. Maldonado Atencio, “La evolución del crecimiento industrial y transformación productiva en Colombia 1970-2005: Patrones y determinantes,” Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [5] “LXXIX, Congreso Nacional de Cafeteros. Por una caficultura competitiva, Informe de Comités Departamentales.” [Online]. Available: http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Informe_Comites_2013c.pdf. [Accessed: 19-Apr-2015].
- [6] R. F. Babiceanu, F. F. Chen, R. H. Sturges, C. P. Koelling, and P. Y. Huang, “Holonc-based Control System for Automated Material Handling Systems in partial fulfillment of the requirements for the degree of Industrial and Systems Engineering Holonc-based Control System for Automated Material Handling Systems,” 2005.
- [7] E. D. Villanueva and M. Á. H. Dominguez, *La productividad en el mantenimiento industrial*. Grupo Editorial Patria, 2009.
- [8] R. D. Duffuaa, *Sistemas de mantenimiento planeacion y control Duffuaa .pdf*. Limusa, 2007.
- [9] “la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial .” [Online]. Available: <http://omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/viewFile/197/75>. [Accessed: 16-Apr-2015].
- [10] F. J. Fernández, *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. Madrid, 2004.
- [11] E. D. Villanueva, *La Productividad en el mantenimiento Industrial*. Mexico, 2007.
- [12] “Mantenimiento Productivo Total.” [Online]. Available: http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_44_176_10_295.pdf. [Accessed: 15-Apr-2015].

- [13] P. E. Perez Villa and F. N. Múnera Vásquez, *Reflexiones para implementar un sistema de gestión de la calidad (ISO 9001:2000) en cooperativas y empresas de economía solidaria*, 1st ed. Bogotá, 2007.
- [14] “Herramientas de Mejora 5S.” [Online]. Available: http://www.sal.itesm.mx/incubadora/doc/herramientas_japonesas.pdf. [Accessed: 20-Apr-2015].
- [15] “Propuesta de programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sistema de almacenamiento y bombeo de una planta de bebidas y productos lácteos con aloe vera.” [Online]. Available: <http://site.ebrary.com/lib/biblioucaucasp/reader.action?docID=10608829>. [Accessed: 14-Apr-2015].
- [16] G. A. Villamil Cabezas and R. Castillo Castillo, “Diseño de un sistema de mantenimiento para el área de producción de Pasteurizadora Picos del Sicuara Ltda,” Universidad la Sabana, 2012.
- [17] A. J. Poveda Guevara, “Aplicación de la Metodología RCM para el desarrollo del plan de Mantenimiento del Sistema de llenado Automático de botellas de GLP,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012.
- [18] E. Martínez Lozano, “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Modos de Falla Análisis de Modos de Falla Y Efecto Fallas Funcional Contexto Operacional,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012.
- [19] J. A. Gutiérrez Gallego, “Desarrollo de una metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para líneas de transmisión en alta,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2008.
- [20] F. Januerio de Souza, “Melhoria do pliar ‘Manutenção Planejada’ da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de Manutenção,” Universidade Federal do Rio Grande do sul, 2004.
- [21] “Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE.” [Online]. Available: <http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMAP766.pdf>. [Accessed: 14-Apr-2015].
- [22] G. Balzer, “Condition Assessment and Reliability Centered Maintenance of High Voltage Equipment [conferencia], Proceedings of 2005 international Symposium on Electrical Insulating Materials,” 2005.
- [23] M. A. Silva Barreiro and H. A. Cepeda De La Torre, “Diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total basado en un Sistema de Control de Gestión para aumentar el desempeño en el área de confección de una empresa textil,” Escuela Superior Politecnica del Litoral, 2011.

- [24] F. Esquer Bojorquez, “Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el área de texturizado en una empresa productora de yeso,” Instituto Tecnológico de Sonora, 2008.
- [25] R. Sasig and M. Xavier, “Implementación de un plan TPM para el manejo eficiente del Centro de Producción Siderometalúrgico El Sol,” Universidad Tecnológica de Cotopaxi, 2011.
- [26] E. J. Burga Silva, “Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de aceros arequipa,” Universidad de Piura, 2005.
- [27] H. A. R. CANTORAL VERSA, “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la industria de café quetzal,” 2009.
- [28] Y. A. Nestor Armando, “Diseño y mejoramiento del sistema de planificación de la producción y plan de mantenimiento preventivo para un beneficio seco de café,” 2010.
- [29] C. A. Tuarez Medranda, “Diseño de un sistema de mejora continua en una embotelladora y comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la aplicación del TPM,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2013.
- [30] A. C. Diaz Gonzalez, “Plan de Mantenimiento predictivo para MYPIMES de Producción que subcontratan Mantenimiento,” Universidad Industrial de Santander, 2010.
- [31] I. G. Montoya Delgado and C. E. Parra Romero, “Implementación del Total Productive Management (TPM) como tecnología de gestión para el desarrollo de los procesos de MAQUIAVICOLA LTDA,” Universidad del Rosario, 2010.
- [32] R. Ferney, F. Ortega, L. Felipe, and A. Linares, “Sistema de información para el mantenimiento de una empresa trilladora de café,” 2009.
- [33] J. M. Pabón Mendoza, M. A. Garzón Narvárez, “Aplicación de la categoría Administración de operaciones de mantenimiento de la norma ISA-95 a un caso de estudio,” Universidad del Cauca, 2009.
- [34] J. M. Garzón Guzmán and C. A. Anaya Ordoñez, “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento para una empresa de insumos textiles,” Fundación Universitaria de Popayán, FUP, 2010.
- [35] Cooperativa de Caficultores del Cauca, “sistema de calidad ISO 9002 Caficauca.” p. 60, 2001.
- [36] “IDEF.” [Online]. Available: <http://www.idef.com/>. [Accessed: 18-Dec-2014].
- [37] S. Reyes Grangel, “Propuesta para el Modelado del Conocimiento Empresarial,” 2007.

- [38] V. Šerifi, P. Daši, R. Je, and D. Labovi, “Functional and Information Modeling of Production Using IDEF Methods,” vol. 55, pp. 131–140, 2009.
- [39] ISO, “Acerca de ISO - ISO.” [Online]. Available: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>. [Accessed: 17-Jan-2015].
- [40] “Acerca de ISA - el hogar de los Profesionales de Automatización - ISA.” [Online]. Available: <https://www.isa.org/About-ISA/>. [Accessed: 17-Jan-2015].
- [41] ISO, “SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD.REQUISITOS NTC-ISO 9001-2008,” no. 571, 2008.
- [42] ANSI/ISA-88.01, *Batch Control Part 1 : Models and Terminology*, no. October. 1995.
- [43] ANSI/ISA-95.00.03, “*Enterprise-Control System Integration*”, *Part3: Activity Models of Manufacturing Operations Managemen*, no. June. 2005.
- [44] ANSI/ISA-95.00.01, “*Enterprise-Control System Integration* ” *Part 1: Models and Terminology*, no. July. 2000.
- [45] “Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y Vocabulario,NTC-ISO 9000.” [Online]. Available: http://www.ceicmo.com/resources/documents/NTC_ISO_9000-2005.pdf. [Accessed: 20-Apr-2015].
- [46] A. M. Giopp, *Gestión por procesos y creación de valor público: un enfoque analítico*. INTEC, 2005.
- [47] “Guía para una gestión basada en procesos.” [Online]. Available: <http://excelencia.iat.es/files/2012/08/2009.Gestión-basada-procesos-completa.pdf>. [Accessed: 17-Dec-2014].
- [48] “ENTORNO DE CALIDAD: Importancia de la Estandarización y Documentación en las Organizaciones.” [Online]. Available: <http://entornodecalidad.blogspot.com/2012/08/importancia-de-la-estandarizacion-y.html>. [Accessed: 27-Jan-2015].
- [49] G. A. Ramirez Torres and I. D. Rojas Alvarado, “GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO PARA LA EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO,” Universidad del Cauca, 2009.
- [50] <http://www.adrformacion.com/>, “Curso de EFQM Centros Educativos, Lección 1: Gestionar por Procesos.”
- [51] “Mantenimiento Mundial. Todo sobre Mantenimiento Predictivo y Preventivo, Lubricación, TPM y RCM.” [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/tipos.asp>. [Accessed: 14-Apr-2015].

- [52] W. O. C., M. B. A., and B. C. A., “IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,” *Sci. Tech.*, vol. XVI, no. 44, pp. 354–356, 2010.
- [53] “Buencafe-es - ¿Cómo se realiza el análisis sensorial del café en Colombia?” [Online]. Available: http://www.federaciondecafeteros.org/buencafe-fnc-es/index.php/comments/como_se_realiza_el_analisis_sensorial_del_cafe_en_colombia/. [Accessed: 23-Feb-2015].