



ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



COOPEVICTORIA AGRÍCOLA E INDUSTRIAL VICTORIA R.L.

PROYECTOS:

“DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA  
EL EQUIPO MECÁNICO DEL BENEFICIO DE CAFÉ”

“DISEÑO DE UN TALLER Y BODEGA DE MANTENIMIENTO DEL  
BENEFICIO DE CAFÉ”

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, GRADO LICENCIATURA

MARVIN EDUARDO SOTO CHAVES

CARTAGO, NOVIEMBRE 2014



Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

## Evaluadores del Proyecto

El presente proyecto estará evaluado por las siguientes personas:

Profesor Guía:

Ing. Fernando Bonilla

Asesor Industrial:

Ing. Manrique Carvajal Orlich

Tribunal Examinador:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Información del Estudiante

Nombre: Marvin Eduardo Soto Chaves

Cédula o No. Pasaporte: 206740600

Carné ITCR: 200838003

Dirección de residencia en época lectiva: Alajuela, San Pedro de Poás, San Rafael de Poás, frente escuela Luis Rodríguez Salas.

Dirección de residencia en época no lectiva: Ídem.

Teléfono en época lectiva: 8519 1262.

Teléfono época no lectiva: 8519 1262 / 24483570

Email: marvinsocha@gmail.com

## Información del Proyecto

Nombre del Proyecto: Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para el Equipo Mecánico del Beneficio de Café.

Profesor Asesor: Ing. Fernando Bonilla.

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes, de 7:30 a 17:30.

## Información de la Empresa

Nombre: Coopevictoria R.L.

Zona: Grecia.

Dirección: San Isidro de Grecia, contiguo a la plaza de Deportes.

Teléfono: 2494-1866.      Fax: 2494-2415

Actividad Principal: Cooperativa Industrial y Agrícola. Beneficio de café.

## *Dedicatoria*

*A Dios por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y mantener a mi familia con salud.*

*A mi familia, en especial a mis padres, que sin su sacrificio y esfuerzo no hubiese logrado culminar esta etapa.*

*A mis compañeros del B2-03: Adrián, Jose, Alonso, Gabriel y los compañeros de estudio: Yonder, Isaac, Bryan y Javier, quienes me acompañaron en este camino, ustedes saben...*

*A la Pequeña Joss, que se encargó de llenar mi vida de mucha luz y buena energía siempre.*

## *Agradecimiento*

*A Coopevictoria, específicamente la división del Beneficio, por permitirme realizar la práctica de especialidad en ese lugar. A don Manrique Carvajal, gerente de producción del beneficio, al señor Mario Rodríguez, encargado de la planta, sin olvidar a todo el personal del benéfico por el buen trato, apoyo y conocimientos transmitidos.*

*Agradezco a toda mi familia, especialmente a mis padres, pilares fundamentales de mi vida, quienes con su apoyo y sacrificio me hicieron seguir adelante.*

*A los profesores quienes contribuyeron en mi formación profesional, al profesor Fernando Bonilla, tutor de esta práctica, gracias por orientarme durante el desarrollo de este proyecto.*

*A todos aquellos amigos y compañeros que formaron parte de esta bonita etapa, los que estuvieron en las buenas y en las malas.*

*¡Gracias!*

## Contenidos

Resumen.....	1
Abstract.....	3
Capítulo 1.....	5
1. Generalidades de la Empresa .....	5
1.1. Descripción de la empresa .....	5
1.2. Estructura Organizativa.....	5
1.3. Política de Calidad .....	6
1.4. Misión .....	6
1.5. Visión.....	6
Capítulo 2.....	7
2. Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento.....	7
2.1. Descripción del Proyecto.....	7
2.2. Objetivos.....	7
2.2.1. Objetivo General .....	7
2.2.2. Objetivos Específicos.....	7
2.3. Alcances del proyecto .....	8
2.4. Justificación .....	8
Capítulo 3.....	9
3. Codificación de Equipos.....	9
3.1. Introducción .....	9
3.2. Planteamiento del Problema .....	9
3.3. Justificación .....	9
3.4. Situación Actual .....	10
3.5. Marco Teórico .....	10
3.5.1. Generalidades.....	10
3.5.2. Ventajas de la codificación.....	10
3.5.3. Estructura Arbórea de Codificación.....	10
3.6. Metodología .....	12
3.7. Desarrollo de proyecto .....	12
3.7.1. Planta.....	12
3.7.2. Secciones .....	13

3.7.3. Máquinas .....	13
3.8. Resultados .....	15
3.9. Conclusiones .....	16
3.10. Recomendaciones .....	17
Capítulo 4.....	18
4. Diseño de Base de Datos.....	18
4.1. Introducción .....	18
4.2. Planteamiento del Problema .....	18
4.3. Justificación .....	18
4.4. Situación Actual .....	19
4.5. Marco Teórico .....	19
4.5.1. Aspectos Generales.....	19
4.5.2. Características .....	20
4.5.3. Sistema de Gestión de Base de Datos.....	20
4.5.4. Desventajas de las Bases de Datos.....	21
4.5.5. Ventajas de las Bases de Datos.....	21
4.5.6. Tipos de campos disponibles en la base de datos .....	23
4.5.7. Partes de una base de datos de Access .....	23
4.5.7.1. Tablas.....	23
4.5.7.2. Formularios.....	24
4.5.7.3. Informes.....	25
4.5.7.4. Consultas.....	25
4.5.7.5. Macros .....	25
4.5.7.6. Módulos .....	26
4.5.8. Modelo de entidad - relación .....	26
4.5.9. Lógica de la relaciones .....	26
4.6. Metodología .....	27
4.6.1. Requerimientos del sistema .....	27
4.6.2. Diseño.....	27
4.6.3. Desarrollo .....	27
4.6.4. Prueba .....	28
4.6.5. Implementación.....	28

4.7.	Desarrollo de Proyecto.....	29
4.7.1.	Elaboración de tablas y relaciones.....	29
4.7.2.	Diseño de Formularios:.....	30
4.7.3.	Elaboración de Consultas.....	31
4.7.4.	Elaboración de Informes.....	31
4.8.	Resultados.....	33
4.8.1.	Panel Principal.....	33
4.8.1.1.	Nueva Orden de Trabajo.....	34
4.8.1.2.	Completar Orden de trabajo.....	39
4.8.1.3.	Reimprimir Orden.....	42
4.8.1.4.	Ver Órdenes de trabajo.....	42
4.8.1.5.	Consultas.....	47
4.8.1.6.	Generar archivos PDF.....	51
4.8.1.7.	Mantenimiento de Tablas.....	52
4.8.1.8.	Historial de Fallas.....	58
4.9.	Conclusiones.....	60
4.10.	Recomendaciones.....	61
Capítulo 5.....		62
5.	Stock de Repuestos.....	62
5.1.	Introducción.....	62
5.2.	Planteamiento del Problema.....	62
5.3.	Justificación.....	62
5.4.	Situación Actual.....	63
5.5.	Marco Teórico.....	63
5.5.1.	Control de Bodega.....	63
5.5.1.1.	Registro de las demandas de los usuarios.....	64
5.5.1.2.	Registro de las cantidades en existencia.....	64
5.5.1.3.	Determinación de los mínimos reales.....	64
5.5.1.4.	Determinación de los máximos reales.....	64
5.5.1.5.	Rapidez y regularidad en la renovación de la existencia.....	64
5.5.1.6.	Personal competente.....	64
5.5.2.	Organización de una bodega de repuestos.....	65



5.5.3.	Modelo básico de priorización de repuestos.....	65
5.5.4.	Stock de repuestos .....	66
5.5.5.	Gestión de Stock.....	67
5.5.6.	Diagrama de Pareto .....	67
5.5.7.	Análisis ABC .....	68
5.6.	Metodología .....	68
5.7.	Desarrollo del proyecto .....	72
5.7.1.	Determinación de repuestos críticos .....	72
5.7.2.	Determinación de cantidades de repuestos.....	72
5.8.	Resultados .....	77
5.8.1.	Chumaceras:.....	77
5.8.2.	Bandas:.....	77
5.8.3.	Cadenas: .....	78
5.8.4.	Repuestos Chancadores:.....	79
Capítulo 6	.....	80
6.	Plan Mantenimiento Preventivo .....	80
6.1.	Introducción .....	80
6.2.	Planteamiento del problema.....	80
6.3.	Justificación .....	81
6.4.	Situación Actual .....	82
6.5.	Marco Teórico .....	82
6.5.1.	¿Qué es el Mantenimiento? .....	82
6.5.2.	Objetivos del Mantenimiento .....	83
6.5.2.1.	Reducción de costos de producción.....	83
6.5.2.2.	Seguridad Industrial .....	83
6.5.3.	Mantenimiento Preventivo .....	84
6.5.3.1.	Ventajas del Mantenimiento Preventivo .....	85
6.5.3.2.	Fases del Mantenimiento Preventivo .....	85
6.5.4.	Otros Tipos de Mantenimiento .....	85
6.5.5.	Equipo del Beneficio .....	86
6.5.5.1.	Escurridores:.....	86
6.5.5.2.	Chancadores:.....	86

6.5.5.3.	Cribas: .....	87
6.5.5.4.	Desmucilagadoras Delva's: .....	87
6.5.5.5.	Presecadora:.....	87
6.5.5.6.	Secadora Vertical:.....	88
6.5.5.7.	Secadora Berico: .....	88
6.5.5.8.	Secadora Horizontal tipo Guardiola:.....	88
6.5.5.9.	Alimentador de Cascarilla: .....	88
6.5.5.10.	Despergaminadora:.....	88
6.6.	Desarrollo del proyecto .....	89
6.7.	Valoración de la antigüedad de los equipos .....	89
6.8.	Descripción y Estudio Técnico de los Equipos .....	90
6.9.	Determinación de los Equipos.....	90
6.10.	Trabajos a Realizar Según Sección .....	90
6.10.1.	Despulpado (01) .....	91
6.10.1.1.	Chancadoras (CH) .....	91
6.10.1.2.	Cribas (CR).....	91
6.10.1.3.	Separadora (SP).....	91
6.10.1.4.	Escurreidores (ES).....	92
6.10.2.	Desmucilaginado (02) .....	92
6.10.2.1.	Desmucilagadoras "DELVA's" (DV).....	92
6.10.3.	Pre-secado (03) .....	92
6.10.3.1.	Barco (BA) .....	92
6.10.3.2.	Pre-secadora (PS) .....	93
6.10.4.	Secado (04) .....	93
6.10.4.1.	Secadora Vertical (SV) .....	93
6.10.4.2.	Secadora Berico (SB) .....	93
6.10.4.3.	Guardiolas (GU).....	94
6.10.5.	Pelado (05) .....	94
6.10.5.1.	Despergaminadora (DP) .....	94
6.11.	Manual de Mantenimiento Preventivo .....	95
6.12.	Plan de implementación.....	95
6.12.1.	Recomendaciones para la Implantación de PMP. ....	95

6.12.1.1. Generales .....	96
6.12.1.2. Aplicación .....	96
6.13. Flujograma Trabajos de Mantenimiento .....	97
6.14. Documentación .....	99
6.15. Normas e Instrucciones de Seguridad.....	99
6.16. Conclusiones .....	101
6.17. Recomendaciones .....	102
Capítulo 7.....	103
7. Diseño del Plan de Lubricación .....	103
7.1. Introducción .....	103
7.2. Planteamiento del Problema .....	103
7.3. Situación Actual .....	104
7.4. Justificación .....	104
7.5. Marco Teórico .....	104
7.5.1. Tribología y Lubricación .....	104
7.5.2. Grasas .....	108
7.5.2.1. Tipos de Grasa .....	108
7.5.2.2. Tipos de aditivos .....	110
7.5.2.3. Selección de una grasa.....	110
7.5.3. Aceites .....	111
7.5.3.1. Tipos de aceite.....	112
7.5.3.2. Selección de Aceite.....	113
7.5.4. Tipos de lubricación .....	113
7.5.4.1. Lubricación Hidrostática .....	114
7.5.4.2. Lubricación Hidrodinámica .....	114
7.5.4.3. Lubricación Elastohidrodinámica.....	114
7.5.4.4. Lubricación Mixta y Límite.....	115
7.5.4.5. Lubricación seca .....	115
7.5.5. Lubricación como elemento fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial	115
7.5.6. Frecuencia de Lubricación y Cantidad de Lubricante .....	116
7.5.7. Prácticas de Lubricación Mantenimiento de Clase Mundial .....	119

7.5.7.1.	Selección del lubricante .....	119
7.5.7.2.	Almacenamiento de Lubricantes .....	119
7.5.7.3.	Manejo de Lubricantes .....	120
7.5.7.4.	Consolidación de los Lubricantes .....	120
7.5.7.5.	Programas de Control y Manuales de Lubricación .....	120
7.5.7.6.	Control Visual.....	120
7.5.7.7.	Análisis de Aceite.....	121
7.5.7.8.	Control de Contaminantes en la Aplicación.....	121
7.5.7.9.	Auditoría .....	122
7.5.7.10.	Implementación de mejoras .....	122
7.5.7.11.	Seguridad Ocupacional y Medio ambiente .....	122
7.6.	Metodología .....	124
7.6.1.	Analizar el funcionamiento de los equipos a incluir en el plan .....	124
7.6.2.	Determinar los Puntos de Lubricación.....	124
7.6.3.	Recopilación de Información Respecto a Prácticas de Lubricación.....	124
7.6.4.	Selección de lubricantes .....	124
7.6.5.	Definir Frecuencias y Cantidades de Lubricantes.....	125
7.6.6.	Preparación del programa de lubricación .....	125
7.6.7.	Evaluación del Programa (auditoría) .....	126
7.7.	Desarrollo del Proyecto.....	127
7.7.1.	Analizar el Funcionamiento de los Equipos a Incluir en el Plan y Determinar los Puntos de Lubricación.....	127
7.7.2.	Selección del Lubricantes .....	127
7.7.3.	Preparación del Programa de Lubricación .....	129
7.7.3.1.	Cantidad de Lubricante .....	129
7.7.3.2.	Frecuencia de Lubricación .....	130
7.7.3.3.	Control Visual.....	130
7.7.3.4.	Métodos y Procedimientos de Lubricación .....	133
7.8.	Resultados .....	134
7.9.	Conclusiones .....	135
7.10.	Recomendaciones .....	136
Capítulo 8.....		137

8.	Diseño del Taller de Mantenimiento y Bodega de Repuestos.....	137
8.1.	Introducción .....	137
8.2.	Planteamiento del Problema .....	137
8.3.	Justificación .....	137
8.4.	Objetivos.....	138
8.4.1.	Objetivo General .....	138
8.4.2.	Objetivos Específicos.....	138
8.5.	Situación Actual .....	138
8.6.	Metodología .....	138
8.7.	Marco Teórico .....	139
8.7.1.	Planteamiento de diseños eléctricos .....	139
8.7.1.1.	Confiabilidad .....	139
8.7.1.2.	Seguridad .....	139
8.7.1.3.	Costo .....	140
8.7.1.4.	Flexibilidad.....	140
8.7.2.	Identificación correcta de conductores .....	140
8.7.3.	Tipos de cargas .....	141
8.7.4.	Selección del Neutro .....	141
8.7.5.	Selección de puesta a Tierra.....	141
8.7.6.	Cortocircuito.....	141
8.7.7.	Tipos de cortocircuito .....	142
8.7.8.	Fuentes de corrientes de cortocircuito.....	142
8.7.9.	Selección de las protecciones contra cortocircuitos .....	144
8.7.10.	Método de los KVA equivalentes.....	144
8.8.	Desarrollo del proyecto .....	146
8.8.1.	Determinación del Área.....	146
8.8.2.	Iluminación.....	146
8.8.3.	Ventilación .....	146
8.8.4.	Distribución física .....	146
8.8.5.	Distribución Eléctrica.....	147
8.8.5.1.	Disposiciones del NEC.....	148
a.	Tipos de cargas: .....	148

b. Conductores ramales:.....	148
c. Caída de Tensión: .....	148
d. Neutro:.....	149
e. Tierra:.....	149
f. Motores: .....	149
8.8.6. Razones constructivas .....	150
8.9. Resultados .....	151
8.9.1. Determinación del Área.....	151
8.9.2. Iluminación.....	151
8.9.2.1. Método de los lúmenes para Banco 1 y 2. ....	151
8.9.2.2. Método de los lúmenes para iluminación general.....	152
8.9.3. Ventilación .....	154
8.9.3.1. Caudal de aire requerido.....	154
8.9.3.2. Caudal de aire disponible.....	155
8.9.4. Distribución física .....	157
8.9.5. Distribución eléctrica .....	158
8.9.5.1. Iluminación y Tomacorrientes Generales – Especiales .....	158
8.9.5.2. Selección de calibre .....	160
8.9.5.3. Ecuaciones diseño del tablero .....	160
8.9.5.4. Cálculo de Cortocircuito .....	162
8.9.5.5. Selección de protecciones de motores (herramientas).....	163
8.9.6. Razones Constructivas .....	165
8.10. Conclusiones .....	166
8.11. Recomendaciones .....	167
Bibliografía .....	168
Anexos .....	171
Anexo 1. ....	172
Tablas Simplificadas de Diseño .....	172
Apéndices .....	173
Apéndice 1.....	174
Lista General de Equipos Codificados .....	174
Apéndice 2.....	175

Ficha Técnica de Equipos.....	175
Apéndice 3.....	176
Manual Mantenimiento Preventivo .....	176
Apéndice 4.....	177
Manual de Lubricación.....	177
Apéndice 5.....	178
Plano Eléctrico del Taller. ....	178

## Índice de Figuras

Figura 3.1. Estructura Arbórea de Codificación de Equipos (Fuente: Elaboración Propia)....	11
Figura 3.2. Modelo de Codificación Propuesta (Fuente: Elaboración Propia). .....	12
Figura 3.3. Resumen de la Codificación Propuesta (Fuente: Elaboración Propia). .....	14
Figura 4.1. Ejemplo de Campo y Registro (Fuente: Elaboración Propia). .....	24
Figura 4.2. Relaciones de Tablas para la Base de Datos Diseñada (Fuente: Elaboración Propia). .....	30
Figura 4.3. Panel Principal de la Base de Datos (Fuente: Elaboración Propia). .....	33
Figura 4.4. Formulario Nueva Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	34
Figura 4.5. Formulario para crear Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	35
Figura 4.6. Formulario Asignar Técnicos (Fuente: Elaboración Propia). .....	36
Figura 4.7. Formulario de Visualización de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	37
Figura 4.8. Modelo de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	38
Figura 4.9. Panel Completar Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	39
Figura 4.10. Formulario Completar Información de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	40
Figura 4.11. Modelo Orden de Trabajo Completa (Fuente: Elaboración Propia). .....	41
Figura 4.12. Formulario Reimprimir Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	42
Figura 4.13. Panel Ver Órdenes de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia). .....	43
Figura 4.14. Formulario ver OT Según su Número (Fuente: Elaboración Propia). .....	44
Figura 4.15. Formulario Ver Órdenes según rango de número de OT (Fuente: Elaboración Propia). .....	44
Figura 4.16. Formulario Ver Órdenes de Trabajo según Año (Fuente: Elaboración Propia). .....	45
Figura 4.17. Formulario Ver Orden de Trabajo según Estatus (Fuente: Elaboración Propia). .....	45
Figura 4.18. Formulario Ver Órdenes de Trabajo Según Fecha (Fuente: Elaboración Propia). .....	46
Figura 4.19. Formulario Ver Órdenes de Trabajo según Técnico (Fuente: Elaboración Propia). .....	47
Figura 4.20. Panel de Consultas (Fuente: Elaboración Propia). .....	48
Figura 4.21. Formulario Consultar Secciones (Fuente: Elaboración Propia). .....	49
Figura 4.22. Consulta Técnicos (Fuente: Elaboración Propia). .....	49
Figura 4.23. Formulario Consulta Máquinas (Fuente: Elaboración Propia). .....	50



Figura 4.24. Formulario Consultar Máquinas por Sección (Fuente: Elaboración Propia). ....	51
Figura 4.25. Panel Generar Archivos PDF (Fuente: Elaboración Propia). .....	52
Figura 4.26. Panel Mantenimiento de Tablas (Fuente: Elaboración Propia). .....	53
Figura 4.27. Formulario Mantenimiento de Tabla Secciones (Fuente: Elaboración Propia). .	54
Figura 4.28. Formulario de Mantenimiento de la Tablas de Máquinas (Fuente: Elaboración Propia). .....	55
Figura 4.29. Formulario de Mantenimiento de la Tabla de Técnicos (Fuente: Elaboración Propia). .....	56
Figura 4.30. Formulario de Mantenimiento de la Tabla Jefes (Fuente: Elaboración Propia). 57	
Figura 4.31. Formulario de Mantenimiento de Tablas de Plantas (Fuente: Elaboración Propia). .....	57
Figura 4.32. Formulario Generar Historial de Fallas (Fuente: Elaboración Propia). .....	58
Figura 4.33. Modelo Historial de Fallas por Máquina (Fuente: Elaboración Propia).....	59
Figura 5.1. Costos de demanda de Repuestos (Fuente: Elaboración Propia).....	66
Figura 7.1. Tabla Comparativa de Viscosidades (Fuente: Equivalencia de viscosidad ISO y SAE).....	112
Figura 7.2. Formulación de los Lubricantes (Fuente: J. Mostacero). .....	113
Figura 7.3. Frecuencia de Reengrase (Fuente: Manual de Lubricación SNR). .....	117
Figura 7.4. Cantidad de Lubricante (Fuente: Manual de Lubricación SNR). .....	118
Figura 7.5. Ejemplo Frecuencia de Engrase de un Rodamiento (Fuente: Manual de Lubricación SNR). .....	118
Figura 7.6. Ejemplo Cantidad de Lubricante de un Rodamiento (Fuente: Manual de Lubricación SNR). .....	119
Figura 7.7. Lubricantes Utilizados en Coopevictoria (Fuente: Elaboración Propia).....	128
Figura 7.8. Engrasadoras Propuestas (Fuente: Elaboración Propia). .....	131
Figura 7.9. Ejemplo de Aplicación de la Simbología (Fuente: Elaboración Propia). .....	133
Figura 8.1. Tipos de Cortocircuito.....	142
Figura 8.2. Distribución Física del Taller (Fuente: Elaboración Propia).....	157
Figura 8.3. Método de los KVA Equivalentes. (Fuente: Elaboración Propia). .....	162

## Índice de Cuadros

Cuadro 3-1. Secciones Productivas del Proceso. (Fuente: Elaboración Propia).....	13
Cuadro 3-2. Equipos del Beneficio. (Fuente: Elaboración Propia). ....	14
Cuadro 4-1. Desventajas de las Bases de Datos. (Fuente: Elaboración Propia). ....	21
Cuadro 4-2. Ventajas de las Bases de Datos. (Fuente: Elaboración Propia). ....	22
Cuadro 5-1. Matriz de Criticidad. (Fuente: Elaboración Propia).....	69
Cuadro 5-2. Factores de Frecuencias y Consecuencias matriz de criticidad. (Fuente: Elaboración Propia).....	69
Cuadro 5-3. Determinación de Repuestos Críticos. (Fuente: Elaboración Propia).....	74
Cuadro 5-4. Códigos y Unidades de Chumaceras Requeridas.(Fuente: Elaboración Propia)77	
Cuadro 5-5. Códigos y Unidades de Bandas Requeridas. (Fuente: Elaboración Propia).....	77
Cuadro 5-6. Paso y Cantidad Requerida de Cadenas. (Fuente: Elaboración Propia). ....	78
Cuadro 5-7. Repuestos y Cantidad requerida para Chancadores. (Fuente: Elaboración Propia). ....	79
Cuadro 6-1. Flujograma para los Trabajos de mantenimiento. (Fuente: Elaboración Propia). .....	98
Cuadro 7-1. Grados y Penetración Según NLGI. (Fuente: Elaboración Propia).....	106
Cuadro 7-2. Condiciones para tipos de Espesantes. (Fuente: Condiciones Grasa).....	127
Cuadro 7-3. Cantidad de Lubricante. (Fuente: NTN Corporation).....	129
Cuadro 7-4. Frecuencias de Lubricación. (Fuente: NTN Corporation). ....	130
Cuadro 7-5. Colores distintivos para cada Lubricante. (Fuente: Elaboración Propia). ....	130
Cuadro 7-6. Cuadro Resumen para el Plan de Lubricación. (Fuente: Elaboración Propia). 132	
Cuadro 7-7. Simbología Utilizada para Lubricación. (Fuente: Elaboración Propia).....	133
Cuadro 8-1. Porcentajes de Sobredimensión según Tipo de Servicio. (Fuente: NEC y Elaboración Propia).....	150
Cuadro 8-2. Factores de Reflexión y RL Para la luminaria. (Fuente: C. Arias). ....	152
Cuadro 8-3. Factores de Reflexión y RL Para la luminaria. (Fuente: C. Arias). ....	153
Cuadro 8-4. Datos de Iluminación de Zonas del Taller. (Fuente: Elaboración Propia). ....	154
Cuadro 8-5. Relación de Ventana. (Fuente: V. Fuentes). ....	156
Cuadro 8-6. Resumen de Áreas de entrada y Salida de Aire.(Fuente: Elaboración Propia). .....	156
Cuadro 8-7. Lista de Equipos y Área que ocupa en el Taller.(Fuente: Elaboración Propia). 157	

Cuadro 8-8. Datos de Placa Equipos Eléctricos en el Taller.(Fuente: Elaboración Propia).	158
Cuadro 8-9. Tablero Eléctrico del Taller de Mantenimiento. (Fuente: Elaboración Propia).	159
Cuadro 8-10. Resumen de Protecciones para Máquina Herramientas del Taller. (Fuente: Elaboración Propia).....	165

### Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 5-1. Ecuación de Wilson</i> .....	70
<i>Ecuación 7-1. Película de Lubricante</i> .....	114
<i>Ecuación 8-1. KVA equivalente Generador</i> .....	145
<i>Ecuación 8-2. KVA Equivalente Motor</i> .....	145
<i>Ecuación 8-3. KVA Equivalente Transformador</i> .....	145
<i>Ecuación 8-4. KVA equivalente Reactores</i> .....	145
<i>Ecuación 8-5. KVA equivalente Conductores</i> .....	145
<i>Ecuación 8-6. Relación del Local (RL)</i> .....	151
<i>Ecuación 8-7. Número de Luminarias</i> .....	152
<i>Ecuación 8-8. Caudal Requerido</i> .....	154
<i>Ecuación 8-9. Volumen del Local</i> .....	154
<i>Ecuación 8-10. Caudal Disponible</i> .....	155
<i>Ecuación 8-11. Demanda Máxima</i> .....	161
<i>Ecuación 8-12. Caída de Voltaje</i> .....	161

## Resumen

---

En los últimos años, el mantenimiento industrial ha tomado mucho protagonismo dentro de las empresas costarricenses, los gerentes de las industrias se han dado cuenta de la importancia que tiene el mantenimiento para la producción así como para el ahorro, tanto de tiempo como de dinero. Es por esto que cada vez son más las industrias que se enfocan en realizar una buena y adecuada gestión del mantenimiento utilizando métodos para la recopilación de información con el fin de controlar mejor esta gestión y lograr de esta manera una importante reducción de tiempos muertos y tiempos por paro de mantenimiento. Lo anterior se traduce en tiempos de no producción que llevan consigo pérdidas económicas considerables.

Además, con la crisis económica, ambiental y energética que se sufre en el mundo, la industria trata de evitar el despilfarro y aprovechar de una mejor manera el dinero para llevar a cabo inversiones, en lugar de gastarlo de forma inadecuada en mantenimiento. Por otra parte, en algunas empresas se presta atención al mantenimiento, pero dicha actividad se realiza de forma empírica, sin un control de historial, sin un manual que indique cómo hacer los trabajos, e incluso no se cuenta con un lugar adecuado para la realización de labores de mantenimiento.

Inspirado en estas razones es que se ha realizado la práctica de especialidad en la empresa Coopevictoria R.L., específicamente en el Beneficio de Café. Dicha empresa mostró su interés en el desarrollo del proyecto para diseñar un modelo de gestión del mantenimiento para el equipo mecánico con el que se cuenta.

Este trabajo cuenta con dos proyectos, los cuales son el diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento y el Diseño de un local cuya finalidad será un taller de mantenimiento y una bodega destinada a un pequeño stock de repuestos. Estos proyectos cuentan con varios puntos que se deben cumplir para llevarlo a cabo, tales como la codificación de los equipos, elaboración de un plan de lubricación, el diseño de un taller para la realización de los trabajos de mantenimiento, la evaluación de la

necesidad de una bodega propia así como su stock de repuestos. También sugerir un sistema de base de datos para controlar de mejor forma los trabajos realizados, así como un plan de mantenimiento preventivo para dicha área.

Estos objetivos se cumplirán con ayuda de los conocimientos adquiridos en los cursos universitarios, así como el invaluable aporte de los técnicos y encargados del mantenimiento del beneficio, quienes con su experiencia y conocimientos adquiridos durante los años de trabajo servirán de base para la realización de este proyecto como práctica profesional para optar por el título de Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

El problema actual es debido al inexistente control de trabajos de mantenimiento realizados y procedimientos para realizar dicha labor tan importante, así como la forma y el lugar en que se realiza el mantenimiento de los equipos en el Beneficio. Es por esto que se proponen los dos proyectos citados anteriormente para de esta forma dar los primeros pasos para una adecuada gestión y realización del mantenimiento.

**Palabras clave:** Sistema de Gestión, Mantenimiento Preventivo, Stock de Repuestos, Lubricación, Taller de Mantenimiento, Ficha Técnica, Beneficio de Café, Manual de Mantenimiento, Manual de Lubricación.

## Abstract

In the last few years, industrial maintenance has become relevant on most of the costarican enterprises, the CEO's of the industries understand now the importance that maintenance has for the company production and the savings on money and time. For this reason, more industries focus on developing a good and appropriate maintenance management using an information collection methodology in order to control, improve the maintenance management and make time waiting reductions, that can be translate to significant amount of money loses.

However due the economy, environment and energetic crisis nowadays across the world, the industries make a big effort avoiding overspending and taking advantage, on the best way to invest the company money on other projects, instead of spending it on an inappropriate maintenance.

On the other hand, some industries put emphasis on the maintenance tasks on a more empirical methodology, without historical control, without a manual that indicates how to do the work, additionally they do not have the facilities to execute this maintenance tasks.

Inspired on these reasons is that we make the specialty practice on the enterprise Coopevictoria R.L specifically on the industry Beneficio de Café, this company showed interest on the project development on the design of a maintenance management model for the mechanical equipment they have.

This project counts on two axis, the first one analyze the design of a maintenance management model; and the second one is focused on the design of an establishment, where the maintenance tasks will be executed and can be also used as warehouse of the stock of maintenance spares.

This project has multiple areas of development in order to complete it entirely: equipment codification, lubrication plan, the establishment design where the maintenance task are going to be performed, the evaluation of the warehouse requirements at its stock of spares, also to suggest a data base system implementation in order to control the work executed, and the preventive treatment of the area.

These objectives will be completed with the knowledge acquired on the university courses, the experience of the technicians and maintenance managers, who with their experience and knowledge learned over the years at work which will be the basement of the project development as for professional practice, in order to aim for a degree on Industrial Maintenance Engineering.

The problem found on this company comes from an inexistent control on the maintenance work performed and the procedure to make this important task, and additionally the way and place to operate the maintenance on the Beneficio del Café equipment. Is for these reasons that we propose the development of a project in order to create a proper maintenance management of the company in question.

**Key Words:** Management system, Preventive maintenance, Stock of spare parts, Lubrication, Maintenance workshop, Technical sheet, Beneficio de Café, Maintenance manual, Lubrication manual.

## Capítulo 1

### 1. Generalidades de la Empresa

---

#### 1.1. Descripción de la empresa

Ubicada en San Isidro de Grecia, Alajuela, es la primera cooperativa agrícola industrial de Costa Rica, fundada hace 71 años. Dedicada al procesamiento de caña de azúcar y café, principalmente, además cuenta con un almacén de suministros, un camposanto y una estación de servicio para el público en general. Está certificada bajo la normativa ISO 9001.

También, debido a su carácter de cooperativa, la organización cuenta con proyectos de impacto social en las comunidades aledañas, como lo son el proceso de reciclaje de aceites para la obtención de biodiesel, y la incorporación de un tipo de dinero denominado UDIS para los socios que es válido en diferentes comercios ubicados en las ciudades cercanas, en este caso Poás y Grecia. Además cuenta con un condominio llamado Palma Real ubicado en la ciudad de Grecia.

#### 1.2. Estructura Organizativa

La cooperativa cuenta con una gerencia general y un consejo de administración, que es el que dirige, a través de sus decisiones, toda la política interna y la administración general de la cooperativa. Además, un comité de vigilancia, encargado de supervisar las actividades de la Asociación Cooperativa. Fiscaliza los actos que realiza la cooperativa, también controla los actos del consejo de Administración.

Por otra parte está el comité de educación y bienestar social y el comité electoral, encargado de los procesos de elección de funcionarios de comités y consejos administrativos. También, cada sección productiva, ya sea el beneficio de café o el



ingenio para procesar caña de azúcar, cuenta con su respectivo gerente de producción, el cual es un profesional en el área agrícola.

### **1.3. Política de Calidad**

“La política de calidad de Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L., nos compromete con nuestros asociados, brindándoles un mejoramiento económico y social basado en los principios del movimiento cooperativo. Elaborando productos cuya calidad satisfaga la necesidad de nuestros clientes, en armonía con la naturaleza y controlando los procesos productivos con el propósito de mejorar continuamente”.

### **1.4. Misión**

“Somos una Cooperativa Agrícola e Industrial dedicada al negocio de la siembra, producción, industrialización y comercialización de café y caña de azúcar con servicios relacionados, suministrándoles a nuestros asociados la oportunidad de producir y adquirir productos con alta calidad, precios justos, responsabilidad social y ambiental”.

### **1.5. Visión**

“Lograr el bienestar de sus asociados con productos y servicios de alta calidad, mediante la eficiencia, innovación y protección de ambiente en su gestión”.

## Capítulo 2

### 2. Diseño de un Modelo de Gestión del Mantenimiento

---

#### 2.1. Descripción del Proyecto

En este marco de Modelo de Gestión de Mantenimiento se atacarán los primeros pasos para una adecuada realización del mantenimiento, tales como la codificación de los equipos, el control de trabajos de mantenimiento, planes y manuales de mantenimiento preventivo, stock de repuestos y un plan dedicado a la lubricación. Es importante mencionar que cada uno de los objetivos que se presentan a continuación se atenderá de forma individual, haciendo uso de la formalidad del caso (introducción, justificación, situación actual, etc.).

#### 2.2. Objetivos

##### 2.2.1. Objetivo General

Diseñar un Modelo de Gestión del Mantenimiento para el equipo mecánico del beneficio de café de Coopevictoria R.L.

##### 2.2.2. Objetivos Específicos

- a. Elaborar una codificación para los equipos mecánicos.
- b. Diseñar un sistema para el control de los trabajos de mantenimiento del Beneficio de Café haciendo uso de Microsoft Access.
- c. Diseñar un programa de Mantenimiento Preventivo para el equipo mecánico del Beneficio de café.
- d. Diseñar un programa de lubricación para el equipo mecánico del Beneficio de café.
- e. Evaluar la necesidad de contar con una bodega y definir un stock de repuestos adecuado para el Beneficio de Café.

### **2.3. Alcances del proyecto**

El alcance de este proyecto será el diseño de un Sistema de Gestión del Mantenimiento para el Equipo Mecánico del Beneficio de Café de Coopevictoria R.L., este modelo contará con el desarrollo y ejecución de cada uno de los puntos anteriores, citados como objetivos específicos.

### **2.4. Justificación**

Actualmente, el departamento de mantenimiento no posee un programa para realizar la gestión del mantenimiento en el Beneficio de Café. La inexistencia de dicho modelo implica algunas deficiencias que se citan a continuación.

También, la ausencia de datos históricos de los equipos, así como sus reparaciones y diferentes mantenimientos que han recibido las máquinas. Por ello se desconoce en muchos casos la vida útil de los componentes que fueron reemplazados, la cantidad de reparaciones o veces que se ha detenido la producción por una falla repetida. En algunas ocasiones se presenta una pérdida de tiempo considerable en la espera que representa la adquisición de un repuesto, ya que no se cuenta con una bodega propia.

También, se da la falta de una guía que norme la forma adecuada de realizar el mantenimiento y lubricación así como la frecuencia con que se deben realizar las actividades anteriormente citadas. Es por esto que existe la necesidad de contar con un programa de mantenimiento preventivo que facilite la recopilación de datos así como las labores propias de mantenimiento.

## Capítulo 3

### 3. Codificación de Equipos

---

#### 3.1. Introducción

En este capítulo se detalla el primer paso para iniciar con un sistema de gestión del mantenimiento, estamos hablando de la codificación de los equipos existentes en la empresa. Este punto es de suma importancia, consiste en nombrar los equipos, asignándole un código único a cada uno de ellos. Con esto se logra una fácil identificación de los equipos y se logra estandarizar los “nombres” de cada máquina, evitando confusiones cuando se hace referencia a una de ellas.

Además, dicho sistema de codificación servirá para la elaboración, más adelante, del sistema de base de datos para el control de trabajos de mantenimiento y también para el plan de mantenimiento propuesto. En estos puntos citados se debe tener bien identificados los equipos con su respectivo código para evitar confusiones y errores futuros.

#### 3.2. Planteamiento del Problema

Actualmente, no se cuenta con un sistema estandarizado de codificación del equipo, por lo que en ocasiones se presentan confusiones en el momento de referirse a un equipo en específico.

#### 3.3. Justificación

Un adecuado manejo e identificación de los equipos en la empresa permitirá empezar la implementación de nuevas estrategias de mantenimiento, lo que permite también hacer referencia a un equipo sin la posibilidad de una equivocación. Además, se debe implementar dicho sistema de codificación debido a la necesidad de diseñar un sistema para el control de órdenes de trabajos y un plan de mantenimiento.

### **3.4. Situación Actual**

Actualmente, la empresa cuenta con una numeración según la cantidad de máquinas del mismo tipo que se tienen. Es una numeración consecutiva de equipos y no una codificación. Por ejemplo, se tienen 14 chancadoras, y se hace referencia a ellas nombrándolas como chancadora 1, chancadora 2 y así sucesivamente.

### **3.5. Marco Teórico**

#### *3.5.1. Generalidades*

En el proceso de codificación, se debe tomar en cuenta varios factores para la realización de esta tarea de la mejor forma. Dichos factores se listan a continuación:

- a. El código debe responder a las características del equipo.
- b. El código debe estar en un lugar visible de la máquina.
- c. Todos los operarios y relacionados con la máquina deben conocer el código.
- d. Todas las operaciones que se realicen se deben referir al código correspondiente.

#### *3.5.2. Ventajas de la codificación*

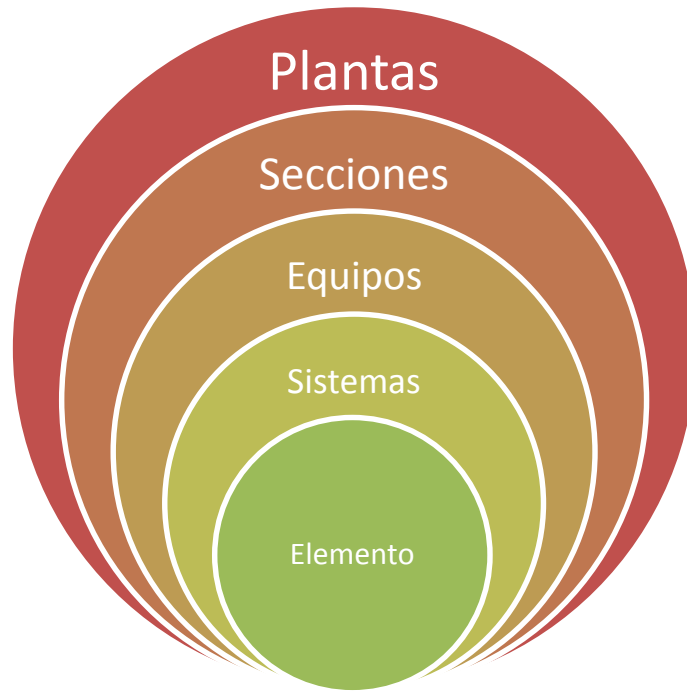
A continuación se citan algunas ventajas que tiene la codificación:

- a. Mayor organización de los trabajos.
- b. Se puede tener un mejor control sobre las acciones y recursos.
- c. Permite la elaboración de un expediente histórico de trabajos de mantenimiento único por equipo utilizando y haciendo referencia al código de la máquina.

#### *3.5.3. Estructura Arbórea de Codificación*

Es una estructura en la cual se indican o se muestran las relaciones de cada uno de los ítems con los restantes.

Se dice que en una planta industrial se pueden identificar los siguientes niveles, cuando se desea elaborar la estructura arbórea.



**Figura 3.1.** Estructura Arbórea de Codificación de Equipos (Fuente: Elaboración Propia).

A continuación vamos a definir cada uno de estos términos:

- a. Plantas: Es el centro de trabajo.
- b. Secciones: Es una zona de la planta que tiene una característica común.
- c. Equipos: Cada una de las unidades productivas que componen el área.
- d. Sistemas: Conjunto de elementos que tienen una función en común dentro de un equipo.
- e. Elemento: Cada una de las partes que integran un sistema. Un elemento solo puede pertenecer a un equipo.

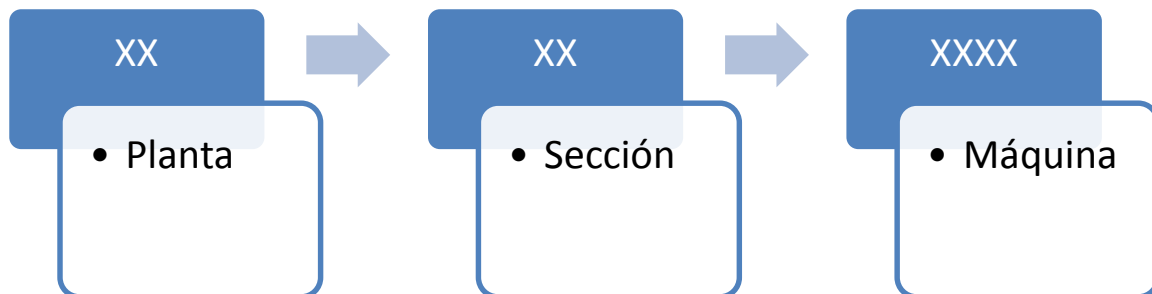
### 3.6. Metodología

El primer paso para conseguir la codificación de los equipos en la empresa fue la verificación de la existencia de algún tipo de numeración que se utilice para hacer referencia a las máquinas.

Con base en esta información, se procedió a acoplar dicha numeración existente a una codificación basada en la estructura arbórea citada anteriormente. En ella se identifica primeramente la planta productiva, luego las secciones que tiene la planta, y por último, para acoplar la numeración existente con la propuesta, se utilizó una numeración muy similar a la que ya se tiene.

### 3.7. Desarrollo de proyecto

El código propuesto, siguiendo la estructura propuesta, consta de una configuración alfanumérica de 8 caracteres, los cuales se citan a continuación:



**Figura 3.2.** Modelo de Codificación Propuesta (Fuente: Elaboración Propia).

#### 3.7.1. Planta

El código de la planta propuesto son dos letras que identifican el nombre de la planta. En este caso es BC, lo que indica Beneficio de Café. Esta designación se pudo haber discriminado, debido a la única existencia de la planta, sin embargo se utilizó para

prever la utilización del sistema en otras plantas de la cooperativa, como el ingenio de caña o incluso la estación de servicio.

### 3.7.2. Secciones

Para la codificación de las secciones primero se identificaron las secciones que posee el proceso productivo, se listaron y se procedió a la asignación de los códigos para dichas secciones, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Cuadro 3-1.** Secciones Productivas del Proceso (Fuente: Elaboración Propia).

Sección	Código
<b>Despulpado</b>	01
<b>Desmucilaginado</b>	02
<b>Pre-Secado</b>	03
<b>Secado</b>	04
<b>Pelado</b>	05
<b>Almacenado</b>	06

### 3.7.3. Máquinas

Para esta sección del código se tomaron 4 caracteres. Los dos primeros representan el tipo de máquina, los cuales son caracteres alfabéticos y los siguientes dos corresponden al consecutivo, designado por números enteros positivos incrementando en una unidad.

Es importante mencionar aquí que para la sección de chancadoras, se contaba con una designación que consiste en el número consecutivo de equipo acompañado de una letra al final, dicha letra representa el panel eléctrico al que está conectado el equipo. Por lo anterior, se decide mantener dicha lógica de codificación para esta sección.

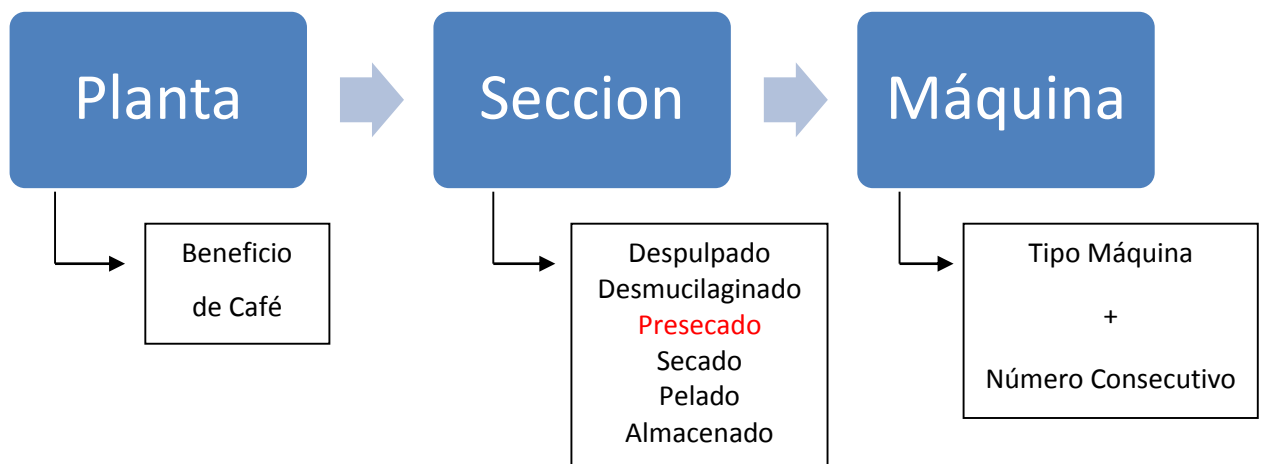
A continuación se muestran los códigos para el tipo de máquina:



**Cuadro 3-2.** Equipos del Beneficio (Fuente: Elaboración Propia).

Equipo	Código
Escurreidor	ES
Chancadora	CH
Criba	CR
Separadora	SP
Desmucilaginadora DELVA	DV
Barco	BA
Transportador	TR
Elevador	EL
Presecadora	PS
Secadora Vertical	SV
Secadora Berico	SB
Alimentador de Cascarilla	AC
Guardiola	GU
Despergaminadora	DP
Motor	MO
Moto reductor	MR
Bomba	BO

A manera de resumen se tiene:



**Figura 3.3.** Resumen de la Codificación Propuesta (Fuente: Elaboración Propia).

### 3.8. Resultados

Con base en el sistema de codificación propuesto se extendió la técnica a todo el beneficio, ubicando el código de cada máquina en un lugar visible y de conocimiento de todo el personal.

A modo de ejemplo, se muestra un código y una máquina para su debida interpretación del código.

Código: BC 01 CH01C      Máquina: Chancadora Primera 1C
---

El código se leerá así: BC, corresponde al Beneficio de Café. 02 identifica la sección productiva de Despulpado. CH corresponde a un Chancadora y el 01 es el consecutivo. Y la letra C, como lo indicamos anteriormente, corresponde a la conexión del Chancador con el tablero eléctrico C. Por lo tanto esta máquina es la Chancadora de Primera #1 conectado al tablero C de la sección de Despulpado del Beneficio de Café.

Este primer paso de codificación es de gran importancia, ya que a partir de estos códigos asignados a cada equipo se iniciará el desarrollo de los otros objetivos. Este es el caso del plan de mantenimiento y el sistema de manejo de órdenes de trabajo.

Se levantó una lista de los equipos y códigos del beneficio de café, dicha lista se muestra en los apéndices (apéndice 1).

### 3.9. Conclusiones

- Se propuso un sistema de codificación para los equipos mecánicos del Beneficio de Café, el cual se amolda a una numeración ya existente en la planta.
- Se realizó una lista de la totalidad de los equipos mecánicos con su respectivo código.
- Se identificó que la codificación es uno de los primeros y principales pasos para el inicio de una gestión del mantenimiento.

### **3.10. Recomendaciones**

Para lograr que el sistema de codificación se mantenga vigente y actualizado se recomienda:

- Familiarizar al personal del beneficio con el sistema, no debe presentarse ningún inconveniente, debido a que se respetó la numeración existente para facilitar este proceso de adaptación.
- Rotular los equipos mediante láminas de acero inoxidable y troqueles o una rotulación equivalente que se mantenga y resista tanto el agua como el polvo.
- Mantener las listas de equipos actualizados, esto es, incluir o eliminar de las listas las diferentes máquinas que ingresan o salen del proceso productivo.

## Capítulo 4

### 4. Diseño de Base de Datos

---

#### 4.1. Introducción

En la siguiente sección se muestra el proceso de diseño y desarrollo de un sistema de órdenes de trabajo, con el fin de obtener un mejor control de las labores de mantenimiento así como la oportunidad de iniciar un historial de fallas para los equipos del beneficio de café. Con esto se pretende lograr que los técnicos encargados de la realización de los trabajos tengan más claro las acciones que deben realizar.

Además, dicho sistema servirá para un mejor control y flujo de información entre la jefatura de mantenimiento y los técnicos, haciendo una comunicación más eficiente y que se logre almacenar de manera ordenada la información recopilada en cada actividad de mantenimiento realizada.

Este sistema se realizará en el lenguaje de Office Access 2007, tomando en cuenta las recomendaciones para el desarrollo de una aplicación informática. Para este caso se utilizará el método denominado Desarrollo de Ciclo de Vida de Sistemas, el cual se detallará más adelante.

#### 4.2. Planteamiento del Problema

El departamento de mantenimiento del beneficio cuenta con personal capacitado para la realización de las actividades de mantenimiento de la mejor manera. Sin embargo, actualmente, en el beneficio no se cuenta con un sistema de organización de la información del mantenimiento que reciben los equipos y la comunicación es escasa.

#### 4.3. Justificación

El adecuado control de las actividades de mantenimiento en una planta procesadora de café es de vital importancia, ya que un retraso en producción podría significar una

pérdida significativa de la calidad del café. Es por esto que se debe conocer cuál o cuáles son las fallas más frecuentes, se debe saber también las fallas que un equipo ha sufrido en el pasado así como las partes que han sido reemplazadas.

Al implementar un sistema de órdenes de trabajo automatizado se garantiza que dicha información se va a empezar a construir. A cada equipo se le empezará un expediente en el cual se detalla toda la información de los trabajos realizados en él. Con esto se garantiza una mejor y más eficiente recopilación de la información así como una comunicación vertical entre la jefatura de mantenimiento y los técnicos mecánicos y eléctricos.

#### **4.4. Situación Actual**

Actualmente, la única documentación histórica que se tiene disponible son las bitácoras de los técnicos, las cuales son documentos personales y no se sabe a ciencia cierta si la confección y llenado de la información se realizó de manera correcta.

#### **4.5. Marco Teórico**

##### *4.5.1. Aspectos Generales*

Una base de datos es una herramienta para almacenar información de manera estructurada y que permite la consulta fácil y rápida de dicha información. Esa información se almacena en tablas. Las tablas contienen información relacionada, lo que quiere decir que alguna parte de la información que contiene se ha de repetir. Esto permite establecer relaciones entre tablas, mediante la implementación de un campo “llave” de cada tabla.

En resumen se puede decir que una base de datos es un conjunto de información ordenada en varias tablas, que mantienen una relación entre sí, con el fin de agilizar y facilitar la consulta de datos.

Cada base de datos está integrada por una o, normalmente, varias tablas, en las que se almacenan los datos. Consecuentemente, cada una de esas tablas se encuentra dividida en columnas y filas, en donde cada fila conforma un registro y cada columna guarda una parte de ese registro y se le llama campo. Forman de esta manera un conjunto de datos organizados.

#### 4.5.2. Características

Bajo el mismo concepto de base de datos, todas ellas cuentan con características en común, entre las cuales se pueden citar:

- a. La independencia lógica y física de los datos y la redundancia mínima de los mismos, debido a la posibilidad de relacionar tablas entre sí.
- b. Acceso a la información desde distintos lugares y de forma simultánea.
- c. Integridad de los datos.
- d. Gran capacidad de respaldo y recuperación de información.
- e. Facilidad de realizar consultas complejas de forma optimizada.
- f. Seguridad de acceso y auditoría.
- g. Desarrollo y acceso mediante un lenguaje de programación estándar.

#### 4.5.3. Sistema de Gestión de Base de Datos

Llamados también DBMS por sus siglas del nombre en inglés “Data Base Management System”, y en español SGBD. Se define como un software que controla la organización, almacenamiento, recuperación, seguridad e integridad de los datos en una base de datos.

Se puede decir también que este tipo de software está dedicado a servir de interfaz entre el usuario, la base de datos y las aplicaciones que la utilizan, y para ello utiliza un lenguaje de definición de datos, uno para manipularlos y otro lenguaje para realizar las consultas. Office Access 2007 forma parte de este grupo de Sistemas de Gestión de Bases de Datos.

#### 4.5.4. Desventajas de las Bases de Datos

En el siguiente cuadro se listan las principales desventajas de dichos sistemas.

**Cuadro 4-1.** Desventajas de las Bases de Datos (Fuente: Elaboración Propia).

Desventaja	Descripción
<b>Coste del equipamiento adicional</b>	La base de datos puede tornarse tan grande que puede ser necesaria la compra de más espacio de almacenamiento, incluso una máquina dedicada únicamente para ese propósito, como es el caso de los servidores.
<b>Complejidad</b>	Son sistemas que pueden llegar a ser complejos pero con una gran funcionalidad. Se debe comprender esta funcionalidad del sistema para hacer un buen uso de ellos.
<b>Vulnerabilidad a fallos</b>	Partiendo de que todo se encuentre centralizado, hace que el sistema sea más vulnerable a fallos. Se recomienda la realización de copias de seguridad.

#### 4.5.5. Ventajas de las Bases de Datos

En el siguiente cuadro se listan las principales ventajas de estos sistemas.



**Cuadro 4-2.** Ventajas de las Bases de Datos (Fuente: Elaboración Propia).

<b>Ventaja</b>	<b>Descripción</b>
<b>Control sobre la redundancia de datos</b>	Redundancia de datos mínima, debido a que los datos están integrados, por lo que no se almacenan copias de los mismos datos.
<b>Consistencia de datos</b>	Debido a la mínima redundancia de datos, se reduce el riesgo de inconsistencia de los datos. Y aunque el dato se encuentre duplicado, el sistema tiene la capacidad de mantener la consistencia.
<b>Datos Compartidos</b>	En los sistemas de este tipo, la base de datos pertenece a una organización y no a una persona en específico, por lo que puede ser compartida con cualquier usuario autorizado.
<b>Mantenimiento de Estándares</b>	Debido a la integración de la información, respetar los estándares necesarios es una labor más sencilla. Dichos estándares se establecen sobre el formato de los datos.
<b>Mejora la integridad de los datos</b>	Integridad se refiere a la validez y consistencia de los datos. Dicha integridad se expresa mediante restricciones que no se pueden violar, se aplican tanto a los datos como a sus relaciones.
<b>Mejora la seguridad</b>	Se refiere a la protección de la información frente usuarios que no están autorizados.
<b>Mejora en la accesibilidad de datos</b>	Proporcionan herramientas que permiten al usuario generar cualquier consulta, sin necesidad de un profesional de informática que desarrolle la aplicación.
<b>Mejora el mantenimiento</b>	Estos sistemas manejan lo que se conoce como independencia de dato, lo que quiere decir que las descripciones de datos están separadas de las aplicaciones.
<b>Aumento de la concurrencia</b>	La mayoría de estos sistemas gestionan el acceso concurrente de diferentes usuarios, manteniendo la integridad de los datos.

#### 4.5.6. Tipos de campos disponibles en la base de datos

Cada sistema de base de datos posee diferentes tipos de campos, los cuales distinguen por el tipo de caracteres que se les asigna.

Entre los más habituales se pueden citar:

- a) Booleanos: Estos campos solo pueden tener dos valores, verdadero o falso, más específicamente un “sí” o un “no”.
- b) Numéricos: Se distinguen dos tipos principales de campos numéricos, los enteros, los cuales no tiene decimales, y los reales, que sí poseen decimales.
- c) Memos: Son campos alfanuméricos, y no poseen longitud limitada. El único inconveniente es que no pueden ser indexados.
- d) Texto: Son campos en los cuales los números no son permitidos, solo caracteres alfabéticos con una longitud máxima de 256 caracteres.
- e) Fechas: Almacenan únicamente fechas, lo que permite su utilización con el formato de fecha y permite realizar consultas y ordenar datos basado en este tipo de campo.
- f) Autonumérico: Son campos enteros numéricos que incrementan su valor en una unidad para cada registro incorporado.

#### 4.5.7. Partes de una base de datos de Access

En las secciones siguientes se describen brevemente los componentes de una base de datos de Access típica.

##### 4.5.7.1. Tablas

Una tabla de una base de datos, en apariencia, es similar a una hoja de cálculo, los datos se almacenan en filas y columnas. La información se organiza en tablas para lograr una flexibilidad de la base de datos y evitar las redundancias.

Por ejemplo, si se almacena información sobre empleados, cada uno de esos empleados se deberá insertar una sola vez en una tabla que se deberá diseñar únicamente para contener datos de empleados. Así también se almacenarán los datos de repuestos en una tabla aparte.

A cada fila de esas tablas se le denomina registro, y en cada registro es donde se almacena cada información individual. Además cada uno de esos registros consta de campos que corresponden a las columnas de la tabla.

Retomando el ejemplo anterior, se tiene la tabla “empleados”, en la que cada una de las filas, es decir, cada registro es asignado para un empleado distinto y cada campo o columna contiene un tipo de información, como puede ser el nombre, apellido, teléfono, entre otros. Cada campo se debe configurar con un tipo de dato determinado, de los citados anteriormente.

En la siguiente figura se muestra el ejemplo de forma gráfica.

The image shows a screenshot of a database table interface. The table is titled "Empleados" and has the following columns: IdEmpleado, Nombre, Apellido, Telefono, and Haga clic para agregar. The first row contains the data: 2-123-001, Luis, Rojas, 8888 0601. The second row contains: 2-123-002, Carlos, Vargas, 8888 0602. A red arrow points to the cell containing "2-123-001" in the first row, and another red arrow points to the table title "Empleados".

IdEmpleado	Nombre	Apellido	Telefono	Haga clic para agregar
2-123-001	Luis	Rojas	8888 0601	
2-123-002	Carlos	Vargas	8888 0602	
*				

**Figura 4.1.** Ejemplo de Campo y Registro (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.5.7.2. Formularios

Son, a menudo, llamados “pantallas de entrada de datos”. Son la interfaz que se usa para trabajar con los datos y suelen tener botones para realizar la ejecución de diferentes comandos. Se dice que se puede crear una base de datos sin usar los

formularios, sin embargo es más fácil y agradable la utilización de formularios para el manejo de datos. Así también son útiles para abrir otros formularios y mostrar la información de una forma más amena.

#### 4.5.7.3. Informes

Los informes son utilizados para presentar los datos de las tablas y normalmente un informe debe responder a una pregunta específica, como por ejemplo, ¿Cuánto dinero se ha gastado este año?

Un informe se puede acceder en cualquier momento y mostrará los datos actualizados almacenados en la base de datos.

El objetivo es una impresión, sin embargo se pueden exportar u otro formato, como por ejemplo PDF, o incluso enviarlos por correo.

#### 4.5.7.4. Consultas

Las consultas son las que realmente trabajan en una base de datos. La función más común que llevan a cabo es la de extraer datos específicos de las tablas, debido a que, normalmente, los datos que se desean ver están distribuidos en varias tablas, y gracias a las consultas se pueden ver una sola hoja de datos. Además, las consultas permiten filtrar la información hasta obtener solo los datos que se deseen.

#### 4.5.7.5. Macros

Se puede decir que una macro es un lenguaje de programación simplificado, utilizado para aumentar la funcionalidad de la base de datos. Los macros contienen funciones que realizan tareas, como abrir o ejecutar consultas, formulario o informes. Luego se puede adjuntar un macro a un botón de comando en un formulario de modo que se ejecute la macro cuando se activa el botón de comando.

#### 4.5.7.6. Módulos

Los módulos, al igual que los macros, sirven para aumentar la funcionalidad de la base de datos, con la única distinción de que los módulos se escriben en el lenguaje de programación de Visual Basic para Aplicaciones, denominado VBA. Se define como una lista de instrucciones, declaraciones y procedimientos que se almacenan como uno solo.

#### 4.5.8. Modelo de entidad - relación

Se conoce como un instrumento para efectuar la modelación de datos que permite representar las entidades principales y sus relaciones en un sistema de información. Dicho de otro modo, permite hacer una representación gráfica de la realidad de la base de datos y muestra la relación que existe entre cada una de las tablas.

#### 4.5.9. Lógica de la relaciones

En el diseño de bases de datos es necesario el establecimiento de relaciones entre las tablas de dicha base de datos, las relaciones pueden ser las siguientes:

- a. De uno a uno: Es el tipo de relación donde una instancia de la entidad “1” se relaciona con una, y solamente una, instancia de la entidad “2”.
- b. De uno a muchos: Es una relación donde cada una de las instancias de la entidad “1” se relaciona con varias instancias de la entidad “2”. Por ejemplo, una planta productora tiene muchas secciones o una sección tiene muchas máquinas.
- c. De muchos a muchos: Es una relación en la que cualquier instancia de la entidad “1” se relaciona con cualquier instancia de la entidad “2”. Por ejemplo, un proveedor posee muchos productos pero también muchos productos tienen un proveedor.

## 4.6. Metodología

Para el adecuado diseño y desarrollo de una base de datos, el encargado de realizar el trabajo se debe apoyar en una metodología que le facilite las pautas para el adecuado desarrollo de la aplicación.

En este caso se utilizó el método denominado Ciclo de Vida de Sistemas, el cual tiene las siguientes fases:

### 4.6.1. Requerimientos del sistema

El principal objetivo de esta fase es determinar cuál o cuáles son los objetivos de la aplicación que se planea desarrollar. Se debe determinar también ¿quiénes serán los usuarios? ¿Cuáles serán las funciones que tendrá el sistema? Así también la solicitud de sugerencias y recomendaciones que nos puedan brindar los futuros usuarios.

### 4.6.2. Diseño

Una vez que ya se tienen los requerimientos del sistema se deben analizar detenidamente para poder determinar el diseño adecuado.

Para el inicio del diseño se debe organizar los requerimientos que tendrá el sistema en pasos para así poder determinar la interfaz gráfica y la programación interna de la aplicación.

### 4.6.3. Desarrollo

En esta etapa se debe desarrollar la aplicación según el sistema gestor de base de datos a utilizar, para este caso sería el Microsoft Office Access 2007.

Se debe definir lo siguiente:

- a. Información deseada por el usuario: Se determinan informes y consultas con la información que el usuario desea obtener de la base de datos.

- b. Tablas: Se define el nombre y la cantidad de tablas que se deben utilizar para lograr un filtrado de la información que se desea por parte del usuario.
- c. Modelo Lógico: En esta parte se debe identificar las relaciones entre las tablas. Se recomienda la realización de un diagrama con las tablas y las relaciones para tener un panorama más claro antes de iniciar.
- d. Llaves primarias y campos de cada tabla: Se debe determinar el nombre del campo, el tipo de dato que se asignará, así como las propiedades de cada campo.

Ya con todo eso definido se inicia la programación en Microsoft Office Access 2007, con ayuda de libros especializados y manuales del curso impartido en nuestra escuela.

#### 4.6.4. Prueba

Luego de concluida la etapa de desarrollo de la aplicación se realizan las pruebas por parte del desarrollador para verificar posibles errores y la corrección de los mismos en caso de que existiesen. Se debe verificar el correcto funcionamiento de la aplicación así como el cumplimiento de la información requerida por el usuario.

#### 4.6.5. Implementación

Antes, se debe dar una capacitación a los usuarios de la aplicación para garantizar una adecuada familiarización y evacuación de dudas por parte del usuario. Luego de esto se implementa el sistema en la empresa y se verifica el cumplimiento en la información deseada.

#### 4.7. Desarrollo de Proyecto

La aplicación que se confeccionó va a ser utilizada por el jefe de mantenimiento del beneficio de café principalmente para el manejo de órdenes de trabajo, así como consultas sobre el equipo y personal.

Para el cumplimiento de la funcionalidad de la base de datos, a continuación se explica de forma breve cómo fue el proceso de desarrollo de la aplicación. Se omite la explicación de la elaboración cada elemento debido al grado de detalle y la complejidad. Se adjunta una copia de la aplicación en el CD adjunto al documento.

##### 4.7.1. Elaboración de tablas y relaciones

Partiendo de la información recolectada anteriormente, se llevó cabo un análisis y se definieron las tablas para poder realizar las consultas y generar los informes deseados. Se tomó una tabla principal, una de información y se debió hacer uso de una tabla intermedia o de enlace para solucionar el problema de una relación de muchos a muchos. A continuación se detallan estas tablas:

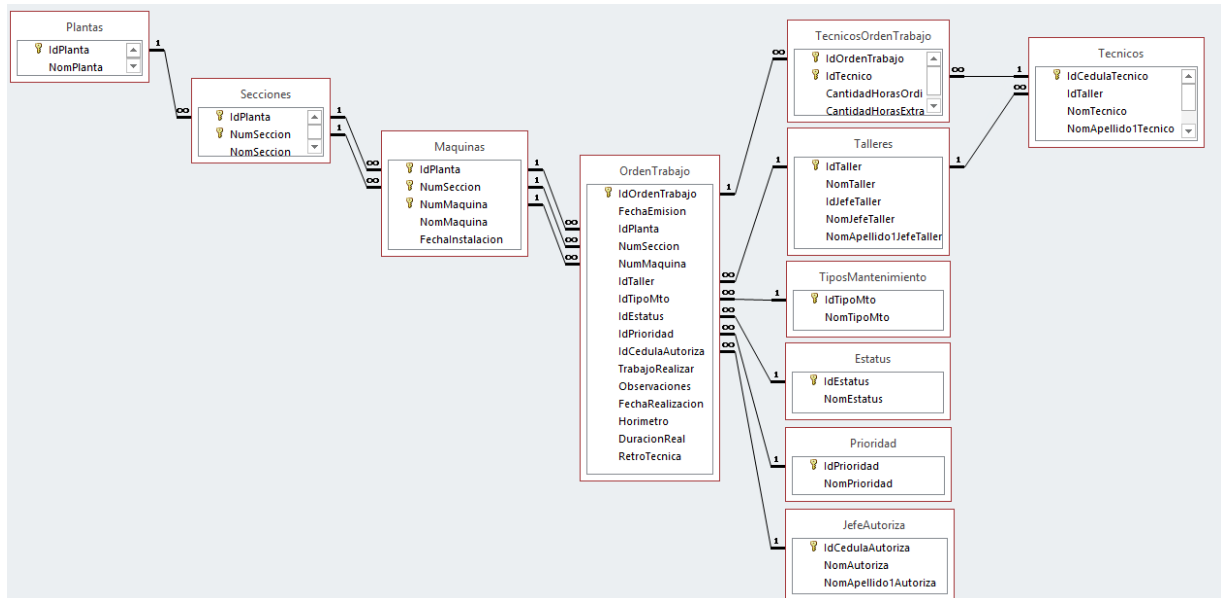
- a. Tabla principal: Se nombró como “OrdenTrabajo”, es la tabla que almacena la información de la orden de trabajo que se va a generar. Su llave principal es el campo “IdOrdenTrabajo”.
- b. Tablas de información: En este tipo se diseñaron tablas como Estatus, JefeAutoriza, Máquinas, Plantas, Prioridad, Secciones Talleres, Técnicos y TiposMantenimiento. Es información que se utiliza para completar los datos de la orden de trabajo.
- c. Tabla Intermedia: En nuestro caso la tabla se llama TecnicosOrdenTrabajo y es la que relaciona la tabla principal con la tabla de técnicos, y permite que una orden de trabajo pueda tener más de un técnico asignado.

Luego de esta etapa se definió cada uno de los campos de las tablas propuestas, así como sus llaves primarias. A cada uno de esos campos se le asignó un nombre representativo, se determinó el tipo de campo y se le editaron sus propiedades.



Luego de esto se definieron las relaciones entre las tablas, exigiendo la integridad referencial y la actualización en cascada para lograr el nivel de filtrado deseado, y por consiguiente la información requerida por el usuario.

Las relaciones propuestas para la aplicación se muestran en la siguiente imagen:



**Figura 4.2.** Relaciones de Tablas para la Base de Datos Diseñada (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.7.2. Diseño de Formularios:

Se puede decir que todos los formularios tienen características similares, como lo son las propiedades de los registros y la existencia de cuadros combinados y botones de comando, por medio de los cuales se manipulan los formularios. Además el formato y el aspecto de la interfaz son muy similares en cada uno de ellos.

Los formularios que se incluyen en la base de datos son básicamente de tres tipos:

- Mantenimiento de tablas de información: Por medio de ellos se puede modificar, eliminar o complementar la información de dichas tablas, son llamados formularios de mantenimiento. En nuestro caso se tienen cinco formularios de

este tipo para darle mantenimiento a las tablas de Máquina, Técnicos, Secciones, Plantas y Jefes.

- b. Alimentación o ingreso de información: Son los formularios de ingreso de información para las órdenes de trabajo. Se tienen tres de ellos, uno es para la generación de la orden de trabajo, el segundo es para asignar uno a varios técnicos a la orden de trabajo que se requiera y el último es para completar la información una vez realizado el trabajo.
- c. Formularios para mostrar consultas: En ellos se muestra una consulta o se ingresan datos que se utilizan para filtrar una consulta y generar el respectivo reporte, ya sea en vista de informe o en el formulario mismo. Para estos formularios, primero se debe desarrollar la consulta y luego se presenta en un formulario.

Se editaron todos los formularios en aspectos de forma y formato para que todos tengan el mismo aspecto y sean agradables a la vista a la hora de trabajar con ellos.

#### 4.7.3. Elaboración de Consultas

Las consultas confeccionadas fueron básicamente para la recolección de información en una sola hoja de datos, debido a que alguna información que se deseaba mostrar se encontraba en otra tabla. Por esa razón se hace uso de las consultas, por ejemplo la información de una máquina que se encuentra en su respectiva tabla de máquinas y se quería mostrar la información en la orden de trabajo. Además se realizaron consultas que permiten un filtrado a partir de un cuadro de texto en un formulario para efectuar la impresión de un informe, realizando un filtrado por fechas, por ejemplo.

#### 4.7.4. Elaboración de Informes

Se desarrollaron informes para que el usuario pueda ver la información de la órdenes de trabajo, pero ordenadas por un criterio, por ejemplo por técnico, por fechas o por número, entre otras.

También se diseñaron informes para visualizar las máquinas o el personal, incluso se puede imprimir las máquinas de una sección.

## 4.8. Resultados

Con base en la metodología citada anteriormente, se logró el desarrollo de la aplicación requerida. A continuación se presenta el sistema y una explicación del funcionamiento.

### 4.8.1. *Panel Principal*

Es el menú principal, es la primera pantalla que aparece cuando se abre la base de datos. Cuenta con los botones de Nueva Orden de Trabajo, Completar Orden de Trabajo, Reimprimir Orden de Trabajo, Ver Órdenes de Trabajo, Generar Archivos PDF, Consultas, Mantenimiento de Tablas y la opción de Cerrar la aplicación.



**Figura 4.3.** Panel Principal de la Base de Datos (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.8.1.1. Nueva Orden de Trabajo

Permite la creación de una nueva orden de trabajo mediante el siguiente formulario:

The screenshot shows a web browser window titled "Nueva OT" with the COOPE VICTORIA logo at the top. Below the logo is the title "Nueva Orden de Trabajo". The form contains several input fields and dropdown menus, all highlighted in yellow. The fields are: "IdOrdenTrabajo", "Fecha de emisión", "Plantas", "Secciones", "Máquinas", "Taller", "Tipo de Mantenimiento", "Estatus", "Prioridad", and "Autoriza". Below these is a "Duración Aproximada" field with the value "0" and the unit "Horas". At the bottom, there are two large text areas labeled "TrabajoRealizar" and "Observaciones". On the right side of the form, there are five buttons: "Agregar", "Asignar Técnico (s)", "Modificar", "Borrar", and "Cerrar".

**Figura 4.4.** Formulario Nueva Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

Los botones de comando Modificar, Borrar y Cerrar actúan sobre el mismo formulario, para efectuar modificaciones sobre órdenes de trabajo ya confeccionadas, así como para cerrar el formulario.

Para agregar una orden nueva, se hace clic en el botón agregar, y se desbloquean los campos para realizar la edición. Es importante aclarar aquí que las órdenes de trabajo llevan un numero consecutivo, el cual es su número de identificación y tiene una

numeración con un formato de cuatro números que corresponden al año, un guión y otros cuatro números que corresponden al consecutivo de las órdenes, por ejemplo 2014-0001, ese código indica que es la orden 0001 de año 2014.

Lo anterior se muestra en la siguiente imagen.

IdOrdenTrabajo	2014-0001	Fecha de emisión	07/08/2014
Plantas	Beneficio de Café		BC
Secciones	Despulpado		01
Máquinas	Chancadora #2		002
Taller	Mecánico		TM
Tipo de Mantenimiento	Preventivo		PRE
Estatus	Ejecución		EJ
Prioridad	Media		3
Autoriza	Mario		02-1123-0452
Duración Aproximada	2	Horas	
Trabajo Realizar	Cambiar Muñoneras		
Observaciones	Revisar Manual		

**Figura 4.5.** Formulario para crear Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

Luego de que la orden está completa se les asigna al o los técnicos, mediante el botón Asignar Técnico (s). Esta asignación se hace mediante el siguiente formulario:

Asignar Técnico a OT

COOPE VICTORIA

**Asignar Técnicos a Orden de Trabajo**

# OT	Sección	Máquina
Número de OT: 2014-0001	Técnico: Carlos	11-1111-1111

Botones: Agregar Técnicos, Asignar, Imprimir y Guardar, Borrar, Cerrar

**Figura 4.6.** Formulario Asignar Técnicos (Fuente: Elaboración Propia).

Allí se le da clic al botón de Agregar Técnicos, luego se busca la orden por medio del cuadro combinado y se selecciona el técnico que se quiere asignar, tal y como se muestra en la imagen anterior. Para finalizar la asignación se da clic en el botón de comando Asignar, si se desea asignar otro técnico a la misma orden solo se repite el procedimiento a partir de dar clic en el botón Agregar Técnicos nuevamente. Luego de que esto se da se puede imprimir la orden o ver en pantalla mediante el botón de Imprimir y Guardar para finalizar la ejecución de la orden.

Al oprimir el botón de Imprimir y Guardar, se guardan los cambios, y se abre el siguiente formulario que permite la visualización o la impresión directa de la orden.



The screenshot shows a web browser window with the title "#OT". Inside the window, there is a header with the "COOPE VICTORIA" logo. Below the logo, the text "Orden Actual" is displayed in a bold, italicized font. Underneath, there is a label "Seleccione el # de OT:" followed by a dropdown menu showing the value "2014-0001". At the bottom of the form, there are three buttons: "Ver Orden" (highlighted with a dashed border), "Imprimir Orden", and "Cerrar".

**Figura 4.7.** Formulario de Visualización de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

Es importante indicar que la orden que se genera tiene algunos detalles incompletos. Esto se debe a que después de que se ejecuta la orden se modifica esa información, se le cambia el estatus, la duración real, la fecha de realización real del trabajo y las notas técnicas del encargado de realizar el trabajo, si existiesen.

A continuación se muestra la orden de trabajo que se genera antes de ser ejecutado el trabajo.





## Lista Ordenes de Trabajo

# Orden de Trabajo

2014-0001

<b>Código de Máquina:</b>	BC 01 002	<b>Máquina:</b>	Chancadora #2
<b>Tipo de Actividad:</b>	Preventivo	<b>Duracion Estimada:</b>	2.00
		<b>Fecha de Emision:</b>	07/08/2014
<b>Estatus:</b>	Ejecución	<b>Duracion Real:</b>	0.00
		<b>Fecha de Realizacion:</b>	
<b>Taller:</b>	Mecánico	<b>Autoriza:</b>	Mario Rodriguez
		<b>Prioridad:</b>	3

**Trabajo a Realizar:**

Cambiar Muñoneras

**Observaciones:**

Revisar Manual

**Notas Tecnicas:**

**Técnico (s) Asignado (s):**

Carlos Arias

jueves, 7 de agosto de 2014
Página 1 de 1

**Figura 4.8.** Modelo de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.8.1.2. Completar Orden de trabajo

Al ejecutar esta opción en el panel de principal, se despliegan dos opciones:



**Figura 4.9.** Panel Completar Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

En Completar Información de la OT se abre un formulario que permite completar y modificar el estatus de la orden de trabajo, luego de realizado el trabajo de mantenimiento.

A continuación se muestra dicho formulario:

Completar OT

COOPE VICTORIA

**Completar Información de OT**

# Orden Trabajo: 2014-0001      Fecha de realización: 07/08/2014

Estatus: Finalizada      FI

Duración Real: 3 Horas

Datos Técnicos

Uno de los tonillos que sujeta la muñonera estaba quebrado.

Completar Información

Borrar

Cerrar y Guardar

**Figura 4.10.** Formulario Completar Información de Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

Este formulario funciona ejecutando el botón de completar información para desbloquear los campos, y luego se completa la información como se muestra en la imagen y se finaliza en la opción de Cerrar y Guardar. De esta forma se completa la orden de trabajo y queda almacenada en el sistema de base de datos.

En la opción de Asignar Técnico se abre el formulario mostrado anteriormente para la asignación de los técnicos. Esto es por si cuando se generó una orden de trabajo solo se le asignó un técnico, y en un momento se llega a la conclusión de que es necesaria la asignación de otro técnico, en esa opción se puede realizar dicha acción.

A continuación se muestra la orden de trabajo completa, es decir la labor de mantenimiento ya finalizada.



## Lista Ordenes de Trabajo

### # Orden de Trabajo 2014-0001

<b>Código de Máquina:</b>	BC 01 002	<b>Máquina:</b>	Chancadora #2
<b>Tipo de Actividad:</b>	Preventivo	<b>Duración Estimada:</b>	2.00
<b>Fecha de Emisión:</b>	07/08/2014		
<b>Estatus:</b>	Finalizada	<b>Duración Real:</b>	3.00
<b>Fecha de Realización:</b>	07/08/2014		
<b>Taller:</b>	Mecánico	<b>Autoriza:</b>	Mario Rodriguez
<b>Prioridad:</b>	3		

**Trabajo a Realizar:**

Cambiar Muñoneras

**Observaciones:**

Revisar Manual

**Notas Técnicas:**

Uno de los tonillos que sujeta la muñonera estaba quebrado.

**Técnico (s) Asignado (s):**

Carlos Arias

jueves, 7 de agosto de 2014
Página 1 de 1

**Figura 4.11.** Modelo Orden de Trabajo Completa (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.8.1.3. Reimprimir Orden

En esta opción se abre el siguiente formulario.



**Figura 4.12.** Formulario Reimprimir Orden de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

Esta opción permite la impresión o visualización de una orden de trabajo en específico. Es importante recalcar que es la única opción donde se puede imprimir una orden específica directamente.

Al hacer clic en Ver Orden, se genera una orden de trabajo como las mostradas anteriormente.

#### 4.8.1.4. Ver Órdenes de trabajo

En esta opción se generan diferentes formas de filtrar las órdenes de trabajo que se encuentran en la base de datos. Esta opción es muy importante debido a que se puede limitar la búsqueda de órdenes de trabajo según el criterio deseado.

En la siguiente figura se muestra el menú que se despliega cuando se ejecuta esta opción.



**Figura 4.13.** Panel Ver Órdenes de Trabajo (Fuente: Elaboración Propia).

A continuación se explicará cada una de esas opciones.

- a. Por # de Orden de trabajo: Se realiza la consulta de una orden de trabajo en específico por medio del siguiente formulario.





The screenshot shows a web browser window titled "#OT". The page features the COOPE VICTORIA logo at the top. Below the logo, the title "Orden de Trabajo por Número" is displayed in a bold, italicized font. Underneath the title, there is a label "Seleccione el # de OT:" followed by a text input field and a dropdown arrow. At the bottom of the form, there are two buttons: "Abrir informe" (in blue text) and "Cerrar" (in red text).

**Figura 4.14.** Formulario ver OT Según su Número (Fuente: Elaboración Propia).

- b. Por # de Orden de Trabajo (rango): Se realiza la consulta de un rango de órdenes de trabajo, por medio del siguiente formulario. Allí se introduce un número de orden inicial y uno final para realizar el filtrado.



The screenshot shows a web browser window titled "#OT Rango". The page features the COOPE VICTORIA logo at the top. Below the logo, the title "Orden de Trabajo por Número (rango)" is displayed in a bold, italicized font. Underneath the title, there are two labels: "Digite el # de la Primera OT:" followed by a text input field, and "Digite el # de la Ultima OT:" followed by another text input field. At the bottom of the form, there are two buttons: "Abrir informe" (in blue text) and "Cerrar" (in red text).

**Figura 4.15.** Formulario Ver Órdenes según rango de número de OT (Fuente: Elaboración Propia).

- c. Por año: Se realiza la consulta de las órdenes de trabajo de un año en específico. Dicha consulta se realiza mediante el siguiente formulario. En este solo de debe introducir el año que se quiere filtrar

The image shows a web browser window titled 'AÑO'. At the top center is the COOPE ICTORIA logo. Below the logo is a horizontal line, followed by the title 'Orden de Trabajo por Año' in a bold, italicized font. Underneath the title is the label 'Digite el Año:' followed by a text input field. At the bottom of the form are two buttons: 'Abrir informe' on the left and 'Cerrar' on the right.

**Figura 4.16.** Formulario Ver Órdenes de Trabajo según Año (Fuente: Elaboración Propia).

- d. Por Estatus: Se realiza la consulta de órdenes de trabajo según el estatus de la misma. La consulta se realiza por medio del siguiente formulario, mediante la selección de un estatus disponibles en el cuadro combinado.

The image shows a web browser window titled 'ESTATUS'. At the top center is the COOPE ICTORIA logo. Below the logo is a horizontal line, followed by the title 'Orden de Trabajo por Estatus' in a bold, italicized font. Underneath the title is the label 'Seleccione el Estatus:' followed by a dropdown menu and a text input field. At the bottom of the form are two buttons: 'Abrir informe' on the left and 'Cerrar' on the right.

**Figura 4.17.** Formulario Ver Orden de Trabajo según Estatus (Fuente: Elaboración Propia).



- e. Por fecha: Se realiza la consulta de órdenes de trabajo ubicadas entre dos fechas. Por medio del siguiente formulario se debe introducir la fecha final y la fecha inicial.



The screenshot shows a web application window titled "FECHAS" with the COOPE VICTORIA logo. The main heading is "Orden de Trabajo por Fechas". Below this, there are two input fields: "Fecha Inicial:" with the value "07/08/2014" and "Fecha Final:" which is currently empty. A calendar pop-up is displayed over the "Fecha Final" field, showing the month of "agosto 2014". The calendar grid has days of the week as headers (do., lu., ma., mi., ju., vi., sá.) and dates from 27 to 31. The date "7" is highlighted with a red box. A "Hoy" button is located at the bottom of the calendar. To the right of the calendar, there is a large empty rectangular area and a "Cerrar" button.

**Figura 4.18.** Formulario Ver Órdenes de Trabajo Según Fecha (Fuente: Elaboración Propia).

- f. Por técnico: Se realiza la consulta de órdenes de trabajo según el técnico que se desee. Dicha consulta se realiza por medio del siguiente formulario, en el cual se selecciona el técnico disponible en el cuadro combinado.



FormularioConsulta TECNICOS

COOPE VICTORIA

***Orden de Trabajo por Técnico***

Seleccione el Técnico

Abrir informe Cerrar

**Figura 4.19.** Formulario Ver Órdenes de Trabajo según Técnico (Fuente: Elaboración Propia).

- g. Ver todas las órdenes de trabajo: Se consultan todas las órdenes de trabajo realizadas, en este caso no hay un formulario que completar para realizar la consulta, cuando se ejecuta esta opción se genera un informe con todas las órdenes de trabajo almacenadas.

#### 4.8.1.5. Consultas

A entrar a esta opción de menú se encuentran las siguientes opciones:



**Figura 4.20.** Panel de Consultas (Fuente: Elaboración Propia).

- a. Secciones: Muestra en pantalla la consulta secciones. Mediante el siguiente formulario se ingresa el código de planta, que en este caso es BC, correspondiente a beneficio de Café y se pueden visualizar las secciones de la planta. También se puede ejecutar un informe de la consulta, ejecutando el botón de comando Generar Informe.

Consultar Secciones

**COOPE VICTORIA**

**Secciones**

Digitar el código de planta

**Secciones productivas**

Código de Sección	Nombre de Sección
BC 01	Despulpado
BC 02	Desmucilaginado
BC 03	Lavado
BC 04	Clasificado

Otra Consulta    Generar Informe    Cerrar

Figura 4.21. Formulario Consultar Secciones (Fuente: Elaboración Propia).

- b. Técnicos: Al ejecutar esta opción se abre una consulta mostrada en un formulario con la información de los técnicos de la planta. Al igual que el formulario anterior, se puede generar un informe a partir de dicho formulario, haciendo clic en el botón Generar Informe.

Consulta Técnicos

**COOPE VICTORIA**

**Técnicos**

Cédula	Nombre
02-0123-0123	Luis Salas
02-0234-0234	Carlos Arias

Generar Informe    Cerrar

Figura 4.22. Consulta Técnicos (Fuente: Elaboración Propia).

- c. Máquinas: Al ejecutar esta opción se abre una consulta mostrada en un formulario donde se muestran todas las máquinas listadas en la base de datos. La consulta mostrada posee un botón donde se puede generar un informe en el cual se muestran las máquinas organizadas por sección.



Sección	Código de Máquina	Máquina
Despulpado	BC 01 002	Chancadora
Despulpado	BC 01 03	Chancadora #3
Desmucilaginado	BC 02 001	Criba 2
Desmucilaginado	BC 02 01	Tranportador

**Figura 4.23.** Formulario Consulta Máquinas (Fuente: Elaboración Propia).

- d. Maquinas por Sección: Al ejecutar esta opción se muestra el equipo de una sección, se abre un formulario en el cual se debe elegir la sección que se desea filtrar mediante un cuadro combinado.

Sección	Código de Máquina	Máquina
Despulpado	BC 01 002	Chancadora
Despulpado	BC 01 03	Chancadora #3
*		

**Figura 4.24.** Formulario Consultar Máquinas por Sección (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.8.1.6. Generar archivos PDF

En esta opción, se puede generar archivos PDF de las consultas citadas anteriormente, así como las mismas consultas sobre las órdenes de trabajo y sus diferentes niveles de filtración. Al ejecutar el comando se muestra la siguiente vista del menú para elegir el tipo de consulta que desea generar en PDF.



**Figura 4.25.** Panel Generar Archivos PDF (Fuente: Elaboración Propia).

En el botón de Consultas en PDF se muestran las siguientes opciones: secciones, técnicos, máquinas y máquinas por sección. En el otro botón de comando llamado Órdenes de Trabajo en PDF se despliegan las opciones de filtración de las órdenes de trabajo citadas anteriormente, las cuales son: por año, por fecha, por estatus y por número de orden.

#### 4.8.1.7. Mantenimiento de Tablas

Esta sección está dedicada al mantenimiento de las tablas de información, las cuales son: plantas, secciones, máquinas, técnicos y jefes. Esta opción permite incluir, eliminar o modificar elementos de dichas tablas.

El ejecutar dicho comando se abre un menú en el cual se muestra el nombre de cada una de esas tablas para proceder a realizar la modificación. Dicho menú se muestra a continuación:





**Figura 4.26.** Panel Mantenimiento de Tablas (Fuente: Elaboración Propia).

- a. Secciones: Se abre un formulario para realizar el mantenimiento de la tabla secciones. A continuación se muestra el formulario.





The image shows a web application window titled "MTO Tabla Secciones". At the top, there is a logo for "COOPE VICTORIA" and the text "Secciones productivas". Below this, there are three input fields: "Nombre de planta:" with a dropdown menu showing "Beneficio de Café", "Código de sección:" with two text boxes containing "BC" and "01", and "Nombre de sección:" with a text box containing "Despulpado". At the bottom, there are four buttons: "Agregar" (highlighted with a dashed border), "Modificar", "Borrar", and "Cerrar".

**Figura 4.27.** Formulario Mantenimiento de Tabla Secciones (Fuente: Elaboración Propia).

Al abrir el formulario este se encuentra con fondo amarillo, lo que significa que se encuentra bloqueado. Para utilizar los cuadros de textos se debe hacer clic en el botón de agregar para desbloquear los campos y proceder a agregar, modificar o borrar un registro de dicha tabla.

- b. Máquinas: En esta opción se abre un formulario para realizar el mantenimiento de la tabla de máquinas. La forma de proceder es igual que la opción anterior.

MTO Tabla Máquinas

**COOPE VICTORIA**

**Máquinas**

**Nombre de planta:** Beneficio de Café

**Nombre de sección:** Despulpado

**Código de Máquina:** BC 01 002

**Nombre de Máquina:** Chancadora

**Fecha de Instalación:** 12/06/2013

Agregar Modificar Borrar Cerrar

**Figura 4.28.** Formulario de Mantenimiento de la Tablas de Máquinas (Fuente: Elaboración Propia).

- c. Técnicos: Mediante este comando se realiza el mantenimiento de la tabla de técnicos. Al igual que los otros casos, los cuadros de formulario inicialmente se encuentran bloqueados, para efectuar la edición se debe ejecutar alguno de los botones de comando disponibles en el formulario.

The screenshot shows a web application window titled "MTO Tabla Técnicos". At the top, there is a logo for "COOPE VICTORIA". Below the logo, the word "Técnicos" is displayed in a stylized font. The form contains the following fields and values:

Cédula	01-0123-0234
Nombre	Carlos
Apellido	Arias
Costo Hora Ordinaria	₡0.00
Costo Hora Extra	₡0.00

At the bottom of the form, there are four buttons: "Agregar" (blue text), "Modificar" (blue text), "Borrar" (blue text), and "Cerrar" (red text).

**Figura 4.29.** Formulario de Mantenimiento de la Tabla de Técnicos (Fuente: Elaboración Propia).

- d. Jefes: En esta sección se permite el mantenimiento de la tabla de jefes. Igual que los casos anteriores, los cuadros se encuentran bloqueados para evitar una modificación accidental, para efectuar el mantenimiento se debe ejecutar cualquier botón de comando, tomando en cuenta la función de cada uno de los botones.



MTO Tabla Jefes

**COOPE VICTORIA**

*Jefes*

Cédula: 01-1565-0792

Nombre: Mario

Apellido: Rodríguez

Agregar Modificar Borrar Cerrar

**Figura 4.30.** Formulario de Mantenimiento de la Tabla Jefes (Fuente: Elaboración Propia).

- e. Plantas: Actualmente solo se tiene la planta denominada beneficio de café, sin embargo, se agregó esta opción pensando en un futuro, quizá se quiera agregar otra planta productiva como es el caso del ingenio. La forma de proceder para la actualización de esta tabla es igual que los anteriores formularios de mantenimiento.



MTO Tabla Plantas

**COOPE VICTORIA**

*Plantas Productivas*

Código de Planta: BC

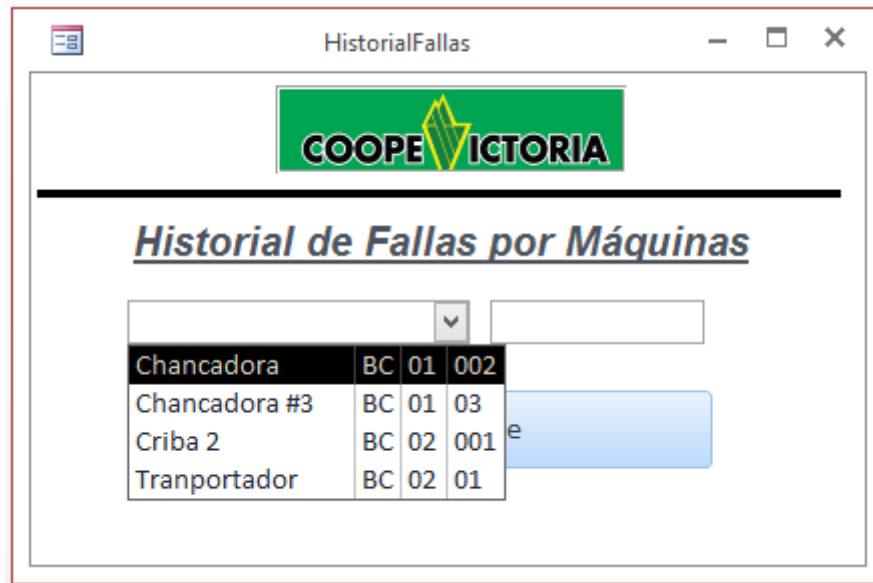
Nombre de planta: Beneficio de Café

Agregar Modificar Borrar Cerrar

**Figura 4.31.** Formulario de Mantenimiento de Tablas de Plantas (Fuente: Elaboración Propia).

#### 4.8.1.8. Historial de Fallas

En esta sección se incluye un historial de fallas por máquina, lo que corresponde a los trabajos del tipo correctivo que se realizaron en un equipo. Para ver el historial de fallas de una máquina se ejecuta desde el menú principal la opción y se abre el siguiente formulario:



Chancadora	BC	01	002
Chancadora #3	BC	01	03
Criba 2	BC	02	001
Tranportador	BC	02	01

**Figura 4.32.** Formulario Generar Historial de Fallas (Fuente: Elaboración Propia).

En este, por medio de un cuadro combinado se selecciona la máquina a la cual se le desea generar el historial de fallas, y acto seguido se ejecuta el botón “Generar Informe”, para obtener en pantalla el informe de historial de fallas de la máquina seleccionada. A continuación se muestra un ejemplo del historial de fallas para una máquina.

The screenshot shows a web application window titled "HistorialFallas". At the top, there is a header with the "COOPE VICTORIA" logo and the title "Historial de Fallas por Máquina". Below the header, there are two input fields: "Máquina:" with the value "Chancadora" and "Código:" with the value "BC 01 002".

# de OT	Fecha	Duración (horas)	Trabajo Realizado
2014-0001	02/06/2014	1.50	Sacar taco y cambiar tornillo quebrado
Técnico (s): Luis Gómez Carlos Arias			
2014-0002	25/06/2014	2.00	Ajustar pechero
Técnico (s): Luis Gómez			

At the bottom of the window, the date "martes, 12 de agosto de 2014" is displayed on the left, and "Página 1 de 1" is displayed on the right.

**Figura 4.33.** Modelo Historial de Fallas por Máquina (Fuente: Elaboración Propia).

En el informe de fallas se muestra solo la información relevante para este tipo de historial, como lo es el nombre y el código del equipo, el número de orden de trabajo, la fecha y duración de la reparación y por supuesto el trabajo realizado, así como el o los técnicos que realizaron el mantenimiento.

#### 4.9. Conclusiones

- El diseño de un sistema de base de datos permite un adecuado control de la información que se genera producto de los trabajos de mantenimiento en el beneficio.
- La implementación de un historial de fallas, por medio de una base de datos, es de suma importancia para el departamento de mantenimiento.
- Con la generación de nuevos documentos y nueva información se aumenta la trazabilidad que se puede realizar en el control de trabajos de mantenimiento realizados en un equipo.
- Con el adecuado sistema de consultas implementado se puede tener acceso a información muy específica, se logra un excelente filtrado de la información requerida por el usuario.
- Se aumentó la funcionalidad de la base de datos para que permita la exportación de información en formato PDF, lo que hace más fácil compartir información con una tercera persona, la gerencia por ejemplo, por medio de correo electrónico u otro sistema.

#### 4.10. Recomendaciones

Para mantener el sistema de bases de datos funcionando y lograr la evolución en las labores de mantenimiento se recomienda:

- Se debe realizar una capacitación de los usuarios para que se familiaricen con la aplicación y que se realice un uso correcto de la misma.
- Se debe informar y capacitar también a los técnicos sobre el nuevo sistema de órdenes de trabajo que se va implementar en la empresa.
- Se recomienda la realización periódica de una copia de seguridad de la base de datos actualizada en un dispositivo externo (“llave maya”, disco duro externo, CD, etc.). Esto para evitar la pérdida de información producto de un fallo.
- Se debe realizar adecuadamente la actualización de información, evitando la introducción de datos erróneos, ya que si esto ocurre, traerá problemas para el sistema.
- Se debe tener claro que conforme la cultura del mantenimiento va creciendo en la empresa, se debe evaluar, en un futuro, la necesidad de implementar un software más robusto y que incorpore otros módulos, por ejemplo, los costos de mantenimiento, para lograr determinar presupuestos.



## Capítulo 5

### 5. Stock de Repuestos

---

#### 5.1. Introducción

Hoy en día, las empresas nacionales tratan de sacar el mejor provecho tanto al tiempo como al dinero, es por eso que es de suma importancia tener el equipo disponible la mayor cantidad de tiempo. Por esta razón se trata de contar con los repuestos críticos dentro de la industria, esto para evitar pérdidas de tiempo al conseguir un repuesto y pérdidas en producción debido a la falta de un repuesto.

En esta sección se desarrolla la evaluación de la necesidad de identificar un stock de repuestos para el Beneficio de Café. Con esto se pretende lograr un nivel de independencia de las demás secciones de la Cooperativa, específicamente con la bodega general de la compañía.

#### 5.2. Planteamiento del Problema

Actualmente, la sección del beneficio de café comparte una bodega con la sección del ingenio, por lo que se presentan muchos problemas en cuanto a orden y disponibilidad de repuestos y materiales. Además, el stock de repuestos es inexistente.

También, es importante citar que la bodega actual se encuentra muy alejada de la planta del beneficio, lo que dificulta en muchos casos el acceso a los repuestos.

#### 5.3. Justificación

La implementación de una bodega con su debido stock de repuestos se hace necesaria debido a la inquietud de independizar el beneficio de las otras secciones de la Cooperativa, y a la vez aprovechar esta oportunidad e iniciar un stock de repuestos propio del beneficio. Esto evitaría la espera en la compra de repuestos y haría más

efectivo el trabajo de mantenimiento, ya que se eleva la disponibilidad de los repuestos en la planta.

Además, por el gran consumo de energía eléctrica y disposiciones de proceso del café, cuando el proceso de beneficiado inicia, se trabaja en la jornada nocturna, en la cual si ocurriese una falla en un equipo la probabilidad de conseguir un repuesto es muy baja. En cambio, si se dispone de un pequeño stock, esos atrasos se evitarían.

#### **5.4. Situación Actual**

Actualmente, Coopevictoria R.L. cuenta con una bodega que se comparte con el ingenio y demás secciones de la Cooperativa, dicha bodega está a una distancia considerable del beneficio y además se presentan problemas en cuanto a mantener el orden dentro del recinto. Además, el control de dicha bodega es nulo, por lo que la pérdida y utilización de materiales y repuestos por parte de personas no autorizadas es frecuente.

#### **5.5. Marco Teórico**

Para iniciar se debe tener claro que es una bodega o almacén, entonces se dice que es un lugar físico en el cual se realiza la recepción, almacenamiento y movimiento de materiales, materias primas, herramientas o repuestos, para garantizar la existencia y suministro adecuado según sean las necesidades del proceso productivo. Es el lugar donde se almacenará el stock de repuestos.

##### *5.5.1. Control de Bodega*

Para un programa de mantenimiento el control eficiente de bodega es de suma importancia, para realizar esta labor se deben llevar a cabo una serie de requisitos mínimos que se citan a continuación:

#### 5.5.1.1. Registro de las demandas de los usuarios

Este registro es un control de todas las solicitudes realizadas por el personal a la bodega. Lo anterior permite tener información de la frecuencia con la que se utiliza cada repuesto o se necesita un material, y permite hacer cálculos de cuántas unidades de cada tipo se han utilizado según un periodo de tiempo.

#### 5.5.1.2. Registro de las cantidades en existencia

En este punto se permite conocer el número exacto de unidades por repuesto o equivalente con lo que cuenta la bodega.

#### 5.5.1.3. Determinación de los mínimos reales

Se permite saber la cantidad mínima de unidades que debe existir en la bodega por cada repuesto. Esto permite garantizar la existencia de repuestos y a la vez reducir la cantidad de repuestos innecesarios.

#### 5.5.1.4. Determinación de los máximos reales

Determina cuál es el número que debe tenerse en bodega para no exceder la inversión. Junto con el dato de mínimo real permite definir un rango en el cual se garantiza seguridad de operación sin sobrepasar la inversión.

#### 5.5.1.5. Rapidez y regularidad en la renovación de la existencia

Implica el conocimiento necesario relacionado con los proveedores y el lugar donde se consiguen los repuestos según sea el tipo de refacción. Además, la regularidad con la revisión y compra de repuestos faltantes.

#### 5.5.1.6. Personal competente

El personal debe tener la capacidad y entrenamiento suficiente para garantizar el adecuado manejo de la bodega según el programa de mantenimiento.

### 5.5.2. Organización de una bodega de repuestos

Para realizar una adecuada organización de un almacén se debe seguir una secuencia como la que se muestra a continuación:

- a. Inventario físico de todos los repuestos existentes.
- b. Eliminar todas las piezas y repuestos antiguos e inservibles.
- c. Clasificar y codificar los repuestos.
- d. Reparar algunas piezas que han sufrido deterioro pero que pueden ser rescatadas.
- e. Realizar un adecuado almacenamiento y distribución de la bodega.
- f. Controlar el inventario del almacén mediante algún mecanismo.

### 5.5.3. Modelo básico de priorización de repuestos

Es un modelo llamado Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC), en donde el modo de falla es la principal información para la utilización del modelo.

El modo de falla se define como: “la causa física que provoca la indisponibilidad del proceso. En otras palabras el modo de falla es el que provoca la pérdida de función total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada modo de falla tiene asociado al menos uno o más repuestos)”.

Entonces el mantenimiento está enfocado a controlar los modos de falla, así como a enrumbar la optimización de inventarios al diagnóstico de los modos de falla. Por ejemplo, a continuación se presenta un modo de falla y su respectivo repuesto asociado:

Modo de falla: Fallo en sistema de válvula de sistema de gas.

Repuesto asociado: Válvula de gas.

A continuación se muestra un gráfico donde se explica el modelo básico de priorización de repuestos desde el punto de vista de costos.



**Figura 5.1.** Costos de demanda de Repuestos (Fuente: Elaboración Propia).

#### 5.5.4. Stock de repuestos

Se denominan existencias o stock de repuestos a aquellos bienes que la industria necesita ingresar, almacenar o mover para incorporarlos al proceso productivo como repuesto. Según la Real Academia Española, un repuesto es una pieza para sustituir a otra igual.

Los repuestos se pueden clasificar de forma práctica según se indica a continuación.

- a. Tipo 1: Piezas que son necesarias en el stock. Un fallo significará una pérdida importante en la producción. Esta categoría podría subdividirse en:
  - 1. Piezas que se suelen adquirir al fabricante, diseñadas por el fabricante.
  - 2. Piezas de producción estándar, son repuestos que pueden conseguirse en proveedores locales.
  - 3. Materiales consumibles, son elementos cuya vida es inferior a un año y su vida útil es fácilmente predecible. Una falla en uno de estos puede provocar grandes averías.
- b. Tipo 2: Repuestos que no es necesario tener en stock, sin embargo se debe tener claro quién los provee, si se presenta el fallo no se requiere la pérdida de tiempo buscando un proveedor local que lo tenga disponible.
- c. Tipo 3: Materiales de consumo habitual (Lubricantes, toallas, por ejemplo).
- d. Tipo 4: Elementos que no es necesario tener, se dice que un fallo en algunas de esas piezas no es riesgoso para la producción.

#### 5.5.5. Gestión de Stock

La gestión de repuestos se trata de determinar, en función del consumo, el tiempo de sustitución y cantidad de repuestos. El objetivo de una buena gestión es identificar el stock a mantener en la empresa, tratando de minimizar los costos de dicho stock y llegar a un equilibrio con la pérdida de producción por falta de un repuesto.

#### 5.5.6. Diagrama de Pareto

Es una herramienta que permite el análisis y además ayuda en la toma de decisiones basándose en prioridades.

El diagrama de Pareto está fundamentado en el enunciado expresado por Vilfredo Pareto, el cual especifica que “el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que las originan”. Dicho de otra manera, cuando se origina un problema, existe un 20% de causas vitales y un 80% de causas triviales.

### 5.5.7. Análisis ABC

Es un método de clasificación, con una amplia gama de campos de utilización, el cual está basado en la filosofía de Pareto y permite la identificación, en este caso, de repuestos que tienen un importante aporte en el valor global del inventario.

Para este caso, la división ABC se distribuye de la siguiente forma:

- A. Materiales del principio de la lista, representan alrededor del 65% del costo.
- B. Los materiales que siguen hasta alcanzar el 85%.
- C. Se refiere a los materiales restantes.

### 5.6. Metodología

Para determinar la necesidad de la bodega se procederá a tomar las opiniones y puntos de vista de los encargados de la planta. Sin embargo, la necesidad de una bodega es inminente debido a los problemas citados en las secciones anteriores de este capítulo, por lo que la evaluación en sí es casi nula y la necesidad de dicha bodega es alta. También se deben tomar aspectos como distribución física y una adecuada iluminación de la misma.

Por otra parte, para la determinación de los repuestos que conformarán el stock crítico, la forma adecuada para determinarlos es mediante el uso de la matriz de criticidad que se muestra más adelante y/o con una evaluación de Pareto con el modelo ABC (pocos vitales y muchos triviales). Sin embargo, debido al inexistente control de historiales de reparaciones, lo que nos conduce a un desconocimiento de los modos de fallas del equipo, se recurrirá a entrevistar el personal y se tratará de extraer información valiosa que permita la creación de un listado de posibles repuestos con un pronóstico de consumo por temporada de cosecha.

Debido a la falta de información no se asegura la utilización estándar de la matriz, y algunos repuestos se asignarán al stock crítico basándose en el criterio y la evaluación conjunta de los técnicos encargados de los trabajos de mantenimiento.

**Cuadro 5-1.** Matriz de Criticidad (Fuente: Elaboración Propia).

<b>Frecuencia</b>	5	A	A	MA	MA	MA	<b>Simbología</b> B=Baja M=Media A=Alta MA=Muy Alta
	4	M	M	A	MA	MA	
	3	M	M	M	A	MA	
	2	B	B	M	A	MA	
	1	B	B	M	A	A	
		1	2	3	4	5	

**Consecuencias**

Para determinar la frecuencia y consecuencias en la matriz anterior se hace uso de las siguientes escalas:

**Cuadro 5-2.** Factores de Frecuencias y Consecuencias matriz de criticidad (Fuente: Elaboración Propia).

Factor de <b>Frecuencia</b> de fallos - Escala 1-5	Factores de <b>Consecuencias</b> - Tiempo de logística-Tiempo de paro de la máquina
1. <u>Excelente</u> : 1 fallo por cosecha.	1. Menos de un día – Menos de 30 minutos.
2. <u>Bueno</u> : 2 fallos por cosecha.	2. Entre 1 – 2 días – de 30 a 60 minutos.
3. <u>Promedio</u> : 3 fallos por cosecha.	3. Entre 3 – 4 días – de 60 a 90 minutos.
4. <u>Pobre</u> : 4 fallos por cosecha.	4. Entre 5 – 6 días- de 80 a 120 minutos.
5. <u>Muy pobre</u> : 5 o más fallos por cosecha.	5. 7 o más días. Más de 120 minutos.

Para la determinación de la cantidad de repuestos y la frecuencia de pedidos de los mismos, se manejará mediante el uso del criterio de los mecánicos de temporada, quienes quedan a cargo de la planta en el periodo de producción, así como el criterio



del diseñador del proyecto. Esto debido a que el stock planteado es un respaldo para evitar el paro de producción, en una jornada nocturna. Por ejemplo, y los repuestos que no se utilizan durante la temporada, serán utilizados para la realización del mantenimiento preventivo al finalizar la etapa de cosecha, que dicho sea de paso comprende aproximadamente desde inicios del mes de noviembre hasta marzo.

Luego de definir cuáles son los repuestos que conformarán el stock se debe también definir la cantidad de piezas por cada uno de esos repuestos que se deberá tener. Para eso, la forma correcta de realizarlo sería la utilización una ecuación denominada fórmula de Wilson, la cual determina la cantidad de repuestos adecuada para un stock. Dicha ecuación se muestra a continuación:

$$Q_w = \sqrt{\frac{2 * K * C_a}{P * i}} \quad \text{Ecuación 5-1. Ecuación de Wilson}$$

Donde:

$Q_w =$  Cantidad requerida

$K =$  la demanda estimada

$C_a =$  Costo de adquisición

$P =$  Precio unitario

$i =$  tasa interes

Sin embargo, en nuestro caso, por la falta de datos para la adecuada utilización de la ecuación y por el tipo de empresa (cooperativa) y la tramitología requerida se aproximaron de la forma más real posible y los resultados obtenidos no reflejaban cantidades adecuadas. Dicho de otra forma, las cantidades obtenidas, a criterio nuestro, eran muy elevadas, por lo que dichas cantidades fueron asignadas basados en el criterio del diseñador y la experiencia del mecánico recomendado en la empresa, en un procedimiento que se explica más adelante.

Según la teoría de Wilson, también dispone de una ecuación para calcular la frecuencia de pedidos, sin embargo en nuestro caso no será utilizada debido a que la frecuencia de pedidos se manejará conforme se utilicen los repuestos durante la cosecha.

## 5.7. Desarrollo del proyecto

### 5.7.1. Determinación de repuestos críticos

Como se indicó en la sección de metodología, se utilizó la matriz de criticidad así como el criterio.

Se llegó a la conclusión de que por el tipo de industria de temporada y el historial “mental” de fallas aportado por los mecánicos las fallas más frecuentes están relacionadas a rodamientos y transmisiones (cadenas y bandas), en general. Específicamente en la sección de chancado y lo que respecta a transportadores, se tienen algunos repuestos que son claves y se deben mantener en el stock obligatoriamente.

Al utilizar la matriz de criticidad se concluye que dichos repuestos son de prioridad “alta” y “muy alta”, debido a sus frecuencias de fallo en la temporada, las cuales se encuentran entre 2 y 3 en la escala de la matriz y con consecuencias de 4 y 5 en la escala consecuencias de dicha matriz. Es por esto que se concluye cuáles serán los repuestos que se encontrarán en dicho stock. Luego de dicha identificación se procedió a definir el número adecuado de cada uno de estos repuestos para conformar el stock con un número de repuestos seguro para el periodo de cosecha pero tampoco sobredimensionado.

### 5.7.2. Determinación de cantidades de repuestos

Para esto se realizó una ficha técnica para cada uno de los equipos del beneficio, la cual se muestra más adelante. Dicha ficha sirvió para la identificación exacta y específica de cada uno de los repuestos mencionados y se propuso, con ayuda de un mecánico del beneficio, una cantidad según el número de repuestos instalados en cada máquina.

Luego, debido a que estos rodamientos y correas se encontraban principalmente con las mismas especificaciones en otras máquinas, asignar una cantidad de repuestos

según el tipo de máquina es una redundancia. Se procedió a sumar las cantidades del mismo repuesto propuestas para cada tipo de máquina, y con ese dato, el cual podemos llamar “acumulado”, se procedió a asignar una nueva cantidad para cada repuesto como stock general y no como un stock individual para cada máquina.

Dicho procedimiento se resume en la siguiente tabla, en la cual, a la izquierda se muestran los repuestos referentes a cada tipo de equipo y la cantidad asignada para ese repuesto, tal y como se indicó anteriormente, y a la derecha se muestra las tablas con la información de los repuestos ya clasificada. En la primera columna la sumatoria de los repuestos para todas las máquinas y en la columna derecha la cantidad total que se asignó para el stock de repuestos general del Beneficio de Café.

Es importante citar que en el caso de los chancadores que cuentan con pechero de hule, gastan en promedio 3 pares de hules por cosecha, por lo que se debe contar con ellos en el stock. Además también para los chancadores se debe contar con camisas, mínimo 3 y los respectivos tacos de madera para la sujeción de dicha camisa.

**Cuadro 5-3.** Determinación de Repuestos Críticos. (Fuente: Elaboración Propia).

Máquina	Repuesto	Cantidad	Descripción	Faja	Stock x Máquina	Stock General
Escurreidores	Muñonera 1-1/2" (parche)	2	SKF FY508M	B30	1	1
	Muñonera 1-3/4 "(parche)	2	NTN F209	B36	3	2
	Muñonera 1 - 1/2 " (pie)	1	NTN P208	B42	4	2
Chancadores	Hule para pechero	42 pares	-	B44	4	2
	Muñonera 1 - 1/2 " (pie)	4	NTN P208	B46	1	1
	Tacos Madera	1 saco	-	B47	5	4
	Camisa Cilindro	2	-	B48	1	1
	Muñonera 1 - 3/4 " (pie)	4	NTN P209	B49	2	2
Criba	Muñonera 2 " (pie)	2	NTN P211	B50	1	1
	Muñonera 2 - 1/2 " (pie)	2	NTN P213	B51	2	1
Separadora	Fajas B82	4	B82	B53	1	1
Delva	Fajas B72	4	B72	B56	4	2
	Muñonera 1 " (parche)	2	NTN F205	B58	2	2
	Muñonera 1 - 1/2 " (pie)	2	NTN P208	B61	1	1
Pre secadora	Muñonera 2-1/2" (pie)	2	NTN P213	B62	2	2
	Muñonera 1-3/4" (pie)	2	NTN P209	B64	4	4
	muñonera 2-1/4" (pie)	2	NTN P212	B66	2	2
	B100	2	B100	B68	4	3
	B105	2	B105	B70	4	4
	B47	2	B47	B72	4	4
	B56	2	B56	B73	3	3
	B62	2	B62	B82	4	4
	B68	2	B68	B83	3	2
	B73	3	B73	B100	2	2
B83	3	B83	B105	2	2	

Secadora Vertical	B56	2	B56	B136	2	2
	B68	2	B68	B144	2	2
	B66	2	B66	5Vx2000	4	4
	B70	4	B70			
	B64	4	B64			
	B44	2	B44			
	B51	1	B51			
	B42	1	B42			
	B61	1	B61			
	B46	1	B46			
	Muñonera 1-1/2" (pie)	2	NTN P208			
	Muñonera 2-1/2" (pie)	2	NTN P213			
Secadora Horizontal	Muñonera 2-1/2" (pie)	2	NTN P213			
	Muñonera 2-3/4" (pie)	2	NTN P215			
	Muñonera 3" (pie)	1	NTN P217			
Alimentador de Cascarilla	B30	1	B30			
	B42	1	B42			
	B47	1	B47			
	B36	1	B36			
	Muñonera 1-1/2"	2	NTN P208			
	Muñonera 1-1/4"	2	NTN 207			
Berico	Faja 5Vx2000	4	5Vx2000			
	Muñonera 1"(pie)	4	NTN P205			
	Muñonera 1-1/2" (pie)	4	NTN P208			
			<b>Rodamiento</b>	<b>Stock x Máquina</b>	<b>Stock General</b>	
			NTN P205	6	4	
			NTN F205	2	2	
			NTN P208 (PIE)	15	6	
			SKF FY508(Parche)	2	2	
			NTN F209 (PIE)	12	6	
			NTN P211 (PIE)	2	2	
			NTN P212 (PIE)	2	2	
			NTN P213	14	6	
			NTN P215	8	2	
			NTN P217	3	2	
			NTN 207	2	2	
			<b>Cadenas</b>			
			<b>Paso Cadena</b>	<b>Cantidad (m)</b>		
			1/2"	10		
			3/4"	10		
			1"	10		

	Muñonera 1-3/4" (pie)	4	NTN P209
	Muñonera 2-3/4" (pie)	4	NTN P215
	B36	2	B36
	B42	2	B42
	B44	2	B44
	B47	2	B47
	B49	2	B49
	B58	2	B58
<b>Guardiola</b>	Muñonera 2-1/2" (pie)	6	NTN P213
	Muñonera 2-3/4" (pie)	2	NTN P215
	Muñonera 3" (pie)	2	NTN P217
	B51	1	B51
<b>Despergaminador</b>	Muñonera 2-1/2" (pie)	2	NTN P213
	Muñonera 1"(pie)	2	NTN P205
	B144	2	B144
	B136	2	B136
	B48	1	B48
	B49	1	B49
	B50	1	B50
	B53	1	B53

## 5.8. Resultados

El stock de repuestos propuesto para la temporada de cosecha en el beneficio de café se muestra a continuación.

### 5.8.1. Chumaceras:

En la siguiente tabla se muestran las numeraciones de chumaceras requeridas para el stock, así como la cantidad de unidades.

**Cuadro 5-4.** Códigos y Unidades de Chumaceras Requeridas (Fuente: Elaboración Propia).

Rodamiento	Unidades
NTN P205	4
NTN F205 (Parche)	2
NTN P208	6
SKF FY508M (Parche)	2
NTN F209	6
NTN P211	2
NTN P212	2
NTN P213	6
NTN P215	2
NTN P217	2
NTN P207	2

### 5.8.2. Bandas:

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de bandas requeridas para el stock, así como la cantidad de unidades.

**Cuadro 5-5.** Códigos y Unidades de Bandas Requeridas (Fuente: Elaboración Propia).

Banda	Unidades
B30	1
B36	2
B42	2
B44	2
B46	1
B47	4
B48	1



B49	2
B50	1
B51	1
B53	1
B56	2
B58	2
B61	1
B62	2
B64	4
B66	2
B68	3
B70	4
B72	4
B73	3
B82	4
B83	2
B100	2
B105	2
B136	2
B144	2
5Vx2000 (Berico)	4

5.8.3. Cadenas:

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de las cadenas requeridas para el stock, así como la cantidad de cadena.

**Cuadro 5-6.** Paso y Cantidad Requerida de Cadenas (Fuente: Elaboración Propia).

Cadenas	
Paso Cadena	Cantidad (metros)
1/2"	10
3/4"	10
1"	10

#### 5.8.4. Repuestos Chancadores:

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de las cadenas requeridas para el stock, así como la cantidad de cadena.

**Cuadro 5-7.** Repuestos y Cantidad requerida para Chancadores (Fuente: Elaboración Propia).

Chancadores	
Repuesto	Cantidad
Hules para pechero	42 juegos
Camisa de Cilindro	3
Tacos de madera	1 saco
Clavo de acero	½ kilo

## Capítulo 6

### 6. Plan Mantenimiento Preventivo

---

#### 6.1. Introducción

En el presente capítulo se busca la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la sección de equipo mecánico, para suplir las necesidades del Beneficio de Coopevictoria. Con dicho plan se pretende un mejoramiento y agilización en las tareas de mantenimiento mediante el mejoramiento del desempeño de los técnicos, mecánicos y supervisores del mantenimiento del beneficio.

Para la elaboración de este plan se tomará como base las diferentes visiones y teorías del mantenimiento industrial, debido a que se debe ajustar a las condiciones de trabajo reales del beneficio de café, y de esta forma lograr un adecuado programa de Mantenimiento Preventivo.

Con la elaboración e implementación de este programa, se busca que los operarios y técnicos tengan una visión más amplia de las labores que deben llevar a cabo como parte de las actividades de mantenimiento así como estandarizar el procedimiento a seguir. Además, es importante citar que el plan se debe dividir en dos periodos, un periodo que se extiende durante la cosecha y otro periodo que rige cuando no se está en cosecha (Antes-Durante la cosecha), debido a que el mantenimiento durante estos dos periodos es de forma diferente.

#### 6.2. Planteamiento del problema

Actualmente, en la administración del mantenimiento del beneficio de café no se cuenta con un programa definido de mantenimiento preventivo, sin embargo sí se realiza un mantenimiento preventivo, debido al largo periodo de tiempo que pasan los equipos detenidos (fuera de cosecha). Este mantenimiento se realiza de forma

metódica por un técnico que tiene buen conocimiento de lo que realiza debido a la gran cantidad de años que tiene realizando dicho trabajo.

Sin embargo, se desea manejar de manera más eficiente dicho mantenimiento, de forma que los mecánicos y técnicos cuenten con una guía de qué hacer, y tengan claro cuáles son sus obligaciones para con el equipo. Además, en el periodo durante la cosecha, el mantenimiento preventivo que se realiza es mínimo, por lo que se quiere la implementación de un plan que permita aumentar el mantenimiento durante este periodo y por consiguiente que se refleje dicho trabajo en una disminución de las fallas en el proceso durante la utilización al 100% del beneficio (periodo de cosecha).

### **6.3. Justificación**

Con el fin de estandarizar procedimientos y reducir el número de fallas en periodo de cosecha es que se diseña un plan de mantenimiento preventivo. Es importante citar aquí que por el tipo de industria se deben seguir ciertos lineamientos con respecto a los tiempos de procesamiento del café, y es de suma importancia que el equipo se encuentre disponible en el momento que se requiera. Esto debido a que un paro no planeado, finalmente, se puede reflejar en la calidad de taza de café que se obtiene, lo cual no es deseado.

Al implementar un plan de mantenimiento, se garantiza mejorar el funcionamiento del equipo. Se trata de evitar una falla de algunas horas con el simple hecho de una inspección visual antes de poner el equipo en marcha, se puede identificar los equipos que presenten problemas con mayor facilidad, se estandarizan las acciones de mantenimiento durante ambos periodos de tiempo antes citados, además se logra aumentar la vida útil de los componentes de los equipos. Todo lo anterior se traduce en una reducción de costos por concepto de mantenimiento.

## 6.4. Situación Actual

Como ya se ha dicho, el beneficio no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, por lo que se debió asignar a un técnico específico para cada tipo de máquinas. Debido a la experiencia que cada una de ellos ha adquirido con el tiempo en que logran desempeñarse ahí, sin embargo esto no es bueno, ya que hace a cada técnico indispensable. Sin él, el tipo de máquina que tiene a cargo no recibirá el mantenimiento adecuado. Es decir, los procedimientos no están estandarizados, en su lugar se tiene a un técnico el cual sabe cuáles son las labores que se deben realizar según sea su tipo de máquina a cargo.

Además la ausencia de un manual de mantenimiento preventivo que especifique las labores y frecuencias de mantenimiento hace que esta labor se realice basado en conocimiento empírico, en muchos casos realizando las labores inadecuadas y de forma incompleta.

## 6.5. Marco Teórico

### 6.5.1. ¿Qué es el Mantenimiento?

Se dice que es “el conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados”<sup>1</sup>.

Como todos sabemos, los equipos no pueden permanecer funcionando de la mejor forma por sí solos, para ello es que existe un grupo de personas que deben hacerse cargo de esa tarea tan importante. Dicho grupo de trabajo se llama departamento de mantenimiento.

---

<sup>1</sup> L.A. Cuartas.

### 6.5.2. Objetivos del Mantenimiento

Como premisa, se tiene que el mantenimiento industrial debe cumplir con dos objetivos principales, los cuales son la reducción de costos de producción y garantizar la seguridad industrial.

#### 6.5.2.1. Reducción de costos de producción

En este punto se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Optimizar la disponibilidad de los equipos según lo requiera la producción.
- b. Se quiere lograr una reducción de los costos de las paradas de producción ocasionadas por una falla en el equipo.
- c. El incremento de la vida útil de los equipos.

Se puede decir que la planificación del mantenimiento reduce los costos de operación y reparación de los equipos. Además, los programas de ajuste, limpieza y sobre todo lubricación, se ven reflejados en una reducción del consumo de energía y a su vez un aumento en la calidad de los productos.

#### 6.5.2.2. Seguridad Industrial

Sin duda y desde este punto de vista, podemos decir que el objetivo más importante es garantizar la seguridad en la operación y manejo de los equipos.

Entonces, para que el mantenimiento logre cumplir con sus dos principales objetivos, es necesario que el departamento logre realizar algunas funciones específicas tales como:

- a. La administración del personal.
- b. Programación de los trabajos.
- c. Identificar y establecer medidas para sacar de producción aquellos equipos que presentan costos de mantenimiento muy elevados.

- d. Suministrar al personal la herramienta adecuada y necesaria para la realización de sus funciones.
- e. Levantar y actualizar constantemente las listas de repuestos y lubricantes.
- f. Capacitar al personal sobre todo lo relacionado a la seguridad ocupacional.
- g. Desechar adecuadamente los desperdicios y tratar el material recuperable.

### 6.5.3. Mantenimiento Preventivo

Tal y como es de suponerse basándose en lo que a primera impresión sugiere su nombre, el mantenimiento preventivo tiene la idea de prever una falla, es decir anticiparse a una falla que pueda ocurrir en una máquina o equipo. Este tipo de mantenimiento tiene su importancia en realizar inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo sufren desgastes de forma desigual y se deben atender dichos desgastes para lograr un buen funcionamiento.

Este tipo de mantenimiento se basa en un programa de actividades, principalmente de inspección y lubricación, con el fin de adelantarse a las posibles fallas de los equipos. Alojados en esta filosofía de este mantenimiento, diseñar un Programa de Mantenimiento abarca desde determinar los equipos a los cuales se les incluirá en el programa, hasta definir las actividades que deben realizar, su correspondiente periodo y el responsable.

Se puede concluir que un Plan de Mantenimiento Preventivo trata la descripción detallada de las tareas de Mantenimiento Preventivo relativas a un equipo, en el cual se explica detalladamente las acciones, plazos y recambios a utilizar. Se puede decir en forma general que consiste en tareas de limpieza, comprobación, ajuste, lubricación y sustitución de algunas piezas.

#### 6.5.3.1. Ventajas del Mantenimiento Preventivo

Esta filosofía de mantenimiento cuenta con algunas ventajas respecto a las otras filosofías que se tratarán más adelante, dichas ventajas se muestran a continuación.

- a. Aumento de la confiabilidad: Los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, debido a que se conoce sus condiciones de funcionamiento.
- b. Reducción de tiempos muertos: Se reduce el tiempo en el que los equipos se encuentran parados a causa de una falla.
- c. Vida útil más larga: El equipo se conserva por más tiempo en condiciones óptimas.
- d. Adecuada distribución de las cargas de trabajo: Debido a una adecuada planeación de las actividades.
- e. Reducción de costos: Con un Plan de Mantenimiento Preventivo se obtiene experiencia en la determinación de causas repetitivas.

#### 6.5.3.2. Fases del Mantenimiento Preventivo

- a. Inventario técnico, con manuales, planos y características de equipos.
- b. Procedimientos técnicos, manual de trabajos a efectuar periódicamente.
- c. Indicación de frecuencias de trabajo.
- d. Registro de reparaciones para mejorar la planificación.

#### 6.5.4. Otros Tipos de Mantenimiento

Además del mantenimiento preventivo citado anteriormente, existen otras filosofías de mantenimiento, a continuación se describen brevemente.

- a. Mantenimiento Correctivo: Está enfocado a la corrección de una falla que se presente en determinado momento.
- b. Mantenimiento Predictivo: Es una técnica que permite pronosticar el punto futuro de falla de un componente de un equipo, mediante mediciones o ensayos no destructivos.



- c. Mantenimiento Productivo Total (TPM): El TPM se considera como un conjunto de prácticas de manufactura que genera una relación directa entre los departamentos de Mantenimiento y Producción. Es una estrategia que se basa en la filosofía de mejora continua y trabajo de equipo que genera un sentido de propiedad en los operadores de cada máquina, así como todos los que pertenecen al personal de mantenimiento que se vean involucrados en el proyecto de TPM.
- d. Mantenimiento Autónomo: Está enfocado a los operarios de una planta, se conforma de un grupo de actividades que realizan los operarios para cuidar su área de trabajo, maquinaria, calidad de lo que fabrican y seguridad. Es uno de los pilares en los cuales está basado el TPM.
- e. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM): Consiste en determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos y manejar las consecuencias de sus fallas.

#### 6.5.5. Equipo del Beneficio

El beneficio cuenta con diferentes equipos, los cuales, en temporada de cosecha, realizan labores diferentes cada uno de ellos. A continuación se listan los equipos existentes.

##### 6.5.5.1. Escurreidores:

En este equipo el café en fruta procedente de los sifones recolectores, luego de ser lavado se deja escurrir en este equipo, y a la vez, por medio de dos aspas dosifica el café a los chancadores de primera por medio de un transportador.

##### 6.5.5.2. Chancadores:

Este equipo es utilizado para el despulpado del café. Dicho proceso consiste en el desprendimiento de la pulpa del café, esto ocurre al comprimir los frutos en el espacio conformado por el pechero y los dientes de la camisa. Por la comprensión del fruto y

el raspado de la pulpa por los dientes de la camisa, producto del movimiento giratorio del cilindro, los granos se sueltan.

#### 6.5.5.3. Cribas:

La criba es una máquina clasificadora, cuando el café pasa por los chancadores de primera, dentro del café ya despulpado se pasan granos que por su tamaño o diferentes situaciones no fueron despulpados, la criba se encarga de dicha clasificación mediante un cilindro de varillas con separación calibrada y un helicoidal en la parte interna. Esto hace que los granos despulpados salgan por las varillas calibradas y los que no han sido despulpados sean transportados por el interior de la criba a un proceso de repaso en otros chancadores con una calibración diferente.

#### 6.5.5.4. Desmucilagadoras Delva's:

Desmucilagadora elevadora vertical ascendente, este equipo se encarga de desprender el mucilago del café, mediante una fuerza centrífuga y una dosificación mínima de agua a contra flujo. El café ingresa por la parte inferior de la Delva, mediante el giro del eje el café sube y junto con la dosificación de agua y dicha fuerza, el mucilago desciende y se acumula alrededor del cobertor mientras que los granos son extraídos en la parte superior.

#### 6.5.5.5. Presecadora:

Luego del desprendimiento del mucilago, el café debe ser lavado nuevamente y ahí inicia el proceso de secado. En este equipo primeramente se recibe el café, se lava mediante unas paletas giratorias que además lo impulsa para ser escurrido por medio de una malla y un flujo de aire, luego se transporta a una mesa oscilante que en el inferior provee aire caliente, impulsado por un ventilador centrifugo. Con ese aire caliente el café recibe el presecado y luego continúa hacia las secadoras verticales o las secadoras Berico.

#### 6.5.5.6. Secadora Vertical:

Este equipo se encarga de eliminar la humedad del café mediante un flujo de aire caliente. En este caso el aire caliente, impulsado por un ventilador centrífugo sube por el interior de la secadora mientras que el café cae desde la parte superior de la secadora. Para elevar el café la secadora dispone de unos bolillos, los cuales llevan el café a unos transportadores de tipo helicoidal y mediante un elevador de canchales se vuelve a llevar el café a la parte superior para repetir el proceso.

#### 6.5.5.7. Secadora Berico:

Este equipo funciona bajo el mismo principio de la secadora vertical, la diferencia es en el tipo de generación del aire caliente, las Berico cuentan con un horno de biomasa independiente para cada de ellas.

#### 6.5.5.8. Secadora Horizontal tipo Guardiola:

Este equipo es un cilindro con un montaje horizontal, el cual cuenta con compuertas para el ingreso y despacho de café, funciona mediante el ingreso de aire caliente y la repartición uniforme de dicho aire mediante una distribución de baffles en la parte interior del cilindro. En este equipo se le da el punto óptimo de humedad para el almacenado del café.

#### 6.5.5.9. Alimentador de Cascarilla:

La función de este equipo es proveer de cascarilla, la cual se usa como biomasa, a los hornos de las presecadora y las verticales, mediante el uso de un vibrador y un ventilador centrífugo.

#### 6.5.5.10. Despergaminadora:

Luego del proceso de secado, el café queda en “pergamino”, es decir con la cascarilla seca. Dicha cascarilla debe ser retirada para los procesos siguientes. Este equipo se encarga de desprender el pergamino y separarlo del grano, y es llamado café en “oro”.

## **6.6. Desarrollo del proyecto**

Debido a que en secciones anteriores se procedió a realizar la codificación de los equipos, así como el diseño y elaboración del sistema para el control de trabajos de mantenimiento, en esta sección se omiten dichos tópicos y se enfoca exclusivamente al Plan de Mantenimiento Preventivo.

La primera fase consistió en la determinación de los encargados de realizar los trabajos de mantenimiento según el tipo de maquinaria, ya que en el beneficio se tiene un técnico encargado para cada tipo de equipo con que se cuenta. Luego se procedió a realizar un encuentro con cada uno de ellos para determinar las características de la máquina, si existen manuales y extraer toda aquella información que pueda suministrar cada uno de esos técnicos, producto del conocimiento que ha adquirido con el tiempo de trabajo dedicado a cada máquina.

Es importante aclarar aquí que no se puede hacer uso de historiales de fallas o algún documento que permite el análisis para obtener información acerca de las fallas más frecuentes en cada equipo, debido a que no existen. No se lleva un control del mantenimiento, por lo que este plan estará basado en lo que puedan aportar los técnicos, algunos manuales de maquinaria y el criterio del diseñador.

## **6.7. Valoración de la antigüedad de los equipos**

Es importante citar aquí que la mayoría de los equipos con los que se trabaja son antiguos, además el beneficio ha sufrido transformaciones a lo largo de los años por lo que placas de equipos, stickers con información importante, entre otras cosas, han desaparecido producto de la pintura y el tiempo. Debido a esto y a la forma monótona de realizar el trabajo, los equipos no se encuentran en su mejor forma. Además, han sido reconvertidas o rediseñadas en algunos casos sin guardar la documentación debida. También debido a la rotación del personal y las jubilaciones, los manuales originales de los equipos han partido junto con el personal, por lo que no se puede contar con ellos.

## **6.8. Descripción y Estudio Técnico de los Equipos**

En lo que respecta a la descripción de los equipos, ya se realizó en la sección del marco teórico de este capítulo. Sin embargo se debió realizar un estudio para cada una de las máquinas, lo que se realizó en un formato tipo ficha técnica de los equipos. Esta no se encontraba disponible en la empresa y es de vital importancia tanto para este punto como para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento.

Una vez realizada la investigación, el paso siguiente fue el diseño del PMP. Como ya sabemos, anteriormente se procedió a realizar la codificación, la cual coincide con la base de datos y es de suma importancia para la elaboración del PMP.

Ya con la codificación diseñada se procedió a determinar las correspondientes actividades de mantenimiento para cada equipo, por consiguiente definir las actividades de mantenimiento del PMP.

## **6.9. Determinación de los Equipos**

Los equipos destinados a formar parte del PMP son los equipos mecánicos pertenecientes a cada una de las secciones que forman parte del proceso productivo, las cuales se encuentran en la sección de codificación de este documento.

## **6.10. Trabajos a Realizar Según Sección**

Para esta sección se tomó en cuenta principalmente los criterios del personal encargado del mantenimiento, debido a que por la antigüedad de los equipos y las reestructuraciones en el Beneficio no se logró encontrar manuales originales de los equipos, así como el criterio y las opiniones del diseñador.

Se debe hacer saber que por ser un tipo de empresa de “temporada”, se cuenta con dos periodos de tiempos en los que el mantenimiento que se realiza es diferente, por lo que cuando se realice el diseño de los manuales se debe tomar en cuenta esta consideración. Además, haciendo un enfoque a la filosofía de Mantenimiento Autónomo, con el fin de hacer que el operador del equipo durante el periodo de

cosecha, se sienta parte de su máquina y también para el mejor aprovechamiento del recurso humano, se diseña el manual de mantenimiento para el periodo de cosecha tomando en cuenta dicha filosofía, es decir utilizando el operador para que realice funciones verificaciones y algunas otras funciones de mantenimiento.

A continuación se muestra una lista de las principales actividades definidas para realizar las acciones de mantenimiento:

#### 6.10.1. Despulpado (01)

##### 6.10.1.1. Chancadoras (CH)

- a. Verificar si existen elementos extraños en la tolva.
- b. Verificar el ajuste de la camisa con el pechero.
- c. Verificar desgaste y alineación de la transmisión, los rodamientos y el eje.
- d. Sustituir el pechero y la camisa.
- e. Revisión del estado de la tolva.
- f. Limpieza general de la máquina.
- g. Verificar el estado general de la pintura.
- h. Reparar y/o sustituir lo que se considere necesario.

##### 6.10.1.2. Cribas (CR)

- a. Verificar desgaste y alineación de la transmisión, los rodamientos y el eje.
- b. Revisar los espacios de separación entre las varillas.
- c. Verificar el estado de la pintura (corrosión).
- d. Limpieza general de la máquina.
- e. Cubrir los elementos más propensos a oxidación.
- f. Reparar y/o sustituir lo que se considere necesario.

##### 6.10.1.3. Separadora (SP)

- a. Verificar desgaste y alineación de la transmisión, los rodamientos y el eje.
- b. Revisar la tensión de las fajas.

- c. Revisar los espacios de separación entre las varillas.
- d. Revisar el desgaste de las pletinas y el estado de la pintura (corrosión).
- e. Limpieza general de la máquina.
- f. Reparar y/o sustituir lo que se considere necesario.

#### 6.10.1.4. Escurreidores (ES)

- a. Verificar desgaste y alineación de la transmisión, los rodamientos y el eje.
- b. Revisar la tensión de las cadenas.
- c. Revisar el estado de la malla.
- d. Lavar y limpiar la malla.
- e. Revisar el estado de las paletas.
- f. Revisar el estado general del escurridor y pintar las partes que se consideren.
- g. Reparar y/o sustituir lo que se considere necesario.

#### 6.10.2. Desmucilaginado (02)

##### 6.10.2.1. Desmucilagadoras “DELVA’s” (DV)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y los ejes.
- b. Revisar el estado del retenedor del rol inferior.
- c. Revisar la tensión de las fajas.
- d. Revisar el filtro de suministro de agua.
- e. Verificar el estado de los conductores y alimentadores.
- f. Pintar las partes necesarias.
- g. Lavar el equipo.

#### 6.10.3. Pre-secado (03)

##### 6.10.3.1. Barco (BA)

- a. Verifique el estado estructural del barco. Reparar si es necesario.
- b. Verifique el estado de las compuestas del tornillo sin fin.

- c. Compruebe el estado general del barco y pinte las partes que considere necesarias.

#### 6.10.3.2. Pre-secadora (PS)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y los ejes.
- b. Verificar el desgaste de los hules de las paletas.
- c. Revisar la tensión de las fajas.
- d. Verifica el estado general del equipo (corrosión, malla rota).
- e. Verificar los ductos de aire caliente y los acoples de los mismos.
- f. Verificar el estado de los abanicos y su carcaza.
- g. Lavar y pintar las partes críticas.

#### 6.10.4. Secado (04)

##### 6.10.4.1. Secadora Vertical (SV)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y los ejes.
- b. Revisar la tensión de las cadenas.
- c. Verificar el estado de los ductos y los aislantes.
- d. Verificar el estado de los abanicos y su carcaza.
- e. Revisar el estado de la estructura de la secadora, verificar si existe oxidación. Reparar si es necesario.
- f. Verificar el estado de la malla.
- g. Lavar y pintar las partes más críticas.

##### 6.10.4.2. Secadora Berico (SB)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y ejes.
- b. Revisar la tensión de las cadenas.
- c. Verificar el estado de los ductos y los aislantes.
- d. Verificar el estado de los abanicos y su carcaza.



- e. Revisar el estado de la estructura de la secadora, verificar si existe oxidación. Reparar si es necesario.
- f. Verificar el estado del horno, los tubos de los intercambiadores y grietas.
- g. Verificar el estado de la malla.
- h. Lavar y pintar las partes más críticas.

#### 6.10.4.3. Guardiolas (GU)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y los ejes.
- b. Revisar la tensión de las cadenas y bandas (en las que aplique).
- c. Verificar el estado de los engranes y corona.
- d. Verificar el estado de los ductos y los aislantes.
- e. Revisar el estado de baffles deflectores de aire.
- f. Verificar el funcionamiento de las compuertas de llenado.
- g. Verificar el estado de las mallas.
- h. Limpiar y pintar las partes que así lo requieran.

#### 6.10.5. Pelado (05)

##### 6.10.5.1. Despergaminadora (DP)

- a. Verificar desgaste y alineación de las transmisiones, los rodamientos y los ejes (huellas a la altura del rodamiento)
- b. Revisar la tensión de las bandas.
- c. Revisar la mazorca, y las placas trilladoras.
- d. Verificar el estado de los ductos y abanicos.
- e. Revisar el estado de la pintura, lavar y pintar según sea necesario.

### **6.11. Manual de Mantenimiento Preventivo**

Como parte del Plan del Mantenimiento Preventivo se diseñó un manual para la realización de dichas tareas.

Este manual fue confeccionado con ayuda de manuales de equipos similares, ya que los originales no se encuentran disponibles debido a la antigüedad del equipo. También, se recurrió al conocimiento adquirido en el beneficiado de café por parte del diseñador, además de la información y las visitas realizadas a los mecánicos y ayudantes en el lugar de trabajo. Luego de ese proceso de investigación se identificó que se debía realizar dos manuales completamente diferentes, uno para el mantenimiento preventivo en el periodo después de la cosecha y otro para el periodo durante la cosecha.

Estos manuales se encuentran disponibles en la sección de apéndices (apéndice 3) de este documento.

### **6.12. Plan de implementación**

En los inicios de un PMP, es lógico que conlleva una serie de costos asociados a la implementación. También es probable que se presenten problemas de adaptación con el personal. Sin embargo no debemos olvidar que el mantenimiento y un adecuado PMP son indispensables para lograr una ventaja competitiva.

Es de suponer que el éxito de un PMP depende de la intensidad, empeño y seriedad con que sea aplicado, por lo que se debe asegurar que el personal se identifique y tome la seriedad del caso para con el PMP.

#### **6.12.1. Recomendaciones para la Implantación de PMP.**

Para lograr una adecuada implementación del PMP se aconseja seguir las siguientes recomendaciones:

#### 6.12.1.1. Generales

- a. Se debe contar con un encargado inicial, el cual se haga responsable de que el programa funcione correctamente desde un inicio.
- b. Se debe velar que los técnicos apliquen las instrucciones de forma correcta y completen la información adecuadamente para los posteriores análisis de fallas, por ejemplo.
- c. Reunir la información en un solo lugar, con el fin de realizar consultas de forma rápida, ordenada y de forma eficiente.
- d. Se debe tener claro que se debe recurrir a algún tipo de capacitación al personal, dejando en claro la importancia del mantenimiento así como las nuevas funciones que tendrá el personal.
- e. Contar con los requerimientos necesarios (personal, herramienta, repuestos, equipo de seguridad), con el fin de realizar la reparación de la forma más rápida y segura para el personal.
- f. Se debe ajustar y actualizar a lo largo del tiempo el PMP. Se aclara en este punto que el PMP propuesto considera aspectos básicos con el fin de iniciar la cultura de mantenimiento en el personal de la cooperativa y lograr una evolución en el mantenimiento, e ir poco a poco considerando e implementando aspectos nuevos conforme el personal y la cultura de la empresa va incrementándose en lo que a las filosofías de mantenimiento se trata.

#### 6.12.1.2. Aplicación

Al iniciar el programa se deben realizar varias acciones que ayuden a lograr una correcta aplicación del PMP, a continuación se citan algunas recomendaciones para este propósito.

- a. Es necesario informar a todo el personal sobre la implantación de dicho programa, el fin de esto es lograr que todo el personal esté al tanto del PMP.

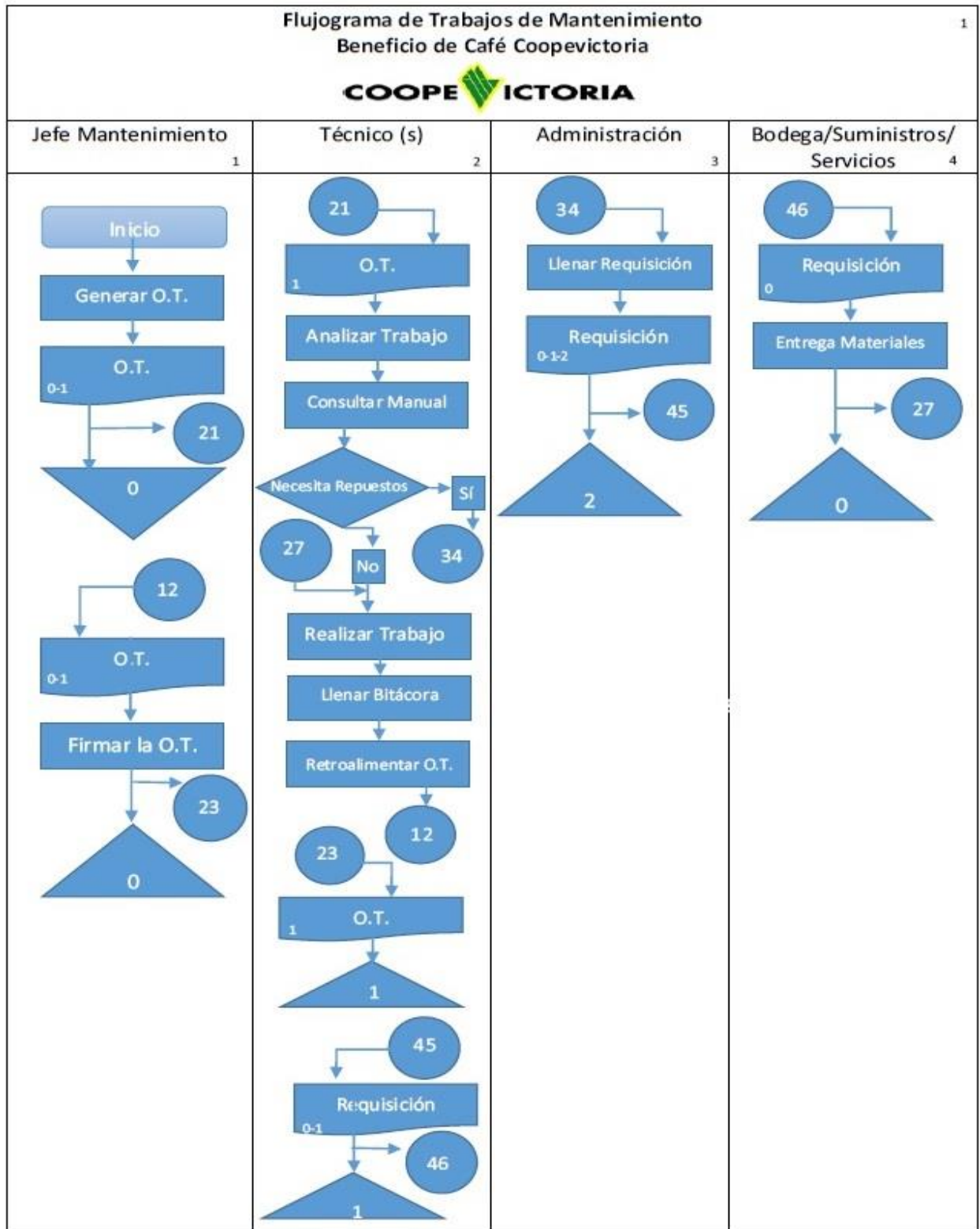
- b. Se debe entrenar sobre la aplicación de los manuales de mantenimiento a todo el personal relacionado.
- c. Se recomienda darle un seguimiento al programa e ir modificando frecuencias de inspección, tiempos o dosificaciones, hasta lograr un ajuste adecuado del programa.

### **6.13. Flujograma Trabajos de Mantenimiento**

Basados en los procesos y procedimientos existentes en la empresa, se acopló el proceso de realización de una orden de trabajo de mantenimiento a los trámites y requerimientos existentes. A continuación se muestra el diagrama de flujo propuesto para la implementación del programa de mantenimiento, manuales y la base de datos diseñada.

Este proceso es clave para lograr complementar la implementación de un PMP.

**Cuadro 6-1.** Flujograma para los Trabajos de mantenimiento (Fuente: Elaboración Propia).



#### **6.14. Documentación**

Como es de nuestro conocimiento, el manejo de documentación de mantenimiento en esta empresa era inexistente, se dispuso a la elaboración de dichos documentos.

Primeramente en la realización de base de datos se consideraron aspectos que ya se sabía iban a ser importantes para el PMP, como es el caso de la Orden de Trabajo y el Historial de Reparaciones que se encuentran disponibles en el capítulo 4 de este documento (Base de datos). Además, se realizó el listado general de las máquinas a las cuales se les aplica el PMP diseñado y los manuales de mantenimiento preventivo.

Un documento muy importante diseñado fue la ficha técnica de cada uno de los equipos, el cual resume los componentes y elementos más importantes, así como sus parámetros de funcionamiento. Dicho documento es de agrado para los mecánicos y técnicos por la cantidad de información que reúne y su fácil acceso. En la sección de apéndices (apéndice 2) se muestra la totalidad de las fichas técnicas.

#### **6.15. Normas e Instrucciones de Seguridad**

Según se dijo anteriormente, uno de los objetivos del plan de mantenimiento preventivo es también preservar la seguridad del operario y/o técnico. Por tal razón se deben indicar también las normas de seguridad y algunos cuidados esenciales que se deben tener al realizar las inspecciones y las reparaciones.

Se mencionan a continuación algunos aspectos que aseguran la seguridad en la realización de las labores de mantenimiento.

- a. El acceso al equipo solo se debe permitir a personal calificado y con el conocimiento adecuado.
- b. Se deben respetar siempre las reglas de seguridad ocupacional a nivel de la empresa, las cuales resumen el uso de guantes, casco, zapatos con suelas aislantes, vestuario adecuado.

- c. Se recomienda delimitar el área de trabajo, por ejemplo biombos de seguridad, cinta con su respectiva rotulación o barreras de plástico.
- d. Se debe suponer siempre que los equipos se encuentran energizados, por lo que se debe inspeccionar este punto realizando una prueba con un medidor adecuado o una inspección visual que evidencie una condición segura de trabajo.
- e. Se debe realizar algún tipo de indicación en los paneles eléctricos con el fin de informar al resto del personal que no se debe manipular el elemento señalado ya que se encuentra en mantenimiento, y evitar así una puesta en marcha de ese equipo que ponga en riesgo la seguridad. Estas marcas solo deben ser retiradas por la misma persona que la colocó.

## 6.16. Conclusiones

- Se diseñó un plan de mantenimiento preventivo para el beneficio de café.
- Se realizó una ficha técnica para cada uno de los equipos en uso del beneficio de café.
- Se diseñaron manuales de mantenimiento preventivo para los periodos de cosecha y postcosecha.



### **6.17. Recomendaciones**

Para la elaboración de este PMP se ha realizado el estudio de la situación actual de la empresa, por lo que se ha definido en dicho plan las primeras pautas necesarias para el inicio de un programa de mantenimiento que, prácticamente, parte desde cero.

Es por esto que se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El programa de mantenimiento se debe ajustar con el paso del tiempo, así como actualizar los manuales de mantenimiento.
- Impulsar en el personal la importancia y beneficios que tiene consigo el programa de mantenimiento.
- Someter el plan de mantenimiento constantemente a análisis de mejoras que se le pueden realizar.

## Capítulo 7

### 7. Diseño del Plan de Lubricación

---

#### 7.1. Introducción

Este proyecto consiste en el diseño de un programa de lubricación para el equipo del Beneficio de Café de Coopevictoria R.L. El programa se orienta al personal de mantenimiento específicamente al sector mecánico, quienes son los encargados de los procesos de lubricación en el beneficio actualmente. Con dicho plan se pretende lograr que la tarea de lubricación se realice de forma más eficiente y adecuada.

Para la elaboración de este plan, es indispensable la información brindada por los fabricantes, ya que son ellos quienes diseñan y ensamblan los rodamientos. En los casos en que no sea posible la utilización de esa información se recurrirá a técnicas de cálculos o incluso el conocimiento empírico desarrollado por el personal. También se propone un sistema para la identificación adecuada de los puntos de lubricación y los lubricantes, esto para lograr un mejor manejo a la hora de realizar la función de lubricación y evitar confusiones.

Como parte importante de este capítulo se presenta un manual de lubricación, ya que actualmente los procedimientos no se encuentran estandarizados y la tarea de lubricación se realiza de forma empírica y “apagando incendios” en muchos casos.

#### 7.2. Planteamiento del Problema

El Beneficio no cuenta con un plan de lubricación definido, en el cual se especifique frecuencia, cantidades y lubricantes. Sin embargo, esta función está a cargo de un mecánico que la realiza de forma empírica. Se obtiene, en unos casos, una lubricación deficiente, y en otros, una sobrelubricación.

### **7.3. Situación Actual**

Actualmente, la lubricación se realiza sin ninguna guía especializada y diseñada conforme los requerimientos de los mecanismos de los equipos. Se realiza de forma empírica, lo que provoca engrases y lubricaciones deficientes y además en algunas ocasiones se debe relubricar algún equipo ya que cuando se realizó la lubricación, esta se llevó a cabo de forma incorrecta y entonces el equipo presenta sonidos y condiciones anormales durante el trabajo, cosa que no debería de suceder.

### **7.4. Justificación**

Con el fin de estandarizar procedimientos y reducir el número de fallas en periodo de cosecha debido a una lubricación incorrecta, así como el uso racional de los recursos económicos, que correspondería en este caso a los lubricantes, toallas, engrasadoras, entre otros consumibles utilizados en este proceso, es que se desea realizar el diseño y la implementación de un plan de lubricación adecuado para el equipo y sus requerimientos.

### **7.5. Marco Teórico**

#### *7.5.1. Tribología y Lubricación*

La palabra tribología proviene del griego “tribos” que significa fricción, rozamiento y logos que significa estudio. De manera formal, se define a la tribología como la ciencia y tecnología de la fricción, desgaste y lubricación. También se dedica a la investigación o estudio de los fenómenos que se producen cuando dos superficies deben moverse una sobre otra, dichas investigaciones se han venido realizando desde tiempos antiguos, e incluso sus aplicaciones se han implementado desde la prehistoria, cuando se utilizaban técnicas primitivas para el movimiento y levante de grandes cargas.

A nivel industrial, las aplicaciones que son más frecuentes e importantes son la tecnología de superficies y la lubricación. Con respecto a este documento, se tratará la lubricación.

Uno de los principales objetivos de la lubricación es reducir el rozamiento y el desgaste producido entre el contacto de superficies producido por rodadura o el deslizamiento. Además, protege de la corrosión y protege contra la contaminación de sólidos y líquidos. Es por eso que una de las tareas más importantes en el mantenimiento y conservación de maquinaria y equipos es la lubricación; y debe realizarse con una alta eficiencia y eficacia para lograr garantizar la confiabilidad de los equipos y logran sacar un mejor provecho de la vida útil de los mismos.

Se dice que un lubricante es una sustancia que se utiliza para reducir el rozamiento entre elementos de una máquina que presentan un movimiento relativo entre ellos. En la actualidad, debido a los avances en la tecnología y estudios realizados, los lubricantes han evolucionado y se espera que realicen funciones como sellar fugas, disipar el calor, limpieza de componentes, evitar la acción de los contaminantes, incluso para transferir grandes fuerzas, entre otras. Estas funciones se logran a base de aditivos, los cuales mejoran las propiedades del lubricante, permitiendo realizar las funciones citadas anteriormente.

Un lubricante cuenta con algunas propiedades, las cuales son claves a la hora de elegir un lubricante. Dichas propiedades se citan a continuación:

a. Viscosidad:

Esta propiedad indica que tan “ligero” o “pesado” es el lubricante en relación con la capacidad de fluir. Es decir, la oposición a fluir que presente. Esta propiedad, generalmente, se especifica para aceites lubricantes. Se debe tener presente esta propiedad, ya que si el aceite es muy “ligero”, no permanecerá el tiempo adecuado en las superficies a lubricar, pero en caso contrario, si es muy viscoso ocasionaría pérdidas de potencia ya que funcionaría como un freno para la máquina.

Algo muy importante con respecto a la viscosidad es el hecho que esta depende de la temperatura, se dice entonces que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura. A esta propiedad se le conoce como índice de viscosidad. Entonces, un

lubricante cuya viscosidad sea afectada poco por la temperatura, se dice que tiene un alto índice de viscosidad, mientras que otro que dependa mucho de la temperatura, tendrá un bajo índice de viscosidad.

La unidad de medida para la viscosidad cinemática es  $\text{mm}^2/\text{s}$  según ISO, conocido como cSt (Centistoke), o SUS (Saybolt Universal Seconds) en los Estados Unidos. Por lo general dichas pruebas de viscosidad se realizan a 40 y 100°C.

b. Consistencia:

Se refiere al grado de rigidez de una grasa. Se clasifica de acuerdo con el National Lubricating Grease Institute (NLGI). Esto es una escala aceptada universalmente e indica el grado de penetración, en décimos de milímetro, de un péndulo que se coloca sobre la grasa. A continuación se muestra un cuadro que resume los grados NLGI con la penetración.

**Cuadro 7-1.** Grados y Penetración Según NLGI (Fuente: Elaboración Propia).

Grado NLGI	Penetración: Cono de 150 g. Grasa a 25°C (0.1 mm)	Características
000	445 - 475	Semi-Líquida
00	400 - 430	Semi-Líquida
0	355 - 385	Semi-Líquida
1	310 - 340	Muy blanda
2	265 - 295	Blanda (autos, industria)
3	220 - 250	Liviana
4	175 - 205	Mediana
5	130 - 160	Pesada
6	85 - 115	Bloque

La consistencia de la grasa no tiene nada que ver con la viscosidad del aceite que contiene, es común la fabricación de grasas de consistencia NLGI 000 con aceites espesos.

c. Capacidad de formación de película:

Los factores más importantes del espesor de la película son la velocidad de rodadura, deslizamiento, temperatura y viscosidad.

d. Estabilidad térmica:

El lubricante cuando se encuentra en funcionamiento se ve sometido a cambios bruscos de temperaturas, lo que provoca que el lubricante se degrade de forma progresiva, cambie de color, presente precipitaciones de lodos y por consiguiente la pérdida de sus atributos lubricantes.

e. Resistencia a la oxidación:

Corresponde a una aptitud del lubricante para mantenerse estable en presencia de oxígeno. Cualquier sistema de lubricación está en contacto de aire, dicho aire cuenta con un porcentaje de humedad. Y se obtiene una combinación de oxígeno, humedad y aceites base, lo que produce reacciones química a lo interno del lubricante, las cuales lo degradan, si este no fuese resistente a la oxidación.

f. Punto de Inflamación:

Corresponde a la temperatura a la cual el lubricante se enciende cuando se le expone a una llama. Para esto existe un ensayo que consiste en calentar el lubricante en un recipiente, mientras se pasa una llama sobre la superficie de mismo, a muy poca distancia. Cuando se apaga el punto de ignición de las superficies es que se ha alcanzado el punto de inflamación. Si se continúa calentando el lubricante, se enciende y seguirá quemándose. La temperatura a la cual se quema es el punto de combustión diferente al punto de inflamación.

### 7.5.2. Grasas

Se definen como la dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido. Está compuesta por de una mezcla de hasta un 90% de aceite mineral sintético, además de un espesante. Un factor común en las grasas es que el espesante es un jabón del tipo metálico que se forma cuando el hidróxido de metal, reacciona con un ácido graso. Para la producción de diferentes grasas para aplicaciones específicas se puede variar el jabón, el aceite y los aditivos.

El espesante es una red de fibras de jabón, este actúa como un recipiente para el aceite lubricante. Las cavidades de esta red se llenan de aceite. Un fenómeno parecido ocurre cuando en los poros de una esponja cuando se llena de agua. El grado de rigidez de una grasa depende en gran medida del tipo y cantidad de espesante utilizado, como ya se mencionó esta propiedad se mide según la escala NGLI.

#### 7.5.2.1. Tipos de Grasa

Industrialmente, las grasas más comunes utilizan jabón de Calcio (Ca), Sodio (Na) y Litio (Li) como agentes espesantes, las características de estos tipos de grasas son las siguientes:

##### a. Grasas de Jabón de Calcio (Ca):

Este tipo de grasa presenta una estructura suave y una buena estabilidad mecánica. No se disuelve en agua y no se deben usar a temperaturas superiores a los 60 °C. Algunas presentan una buena protección contra el agua salina, por lo que es ideal para ambientes marinos. En conclusión, las grasas de calcio son baratas pero no resisten calor ni velocidad.

##### b. Grasas de Jabón de Sodio (Na):

También conocidas como grasa de sosa, se pueden usar en rangos de temperatura iguales a las de Calcio. Presentan buenas propiedades de adherencia y obturación. Además, proporcionan protección anticorrosiva, ya que logran absorber agua hasta cierto punto.

c. Grasas de Jabón de Litio (Li) simple:

Son similares a las grasas de calcio. Comparten muchas de las ventajas de las grasas de jabón de Calcio y Sodio, pero ninguna de sus desventajas. Tiene una buena capacidad de adherencia a los metales, excelente estabilidad en altas temperaturas, además son poco solubles en agua lo que garantiza excelentes condiciones de lubricación y protección anticorrosiva.

Este tipo de grasa es un poco más cara que las anteriores pero posee mayor resistencia al agua, temperatura y velocidad.

d. Grasas de Complejo de Litio (Li):

Son más caras en comparación a la de Sodio y Litio Simple, pero mucho más resistentes al lavado por agua y goteo por temperatura, además resisten mucho más la velocidad sin volar.

e. Grasas de Arcilla:

Son similares en costo al complejo de Litio, pero no tienen punto de goteo. No derriten, y tampoco se lavan con agua, por lo que son ideales para altas temperaturas y condiciones muy húmedas, pero tienen limitaciones a altas velocidades.

f. Grasas de Polyurea:

Son un poco más costosas que otras, se dice que son similares a las de complejo de Litio en lo que respecta a resistencia al agua y temperatura, pero mucho más resistentes a altas revoluciones.



### 7.5.2.2. Tipos de aditivos

Normalmente, una grasa deberá contar con algún tipo de aditivos para mejorar algunas de sus propiedades y lograr un mejor rendimiento. Seguidamente se presentan algunos de ellos.

- a. Antioxidante: Evita su oxidación y descomposición.
- b. Extrema Presión (EP): Son similares a los que encontramos en aceites de extrema presión o polares antidesgaste, usados en aceites hidráulicos para reducir el desgaste. También pueden tener molibdeno o grafito para mejorar sus características de fricción en cojinetes y superficies.
- c. Anticorrosivos: Aditivos polares que cubren las superficies y las protegen de corrosión.
- d. Pegajosidad: Aditivo cuya finalidad es mejorar su adherencia.

### 7.5.2.3. Selección de una grasa

Para la elección de una grasa se debe verificar que el aceite base ofrezca la viscosidad necesaria para lubricar de buena forma, a la temperatura de funcionamiento.

Una de las aplicaciones más común en la industria es la aplicación en rodamientos y los fabricantes especifican el tipo de grasa a utilizar. Sin embargo, si dicha información no se encuentra disponible se deben tomar en cuenta los siguientes factores para la adecuada selección de una grasa:

- a. Tipo de máquina
- b. Tipo y tamaño de rodamiento
- c. Temperatura de funcionamiento
- d. Condiciones de Carga (vibraciones, carga axial o radial)
- e. Velocidades de operación
- f. Eficiencia de obturación por parte del rodamiento

g. Ambiente externo

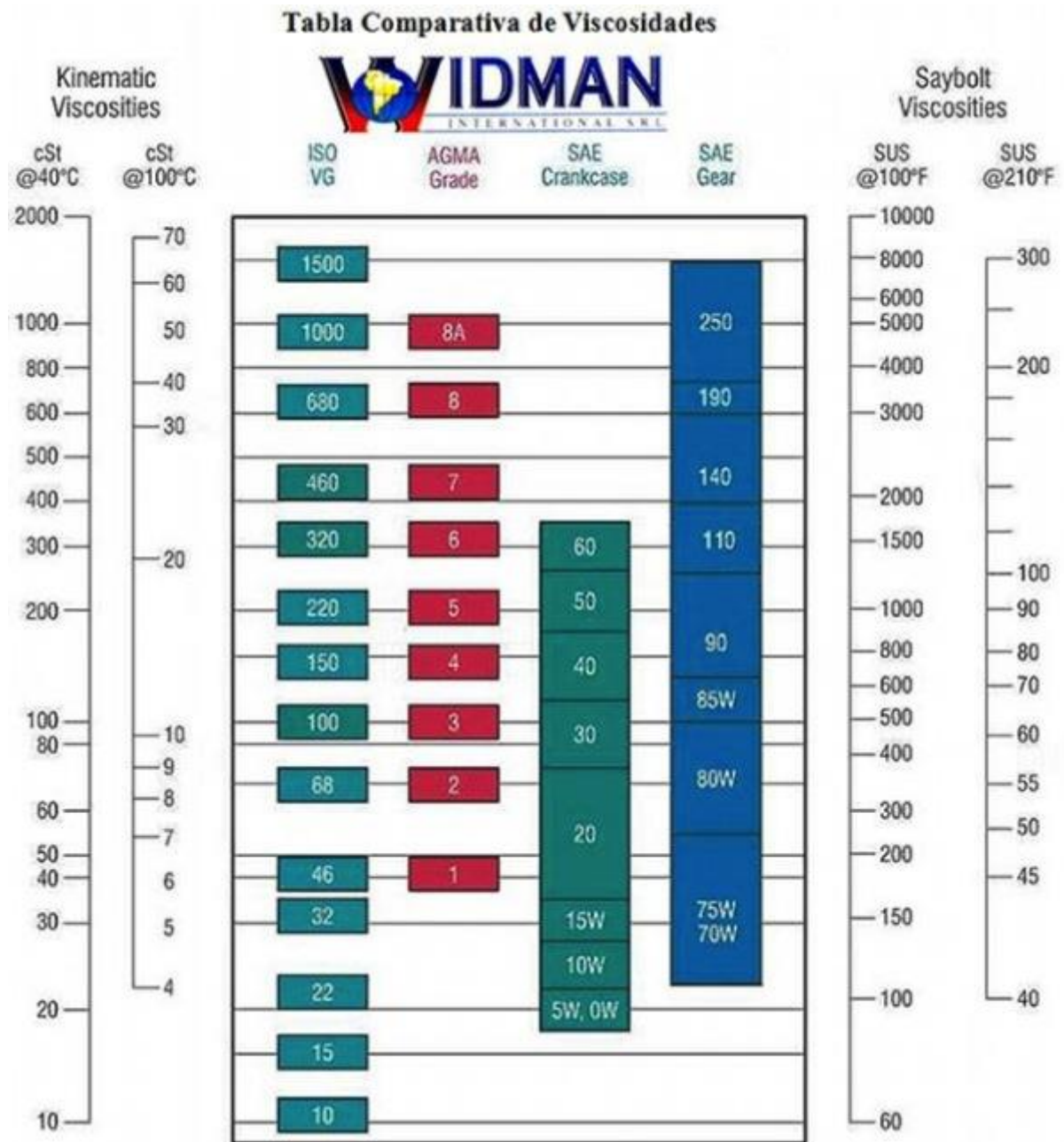
7.5.3. Aceites

Estos lubricantes pueden ser la base de las grasas, pero también, si se le aplica un tratamiento químico, pueden ser aplicados en su estado líquido.

Principalmente, la lubricación mediante aceite se utiliza cuando debido a las altas temperaturas de funcionamiento o las altas velocidades, no es posible la utilización de grasa. Otra aplicación es cuando se necesita disipar el calor generado por la fricción entre piezas mecánicas.

El aceite se elige con base en la viscosidad que se requiere para proporcionar una lubricación adecuada a las condiciones de trabajo. Las aplicaciones más frecuentes en la industria son en motores de combustión interna, rodamientos especiales, cajas de cambios y reductores de velocidad, entre otras.

Existen diferentes normativas para la clasificación de los aceites lubricantes, la más utilizada es la SAE, sin embargo existe también la AGMA y la API. A continuación se muestra un cuadro de equivalencias entre las normas, así como las viscosidades.



**Figura 7.1.** Tabla Comparativa de Viscosidades (Fuente: Equivalencia de viscosidad ISO y SAE).

### 7.5.3.1. Tipos de aceite

Pueden ser minerales o sintéticos. Los aceites minerales son extraídos del petróleo y están formados por largas cadenas de hidrocarburos, y pueden ser parafínicos, nafténicos o aromáticos. En la industria los más utilizados son los parafínicos.

Los aceites sintéticos son obtenidos por métodos químicos, ya que no existen en la naturaleza. A diferencia de los minerales presentan una estructura molecular definida y conocida, así como propiedades que son predecibles. Se clasifican en tres grandes familias que son: Polialfaolefinas, Alkilbenzenos y Esteres Orgánicos.

El componente que define el aceite es la base, ya que los aditivos se deterioran con el pasar del tiempo. En la siguiente figura se muestra la formulación de los tipos de lubricantes.



**Figura 7.2.** Formulación de los Lubricantes (Fuente: J. Mostacero).

#### 7.5.3.2. Selección de Aceite

Para la selección de un aceite lo más recomendable es consultar al fabricante, debido a que las piezas o la máquina fueron diseñadas para un tipo específico de aceite o al menos un rango de viscosidades, lo que ya nos da una idea del aceite a elegir. Además se deben considerar algunos aditivos necesarios para las aplicaciones, las cuales se indican por el fabricante.

#### 7.5.4. Tipos de lubricación

Existen diferentes tipos de lubricación, el punto para diferenciarlos es esencialmente la velocidad de la aplicación así como el nivel y tipo de carga. Los tipos de lubricación son:

#### 7.5.4.1. Lubricación Hidrostática

En la lubricación hidrostática la capa de lubricante se garantiza gracias al suministro de un fluido a presión en la zona de contacto, será esa presión exterior la encargada de mantener la separación de los dos cuerpos.

#### 7.5.4.2. Lubricación Hidrodinámica

Este régimen de lubricación se tiene cuando al girar el eje arrastra al aceite creando zonas de sobrepresión y de depresión. Llegando a un determinado momento, se crea una cuña hidrodinámica a presión que mantiene los dos lados separados sin ningún aporte de presión exterior.

#### 7.5.4.3. Lubricación Elastohidrodinámica

Este tipo de lubricación se genera en los contactos altamente cargados, pueden ser lineales (engranajes) o puntuales rodamientos de bolas, o consecuencia de las cargas elevadas en los contactos se tienen aumento de viscosidad en el aceite y deformaciones elástica en los cuerpos.

Es un estado de lubricación hidrodinámica que se caracteriza por la deformación elástica de las irregularidades de ambas superficies, debido a la carga que actúa sobre ellas. En este caso, la presión hidráulica de la película lubricante es lo suficientemente alta como para separarlas. Normalmente este tipo de lubricación se presenta para valores específicos de la película lubricante ( $\lambda$ ) por debajo de 1.5.

Donde:

$$\lambda = \frac{\text{Espesor mínimo de película}}{\text{Rugosidad de las superficies}}$$

**Ecuación 7-1.** Película de  
Lubricante

#### 7.5.4.4. Lubricación Mixta y Límite

En la lubricación elastohidrodinámica, el espesor mínimo de película depende de la viscosidad, de la velocidad y de la presión.

Si aumenta la presión, la película disminuye y se produce contacto metal – metal debido a las rugosidades y al espesor mínimo de la película de lubricante. Esta situación da lugar a la lubricación mixta.

#### 7.5.4.5. Lubricación seca

Se recurre a este tipo de lubricación cuando se tiene alguna de estas condiciones:

- Temperaturas elevadas
- Acceso difícil del lubricante líquido
- Cargas extremas con vibraciones
- Presencia de gases

Los lubricantes más utilizados para estos casos son el bisulfuro de molibdeno y el grafito, ya que ellas poseen un estructura molecular dispuesta en láminas superpuestas, similar a las hojas de resorte.

#### 7.5.5. Lubricación como elemento fundamental del Mantenimiento de Clase Mundial

Como ya es de nuestro conocimiento, la lubricación dentro de una industria es una de las tareas más importantes para la conservación de la maquinaria. La lubricación está presente en cada uno de los programas de mantenimiento preventivo de cualquier empresa. Sin embargo esta labor que parece muy sencilla de realizar, es asignada a personal sin experiencia y sin la adecuada capacitación. Paradójicamente, cuando este personal adquiere las destrezas y conocimientos y logra efectuar mejor su trabajo, es ascendido a otro puesto e iniciamos de nuevo el ciclo.

Para iniciar un plan de lubricación, se debe iniciar un proceso de reingeniería, se deben de evaluar las condiciones actuales, y realizando estudios que determinen en cuales área es necesario efectuar un rediseño, para efectuar estos rediseños se deben considerar los siguientes puntos:

- Selección de lubricante
- Compra de lubricante
- Almacenamiento
- Manejo de lubricantes (cambios, relleno y reengrase)
- Consolidación de lubricantes
- Programación de lubricación
- Análisis de aceite, si aplica
- Entrenamiento (buenas prácticas)
- Disposición de lubricantes usados y desechos

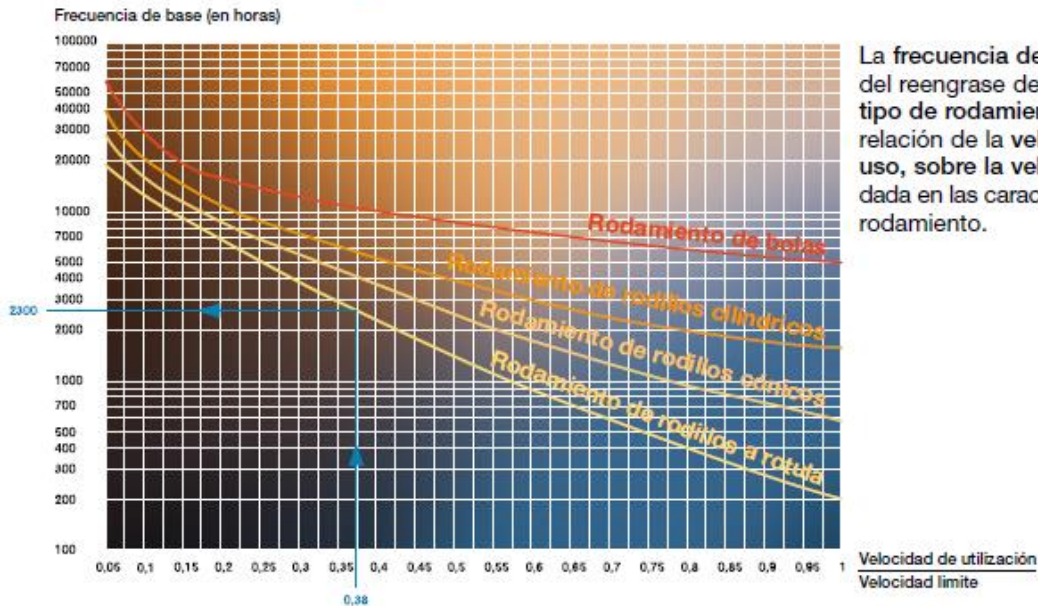
#### 7.5.6. Frecuencia de Lubricación y Cantidad de Lubricante

Para definir estos parámetros existen diferentes métodos, los cuales se indican en los manuales de los fabricantes. Sin embargo, el método más aconsejado es buscar la cantidad de grasa y la frecuencia de lubricación específica, indicada por el fabricante. Si dicha información no se encuentra disponible, esto se puede aproximar haciendo uso de los métodos de aproximación.

Estos procedimientos son muy similares y están todos basados en el tiempo de degradación de la grasa según sean las condiciones ambientales, la velocidad y tamaño del rodamiento (dimensiones internas del rodamiento). Estos procedimientos se pueden encontrar en manuales de las casa FAG, SKF o NSR Industry. A continuación se muestra uno de esos procedimientos extraído de un catálogo de Lubricación de NSR Industry. Como ya dijimos, todos los procedimientos tienen los mismos principios, se eligió mostrar este debido a los recursos gráficos que posee.



• Frecuencia de reengrase



Esta frecuencia de base debe ser corregida por los coeficientes siguientes en función de las condiciones del entorno particulares al mecanismo (polvo, humedad, golpes, vibraciones, eje vertical, temperatura de funcionamiento...) según la relación:  $F_c = F_b \times T_e \times T_a \times T_t$

Condiciones	Entorno	Aplicación	Temperatura		
	- Polvo - Humedad - Condensación	- Con golpes - Vibraciones - Eje vertical	Nivel	Para grasa estándar	Para grasa alta temperatura
Coeficientes	$T_e$	$T_a$	$T_t$		
Medio	0,7 a 0,9	0,7 a 0,9	75°C	0,7 a 0,9	-
Fuerte	0,4 a 0,7	0,4 a 0,7	75°C a 85°C	0,4 a 0,7	0,7 a 0,9
Muy fuerte	0,1 a 0,4	0,1 a 0,4	85°C a 125°C	0,1 a 0,4	0,4 a 0,7
	-	-	130°C a 170°C	-	0,1 a 0,4

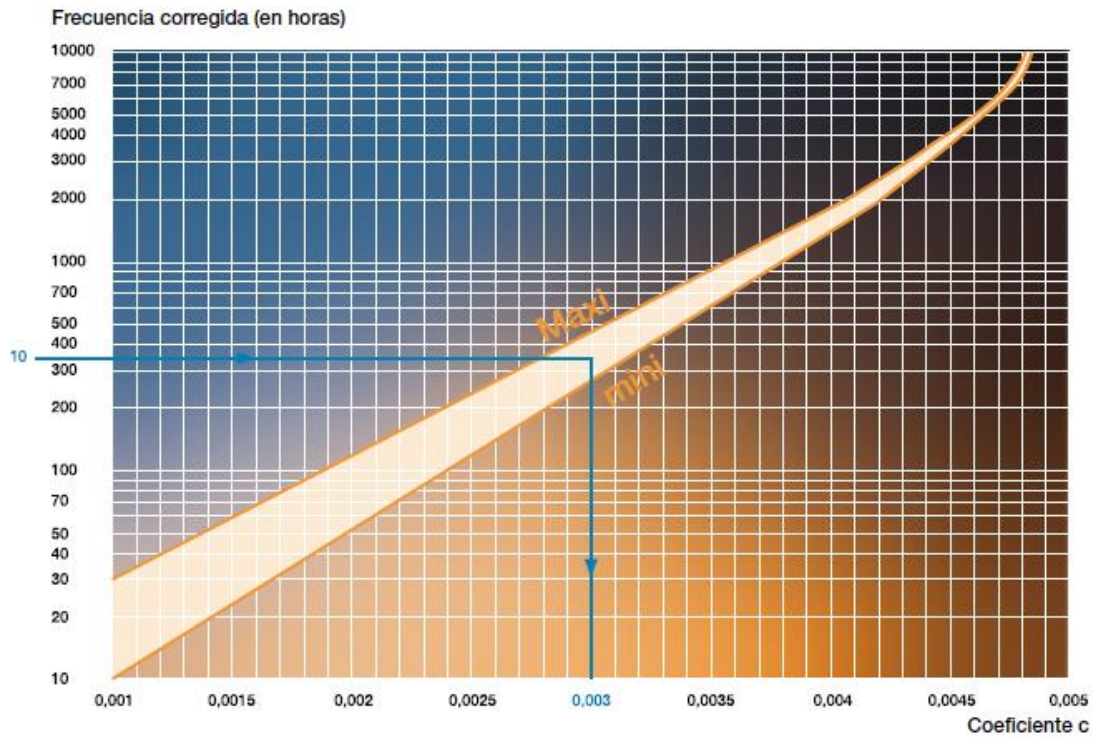
Figura 7.3. Frecuencia de Reengrase (Fuente: Manual de Lubricación SNR).



• **Peso de la grasa a renovar**

Esta frecuencia corregida permite determinar el peso de la grasa a poner, en función de:

- la anchura del rodamiento B,
- su diámetro exterior D,
- el coeficiente c leído en la curva siguiente por la relación  $P = D \times B \times c$ .



**Figura 7.4.** Cantidad de Lubricante (Fuente: Manual de Lubricación SNR).

Para dejar más claro el procedimiento se presenta un ejemplo, extraído también del manual SNR Industry.

**Ejemplo:** Un rodamiento 22212EA, engrasado con una grasa estándar, girando a 1500 r.p.m. en entorno pulverulento, a 90°C sin otros problemas de aplicación:

22212	=	Rodamiento de rodillos a rótula	
V límite	=	3900 r.p.m	
V utilización	=	1500 r.p.m	
			<b>Coefficientes</b>
			Te = 0,5 ----> polvo
			Ta = 0,9 ----> normal
			Tt = 0,3 ----> 90°C
$\frac{V \text{ utilización}}{V \text{ límite}}$	=	$\frac{1500}{3900} = 0,38$	----> Frecuencia de base
			Fb = 2300 H
Frecuencia corregida (Fc) = Fb x Te x Ta x Tt = 2300 x 0,5 x 0,9 x 0,3 ≈ 310 horas			

**Figura 7.5.** Ejemplo Frecuencia de Engrase de un Rodamiento (Fuente: Manual de Lubricación SNR).

**Ejemplo:** para el 22212  
(rodamiento de rodillos a rótula)

P = peso de la grasa  
D = 110mm  
B = 28mm  
c = 0,003

$P = D \times B \times c = 110 \times 28 \times 0,003 = 9$  gramos  
Se añadirán por tanto aproximadamente 9 gramos cada 310 horas de funcionamiento

**Figura 7.6.** Ejemplo Cantidad de Lubricante de un Rodamiento (Fuente: Manual de Lubricación SNR).

### 7.5.7. Prácticas de Lubricación Mantenimiento de Clase Mundial

A continuación se citan las prácticas de mantenimiento que deben ser contempladas en el programa de lubricación.

#### 7.5.7.1. Selección del lubricante

Como se ha venido comentando, la mejor forma de elegir un lubricante es seguir la recomendación del fabricante del equipo, sin embargo en algunos casos no se cuenta con la información. Cuando esto sucede lo más aconsejable es consultar a un asesor experto en lubricación y aportar nuestro criterio junto al experto. Además, como ya lo marcamos anteriormente, cada tipo de grasa tiene un campo de aplicación según sea su jabón espesante, esto no da un buen parametro para la elección o la comprobación del uso de un lubricante.

#### 7.5.7.2. Almacenamiento de Lubricantes

Desde el momento que el lubricante llega a la planta se encuentra vulnerable a riesgos de contaminación y degradación en su proceso de almacenamiento, e incluso almacenado puede sufrir degradación si este no se trata correctamente.

Se deben seguir ciertos puntos para lograr un adecuado almacenamieto y por consiguiente lograr que los lubricantes mantengan sus propiedades. Dichos puntos se muestran a continuación:

- a. Se debe destinar un lugar específico para el almacenamiento de los lubricantes. Este lugar debe estar libre de polvo, humedad y partículas.

- b. Los lubricantes deben permanecer en su empaque original hasta que se utilicen. Y después de que su uso, los envases se deben volver a cerrar inmediatamente.
- c. Se recomienda almacenar en un lugar cubierto, fresco y seco, y nunca se deben exponer directamente a la luz solar.
- d. El tiempo de almacenamiento máximo es de dos años para las grasa y de diez años para los aceites lubricantes, esto suponiendo que se han acatado las recomendaciones de almacenamiento.

#### 7.5.7.3. Manejo de Lubricantes

Esta sección se refiere a reengrases, y procedimientos de relubricación. Se refiere a adecuadas cantidades y periodos de reengrase, los cuales ya se mencionaron anteriormente.

#### 7.5.7.4. Consolidación de los Lubricantes

Se debe seguir un control acerca del desempeño del lubricante para comprobar si lo hace de buena manera, si el lubricante seleccionado realiza la función esperada y se comporta dentro del rango definido en la sección de la selección.

#### 7.5.7.5. Programas de Control y Manuales de Lubricación

Debe existir un plan de lubricación y a la vez se recomienda el control de dicho plan. Se debe especificar en él las cantidades, frecuencias, así como el lubricante a utilizar.

#### 7.5.7.6. Control Visual

Un hecho importante es el establecimiento de un método de control visual para evitar la confusión de lubricantes, esto aplica cuando se tienen en la planta varios tipos de grasa o aceites y no es posible la unificación a un solo tipo de lubricante.

#### 7.5.7.7. Análisis de Aceite

En la orientación al Mantenimiento de Clase Mundial, se crea una cultura de prevención en lugar de corrección, es por eso que se busca por medio del análisis de aceite monitorear el comportamiento de la maquinaria. En donde se aplique, se recomienda la utilización de esta herramienta para conocer mejor las partículas o composiciones de los aceites ya utilizados y poder determinar si existe algún tipo de desgaste de una pieza, o algún tipo de contaminación que no se está manifestando y sin embargo se está dando.

#### 7.5.7.8. Control de Contaminantes en la Aplicación

Una de las causas de fallas en elementos mecánicos es la contaminación que se da en los lubricantes. Esta contaminación puede ser agua, polvo y partículas extrañas del ambiente, así como partículas producto del desgaste. En muchos casos esta contaminación es producto de un mal manejo a la hora de la aplicación. A continuación se muestran algunas técnicas adecuadas para controlar la contaminación en lubricantes.

- a. El rodamiento y el lubricante no deben sacarse de su empaque original hasta el momento en que se va a utilizar. Se debe lubricar una vez que el proceso de montaje haya terminado.
- b. Para el montaje de un rodamiento nuevo se debe limpiar con una toalla o papel que no desprenda pelusas. Si el rodamiento es usado, se debe limpiar con un desengrasante, remover las partículas de suciedad. Posteriormente, se debe girar el rodamiento para asegurar un giro libre y descartar la presencia de partículas.
- c. Antes de las tareas de lubricación, se recomienda limpiar la superficie de las muñoneras, los Alemites y la Punta de la engrasadora. Esto se debe realizar con una toalla limpia y desengrasante.

- d. Si se realiza el proceso de llenado con aceite de una caja reductora o similar, se recomienda la limpieza previa del tapón de llenado y el área cercana. Además, la salida del recipiente con aceite deberá estar limpia y seca.
- e. Se debe controlar el ambiente en que se realiza el procedimiento, no se recomienda ningún procedimiento de lubricación bajo lluvia o condiciones ambientales muy contaminadas con polvo, por ejemplo.
- f. Si se desea realizar un proceso de análisis de aceite se debe seguir el procedimiento adecuado para este propósito según sea el tipo de lubricante y el método de extracción o toma de la muestra.

#### 7.5.7.9. Auditoría

Es indispensable la realización de una auditoría que permita verificar la calidad de la labor de lubricación, se debe tener presente en un plan de lubricación la filosofía de mejora continua.

#### 7.5.7.10. Implementación de mejoras

Luego de la auditoría se deben tomar en cuenta, todas y cada una de las recomendaciones y conclusiones que arrojó dicho proceso, esto nos permite la actualización y mejoramiento del plan de lubricación.

#### 7.5.7.11. Seguridad Ocupacional y Medio ambiente

A continuación se enlistan algunas consideraciones respecto al manejo de las condiciones de seguridad y medio ambiente respecto al manejo de lubricantes:

- No se deben aplicar lubricantes cerca de puntos de ignición, debido a su alta flamabilidad.
- Cuando se manipulen grasas o aceites lubricantes, se deberán utilizar guantes, pues el contacto directo puede producir alergias en la piel.
- Los desechos de aceite o cualquier residuo lubricante deben rotularse antes de ser desechados.

- En el almacenamiento de lubricantes se debe contar con un piso de arena o equivalente que permita la absorción de un derrame sin tener contacto con la tierra.

## 7.6. Metodología

Para lograr alcanzar un plan de lubricación que cuente con técnicas y filosofías modernas de mantenimiento se debe aplicar la siguiente metodología:

### 7.6.1. Analizar el funcionamiento de los equipos a incluir en el plan

Inicialmente se investigó cerca de los equipos y su funcionamiento para determinar factores como la carga, velocidad y el ambiente en el cual trabajan. Para ello se visitó la planta cuando se realizó la ficha técnica, la cual obligó a realizar un recorrido por todos los equipos levantando la información y además consultando con los técnicos todo lo relacionado al régimen de funcionamiento de los equipos.

### 7.6.2. Determinar los Puntos de Lubricación

Igualmente que el punto anterior, al momento de realizar la ficha técnica de los equipos con ayuda de los técnicos de mantenimiento se logró identificar cada uno de los puntos de lubricación así como algún detalle relacionado a la lubricación específica de algún punto. Luego se consultó la existencia de manuales o alguna información sobre los equipos, sin embargo como ya es de nuestro conocimiento, los documentos no se encuentran debido a las diferentes reestructuraciones que ha sufrido el beneficio.

### 7.6.3. Recopilación de Información Respecto a Prácticas de Lubricación

Es este punto se realizó la investigación en documentos técnicos disponibles en las web de las principales empresas dedicadas a brindar soporte en este tema.

### 7.6.4. Selección de lubricantes

Primeramente, como se trata de una industria alimenticia, el primer punto a tomar en cuenta es conocer en cuáles secciones del proceso se debe usar lubricante de grado alimenticio, y además con las condiciones ambientales identificadas anteriormente se logró definir el lubricante.

Es importante citar aquí que se indicó que durante los últimos años se han probado diferentes lubricantes de diversas casas matrices, y se indicó que los actuales son los que han logrado un mejor desempeño. Por lo anterior, en este punto se realizó una verificación de los lubricantes utilizados.

#### 7.6.5. Definir Frecuencias y Cantidades de Lubricantes

Para este proceso se echó mano a la ficha técnica confeccionada, ya que en ella se encuentra la información de los rodamientos (tamaño, marca y código). Luego de esto se armó un cuadro en el cual se identifica el ambiente, si es húmedo o no, lo que definió si se utiliza grasa grado alimenticio o convencional y la frecuencia de relubricación, además se incluyó en este cuadro elementos como engranes y cadenas. También se determinó en este mismo cuadro la cantidad de lubricante (gramos y “Bombazos”) y una simbología para la utilización de un control visual.

Para la sección específica de rodamientos se utilizó un manual de NTN que asigna la cantidad de lubricante en gramos según la chumacera y frecuencias de lubricación según el ambiente de trabajo, por lo que se utilizó este manual ya que tiene información más exacta y la provee un fabricante. Si bien es cierto no todos los rodamientos son de esa marca, sin embargo, se puede decir que los rodamientos son equivalentes con las otras marcas en cuanto al tamaño interno, por lo que se utilizó para todos los rodamientos, dicho criterio encontrado en el manual de NTN.

#### 7.6.6. Preparación del programa de lubricación

Luego de recuperar la información anterior, se inició con el diseño del programa de lubricación. Se contemplan en este punto los mismos equipos que se han venido trabajando. Principalmente este plan abarca los rodamientos, guindolas o colgantes, cadenas y engranes.

Además, como es algo nuevo que se desea implementar en la empresa, se pretende que el plan y su respectivo manual sean lo más claros posible haciendo uso de simbologías e imágenes para evitar confusiones.



### 7.6.7. Evaluación del Programa (auditoría)

Este punto es más un recomendación de cómo lograr esa evaluación del programa, se indica analizar los reportes de las OT para sacar información suficiente sobre fallas, paros, tipos de fallas y causas para lograr así evaluar si esos problemas que se presentaron tienen alguna relación con la lubricación.

Además se debe verificar el uso de manuales y la correcta aplicación del mismo y las buenas prácticas al lubricar.

## 7.7. Desarrollo del Proyecto

### 7.7.1. Analizar el Funcionamiento de los Equipos a Incluir en el Plan y Determinar los Puntos de Lubricación

Esta labor del análisis de los equipos se realizó en el capítulo anterior, ya que se debió conocer el funcionamiento de los equipos para poder realizar tanto el plan de mantenimiento preventivo como el de lubricación.

En lo que respecta a la determinación de los puntos de lubricación, eso se logró gracias a la familiarización con el equipo producto de las visitas para la elaboración de la ficha técnica además de los aportes de los técnicos.

### 7.7.2. Selección del Lubricantes

Como se indicó anteriormente, solo evaluó los lubricantes actuales a pedido, ya que se han probado diferentes marcas hasta lograr optimizar este punto. Para esto se verificó las características y tipos de lubricantes con la aplicación, ambiente, temperatura y grado.

Esto se realizó haciendo uso del siguiente cuadro:

**Cuadro 7-2.** Condiciones para tipos de Espesantes (Fuente: Condiciones Grasa)

Espeante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo °C	Velocidad
Calcio	Excelente	Muy Pobre	80 a 100	Pobre
Sodio	Pobre	Marginal	170 a 200	Pobre
Litio	Bueno	Bueno	175 a 205	Bueno
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	Excelente	Excelente	>260	Bueno
Arcilla	Excelente	Sobresaliente	No Gotea	Bueno
Poliurea	Excelente	Excelente	>250	Sobresaliente

El principal problema con el que se cuenta es el ambiente húmedo y polvoriento, además de las secciones que se deben lubricar con grasa de grado alimenticio debido a la aplicación.

Se cuanta entonces con tres tipos de lubricantes:

- a. Drop Moly Grease: Es una grasa de grado NLGI 2 y con un jabón de tipo complejo de Litio, además tiene un 3% de Di sulfuro de Molibdeno, grasa de tipo convencional. Por lo anterior, según el cuadro anterior es adecuada para la aplicación.
- b. Macna Plate 44 2: Al igual que el anterior es una grasa grado NLGI 2, de grado alimenticio, con excelentes propiedades antidesgaste, resistente al agua y protección contra oxidación. Se concluye que es adecuada para la aplicación.
- c. Dry Moly Lub: Grasa del tipo seca con Molibdeno, ideal para temperatura y soporte de presión. Ideal para coronas dentadas. Es utilizada en las coronas dentadas de las Guardiolas debido a que en ese sector la adherencia de la grasa debe ser muy buena. También es adecuada para la aplicación.

A continuación se muestran los tres lubricantes utilizados:



**Figura 7.7.** Lubricantes Utilizados en Coopevictoria (Fuente: Elaboración Propia).

### 7.7.3. Preparación del Programa de Lubricación

Tomando en consideración las características y recomendaciones de los fabricantes de los equipos, se procede a calcular cantidades de lubricante y frecuencias de lubricación para aquellos puntos como chumaceras y rodamientos.

#### 7.7.3.1. Cantidad de Lubricante

Para esta sección se utilizó el siguiente cuadro, proporcionado por la marca NTN en uno de sus manuales de Chumaceras. En dicho manual se muestra el código de la chumacera y su respectiva cantidad de grasa para el reengrase.

**Cuadro 7-3.** Cantidad de Lubricante (Fuente: NTN Corporation).

Relubrication quantity				Unit gr	
Bearing number		Quant.	Bearing number		Quant.
UC201D1		1.1	UC305D1		2.0
UC202D1		1.1	UC306D1		3.0
UC203D1		1.1	UC307D1		4.3
UC204D1		1.1	UC308D1		5.5
UC205D1		1.3	UC309D1		7.5
UC206D1	UCX05D1	1.9	UC310D1		10.5
UC207D1	UCX06D1	2.7	UC311D1		13
UC208D1	UCX07D1	3.5	UC312D1		16.5
UC209D1	UCX08D1	4.1	UC313D1		20
UC210D1	UCX09D1	4.6	UC314D1		23.5
UC211D1	UCX10D1	6.0	UC315D1		27.5
UC212D1	UCX11D1	8.5	UC316D1		33
UC213D1	UCX12D1	10.5	UC317D1		38
UC214D1	UCX13D1	12	UC318D1		45
UC215D1	UCX14D1	13	UC319D1		50
UC216D1	UCX15D1	15.5	UC320D1		60
UC217D1	UCX16D1	16.5	UC321D1		70
UC218D1	UCX17D1	21	UC322D1		85
	UCX18D1	22.5	UC324D1		100
	UCX20D1	35.5	UC326D1		125
			UC328D1		150

Note) Relubrication quantity of UK, UEL type is same as UC type.

### 7.7.3.2. Frecuencia de Lubricación

Al igual que el punto anterior, se extrajo la información de las frecuencias de lubricación del mismo manual citado en el punto anterior. A continuación se muestra dicho cuadro:

**Cuadro 7-4.** Frecuencias de Lubricación (Fuente: NTN Corporation).

**Standard relubrication frequencies**

Type of unit	Symbol	dn Value (d×n)	Environmental conditions	Operating temp. °C, °F	Relubrication frequency	
					Hours	Period
Standard	D1	40 000 and below	Ordinary	-15 to -80, +5 to +176	1 500 to 3 000	6 to 12 mo.
Standard	D1	70 000 and below	Ordinary	-15 to +80, +5 to +176	1 000 to 2 000	3 to 6 mo.
Standard	D1	70 000 and below	Ordinary	+80 to +100, +176 to +212	500 to 700	1 mo.
Heat-resistant	HT2D1	70 000 and below	Ordinary	+100 to +150, +212 to +302	300 to 700	1 mo.
Heat-resistant	HT2D1	70 000 and below	Ordinary	+150 to +180, +302 to +356	100	1 wk.
Cold-resistant	CT1D1	70 000 and below	Ordinary	-60 to +80, -76 to +176	1 000 to 2 000	3 to 6 mo.
Standard	D1	70 000 and below	Very dusty	-15 to +100, +5 to +212	100 to 500	1 wk. to 1 mo.
Standard	D1	70 000 and below	Exposed to water splashes	-15 to +100, +5 to +212	30 to 100	1 day to 1 wk.

Es ambiente considerado es contaminado por polvo en algunos casos y con agua para otras secciones del proceso.

### 7.7.3.3. Control Visual

Para evitar confusiones se determinó que se puede hacer uso de un código de colores para las engrasadoras, un color para la grasa convencional y otro para la grasa grado alimenticio. El color verde se reservó para el lubricante seco ya que su envase es de ese color.

En resumen se tiene:

**Cuadro 7-5.** Colores distintivos para cada Lubricante (Fuente: Elaboración Propia).

Color	Lubricante
<b>Rojo</b>	Grasa Convencional
<b>Azul</b>	Grado Alimenticio
<b>Verde</b>	Grasa Seca

A continuación se muestran las engrasadoras:



**Figura 7.8.** Engrasadoras Propuestas (Fuente: Elaboración Propia).

Toda esta información hasta este punto se resumió y se trabajó en el cuadro que se muestra a continuación:




**Cuadro 7-6. Cuadro Resumen para el Plan de Lubricación (Fuente: Elaboración Propia).**

Elemento	Medida	Código Rodamiento	Aplicación	Cantidad (g)	"Bombazos"	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Muñoneras Ambiente Humedo (chancadores, cribas, delvas, Trasportadores humedos)	1"	NTN P205	Manual - Alemite	1.3 - 1.9	1	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
	1-1/2"	NTN P208	Manual - Alemite	3.5 - 4.1	2	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
	1-3/4"	NTN P209	Manual - Alemite	4.1 - 4.6	2	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
	2"	NTN P211	Manual - Alemite	6 - 8.5	4	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
	2-1/2"	NTN P213	Manual - Alemite	10.5 - 12	6	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
	2-3/4"	NTN P215	Manual - Alemite	13 - 15.5	8	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN	
3"	NTN P217	Manual - Alemite	16.5 - 21	10	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Manual NTN		
Elemento	Medida	Código Rodamiento	Aplicación	Cantidad (g)	"Bombazos"	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Muñoneras Ambiente Estandar (polvo) (presecadora, verticales, Berico, despergaminadoras, trasportadores secos)	1"	NTN P205	Manual - Alemite	1.3 - 1.9	1	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
	1-1/2"	NTN P208	Manual - Alemite	3.5 - 4.1	2	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
	1-3/4"	NTN P209	Manual - Alemite	4.1 - 4.6	2	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
	2"	NTN P211	Manual - Alemite	6 - 8.5	4	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
	2-1/2"	NTN P213	Manual - Alemite	10.5 - 12	6	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
	2-3/4"	NTN P215	Manual - Alemite	13 - 15.5	8	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN	
3"	NTN P217	Manual - Alemite	16.5 - 21	10	Grasa Grado Alimenticio	Quincenal ó 250 horas	Manual NTN		
Elemento	Medida	-	Aplicación	Cantidad (g)	"Bombazos"	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Guindolas Ambiente Humedo	1-1/2"	-	Manual - Alemite	8-16	8	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	Recomendación del Mecanico	
	2"	-	Manual - Alemite	9-18	9	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	(la cantidad de grasa varía mucho,	
	3"	-	Manual - Alemite	10-20	10	Grasa Convencional	Semanal ó 100 horas	se determina en el lugar)	
Elemento	Medida	-	Aplicación	Cantidad (g)	"Bombazos"	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Guindolas Ambiente Estandar (polvo)	1-1/2"	-	Manual - Alemite	8-16	8	Grasa Grado Alimenticio	Semanal ó 100 horas	Recomendación del Mecanico	
	2"	-	Manual - Alemite	9-18	9	Grasa Grado Alimenticio	Semanal ó 100 horas	(la cantidad de grasa varía mucho,	
	3"	-	Manual - Alemite	10-20	10	Grasa Grado Alimenticio	Semanal ó 100 horas	se determina en el lugar)	
Elemento	Paso	-	Aplicación	Dosificación	-	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Cadenas	1/2"	-	Spray	Capa ligera y pareja	N/A	Dry Moly Lube	Semanal ó 100 horas	-	
	3/4"	-	Spray	Capa ligera y pareja	N/A	Dry Moly Lube	Semanal ó 100 horas	-	
	1"	-	Spray	Capa ligera y pareja	N/A	Dry Moly Lube	Semanal ó 100 horas	-	
Elemento	Paso	-	Aplicación	Dosificación	-	Lubricante	Frecuencia	Observación	Simbología
Engranajes	Todos	-	Spray	Capa ligera y pareja	N/A	Dry Moly Lube	Semanal ó 100 horas	-	

### 7.7.3.4. Métodos y Procedimientos de Lubricación

En la sección de resultados se detalla el Manual de Lubricación, en el cual se indican los procedimientos y métodos a seguir. El método de lubricación será representado por una figura del tipo polígono regular, rellena de un color que especifique el tipo de lubricante, y en el centro una letra acompañada de un número, lo que representa la frecuencia (Semanal (S), Quincenal (Q), Mensual (M), entre otras). El número corresponde a la cantidad de bombazos recomendados para esa aplicación.

**Cuadro 7-7.** Simbología Utilizada para Lubricación (Fuente: Elaboración Propia).

Simbología Utilizada			
Frecuencia	Símbolo	Método	Símbolo
Semanal	S	Engrasadora	
Quincenal	Q	Spray	
Mensual	M	Manual	

Ejemplo de Aplicación:



**Figura 7.9.** Ejemplo de Aplicación de la Simbología (Fuente: Elaboración Propia).

La figura anterior representa la lubricación de un punto utilizando una engrasadora, lubricando semanalmente con 5 “bombazos” de grasa convencional.



## 7.8. Resultados

Para esta sección, los resultados esperados corresponden básicamente al manual de lubricación en el cual se detallan los procedimientos, cantidades y todas las especificaciones necesarias para llevar a cabo el proceso de lubricación en los equipos.

Dicho manual se encuentra adjunto en la sección de apéndices (apéndice 4), al final de este documento.

## 7.9. Conclusiones

Se propuso un plan de lubricación para los equipos mecánicos del beneficio de café.

Se diseñó un procedimiento estandarizado para las actividades de lubricación.

Se diseñó un manual de lubricación ilustrado enfocado a los equipos del beneficio de café.

Se definió un sistema de control visual aplicado al manual de lubricación diseñado.

### 7.10. Recomendaciones

- a. Se debe realizar una capacitación al personal acerca de la implementación del plan de lubricación así como las buenas prácticas de lubricación enfocadas al Mantenimiento de Clase Mundial.
- b. Se recomienda darle el seguimiento adecuado al plan de lubricación para verificar su cumplimiento e identificar mejoras.
- c. Se debe monitorear el plan de lubricación y con base en ello realizar ajustes y la debida actualización del mismo.
- d. Para la sección húmeda, se recomienda probar la utilización de chumaceras con sello de triple laberinto o las de tipo bipartida.

## Capítulo 8

### 8. Diseño del Taller de Mantenimiento y Bodega de Repuestos

---

#### 8.1. Introducción

En el siguiente apartado se presenta el proceso de diseño del espacio físico así como eléctrico de un taller para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento dentro de la planta, con el fin de tener un recinto adecuado para trabajar, libre de contaminación y que además cuente con un adecuado nivel de iluminación.

Se propondrá un diseño para la distribución física de las máquinas herramientas, además se presentará un análisis de iluminación para los bancos de trabajo de dicho taller, así como una propuesta de diseño eléctrico (tomacorrientes, iluminación y equipo). También se aborda el tema de una bodega, por razones de seguridad, espacio, recomendaciones y disposiciones de la gerencia se propone que dicha bodega quede dentro del taller, por lo que esta disposición se debe tener presente para la realización del diseño.

#### 8.2. Planteamiento del Problema

Actualmente, el Beneficio de Café de Coopevictoria R.L. no cuenta con un recinto que reúna las necesidades para realizar un adecuado mantenimiento. Por ello, en la realización de estas actividades se puede conseguir una contaminación o daño a los equipos, e incluso está en riesgo la seguridad de los encargados de mantenimiento.

#### 8.3. Justificación

Para la realización de trabajos de mantenimiento se debe contar con un lugar adecuado, ya que si estas acciones se realizan en lugares no aptos se puede dañar el equipo por causa de un contaminante (polvo, grasa, virutas), debido a que estas acciones en muchas ocasiones se tratan de desarmes o cambios de rodamiento. Estas

partículas pueden alojarse al interior de la máquina y desencadenar una falla a la hora de la puesta en marcha nuevamente.

Es por esta razón que es indispensable un lugar con las condiciones de limpieza, iluminación y seguridad para el trabajador adecuadas.

#### **8.4. Objetivos**

##### *8.4.1. Objetivo General*

Diseñar un taller de mantenimiento y una bodega exclusiva para el Beneficio de Café.

##### *8.4.2. Objetivos Específicos*

- a. Proponer el tamaño y la distribución física del taller y la bodega.
- b. Diseñar y calcular la iluminación general y de los bancos de trabajo.
- c. Diseñar el sistema de ventilación adecuado para la estructura.
- d. Diseñar la instalación eléctrica de la estructura.
- e. Realizar el análisis de cortocircuito y proponer la capacidad de los elementos.

#### **8.5. Situación Actual**

Actualmente, los trabajos de mantenimiento se realizan en un patio cercano a la planta, en un espacio abierto cerca de estibas de leña y silos de almacenamiento donde el nivel de contaminación es alto. Además, algunos trabajos se realizan en el suelo, esto por la falta de una mesa adecuada para la realización del trabajo.

#### **8.6. Metodología**

Para la elaboración de esta sección primeramente se recurrió a visitar la zona propuesta para la construcción del taller junto con los administradores del beneficio, luego se definió un área adecuada de construcción, tomando en cuenta la posibilidad de realizar también en el mismo sitio una bodega propia del beneficio.

Se realizó una lista de las herramientas y requerimientos que se deben tomar en cuenta para el diseño del taller, esto para tener una idea de la carga eléctrica y la distribución del espacio físico que se requiere. Seguidamente se realizó un borrador de la distribución para analizar de forma más clara la distribución. Luego se llevó a cabo el diseño eléctrico y los cálculos de iluminación y ventilación recomendados.

## **8.7. Marco Teórico**

### *8.7.1. Planteamiento de diseños eléctricos*

Para el planteamiento de un diseño eléctrico es indispensable saber que la función básica de un sistema de este tipo, es la de distribuir potencia a las cargas con una alta confiabilidad, que garantice su óptimo funcionamiento pero que también sea compatible con la economía. Para ese proceso de diseño es necesario ajustarse a los siguientes factores.

#### 8.7.1.1. Confiabilidad

En una instalación eléctrica, la confiabilidad depende del equipo instalado, el diseño, selección, instalación y por supuesto el mantenimiento que recibe el sistema. También se debe tomar en cuenta el proceso y la continuidad de las cargas que tendrá la instalación, ya que sin duda alguna, estas consideraciones se deben tomar en cuenta en el diseño eléctrico.

#### 8.7.1.2. Seguridad

Uno de los factores importantes que se deben tomar en cuenta en un diseño eléctrico es la seguridad. Se debe garantizar la seguridad del personal, ya que un accidente con energía eléctrica podría ser fatal.

Para evitar un accidente se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Asegurar el uso de componentes de alta calidad.

- b. Realiza un adecuado sistema de puesta a Tierra, tanto para los equipos como para el sistema en general.
- c. Se debe establecer las capacidades de corriente nominal y de cortocircuito de forma adecuada, para evitar colocar un elemento que no soportará esas condiciones.
- d. Asegurarse de que se logran llevar a cabo buenas prácticas a la hora de la instalación y asegurar un buen mantenimiento.

#### 8.7.1.3. Costo

En muchos proyectos el aspecto económico tiene más peso que cualquier otro. Esta filosofía es errónea, ya que la calidad muchas veces va ligada al precio, sin embargo se debe buscar el adecuado balance entre calidad y precio, para asegurar la confiabilidad del sistema.

#### 8.7.1.4. Flexibilidad

Un sistema eléctrico debe estar diseñado de forma tal que sea flexible y expandible, para esto se deben tomar las previsiones del caso en el proceso de diseño. Se deben tomar las previsiones del caso en cuanto a capacidad y características de los elementos, ya que en una planta las cargas podrían variar frecuentemente producto de remodelaciones y expansiones.

#### 8.7.2. Identificación correcta de conductores

En el artículo 310-12(a) del NEC se establece la identificación de los conductores de una instalación eléctrica. En el artículo se especifica el código de colores que se debe utilizar y la forma de etiquetarlos.

El conductor de Neutro debe ser de color blanco o gris o se debe identificar en los terminales. Por otra parte, en la aplicación de puesta a tierra se permite instalar conductores desnudos o cubiertos y en su exterior deben ser identificados con color

verde o verde con rayas amarillas. Si el conductor de un calibre mayor a 6 AWG, se debe marcar en los extremos y en los lugares que el conductor sea accesible.

En lo que respecta a los conductores de fase, se establece que se deben diferenciar por colores distintos del blanco, gris y verde.

#### 8.7.3. Tipos de cargas

El NEC, en el artículo 215-2(a), especifica como cargas continuas aquellas que trabajan tres o más horas de forma continua, por lo que al dimensionar los conductores se debe multiplicar la carga por un 125%. Por otro lado, las cargas discontinuas son aquellas que trabajan por periodos de menos de tres horas, por lo que el dimensionamiento se realiza al 100% de la corriente nominal.

#### 8.7.4. Selección del Neutro

Se dice que el neutro debe ser dimensionado cuya capacidad sea la adecuada para que transporte la corriente máxima de desbalance del sistema que se alimenta. Además debe ser aterrizado en el lugar donde se encuentra la acometida.

#### 8.7.5. Selección de puesta a Tierra

El calibre recomendado según el NEC para la puesta a tierra debe ser aquel que el calibre no sea menor a lo señalado en la tabla 250-122, pero tampoco debe ser superior al calibre de los conductores que alimentan al equipo respectivo.

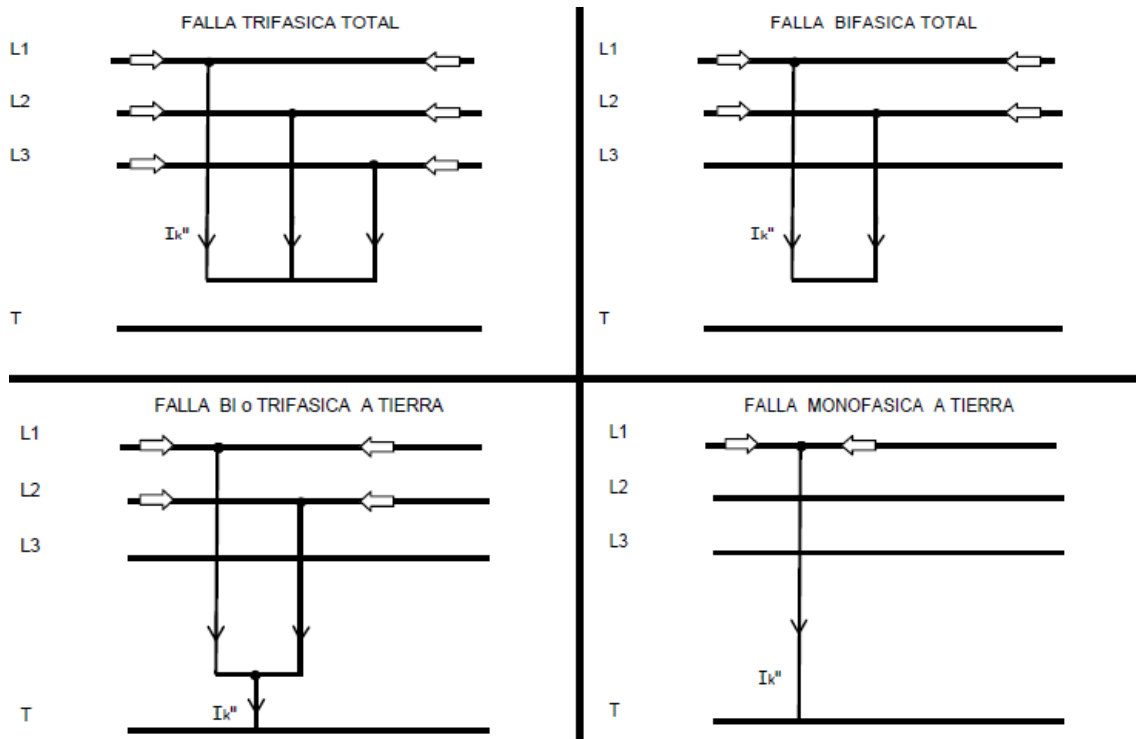
#### 8.7.6. Cortocircuito

Es un evento que ocurre cuando una fuente suministra energía a una carga de impedancia cero. El voltaje tiende a cero, debido a que la impedancia es cero, sin embargo la fuente sigue alimentando la falla a voltaje pleno. Teóricamente, la corriente tiende a infinito, pero dicha corriente en la realidad está limitada por la capacidad física de los elementos, dicha corriente puede alcanzar valores de KA.



### 8.7.7. Tipos de cortocircuito

En la siguiente imagen se muestra los 4 tipos de cortocircuito que pueden ocurrir en una instalación eléctrica.



**Figura 8.1.** Tipos de Cortocircuito.

### 8.7.8. Fuentes de corrientes de cortocircuito

- La compañía distribuidora de electricidad

Es la mayor fuente de corrientes de cortocircuito y aunque las líneas de alta tensión que alimentan la instalación tienen impedancia finita, la impedancia que limita en su mayoría la corriente de corto proviene de la compañía distribuidora, se dice que comúnmente es la correspondiente al transformador de servicio.

- Motores internos

Otra fuente importante de corrientes de cortocircuito son los motores propios de la empresa. En los motores sincrónicos, apenas se manifiesta el cortocircuito, el voltaje en la sección periférica de la falla se reduce. Entonces el motor no absorbe energía, se desacelera, sin embargo, la inercia que mantiene, producto de la rotación y además de que continúa excitado, pasa a comportarse como un generador y entrega corriente durante muchos ciclos luego de que la falla se manifiesta. La corriente que entrega depende de factores como la potencia del motor, el voltaje de alimentación, la reactancia del motor y la impedancia entre el motor y la falla.

Si los motores son de inducción, lo que sucede es que durante el funcionamiento normal de la máquina, el flujo magnético es generado por la línea de alimentación. Cuando la falla se produce, el voltaje se elimina y al igual que el anterior, la máquina producto de su inercia continúa girando, y el flujo magnético del rotor no se puede desaparecer de inmediato, lo que genera un voltaje en el estator, y por consiguiente una corriente que alimentará la falla. Al igual que los motores sincrónicos, la corriente que entrega depende de factores como la potencia del motor, el voltaje de alimentación, la reactancia del motor y la impedancia entre el motor y la falla.

- Generadores

Esta fuente de corrientes de cortocircuito es poco frecuente, sin embargo la tendencia de generación propia se ha ido incrementando y cada vez es más común encontrar generadores en la industria.

Para este caso, cuando sucede un corto en una instalación alimentada por un generador, este continúa produciendo un voltaje, debido a que el campo se mantiene excitado y el primotor conserva al generador en su velocidad normal. Se genera un voltaje y a su vez una corriente de corto circuito de alta magnitud, desde el generador hasta la falla. El flujo de la corriente está limitado por la reactancia del generador y la impedancia del circuito.

### 8.7.9. Selección de las protecciones contra cortocircuitos

Cuando se pretende diseñar un sistema eléctrico a nivel industrial, se debe hacer de tal forma que la máxima corriente de falla en cada punto debe ser menor que la capacidad interruptiva del equipo de protección. Para una adecuada selección se deben seguir los siguientes pasos:

Se debe determinar la corriente de falla en los puntos más significativos, de acuerdo al método de cálculo seleccionado. En este caso, el método de los KVA equivalentes.

Realice la instalación solo de protecciones, independientemente si son fusibles o disyuntores, de los que se conozca su capacidad interruptiva.

Tenga presente el factor de ampliación, esto asegura que si se realizan expansiones, no deban cambiarse las protecciones.

Hacer uso del criterio ingenieril, se debe hacer uso de un buen mantenimiento preventivo, realizando inspecciones con el fin de encontrar una posible falla antes de que esta ocurra.

### 8.7.10. Método de los KVA equivalentes

En caso de presentarse una falla de cortocircuito, los KVA fluyen desde la acometida, generadores y motores hacia el punto de falla. Los KVA equivalentes es la suma de los KVA de falla de todas las fuentes aguas arriba y aguas abajo del lugar de la falla.

Se considera también que los cables, transformadores y reactores, son elementos que atenúan el corto circuito.

A continuación se describe el método de los KVA equivalentes:

Se elabora el unifilar de la red eléctrica propuesta, incluyendo todos los datos tales como calibres y longitudes, tamaños de motores y transformadores nivel de cortocircuito en la acometida, entre otros.

Se reduce el unifilar a tal punto que se muestran solo los elementos que interesan (motores, acometida, generadores, transformadores, barras y conductores, si se desea).

Luego mediante las ecuaciones que se muestran, se calculan los KVA equivalentes y se completa en el unifilar simplificado.

$$\text{Generador} \quad KVA_{sc} = \frac{KVA_{Gen}}{X_d''}$$

**Ecuación 8-1.** KVA  
equivalente Generador

$$\text{Motor} \quad KVA_{sc} = \frac{KVA_{Mot}}{X_d''}$$

**Ecuación 8-2.** KVA  
Equivalente Motor

$$\text{Transformador} \quad KVA_{sc} = \frac{KVA_{Tra}}{\%Z}$$

**Ecuación 8-3.** KVA  
Equivalente Transformador

$$\text{Conductores} \quad KVA_{sc} = \frac{(KV)^2}{Z}$$

**Ecuación 8-5.** KVA  
equivalente Conductores

$$\text{Reactores} \quad KVA_{sc} = \frac{(KV)^2}{Z}$$

**Ecuación 8-4.** KVA  
equivalente Reactores

Luego, se debe dibujar una flecha en medio de cada elemento, se recomienda seleccionar una convención para designar el flujo de KVA y su correspondiente ubicación en la flecha. A modo de ejemplo, sobre la flecha representa que están fluyendo desde agua arriba, y debajo de la flecha que el sentido de flujo es desde aguas abajo, es decir desde las cargas. Para los cálculos más adelante se utilizará esta convención que es la más utilizada.

Por último, debido a la convención se recomienda iniciar desde las cargas sumando los KVA de los elementos que están en paralelo hasta alcanzar la acometida. En algunos casos se debe recordar que en un nodo la suma de ambos flujos siempre es la misma. Y los elementos que atenúan se encuentran en serie y deben sumarse como el recíproco de la suma de cada recíproco.

## **8.8. Desarrollo del proyecto**

### **8.8.1. Determinación del Área**

Se definió un área adecuada para el taller tomando en cuenta la construcción conjunta de la bodega. El área para el taller se eligió a criterio, tomando en cuenta las disposiciones de la empresa así como el área disponible y las facilidades que se disponen para evitar un gasto muy elevado debido al concepto de construcción.

### **8.8.2. Iluminación**

Para la elaboración de la iluminación se recurrió al método los lúmenes, basados en los manuales de Philips, los cuales indican la iluminación adecuada así como la información referente a las luminarias y fluorescentes seleccionados.

Se focalizó dos zonas, las cuales son bancos de trabajo y se realizó el diseño de dicha iluminación como si fuese un área aislada. También se realizó el diseño de la iluminación para el área en general, respetando siempre las recomendaciones.

### **8.8.3. Ventilación**

Se propuso una ventilación natural, se realizó mediante el cálculo del caudal necesario para el tipo de recinto, el cual se define con el volumen del local y una cantidad de renovaciones del aire recomendada y se comparó con el caudal de aire que puede ingresar por las aberturas dispuestas. Este dato también es producto del cálculo que más adelante se mostrará, de forma tal que cumpla con la regulación.

### **8.8.4. Distribución física**

Como primer paso para esta sección se debió de listar las máquinas, herramientas y demás componentes y estructuras que se requieren en el taller, los cuales están disponibles en diferentes lugares del beneficio. Se tomó en cuenta el tipo de máquina-herramienta que se ubicará debido a que es necesario conocer el espacio necesario para manipular cada equipo.

También otro punto a tomar en cuenta es el tipo de trabajo que se va a realizar, por lo que se trató de separar zonas contaminadas de zonas que por el tipo de trabajo requieren un mayor nivel limpieza como lo son los bancos de trabajo.

#### 8.8.5. Distribución Eléctrica

En lo que a este punto se refiere se listó primeramente las máquinas y equipos de accionamiento eléctrico con sus respectivos datos de placa o aproximados según manuales de maquinaria similar para tener un dato real de los consumos y potencias que se deben manejar.

Además se tomó en cuenta en este punto la iluminación y sus respectivos consumos para lograr el diseño adecuado.

Según se indica en el “Reglamento para el trámite de planos y de la conexión de los servicios eléctricos, telecomunicaciones y de otros edificios” extendido por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, en su Capítulo II indica textualmente que todos los planos de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones deberán cumplir con:

- a. El NEC Código Eléctrico Nacional (NFPA 70) en su última versión en español.
- b. NFPA 70 E “Norma para la seguridad eléctrica de los empleados en los lugares de trabajo”, en su última versión en español.
- c. Las últimas revisiones y adenda aprobados de las normas ANSI/EIA/TIA 568, 569, 570, 606, 607.

Por lo anterior, en este diseño se contemplan dichas disposiciones y se hace uso de tablas y manuales, los cuales están basados en dichas normativas.

Es importante aclarar que dichas normas y manuales tienen como objetivos mantener la seguridad y asegurar un adecuado funcionamiento de las instalaciones eléctricas. Además se hace hincapié en que los documentos citados no son manuales de instrucciones para personas que no están capacitadas.

También se debe destacar que la capacidad y el conocimiento del diseñador y los técnicos no se sustituyen con el uso o aplicación de las normas citadas.

#### 8.8.5.1. Disposiciones del NEC

##### a. Tipos de cargas:

En este cálculo, según indica el artículo 215-2(a) del NEC se identifican dos tipos de cargas, la continuas, las cuales se refieren a cargas que trabajan por periodos de tres o más horas continuas, e indica que para estas cargas los conductores se deben dimensionar multiplicando la carga por 125%. Por otro lado, las cargas discontinuas, las cuales funcionan por periodos menores a tres horas, y se especifica que para su dimensionamiento es suficiente realizar el cálculo tomando el 100% de la carga.

En nuestro caso se tienen cargas discontinuas, por lo que los conductores de dimensionarán para una carga del 100%.

##### b. Conductores ramales:

Además, para las cargas en general, se indica que el calibre mínimo de los conductores ramales deberá tener una capacidad de corriente igual o superior a la carga no continua más el 125% de la carga continua. Para el caso de las protecciones, no serán inferiores a la carga no continua más el 125% de la continua.

Se indica, además, que si los conductores se ubican en un ducto donde se encuentren alojados 4 o más conductores se debe aplicar un factor de corrección ubicado en la tabla 310-15(b) (2) (a) del NEC.

##### c. Caída de Tensión:

El NEC además enuncia que las caídas de tensión no pueden ser superiores al 3% en la carga que se encuentre a mayor distancia para circuitos ramales y no mayor al 5% en la carga más lejana para los circuitos alimentadores.

d. Neutro:

Como se indica en el artículo 220 de NEC, el neutro se debe aterrizar donde se encuentra el equipo de acometida, en el mismo lugar donde se encuentran los tableros y equipos principales. La dimensión de ese conductor debe tener la capacidad de transportar la corriente máxima de desbalance entre fases, se permite la aplicación de un factor de demanda en algunas condiciones.

e. Tierra:

Con respecto al conductor de puesto a tierra el NEC señala que el calibre no debe ser inferior al que se señala en la tabla 250-122, pero tampoco debe ser superior al calibre de conductores de alimentación.

f. Motores:

Para circuitos ramales de motores, el NEC indica en su sección 430 que para motores de más de 1/8 Hp, la carga será tomada al 125%.

En lo que respecta a la instalación de motores, se indica que se debe tener protección de sobrecarga, cortocircuito y medio de desconexión. Se debe conocer además la corriente a plena carga del motor, la cual se encuentra en la tabla 430-150 del NEC con valores promedio. Indica que para la elección de conductores se debe de aumentar la corriente a plena carga a un 125%.

Para la protección de cortocircuito el cálculo se realiza según lo establecido en la tabla 430-152 del NEC y los datos normalizados que se encuentran en 240-6(a). En estas tablas se indica un porcentaje de corriente que debe usarse para la selección de los componentes.

Con respecto a la sobrecarga, el NEC dispone en su sección 430-2(a)(1) que los motores de servicio continuo de más de 1 Hp de potencia nominal deben contar con protección de sobrecarga. Según se señala se debe dimensionar para una corriente



de placa multiplicada por un porcentaje, el cual se muestra en la tabla siguiente. Se indica además que si alguno de estos porcentajes no permite el arranque del motor, se puede aumentar hasta un 140%.

**Cuadro 8-1.** Porcentajes de Sobredimensión según Tipo de Servicio (Fuente: NEC y Elaboración Propia).

Motor – Descripción	Porcentaje
Motores con un factor de servicio no mayor a 1.15.	125%
Motores con un aumento de temperatura no mayor a 40°C	125%
Todos los demás motores	115%

#### 8.8.6. Razones constructivas

El diseño de la obra gris y sus respectivas estructuras, tales como mesas y bancos de trabajo y todo lo relacionado con la construcción y levantamiento de paredes, no se contempló en este proyecto. Se recomienda la subcontratación de estos servicios. También, el lugar donde se decidió realizar el taller ya se encuentra techado.

## 8.9. Resultados

### 8.9.1. Determinación del Área

Se dispuso un área de 12 metros de frente por 10 metros de fondo para el taller. Esta área corresponde al taller junto con la bodega. El área que se reservó para la bodega fue de un 25% del área total. Entonces se tiene que el área del taller es de 90 m<sup>2</sup> y la bodega de 30 m<sup>2</sup>. La ubicación de la bodega dentro del taller corresponde a una esquina del área con unas dimensiones de 6 m de frente y 5 metros de fondo (Ver plano adjunto).

### 8.9.2. Iluminación.

Se cuenta con dos bancos de trabajo, los cuales son iguales y cuentan con un área aproximada de 3 m<sup>2</sup> (2.5 m x 1.2 m).

A continuación se muestra el desarrollo del método de los lúmenes para el diseño de la iluminación de estas áreas.

#### 8.9.2.1. Método de los lúmenes para Banco 1 y 2.

Primero se selecciona el tipo de luminaria y el respectivo fluorescente que se utilizará.

**Luminaria:** 2 x TL F 40 W con difusor. (Capacidad 2 fluorescentes)

**Fluorescente:** T12 / 65W / 120 V / 1,5 m

$$\text{Nivel de iluminacion recomendado (E)} = 500 - 600 \text{ Lux}$$

$$\text{Flujo Luminoso total (Fl)} = 4800 \text{ lux} \frac{c}{u} \rightarrow \mathbf{9600 \text{ Lúmenes}}$$

$$\text{Altura de montaje (hm)} = 1,3 \text{ m}$$

$$\text{Area} = 3 \text{ m}^2 \text{ Area forma rectangular} = 2.5 \text{ m (Largo)} \times 1.2 \text{ m (ancho)}$$

$$\text{Relacion de local} = \frac{Lxa}{hm(L+a)} = \frac{3 \text{ m}^2}{(1,3\text{m})(2.5 + 1.2)} = \mathbf{0,624}$$

**Ecuación 8-6.**  
Relación del Local (RL)

Factor de reflexion del cielo raso ( $f_{rc}$ , laminas de zinc) = 50%

Factor de reflexion del muro ( $f_{rm}$ , medio) = 30%

Factor de reflexion del piso ( $f_{rp}$ , medio) = 30%

Factores de mantenimiento luminoso total ( $M_t$ , medio) = 0,72

**Cuadro 8-2.** Factores de Reflexión y RL Para la luminaria. (Fuente: C. Arias).

LUMINARIA		Relación de local RL ↓	Factores de reflexión											
Industrial reflectora directa Fluor. 2 x TL F 40W (con difusor)			$f_{rc}$	$f_{rm}$			$f_{rp}$							
	$\epsilon$ (%)	0,60	0,7	0,5			0,3							
	0	0,80	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1			
	65	1,00	0,1			0,1			0,1					
	1,25	1,25	0,33	0,29	0,26	0,33	0,29	0,26	0,28	0,27	0,26			
	2,00	1,50	0,40	0,36	0,32	0,39	0,35	0,32	0,35	0,34	0,32			
	2,50	2,00	0,44	0,40	0,37	0,43	0,40	0,37	0,39	0,38	0,37			
	3,00	2,50	0,49	0,45	0,42	0,48	0,44	0,41	0,44	0,42	0,41			
	4,00	3,00	0,52	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,46	0,45	0,44			
	5,00	4,00	0,55	0,52	0,50	0,54	0,52	0,49	0,51	0,50	0,49			
		5,00	0,58	0,55	0,53	0,57	0,54	0,52	0,53	0,52	0,52			
		0,60	0,57	0,55	0,58	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54				
		0,62	0,60	0,59	0,61	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57				
		0,64	0,62	0,60	0,62	0,61	0,59	0,60	0,59	0,59				

Coefficiente de utilizacion ( $C_u$ ) = 0,30

**Ecuación 8-7.** Número de Luminarias.

$$\text{Numero total de luminarias} = \frac{ExA}{C_u x M_t x Fl} = \frac{(600)(3)}{(0,30)(0,72)(9600)} \cong 0.90$$

$\cong 1$  Luminaria (2 Fluorescentes)

Para la iluminación general del taller se utilizó el mismo método de los lúmenes. El área se aproximó a un cuadrado de 9 m x 10 m para poder realizar los cálculos, debido a que el área original corresponde a una “escuadra”.

A continuación se muestra dicho procedimiento:

8.9.2.2. Método de los lúmenes para iluminación general.

**Luminaria:** 2 x TL F 40 W con difusor (Capacidad 2 fluorescentes)

**Fluorescente:** T12 / 110W / 120 V / 2.4 m.

Nivel de iluminacion recomendado (E) = 1000 Lux

$$\text{Flujo Luminoso total (Fl)} = 9000 \text{ lux} \frac{c}{u} \rightarrow \mathbf{18000 \text{ Lúmenes}}$$

Altura de montaje (hm) = 2 m

Area = 90 m<sup>2</sup> Area forma rectangular = 10 m (Largo) x 9 m (ancho)

$$\text{Relacion de local} = \frac{Lxa}{hm(L+a)} = \frac{90 \text{ m}^2}{(2\text{m})(9+10)} = \mathbf{2.368}$$


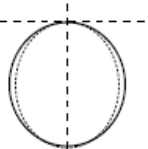
Factor de reflexion del cielo raso (frc, laminas de zinc) = 50%

Factor de reflexion del muro (frm, medio) = 30%

Factor de reflexion del piso (frp, medio) = 30%

Factores de mantenimiento luminoso total (M<sub>t</sub>, medio) = 0,72

**Cuadro 8-3.** Factores de Reflexión y RL Para la luminaria. (Fuente: C. Arias).

LUMINARIA	Relación de local RL ↓	Factores de reflexión									
		f <sub>rc</sub> →	0,7			0,5			0,3		
Industrial reflectora directa Fluor. 2 x TL F 40W (con difusor)  	0	f <sub>rm</sub> →	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
	0,60	f <sub>rp</sub> →	0,1			0,1			0,1		
	0,80	0,33	0,29	0,26	0,33	0,29	0,26	0,28	0,27	0,26	
	1,00	0,40	0,36	0,32	0,39	0,35	0,32	0,35	0,34	0,32	
	1,25	0,44	0,40	0,37	0,43	0,40	0,37	0,39	0,38	0,37	
	1,50	0,49	0,45	0,42	0,48	0,44	0,41	0,44	0,42	0,41	
	2,00	0,52	0,48	0,45	0,50	0,47	0,45	0,46	0,45	0,44	
	2,50	0,55	0,52	0,50	0,54	0,52	0,49	0,51	0,50	0,49	
	3,00	0,58	0,55	0,53	0,57	0,54	0,52	0,53	0,52	0,52	
	4,00	0,60	0,57	0,55	0,58	0,56	0,55	0,55	0,54	0,54	
5,00	0,62	0,60	0,59	0,61	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57		
		0,64	0,62	0,60	0,62	0,61	0,59	0,60	0,59	0,59	

Coefficiente de utilizacion (Cu) = 2.368

$$\text{Numero total de luminarias} = \frac{ExA}{CuxM_t \times Fl} = \frac{(1000)(90)}{(2,368)(0,72)(18000)} = 2.93$$

**≅ 3 Luminaria (2 Fluorescentes c/u)**

El resultado del cálculo se aproxima a 3, sin embargo, por el factor de la escuadra que restringe la iluminación a una parte del local, se recomienda la utilización de 4 luminarias para reponer por esta situación estructural.

En el siguiente cuadro se muestra la información resumida de la iluminación del taller:

**Cuadro 8-4.** Datos de Iluminación de Zonas del Taller (Fuente: Elaboración Propia).

Zona del Taller	Iluminación recomendada	Cantidad de luminarias		Tipo Fluorescente	Altura Montaje
		Cálculo	Recomendada		
<b>Banco de trabajo 1</b>	500-600 lúmenes	0,90	1	T12/65W / 120 V / 1,5m FL= 2500 lúmenes	1,30 m
<b>Banco de trabajo 2</b>	500-600 lúmenes	0,90	1	T12/65W / 120 V / 1,5m FL= 2500 lúmenes	1,30 m
<b>General</b>	1000 lúmenes	2,9	4	T12/110W / 120V/ 2,4m FL= 9000 lúmenes	2,00 m

### 8.9.3. Ventilación

Para esta sección se recurrió al cálculo de una ventilación natural, para lo cual se recurrió a verificar las normativas en este sentido y se concluyó que para un taller de este tipo se recomienda una cantidad de 10 cambios de aire por hora.

A continuación se presentan los cálculos realizados.

#### 8.9.3.1. Caudal de aire requerido

Se tiene que se necesitan 10 cambios/hora y el área del local son 90 m<sup>2</sup> con una altura del techo de 4 m.

$$Volumen\ del\ local = V = 90\ m^2 * 4\ m = 360\ m^3$$

**Ecuación 8-9.**  
Volumen del Local.

$$Caudal\ Requerido = Q = \frac{360 * 10\ c/h}{3600} = 1\ m^3/s$$

**Ecuación 8-8.**  
Caudal Requerido.

### 8.9.3.2. Caudal de aire disponible

Para este cálculo se requiere saber la velocidad promedio del viento en el lugar, este dato promedio es de 1,5 km/h equivalente a 0,416 m/s, según indica el Instituto Meteorológico.

Según el manual de ventilación consultado, la ecuación para este cálculo es la siguiente:

$$Q_{disp} = r v A \sin \theta$$

**Ecuación 8-10. Caudal Disponible.**

Donde:

$Q_{disp}$  = caudal de aire ( $m^3/s$ )

$r$  = Relación abertura  $\frac{\text{entrada}}{\text{salida}}$ . ( $r = 0,6 * fr$  (factor relación de aberturas))

$v$  = velocidad del viento  $m/s$

$A$  = Área abertura de entrada  $m^2$

$\theta$  = Ángulo entre viento y plano de abertura

Se propone una abertura en la parte superior de las paredes de los costados del local en la parte superior de 1 m de ancho a lo largo del local. Lo anterior corresponde a un área de entrada de 10 m x 1 m = 10  $m^2$  y un área de salida de 5 m x 1 m = 5  $m^2$ .

Según la siguiente tabla y los datos calculados de las áreas de entrada y salida del aire, se tiene:

$$fr = 0,63$$

$$r = 0,6 * 0,63 = \mathbf{0,378}$$

**Cuadro 8-5.** Relación de Ventana. (Fuente: V. Fuentes).

RELACIÓN DE VENTANA (fr)		
Área de salida / área de entrada		fr
5:1	5	1.38
4:1	4	1.37
3:1	3	1.33
2:1	2	1.26
1:1	1	1.00
3:4	0.75	0.84
1:2	0.50	0.63
1:4	0.25	0.34

Se aproxima el ángulo de incidencia del viento como 45°, y se procede a calcular el caudal que se tiene disponible con las aberturas propuestas.

$$Q = r v A \sin \theta$$

$$Q = 0,378 * 0,416 * 10 * \sin(45^\circ) = 1,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

Resumiendo:

**Cuadro 8-6.** Resumen de Áreas de entrada y Salida de Aire (Fuente: Elaboración Propia).

Área de entrada (m <sup>2</sup> )	Área de salida (m <sup>2</sup> )	Caudal Requerido (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Disponible (m <sup>3</sup> /s)	Sobredimensión (%)
(1m x 10m) <b>10</b>	(1m x 5m) <b>5</b>	<b>1</b>	<b>1,11</b>	<b>11%</b>

Es importante aclarar que las puertas de taller juegan un papel importante en la ventilación, no se tomaron en cuenta debido al caso crítico de que se requieran tener cerradas por algún motivo específico, sin embargo bajo condiciones normales se puede aumentar la circulación del aire de esta manera.

8.9.4. Distribución física

Primeramente se realizó una lista de los equipos existentes que se pondrá en el taller, acompañado de un área aproximada para su ubicación.

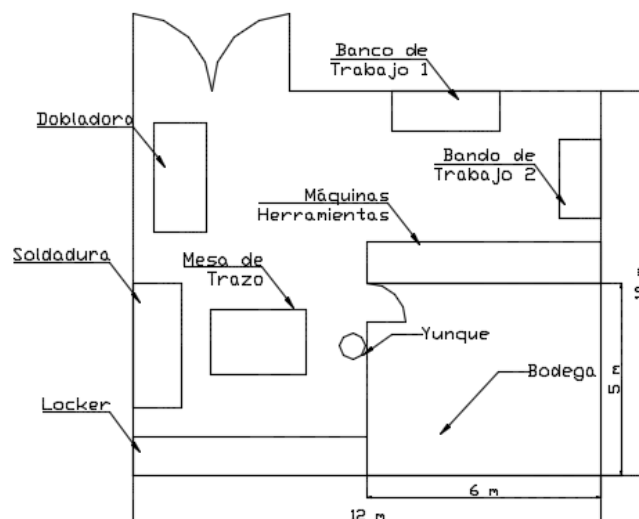
A continuación se muestra esa lista:

**Cuadro 8-7.** Lista de Equipos y Área que ocupa en el Taller (Fuente: Elaboración Propia).

Equipo	Cantidad	Área Total (m <sup>2</sup> )
Máquina de soldar	2	2
Equipo Acetileno	1	1
Esmeril de Banco	1	1,2
Taladro de Columna	1	1
Banco de Trabajo	2	6
Dobladora	1	3
Cajones (lockers)	1	6
Mesa Trabajo	1	3
Sierra rotativa	1	1
Yunque	1	1

A criterio se ubicaron los elementos, tomando en cuenta los puntos de vista y opiniones de los encargados, así como el criterio propio.

A continuación se muestra una imagen de la distribución:



**Figura 8.2.** Distribución Física del Taller (Fuente: Elaboración Propia).



### 8.9.5. Distribución eléctrica

Es importante aclarar que se incluyó en esta sección la distribución eléctrica de la bodega. Como ya se sabe, la bodega se encuentra dentro del taller por lo que se debió considerar, pues es casi un hecho la construcción de la misma.

También es importante citar que el diseño eléctrico consiste en muchos casos en la selección de componentes que dependen del conocimiento y destreza del diseñador, por lo que algunas selecciones no se muestran en esta sección.

#### 8.9.5.1. Iluminación y Tomacorrientes Generales – Especiales

Como primer paso se listaron los artículos eléctricos del taller con sus respectivos datos de placa, los cuales se muestran a continuación:

**Cuadro 8-8.** Datos de Placa de Equipos Eléctricos en el Taller (Fuente: Elaboración Propia).

Artículo	Voltaje (V)	Potencia (KW)	Corriente (A)
<b>Máquina de Soldar</b>	240 - 1 $\phi$	19,6	80
<b>Taladro Columna</b>	120 - 1 $\phi$	1	16
<b>Esmeril Banco</b>	240 - 3 $\phi$	0.8	5
<b>Sierra Rotativa</b>	240 - 3 $\phi$	0.6	4

Luego se realizó el diseño de los circuitos ramales de iluminación y tomacorrientes generales. Dichos tomacorrientes tienen un criterio de diseño particular, debido a que se planea el uso de herramientas tales como esmeril y taladros de mano, los cuales son artículos de uso intermitente y en diferentes lugares del taller, por lo tanto se le asignaron 4 salidas y una potencia de diseño de 1500 VA al circuito.

El paso siguiente fue el dibujo de los circuitos de tomacorrientes y los de iluminación, respetando los cálculos de iluminación realizados en la sección anterior, para iniciar la asignación de dichos circuitos al tablero. Luego se realizó la distribución de la red eléctrica para los circuitos especiales, los cuales son las herramientas citadas anteriormente. Dicha distribución se muestra en el plano adjunto.

A continuación se muestra el tablero que se propone, producto del diseño:

**Cuadro 8-9.** Tablero Eléctrico del Taller de Mantenimiento (Fuente: Elaboración Propia).

**TABLERO: TA**

**Ubicación: Taller Mantenimiento y Bodega**

CTO	SALIDAS	POT	VOLTAJE	L1	L2	L3	CALIBRE (AWG) THW	LONG (mt)	CV (%)	PROTEC (P/A)	DUCTO (mm ø)	DESCRIPCION
				CORR	CORR	CORR						
-	(n)	(VA)	(V)	(A)	(A)	(A)						
TA 1	7	1,400	120		12		12	11	1.2	1/20	13	Iluminación (Taller y Bodega)
TA 2	4	1,500	120		13		12	7	0.8	1/20	13	Tomacorrientes Bancos de Trabajo Polarizados
TA 3	4	1,500	120			13	12	14	1.6	1/20	13	Tomacorrientes Generales Taller Polarizados
TA 4	4	1,500	120	13			12	14	1.6	1/20	13	Tomacorrientes Bodega Polarizados
TA 5-6-7	1	1,000	240	6	6	6	12	7	0.2	1/15	13	Esmeril Banco
TA 8-9-10	1	800	240	5	5	5	12	7	0.1	1/15	13	Sierra Rotativa
TA 11	1	1,200	120		20		12	7	0.6	1/20	13	Taladro Columna
TA 12-13	3	25,000	240	80		80	4	12	0.7	1/100	25	Red Máquina Soldar
<i>Total</i>		<i>33,900</i>		<i>104</i>	<i>49</i>	<i>104</i>						
<b><u>CONDICIONES DE OPERACIÓN</u></b>								<b><u>DESCRIPCION DEL TABLERO</u></b>				
Carga instalada total				33,900	VA	Monofásico trifilar 120/240, 3ø + N + T						
Demanda Máxima Total				19,560	VA	Capacidad de barras: 150 Amp.						
Corriente Carga Inst Total				141.25	A	Número de campos simples: 14						
Corriente de Dem Máx Total				81.50	A							
Factor de demanda				0.6	-							
<b><u>CARACTERISTICAS DEL ALIMENTADOR AL TABLERO trifásico</u></b>								Protector del tablero : Disyuntor 3P / 125 A				
3 THHN # 4 (L1, L2 y L3) + 1 THHN # 6 (N) + 1 THHN # 8 (T)								Distancia del protector al tablero : 1 m.				
en tubo EMT de 32 mm ø								Caída de voltaje alimentador : 0.3 %				

Código de colores del cableado: L1, L2 y L3: rojo, negro y azul. N: blanco T: verde. Las líneas neutras y tierras irán siempre separadas y nunca se intercambiarán entre sí. El tablero llevará una barra para los neutros y una barra para las tierras en forma independiente, de donde se conectarán respectivamente los cables correspondientes.

Los circuitos de tomacorrientes en lugares húmedos (baños, lavatorios, fuentes, etc.) irán protegidos con disyuntores de falla a tierra (GFCI por sus siglas en inglés)

Para la selección calibres y elementos de la instalación eléctrica se utilizó el folleto llamado “Tablas Simplificadas”, el cual está basado en el NEC, y fue realizado por el profesor Ing. Carlos Solís Arias. Se encuentra disponible en los anexos.

Además en la parte inferior del Tablero se indica la norma para los colores de las líneas, el neutro y la tierra, así como las indicaciones de instalación de tierra y neutro.

#### 8.9.5.2. Selección de calibre

Para la selección de los calibres se utilizó la tabla 2ª del folleto de tablas simplificadas (ver anexo).

La selección se llevó a cabo verificando que la corriente de diseño, luego de la aplicación de los factores de corrección y las indicaciones del NEC, de cada circuito descrito en el tablero fuese admitida por un calibre, iniciando de los calibres más pequeños hacia los más grandes.

A continuación se muestra un ejemplo:

Se tiene el taladro de columna que cuenta con un motor de  $1 \frac{1}{4}$  Hp, en sus datos de placa reporta una corriente de 10 A. Sin embargo según indica el código se debe ampliar a 125%, lo que corresponde a una corriente de 12.5 A.

Con esa corriente se verifica en la tabla citada para este propósito y se verifica cuál calibre tiene la capacidad de soportar, se tiene entonces que el calibre # 12 soporta 25 A y el calibre #14 soporta 20, por lo que se selecciona un calibre # 12 AWG tipo THW. Sin embargo se pudo seleccionar un calibre #14, pero esto es una decisión del diseñador.

#### 8.9.5.3. Ecuaciones diseño del tablero

Para el cálculo de las condiciones de operación descritas en el tablero se tiene una carga instalada total, sin embargo diseñar y calcular calibres de conductores con esos

datos es un desperdicio debido a que esa corriente que se desprende de esa carga instalada correspondería a tener todos los aparatos eléctricos energizados, los circuitos de tomacorriente utilizados al 100% y todas las luminaria encendidas. Como sabemos, eso no ocurre o la probabilidad de que ocurra es mínima. Es por eso que se calcula la demanda máxima mediante una aproximación de la probabilidad de cargas energizadas al mismo tiempo. Dicho cálculo y ecuación se citan a continuación:

$$\text{Demanda máxima} = 10000 + 0.4 * (\text{carga inst. total} - 10000)$$

**Ecuación 8-11. Demanda Máxima**

En esta ecuación se aseguran 10 000 KVA y se asigna un 40% de la carga instalada total, teniendo en cuenta que se deben restar los 10 000 KVA ya reservados de la carga instalada total.

Además se debe tomar en cuenta la caída de voltaje, se encuentra en el tablero como CV y se calculó mediante la ecuación siguiente.

$$CV\% = \frac{2\sqrt{3} * L * I}{V_L * a_t}$$

**Ecuación 8-12. Caída de Voltaje**

Donde:

$a_t$  = área transversal conductor ( $mm^2$ )

$L$  = Longitud entre el punto alimentación y la carga (m)

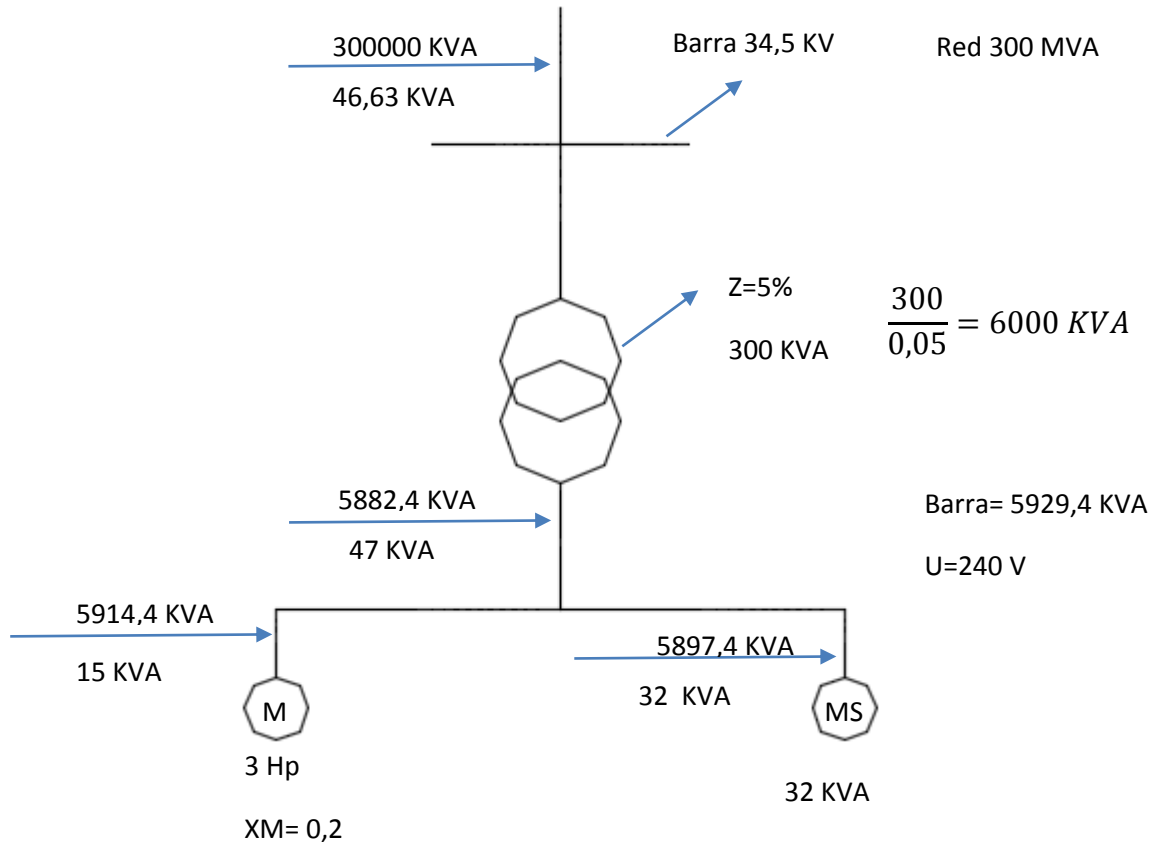
$I$  = Corriente de carga (A)

$V_L$  = voltaje de línea (V)

$CV\%$  = caída de voltaje (%)

### 8.9.5.4. Cálculo de Cortocircuito

Además se realizó el cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizando el método de los KVA's equivalentes y las ecuaciones citadas anteriormente. Dicho proceso se muestra a continuación:



**Figura 8.3.** Método de los KVA Equivalentes. (Fuente: Elaboración Propia).

$$\frac{1}{\frac{1}{47} + \frac{1}{6000}} = 46,6 \text{ KVA}$$

$$\frac{1}{\frac{1}{300000} + \frac{1}{6000}} = 5882,4 \text{ KVA}$$

Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito:

Lado de Alta:

$$I_{cc} = \frac{300046,8 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (34,5)} = 5021,2 \text{ A}_{sim}$$

$$I_{asim} = I_{cc} * 1.5 = 7531,8 \text{ A}_{asim}$$

Lado de Baja:

$$I_{cc} = \frac{5882.4 \text{ KVA}}{\sqrt{3} (0,24)} = 14150,8 \text{ A}_{sim}$$

$$I_{asim} = I_{cc} * 1.4 = 19811 \text{ A}_{asim}$$

Dichos cálculos reflejan que los componentes se deben dimensionar para 20 KA de capacidad mínima.

#### 8.9.5.5. Selección de protecciones de motores (herramientas)

Para la selección de estos componentes se tomaron en cuenta las disposiciones del NEC así como los conocimientos alcanzados en el curso de instalaciones eléctricas. Además, al igual que los cálculos anteriores y selecciones de elementos, se recurrió al folleto “tablas simplificadas”, disponible en anexos, y que además está basado en la normativa NEC.

A continuación se muestra el proceso de selección para uno de los motores a modo de ejemplo y se resumen las selecciones mostradas en el cuadro siguiente.

Máquina-Herramienta: Esmeril de Banco, 1 Hp / 240 V / 3φ / 3.6 A.

Selección de contactor:

Basado en la tabla Tablas 11 del manual “Tablas Simplificadas”.

Se tiene una corriente de 3.6 A y 1 Hp, con estos datos se ingresa a la tabla, luego con la información de una o tres fases, se selecciona la columna adecuada de la tabla y se selecciona un contactor.

En este caso el seleccionado fue un **NEMA 00**.

Luego se selecciona la protección de sobrecarga, para eso se aplica el factor de porcentaje que cita el NEC en las disposiciones antes expuestas y se procede de la siguiente manera:

$$\text{Corriente Sobrecarga} = \text{Corriente Nominal} * 1.15$$

$$\text{Corriente Sobrecarga} = 3.6 * 1.15 = \mathbf{5.4 A}$$

Por lo anterior, la selección de la protección debe ser una ajustable entre **3.6 y 5.4 Amperios**.

Con respecto a la protección de corto circuito, se debe seguir la disposición del NEC, la cual indica la aplicación de un factor de porcentaje para la adecuada selección del componente. Dicho proceso se muestra a continuación.

Aplicación de porcentajes:

$$3.6 * 1.5 = \mathbf{5.4 A}$$

$$3.6 * 2.5 = \mathbf{9 A}$$

Utilizando la tabla 10 del manual de tablas simplificadas y con los voltajes, número de polos y corrientes calculadas en el paso anterior, se ingresa a la tabla y se selecciona el tipo de protección.

Para este caso se tiene un máximo de 9 A a 240V y 3 polos, por consiguiente se seleccionó una protección del tipo **EB de 10 KA y 3 polos**.

A continuación se muestra la tabla resumen par los tres motores existentes:

**Cuadro 8-10.** Resumen de Protecciones para Máquina Herramientas del Taller (Fuente: Elaboración Propia).

Motor-Herramienta	Contactador	Sobrecarga	Cortocircuito
<b>Esmeril Banco</b>	NEMA 00	Ajustable 3.6 - 5.4 A	EHB / 20 KA / 3 Polos
<b>Sierra Rotativa</b>	NEMA 00	Ajustable 2 – 2.8 A	EHB / 20 KA / 3 Polos
<b>Taladro Columna</b>	NEMA 1	Ajustable 16 – 18.4 A	EHB / 20 KA / 1 Polos

#### 8.9.6. Razones Constructivas

El lugar se encuentra ya techado, por eso, lo que se debe agregar son las paredes y las divisiones. Sin embargo aún no se puede decidir el tipo de material que se va a utilizar para este propósito debido a que la gerencia debe de evaluar cuál es la mejor opción, se aclara que se debe respetar el espacio superior designado a la ventilación.



## 8.10. Conclusiones

- a. Se diseñó el espacio físico para un taller de mantenimiento y bodega.
- b. Se realizó el diseño de la instalación eléctrica del taller de mantenimiento, tomando en cuenta calibres de conductores, protecciones, tableros, canalizaciones e iluminación.
- c. Se calculó específicamente la iluminación para los bancos de trabajo.
- d. Se propuso un diseño para la ventilación adecuada del recinto.
- e. Se confeccionó un estudio de corto circuito, con el fin de proveer de mayor seguridad el sistema eléctrico y se especificaron dichas protecciones.
- f. Se delimitó el espacio físico para la bodega solicitada.

### 8.11. Recomendaciones

Una vez realizado el diseño del taller y la bodega se recomienda:

- a. Seleccionar las protecciones de sobrecarga utilizando los resultados proporcionados como referencia para la escogencia del dispositivo protector.
- b. Se recomienda aplicar el mantenimiento adecuado a la instalación eléctrica y a los paneles eléctricos, que asegure el buen estado de los mismos en todo momento.
- c. Se debe ser consiente en que, si se planea realizar una expansión en el sistema eléctrico, se deben realizar los cálculos y adecuaciones necesarias.
- d. Realizar una orientación en el personal para mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo diseñado.
- e. Respetar el espacio superior asignado a ventilación, y cubrirlo con malla de ser necesario.

## Bibliografía

### Libros y Folletos

- NFPA (2006). Código Eléctrico Nacional 2006. Quincy Massachusetts.
- Valverde, J. (2012). *Manual del Curso Diseño de Bases de Datos para Mantenimiento* (3 ed.)
- Arias, C. (2011). *Tablas Simplificadas para el Diseño Eléctrico Residencial, Comercial e Industrial.*
- Arias, C. (2011). *Diseño en Iluminación El Método de los Lúmenes.*
- Arias, C. (2011). *Tablas para Diseño de Iluminación.*
- NTN Corporation (s. f.). Bearing Units.

### Tesis

- Garita, J. (2008). *Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura* Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Jiménez, A. (2010). *Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura* Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Ruiz, J. (2005). *Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura* Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Hernández, N. (2010). *Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura* Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Aguilar, E. (2010). *Cálculos de Cortocircuito y Coordinación de Protecciones en Edificios Residenciales Verticales* San José: Universidad de Costa Rica.

### Páginas Web

- Cuartas, L. (2008). *¿Qué es el Mantenimiento?* Recuperado el 28 de octubre del 2014, de [http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso\\_concurso/area3/QUE\\_ES\\_EL\\_MANTENIMIENTO\\_MECANICO.pdf](http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO_MECANICO.pdf).
- Tribología y Lubricación (2013, 30 de enero). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://www.clubdemantenimiento.com/la-lubricacion-como-elemento-fundamental-del-mantenimiento-de-clase-mundial/>
- Roldán, E. (2011, 05 de junio). *TRIBOLOGÍA: Lubricación Elastohidrodinámica (EHL o EHD)*. Recuperado de <http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2011/06/tribologia-lubricacion.html>
- Lubricación (s. f.). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://www.nebrija.es/~alopezro/Lubricacion.pdf>
- Nuevo Tubo Fluorescente de ERMEC con Tecnología LED (s. f.). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://www.ermec.com/catalogos/2008/CAT-ERMEC-FLUORESCENTELED.pdf>
- García, S. (s. f.). *Listado y codificación de equipos* Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/Listado+y+codificacion+de+equipos>.
- Sexto, L. & Zabiski, E. (s. f.). *Codificar, ¿Para qué?* Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://luisfelipesexto.blogia.com/2007/040201-codificar-para-que.php>
- Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo (2008). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de [http://www.costarican-laws.com/reglamento\\_general\\_de\\_seguridadehigiene.htm](http://www.costarican-laws.com/reglamento_general_de_seguridadehigiene.htm)
- FASES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO | Mechanical Technology School's Blog (s. f.). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://adnervillarroel.wordpress.com/fases-del-mantenimiento-preventivo/>

- Ventilación General o Ambiental y sus Factores de Renovación de Aire (2008). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <https://www.ventdepot.com/mexico/informaciontecnica/Ventilacion%20General%20y%20sus%20Factores%20de%20Renovacion%20VentDepot.pdf>
- Manual Lubricación SNR (s. f.). Recuperado el 28 de octubre del 2014, de [http://www.ntn-snr.com/industry/pt/pt-pt/file.cfm/lubrification\\_esp.pdf?contentID=1595](http://www.ntn-snr.com/industry/pt/pt-pt/file.cfm/lubrification_esp.pdf?contentID=1595)
- Fuentes, V. (s. f.). *Ventilación Natural* Recuperado el 28 de octubre del 2014, [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1243/Ventilacion\\_natural\\_calculos\\_basicos\\_para\\_arquitectura\\_BAJO.pdf?sequence=1](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/1243/Ventilacion_natural_calculos_basicos_para_arquitectura_BAJO.pdf?sequence=1)
- Parra, C. (2011). *Técnica básica de priorización de repuestos: Modelo de jerarquización de Repuestos ?Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC)?* Recuperado el 28 de octubre del 2014, de <http://www.confiabilidadoperacional.com/files/1318953321modelo%20jerarquizacion%20repuestos%20-%20RCC.pdf>
- *Equivalencia de viscosidad ISO y SAE* (s. f.). Recuperado el 29 de octubre del 2014, de <http://industria.yoreparo.com/bobinados/equivalencia-de-viscosidad-iso-y-sae-t1018525.html>
- Mostacero, J. (s. f.). *Lubricante Mineral, Semi Sintético y Sintético* Recuperado el 29 de octubre del 2014, de <http://royalautomotriz.com/lubricante-mineral-semi-sintetico-y-sintetico/>
- Condiciones Grasa (s. f.). Recuperado el 29 de octubre del 2014, de [http://www.widman.biz/boletines/10\\_files/condiciones-grasa.jpg](http://www.widman.biz/boletines/10_files/condiciones-grasa.jpg)

### Revistas

- Rey, F. (2010). *Gestión de Piezas de Recambio para Mantenimiento Ingeniería del Mantenimiento*, 2. Recuperado el 28 de octubre del 2014, de [http://www.tbn.es/templates/images/documents/17\\_1.pdf](http://www.tbn.es/templates/images/documents/17_1.pdf)

### Entrevistas y Aporte Técnico

- Ing. Manrique Carvajal Orlich.
- Sr. Mario Rodríguez.

## Anexos

**Anexo 1.**  
**Tablas Simplificadas de Diseño**

## Apéndices



**Apéndice 1.**  
**Lista General de Equipos Codificados**

## **Apéndice 2.**

### **Ficha Técnica de Equipos**

## **Apéndice 3.**

### **Manual Mantenimiento Preventivo**

## **Apéndice 4.**

### **Manual de Lubricación**

**Apéndice 5.**  
**Plano Eléctrico del Taller.**