

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.**

**DAVID DUARTE PORTILLA
LUIS RAFAEL GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.**

DAVID DUARTE PORTILLA

LUIS RAFAEL GONZALEZ GONZALEZ

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ISNARDO GONZÁLEZ JAIMES
Ingeniero Mecánico**

**Codirector
FREDY ANGARITA REINA
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

A Dios por hacer todo esto posible,

*A Beatriz, mi madre, por su infinito amor
y dejarme las enseñanzas y el ejemplo para ser una gran persona,
espero que donde este se sienta orgullosa de su hijo menor,*

*A Nereo, mi padre, por ser mi apoyo incondicional y la guía
para culminar esta gran travesía de mi vida,*

*A Eduardo y Jenny, mi hermano y su esposa,
por su confianza en mí e interminable
paciencia y comprensión, su apoyo es esencial en mi vida,*

*A Matías, mi sobrino, por ser mi inspiración y el futuro,
su nacimiento representa una nueva y mejor etapa.*

David Duarte

*A Dios todopoderoso
por su infinito Amor,*

*A Luis y Cecilia mis padres
por su inagotable amor y esfuerzo
para permitirme llegar a este momento en mi vida,*

*A mis hermanos Carlos y Andrés
por brindarme esas voces de aliento
para salir adelante en las metas propuesta,*

*A mi novia Johanna
por su gran amor, apoyo y paciencia
desde el inicio de este proceso de formación,*

*A mi familia y Amigos
por los buenos recuerdos,*

A todos Gracias.

Luis Gonzalez

AGRADECIMIENTOS

A Isnardo Gonzáles, director del proyecto, por su orientación, confianza y respaldo en la realización de este trabajo de grado.

A Fredy Angarita, gerente de Inyesa Ltda., por su apoyo, amistad y colaboración para la culminación exitosa de este proyecto.

A Inyesa Ltda. por su cordialidad y contribución a este proyecto.

A nuestros compañeros y profesores con los cuales compartimos experiencias, enseñanzas y buenos recuerdos.

DAVID DUARTE PORTILLA

LUIS RAFAEL GONZALEZ GONZALEZ

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	23
1. INDUSTRIA INYESA LTDA.	25
1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA INYESA LTDA.	25
1.2 MISIÓN DE INYESA LTDA.	27
1.3 VISION DE INYESA LTDA.....	27
1.4 POLITICA DE CALIDAD.....	27
1.5 OBJETIVOS DE CALIDAD.....	28
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	29
1.7 RECURSO HUMANO.....	30
1.8 UBICACIÓN	30
1.9 ACTIVIDAD ECONOMICA	31
1.9.1 Productos procesados.....	32
1.9.2 Capacidad de producción.....	36
1.10 PROCESO DE PRDUCCIÓN DE INYESA LTDA.....	37
1.10.1 Trituración y Pulverización	37
1.10.2 Deshidratación en hornos.....	38
1.10.3 Molido, Cernido y Envasado.....	40
1.10.4 Proceso de fabricación.....	41
2. FUNDAMENTACION TEORICA	44
2.1 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO.....	44
2.1.1 Evolución histórica del mantenimiento	45
2.1.2 Objetivos del mantenimiento	49
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	51
2.2.1 Pasos para elaborar un programa de mantenimiento preventivo.	53
2.2.2 Beneficios logrados por el mantenimiento preventivo.	56
2.2.3 ¿Qué equipos se deben inspeccionar?	57
2.2.4 ¿Qué partes deben inspeccionarse?	58
2.2.5 Tipos de inspección.....	60

3. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN INYESA LTDA.	62
3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN INYESA LTDA.....	62
3.2 GESTIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO	63
3.3 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	65
3.4 GESTIÓN DE REPUESTOS	66
3.5 DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN DEL TALENTO HUMANO	67
3.6 DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN DE LAS MÁQUINAS.....	68
4. MODELO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.	70
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	70
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	70
4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	71
4.3.1 Mantenimiento de equipos en Inyesa Ltda.....	71
4.3.2 Codificación de máquinas y equipos	72
4.3.3 Análisis de criticidad.....	74
4.4 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 1 (YESO GRIS Y YESO BLANCO).....	78
4.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 2 (CAL)	83
4.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 3 (CAOLIN)	85
4.7 LISTA DEL RESULTADO DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA INYESA LTDA.....	87
4.8 CONSIDERACIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	93
4.8.1 Consideraciones generales de la línea de producción.	94
4.8.2 Consideraciones sobre el talento humano	94
4.9 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CONJUNTO MOLINO (CAL)	95
4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CONJUNTO VENTILADOR (CAL).....	99
4.11 MANEJO DE INVENTARIOS	104

4.11.1	Análisis Pareto	104
4.11.2	Objetivos del análisis Pareto	106
4.11.3	Clasificación de repuestos según su criticidad	106
4.11.4	Análisis de modelos EOQ (Economic Order Quantity)	108
4.12	DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE REPUESTOS	110
4.13	RESULTADO DEL ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS EN CADA ÍTEM IDENTIFICADO.....	112
5.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	115
5.1	LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS DE GESTIÓN ...	115
5.2	GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN	116
5.3	CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.	117
5.4	COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	118
5.5	CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR LA INFORMACIÓN	119
5.6	PROCESO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	120
5.7	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN	121
5.7.1	Soporte de actividades operativas	121
5.7.2	Soporte a las decisiones y control de gestión	122
5.8	OBJETIVOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	122
5.9	IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EL MANTENIMIENTO.....	123
5.10	Gestión de mantenimiento asistido por computadora	124
6.	ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.....	126
6.1	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	126
6.2	VARIABLE DE ENTRADA Y SALIDA	127
6.3	DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA ADMINISTRATIVA.....	128
6.3.1	Ingreso al sistema.....	128
6.3.2	Módulo de máquinas y equipos	132
6.3.3	Módulo de Mantenimiento.....	140
6.3.3.1	Modos de ingreso y generación de solicitudes de mantenimiento (SM) y órdenes de trabajo (OT).....	142

6.3.3.2 Solicitudes de servicio y órdenes de trabajo para mantenimiento Preventivo.....	142
6.3.3.3 Solicitudes de servicio y órdenes de trabajo para mantenimiento Correctivo.....	148
6.3.4 Módulo de producción.....	151
6.3.5 Módulo de Reportes.....	154
6.3.5.1 Indicador de efectividad.	156
6.3.5.2 Indicador o índice de cumplimiento.....	157
6.3.5.3 Índice de Disponibilidad	158
6.3.5.4 Índice de mantenibilidad	160
6.3.6 Módulo de Talento humano.	162
6.4 PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA	164
6.4.1 Prueba realizada para el registro de un equipo.	166
6.4.2 Prueba realizada para el movimiento de inventarios	166
6.4.3 Prueba de datos para una Solicitud de Mantenimiento y Orden de Trabajo	169
6.4.4 Prueba de análisis de los indicadores de gestión	172
6.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	174
6.5.1 Programación.....	174
6.5.2 Planeación del mantenimiento en las máquinas	179
6.6 GENERALIDADES DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	183
6.6.1 Concepto de PHP	183
6.6.2 Concepto de MySQL.....	184
6.6.3 Razones para utilizar PHP y MySQL	185
6.6.4 Algunas de las cualidades de PHP	185
6.6.5 Algunas de las ventajas de MySQL	187
7. CONCLUSIONES	189
BIBLIOGRAFIA	191
ANEXOS.....	192

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones de la empresa	25
Figura 2. Estructura organizacional	29
Figura 3. Ubicación de la planta de producción de Inyesa Ltda.....	31
Figura 4. Productos de INYESA Ltda.....	32
Figura 5. Productos de INYESA Ltda.....	33
Figura 6. Productos de INYESA Ltda.....	33
Figura 7. Productos de INYESA Ltda.....	34
Figura 8. Productos de INYESA Ltda.....	35
Figura 9. Productos de INYESA Ltda.....	35
Figura 10. Productos de INYESA Ltda.....	36
Figura 11. Esquema de producción en la línea de yeso en INYESA Ltda.	42
Figura 12. Almacenaje del producto empacado en INYESA Ltda.....	43
Figura 13. Taller de mantenimiento	62
Figura 14. Codificación de quipos.....	72
Figura 15. Matriz de criticidad	89
Figura 16. Resultados de criticidad y pareto de los equipos en la planta de producción.	92
Figura 17. Diagrama Pareto.....	105
Figura 18. Ecuación de tamaño económico del lote	108
Figura 19. Sistema punto de reorden.....	109
Figura 20. Diagrama de Pareto de clasificación de repuestos basado en costos	112
Figura 21. Procesos de un sistema de información abierto	117
Figura 22. Proceso de sistemas de información	121
Figura 23. Variables de entrada y salida al sistema de información.	128
Figura 24. Modo de inicio al sistema.....	129
Figura 25. Página de inicio al sistema de información	129
Figura 26. Modo de ingreso al sistema de información.....	130

Figura 27. Pantalla principal del sistema	130
Figura 28. Diagrama de flujo del módulo máquinas y equipos	132
Figura 29. Diagrama de flujo del sub-módulo de máquinas y equipos.....	133
Figura 30. Diagrama de flujo del sub-módulo de partes de equipo.....	134
Figura 31. Diagrama de flujo del sub-módulo de inventarios.	135
Figura 32. Módulo de máquinas y equipos	136
Figura 33. Opción de agregar un equipo en el módulo de máquinas y equipos ..	137
Figura 34. Opción de editar un equipo.....	137
Figura 35. Opcion de agregar partes de equipos.....	138
Figura 36. Opción para el manejo de inventarios.....	139
Figura 37. Opción de agregar artículos para la administración de inventario	139
Figura 38. Página principal del módulo de mantenimiento	140
Figura 39. Diagrama de flujo del módulo Mantenimiento.....	141
Figura 40. Visualización de las alarmas en el sistema dinámico de información. 143	
Figura 41. Formato de registro de una Orden de Trabajo.....	144
Figura 42. Visualización del listado de órdenes de trabajo.	145
Figura 43 Vista de impresión de una Orden de Trabajo	145
Figura 44. Formato final de una Orden de Trabajo Fuente: Autores del Proyecto.....	146
Figura 45. Formato de finalización de una Orden de Trabajo.....	147
Figura 46. Formato de finalización de una solicitud de servicio.	148
Figura 47. Forma de agregar manualmente una Solicitud de Servicio	149
Figura 48. Formato de registro manual de una Solicitud de Mantenimiento	149
Figura 49. Agregar OT de forma manual en una SM.....	150
Figura 50. Módulo de producción del sistema de información	152
Figura 51. Diagrama de flujo del módulo de producción.....	153
Figura 52. Opción de agregar un periodo de producción.....	154
Figura 53. Diagrama de flujo del módulo de reportes	155
Figura 54. Módulo de reportes.....	155
Figura 55. Visualización del índice de efectividad en el sistema de información .157	

Figura 56. Visualización del índice de cumplimiento en el sistema de información	158
Figura 57. Formato de registro de tiempos para el cálculo de indicadores	159
Figura 58. Visualización el índice de disponibilidad en el sistema de información	160
Figura 59. Visualización el índice de Mantenibilidad en el sistema de información	161
Figura 60. Pantalla inicial del módulo de Talento Humano.	162
Figura 61. Diagrama de flujo del módulo de Talento humano	163
Figura 62. Formato de registro de las personas en el sistema de información	164
Figura 63. Prueba de registro de un equipo.....	166
Figura 64. Verificación de registro de un equipo.....	166
Figura 65. Prueba 1 de movimientos de inventarios	167
Figura 66. Prueba 1A de movimientos de inventarios.....	167
Figura 67. Prueba 1B de movimientos de inventarios.....	168
Figura 68. Prueba 2 de movimientos de inventarios	168
Figura 69. Prueba 1B de movimientos de inventarios	168
Figura 70, formato de registro de historial de inventarios	169
Figura 71. Prueba 3, Verificación de registro de un elemento en un equipo.....	170
Figura 72. Prueba 3A, formato de iniciación de una SM.....	170
Figura 73, Prueba 3B, formato inicial de la OT	171
Figura 74, Prueba 3C, formato de impresión de la Orden Trabajo	171
Figura 75. Visualización del indicador de efectividad.....	172
Figura76. Visualización del indicador o índice de cumplimiento	172
Figura 77. Visualización del indicador de disponibilidad	173
Figura 78. Visualización del indicador mantenibilidad.....	173
Figura 79. Módulo máquinas y equipos	174
Figura 80. Diagrama de flujo de la programación.	175
Figura 81. Formato de registro de equipo en el sistema de información	176
Figura 82. Formato de edición y adición de información a un equipo	177

Figura 83. Partes asociadas a un equipo.....	178
Figura 84. Formato de registro de parte de equipo.....	178
Figura 85. Diagrama de flujo de la planeación.....	180
Figura 86. Módulo de producción.....	181
Figura 87. Formato de registro de nueva producción	182
Figura 88. Lista de alertas producidas por el software.....	183

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Actividades básicas del mantenimiento	50
Tabla 2. Abreviaturas para los nombre se los equipos en la empresa INYESA LTDA.....	73
Tabla 3. Formato de encuesta para el análisis de criticidad	76
Tabla 4. Tabla de ponderaciones para el formato de encuesta de criticidad	77
Tabla 5. Ponderación de criticidad para el equipo Trituradora de mandíbulas	78
Tabla 6. Ponderación de criticidad para el equipo 1er horno rotatorio de secado .	79
Tabla 7. Ponderación de criticidad para el equipo 1er Molino pulverizador	79
Tabla 8. Ponderación de criticidad para el equipo 1ra banda elevador	79
Tabla 9. Ponderación de criticidad para el equipo 1er Ventilador de filtrado	80
Tabla 10. Ponderación de criticidad para el equipo 2do horno rotatorio de secado	80
Tabla 11. Ponderación de criticidad para el equipo 2do banda elevadora.....	81
Tabla 12. Ponderación de criticidad para el equipo 2do molino pulverizador	81
Tabla 13. Ponderación de criticidad para el equipo 2do ventilador para el filtrado	82
Tabla 14. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto Molino cal	83
Tabla 15. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto ventilador para filtrado cal	84
Tabla 16. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto de cicron y mangas cal.....	84
Tabla 17. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto Molino caolín	85
Tabla 18. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto ventilador para filtrado caolín	85
Tabla 19. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto de cicron y mangas caolín	86
Tabla 20. Resultados de ponderación de criticidad	87
Tabla 21. Matriz de criticidad	89
Tabla 22. Clasificación critica de los equipos evaluados basada en la jerarquización de la matriz de criticidad para la empresa INYESA LTDA.	90
Tabla 23. Criticidad de equipos.....	91

Tabla 24. Encuesta para la identificación de repuestos.....	107
Tabla 25. Matriz de clasificación de repuestos	111
Tabla 26. Ponderación de factores de criticidad y costos para los algunos elementos identificados como repuestos	113
Tabla 27. Clasificación por estrategias de abastecimiento para cada ítem identificado.....	114

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Análisis comparativo de la influencia del impacto energético en la criticidad de los equipos de la planta de producción.....	193
ANEXO B. Diagrama entidad-relacion de la base de datos.....	202

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.*

AUTORES:

David Duarte Portilla.

Luis Rafael González González.**

PALABRAS CLAVES:

Sistema de información, Mantenimiento Preventivo, Indicadores de Gestión.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es diseñar, implementar en la empresa INYESA LTDA., una herramienta que permita administrar de forma eficiente las actividades y procesos relacionados con el mantenimiento de la planta de producción, aportando una tecnología a la empresa que le permita un acceso fácil, rápido y confiable a la información, lo que hoy en día es garantía de crecimiento industrial.

El proyecto se desarrolló elaborando algunas fases de estudio, en la primera se identificó y estableció un análisis de la empresa y su proceso de producción. En la segunda fase se desarrolló un análisis y diagnóstico del estado del sistema de gestión de mantenimiento existente, así como también del estado de los equipos. En una tercera fase se desarrolló un modelo de gestión de mantenimiento que satisface las necesidades de la empresa, en el cual se implementó un análisis de criticidad de los equipos, codificación, establecimiento de formatos de trabajo y plan de mantenimiento.

Posteriormente se desarrolla e implementa un sistema dinámico de información, un software hecho a medida para la empresa Inyesa Ltda. de interfaz amigable y manejo sencillo, acorde con los elementos de hardware y software existentes, que garantiza a la empresa su crecimiento industrial a nivel nacional e internacional.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Isnardo González Jaimes.

SUMMARY

TÍTULO:

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR MAINTENANCE MANAGEMENT COMPANY INYESA LTDA.*

AUTHOR:

David Duarte Portilla.

Luis Rafael González González.**

KEY WORDS:

Information System, Preventive Maintenance, Management Indicators.

ABSTRACT:

The objective of this project is to design, implement in the company INYESA LTDA., A tool to efficiently manage the activities and processes related to the maintenance of production plant, providing one technology to the company that allows easy access, fast and reliable information, which today is ensuring industrial growth.

The project was developed to study some phases developed in the first set was identified and an analysis of the company and their production process. In the second phase developed an analysis and diagnosis of the maintenance management system existing as well as the condition of the equipment. In a third phase we developed a maintenance management model that meets the needs of the company, which implemented a criticality analysis equipment, encryption, Establishment of working formats and maintenance plan.

Subsequently developed and implemented a dynamic system of information, software tailored to the company Inyesa Ltda friendly interface and easy operation, according to the elements of existing hardware and software, the company guarantees its national industrial growth and internationally.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Isnardo González Jaimes.

INTRODUCCIÓN

Las condiciones actuales en la economía nacional e internacional, las exigencias en altos estándares de calidad en los mercados, la variación de los parámetros de servicios prestados atribuidos a la implementación del tratado de libre comercio con una potencia industrial reconocida internacionalmente, obliga a las empresas colombianas a revisar y/o redefinir sus políticas administrativas, financieras y de producción, con la finalidad de realizar mejoras continuas en términos de calidad, rendimiento y productos, para tener una competitividad frente a los mercados locales y los que ingresaran con las nuevas políticas internacionales de economía que se presentan en el país.

La información que se produce en las diferentes dependencias de una empresa, debe servir como principal recurso para análisis y desarrollo de las políticas que rigen la entidad en la búsqueda de mejoras a la institución, instaurando factores críticos para la determinación del éxito o fracaso de la empresa. Hoy en día los sistemas de información (SI) juegan un papel cada vez más importante en las modernas organizaciones empresariales efectuando un manejo simple de toda esta información y generando muchas ventajas para la empresa, la implementación de un sistema de información proporciona servicio a todos los demás sistemas de la organización y enlaza todos sus componentes en forma tal que estos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo para el desarrollo de la empresa, lo cual significa aumento de productividad, reducción de costos, minimización de inventarios y en consecuencia aumento de la competitividad.

En el proceso de evolución de la empresa Inyesa Ltda., en la adaptación al cambio y exigencias producidas por la industria, se establecen medidas de mejoramiento continuo, esforzándose por tener siempre los mejores equipos, personal capacitado, infraestructura adecuada para un buen desarrollo de todas las

actividades y una buena administración, acorde con las exigencias del mercado. En los muchos años de experiencia de la empresa, se han introducido innovaciones oportunas al proceso de fabricación de su materia prima generando algunas ventajas sobre sus competidores, posicionándola así en el mercado como una de las empresas pioneras en la fabricación de yeso, cal y caolín para diferentes aplicaciones en la industria, con una visión a corto o mediano plazo, de ser la industria yesera más grande y número uno en el país.

Por estas razones y en pro de las mejoras a la empresa en la competencia industrial junto con el fortalecimiento del compromiso que la Universidad Industrial de Santander tiene para la industria Santandereana, se desarrolla el presente proyecto de grado titulado **Diseño e implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento en la empresa Inyesa Ltda.** con la finalidad de realizar un plan de mantenimiento preventivo para toda la planta de producción apoyándolo en un sistema de información con contribuya a las mejoras en las tomas de decisiones relacionadas con el mantenimiento de cada uno de los equipos que se presentan en la planta, para el desarrollo de este plan de mantenimiento se realizaron varios estudios relacionados con la planta de producción entre los cuales se encuentran: una descripción del área de mantenimiento en Inyesa Ltda., un estudio sobre el estado de las condiciones de gestión de trabajos de mantenimiento, estado y gestión de la documentación técnica, gestión de repuestos, condiciones del talento humano en la planta de producción de la empresa y por último diagnóstico de la condición y trabajo de las máquinas, estos estudios se realizan en pro de los alcances que el plan de mantenimiento junto con el sistema de información pueden ofrecer a la empresa para contribuir en la mejoras de las falencias en el área de mantenimiento y así de esta forma permitir a la empresa seguir evolucionando en la industria nacional e internacionalmente.

1. INDUSTRIA INYESA LTDA.

Es una empresa colombiana dedicada al procesamiento para la producción de yeso como producto final. Sus productos de amplia gama son procesados desde su extracción hasta su embalaje y empaque para la distribución y comercialización.

Durante muchos años INYESA Ltda. ha venido evolucionando en la ingeniería aplicada al proceso de producción de yeso, cal y caolín abarcando así una amplia industria en el oriente colombiano, ajustándose a las necesidades de la demanda en calidad y competitividad de productos y servicios prestados, ha desarrollado técnicas de producción que le permiten posicionarse y mantenerse en la industria yesera como una empresa responsable, estable y con un buen producto de calidad.

Figura 1. Instalaciones de la empresa



Fuente: Autores del proyecto

1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA INYESA LTDA.

En septiembre de 1979, los señores HERIBERTO ANTONIO ZULUAGA VILLEGAS, FRANCISCO LUIS ZULUAGA VILLEGAS y RAFAEL NIGRINIS

OBANDO constituyeron mediante escritura pública una sociedad limitada denominada INDUSTRIA YESERA DE SANTANDER (INYESA), con domicilio en la ciudad de Bucaramanga. Ante la cámara de comercio de Bucaramanga se registraron:

GERENTE: Heriberto Antonio Zuluaga Villegas

SUBGERENTE: Rafael Nigrinis Obando

GERENTE OPERATIVO: Francisco Luis Zuluaga Villegas

Al iniciarse su primera producción se contaba con tres empleados encargados del proceso de producción en su totalidad de yeso gris, en ese tiempo la producción era muy incipiente y los controles eran a prueba y error.

Una vez la empresa estabilizo sus productos dio comienzo al desarrollo de las estrategias de mercadeo fabricando a medida que la demanda lo impusiera. Para esta época la competencia industrial era poca, por lo cual se decido establecer Inyesa Ltda. para dominar el mercado de la producción yesera, en los comienzos se disponía de una línea de producción la cual era el yeso en sus diferentes composiciones, se adquirió la tecnología necesaria para su procesamiento y distribución, desde entonces Inyesa Ltda. se ha adaptado a las necesidades de los clientes y consumidores, implementando dos nuevas líneas de producción las cuales son cal y caolín, mejorando considerablemente las políticas de calidad de producción y sostenimiento.

Como paradoja administrativa se establece mencionar que el señor Heriberto Zuluaga se propuso derrumbar "*la Roca*" (la cual era el nombre de la empresa competidora de la época) para la cual mencionaba que la única persona capaz en derribarla era un gladiador. De ahí nace la marca actual y bandera a nivel nacional "GLADIADOR".

Administrativamente el gerente se encargaba de todas las actividades, compras, producción, ventas, pagos de jornales, etc.

1.2 MISIÓN DE INYESA LTDA.

Somos una empresa santandereana que busca satisfacer las necesidades de nuestros clientes, mediante la elaboración de productos derivados del yeso de excelente calidad. Contamos con un personal altamente calificado y comprometido con el desarrollo de la empresa, logrando un permanente posicionamiento en el mercado y ampliando su cobertura.

1.3 VISION DE INYESA LTDA.

Ser reconocida como una empresa líder de la industria del yeso en el país, caracterizada por el mejoramiento continuo de los procesos, a partir del permanente desarrollo tecnológico e innovación de los productos, logrando así ampliar la cobertura nacional.

1.4 POLITICA DE CALIDAD

En “INYESA LTDA.”, nos dedicamos a la elaboración de elementos derivados del yeso de la más alta calidad, buscando la completa satisfacción de nuestros clientes, mediante productos que cumplan con sus necesidades. Comprometidos con la excelencia y trabajando para el cumplimiento de los objetivos de calidad, por medio de la mejora continua en todos los procesos de la organización.

1.5 OBJETIVOS DE CALIDAD

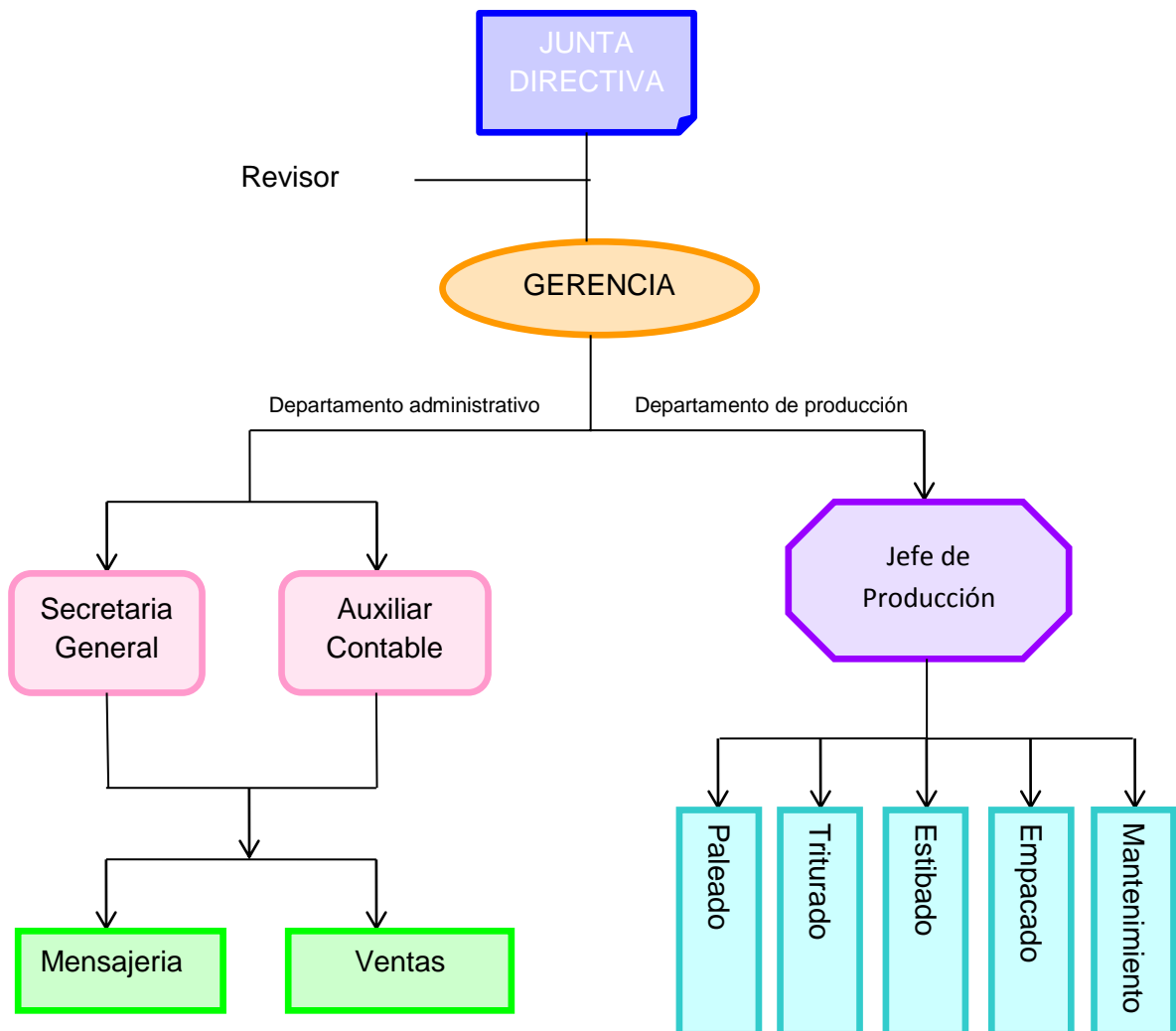
Los objetivos de calidad son la base sobre la cual INYESA orientará a los niveles organizacionales, para dar cumplimiento a las actividades que se llevarán a cabo durante la implementación del Sistema de Gestión de la Calidad.

- Implementar un Sistema de Gestión de la Calidad, que buscará optimizar los procesos con el objeto de posicionar a INYESA LTDA en el mercado como una empresa competitiva.
- Elevar el nivel de satisfacción de nuestros clientes, mediante la entrega de productos que cumplan las exigencias de calidad establecidas y dentro del tiempo estipulado.
- Aumentar nuestros niveles de eficiencia y productividad de la empresa, por medio del establecimiento de medidas preventivas y correctivas.
- Reducir la cantidad de no conformidades, mediante controles permanentes, que permitan detectar las fallas en el proceso y su adecuada corrección.
- Establecer con nuestros proveedores un vínculo estrecho, fundamentado en la confianza, con el propósito de lograr un crecimiento mutuo y asegurar el incremento de la calidad en las materias primas y por consiguiente en el producto final.
- Reforzar constantemente las capacidades de nuestros empleados, proporcionándoles los instrumentos adecuados para que puedan realizar satisfactoriamente su labor.

1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

La estructura organizacional actual de la empresa INYESA Ltda. se muestra a continuación.

Figura 2. Estructura organizacional



Fuente: Planeación estratégica de INYESA Ltda.

1.7 RECURSO HUMANO

La empresa INYESA Ltda. cuenta en la actualidad con una estructura organizacional la cual define sus 2 principales áreas de trabajo o departamentos.

1.7.1 Departamento administrativo

En este departamento se encuentra toda la infraestructura física necesaria para la administración de los recursos con los que cuenta la empresa en su totalidad, también cuenta con los recursos humanos para realizar la gestión de contabilidad, ventas y coordinación de la demanda y disponibilidad de la producción de la empresa.

1.7.2 Departamento de producción

El departamento de producción se encuentra ubicado en la planta de producción, la cual cuenta con todo el espacio y maquinaria necesaria para la producción y almacenamiento adecuado de los productos, también en esta área la empresa cuenta con el personal capacitado y necesario para el proceso de fabricación de sus productos.

1.8 UBICACIÓN

La empresa INYESA Ltda. cuenta con sus oficinas de administración en la calle 36 No. 19 – 76, oficina 804 y es posible contactar a los teléfono 6335272 o telefax (97) 6306792.

La planta de producción se encuentra en la carretera vía café Madrid con teléfono 6402631.

Para información adicional la empresa cuenta con la página de internet www.inyesa.com.

Figura 3. Ubicación de la planta de producción de Inyesa Ltda.



Fuente: google maps

1.9 ACTIVIDAD ECONOMICA

INYESA Ltda. Se dedica a la fabricación y producción yeso, cal y caolín, mediante la extracción, transformación y distribución de los recursos naturales, las actividades económicas que abarca INYESA Ltda. se establecen en la fase de producción y distribución, abasteciendo las necesidades del consumidor. Comercializando el producto final en diferentes industrias como los son en los sectores industriales, agropecuarios, construcción civil, cosmético entre otros.

1.9.1 Productos procesados

INYESA LTDA., fabrica una amplia gama de productos derivados de la extracción de los recursos naturales ya sea en minas o lechos marinos como lo son:

➤ **YESO BLANCO PARA ESTUCAR “GLADIADOR” INYESA**

Posee un excelente rendimiento, granulometría y textura, fácil en la aplicación y extendido del material, estucado más blanco, mayor claridad y menor costo por metro cuadrado de estuco.

Figura 4. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto yeso blanco para estucar “gladiador” elaborado por INYESA.

[en línea] Disponible <<http://www.INYESA.com>>

➤ **YESO SÚPER EXTRA “GLADIADOR”**

Tiene un color blanco tipo escayola (yeso importado), un nivel de resistencia óptimo, durabilidad y economía con un fraguado rápido.

Figura 5. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto yeso súper extra “gladiador” elaborado por INYESA.
[en línea] Disponible <<http://www.INYESA.com>>

➤ **YESO PARA ESTUCAR “GLADIADOR”**

Yeso en bultos de 25 kg, para acabados finos y texturas resistentes, posee una buena dureza, granulometría (malla 100), secado rápido, aislamiento térmico, absorbente acústico, protección contra el fuego y regula humedad ambiental.

Figura 6. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto yeso para estucar “gladiador” elaborado por INYESA.
[en línea] Disponible <http://www.INYESA.com>

➤ **PINTUCAL – CAL HIDRATADA**

Este material resulta de la humectación de la cal viva (óxido de calcio, CaO) hasta satisfacer su afinidad química, polvo blanco, finamente dividido, impalpable y sin olor, posee una granulometría (malla 200-325), importado certificado por norma SGS y norma ISO 9001:2000 de tres capas y válvula de auto cierre.

Figura 7. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto Pintucal – cal hidratada elaborado por INYESA.

[en línea] Disponible <http://www.INYESA.com>

➤ **CAOLÍN EXTRAFINO “EMPERADOR”**

Es una variedad de arcilla, especialmente rica en caolinita ($Al_2(OH)_4Si_2O_5 \cdot 2H_2O$) y muy apreciada en la industria de la construcción, se presenta en malla 100, no necesita cernirlo, no hay pérdida del material y es totalmente impalpable.

Figura 8. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto caolín extrafino “emperador” elaborado por INYESA.
[en línea] Disponible <<http://www.INYESA.com>>

➤ **YESO EXTRA “GLADIADOR”**

Se utiliza para moldes, cerámicas, decoraciones, espatulados, modernos, matrices, medallones cornisas y todo lo relacionado con diseño arquitectónico.

Figura 9. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto yeso extra “gladiador” elaborado por INYESA.
[en línea] Disponible <<http://www.INYESA.com>>

➤ CAL CASABLANCA

Es un recubrimiento acabado de color blanco, que se procesa con un sistema de hidratación, controlado técnicamente en seco, obteniéndose un producto de excelente calidad que se utiliza para el tratamiento de aguas residuales, desinfectante industrial, tratamiento de basuras y como impermeabilizante.

Figura 10. Productos de INYESA Ltda.



Fuente: Producto cal Casablanca elaborado por INYESA.

[en línea] Disponible <<http://www.INYESA.com>>

1.9.2 Capacidad de producción

En la actualidad la planta de producción de la empresa cuenta con una capacidad de producción de 72000 bultos de 25 kg (1800 Toneladas) de sus diferentes presentaciones en el mes, teniendo en cuenta que la velocidad de producción es variable y se encuentra en función de la demanda actual del producto en el mercado.

1.10 PROCESO DE PRDUCCIÓN DE INYESA LTDA

Atreves del tiempo INYESA Ltda. ha estado implementando mejoras continuas en su maquinaria y proceso de producción con el fin de aumentar la calidad de sus productos eficientemente.

Para convertir los insumos en productos finales aptos para satisfacer las necesidades del cliente se sigue el siguiente procedimiento en general para todos los productos fabricados por INYESA LTDA.

1. Trituración y pulverización.
2. Deshidratación en hornos.
3. Molido, cernido y envasado.

A continuación se explica en detalle cada una de las anteriores operaciones:

1.10.1 Trituración y Pulverización

Las piedras procedentes de las canteras se reducen a trozos, del tamaño conveniente por medio de máquinas quebrantadoras, de mordazas o mandíbulas.

Las machacadoras transforman los trozos de piedra, de 40 a 50 cm de máxima dimensión, en fragmentos de 5 a 10 cm.

Otras veces se emplean quebrantadoras cónicas de paso graduable o trituradoras mecánicas de rodillos.

Para la pulverización se utilizan, trituradora cónicas, en grado fino, molinos de martillos articulados, o bien, molinos de bolas de acero de los tipos normales para esta clase de trabajos.

Los molinos se cargan con trozos de 6 cm, como máximo.

La separación de los productos obtenidos, clasificados por tamaños, se logra mediante el empleo de tromeles, cuando se trata de trozos de alguna dimensión, o en tamices rotatorias poligonales o vibrantes.

La piedra pulverizada pasa, mediante un elevador vertical de cangilones, a los silos o depósitos de reserva y aprovisionamiento, que generalmente tiene gran capacidad.

1.10.2 Deshidratación en hornos

La piedra de yeso, o sulfato cálcico bihidratado, con dos moléculas de agua de cristalización, es lo que se denomina YESO CRUDO: $\text{SO}_4 \text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$. El proceso de deshidratación es lento entre los 90 grados y los 100°C. Y bastante rápida a 120 grados, pero no se completa hasta alcanzar temperaturas superiores a 240 grados.

La acción del calor sobre la piedra del yeso produce una serie de transformaciones que da lugar a la obtención de diversos tipos de yesos cocidos, con propiedades diferentes y aplicaciones numerosas.

El sulfato de cal con dos moléculas de agua, por la acción del calor, se transforma en semihidrato y se descompone en sulfato cálcico anhidro y agua.

De 70 a 120 grados se transforma en sulfato cálcico semihidratado ($\text{SO}_4 \text{Ca} + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) por haber perdido tres cuartas partes de su agua de cristalización, a sea, molécula y media de agua. La deshidratación se va produciendo hasta los 120 grados y puede alcanzar hasta los 160 grados.

El Hemidrato es un polvo blanco que tiene la propiedad de fraguar y endurecerse si se amasa con agua y por ello puede utilizarse como mortero para su empleo en construcción.

De 170 a 200 grados se elimina la mayor parte de la media molécula restante, pero si se deja en contacto con el aire la recupera parcialmente. Este yeso, amasado con agua, fragua tan rápidamente que no puede aplicarse prácticamente como mortero, sirviendo en cambio para estucos y modelados.

La aptitud para el fraguado disminuye gradualmente cuando se cuece el yeso a temperaturas más elevadas.

De 200 a 250 grados se obtiene un yeso con ligero residuo de agua, fraguado lentísimo y buena resistencia.

De 250 a 400 grados yeso de fraguado aparentemente rápido, pero con resistencia casi nula.

De 400 a 700 grado, conseguida la deshidratación total, se forma el yeso anhidro (so_4ca) o yeso cocido a muerte, de fraguado casi nulo, diciéndose entonces que está muerto, o quemado, por haber perdido la propiedad de endurecer.

De 750 a 800 grados se forma la llamada anhidrita granulosa de fraguado lento.

De 800 a 1000 grados se forma el llamado yeso de pavimento denominado así por ser esta su principal aplicación. Admite menos proporción de agua, y la combinación tiene lugar sin producción de calor. Ofrece más dureza, más cohesión, más densidad y presenta mayor resistencia a la intemperie. También se emplea en la fabricación de piedras artificiales. Si una vez endurecido se vuelve a deshidratar a 150 grados se comporta como yeso ordinario.

El yeso de pavimento requiere menos cuidado en su fabricación. La piedra procedente de la cantera se somete a la temperatura de 900 grados a 1000 grados c. En hornos de construcción especial llamados “de tina”.

El yeso designado con el calificativo de hidráulico se obtiene a temperatura de 950 grados a 1200 grados c. Y ofrece la particularidad de resistir algo más la acción

del agua, sin llegar al grado de impermeabilización y resistencia que sería de desear.

Horno empleado para cocer el yeso: Horno rotatorio

1.10.3 Molido, Cernido y Envasado

El producto obtenido después de la calcinación pasa a un molino de martillos para obtener un polvo muy fino depositado en un sitio de almacenamiento.

El producto terminado se empaca en bolsas de papel de 25 kg mediante procedimiento manual: el operador dosifica el producto en la bolsa hasta que la báscula registra el valor exacto del peso, posteriormente se sella con una cosedora manual.

La duración total del proceso desde la entrada a la trituradora hasta la salida del molino de micro pulverización es de aproximadamente una hora.

En cuanto a los métodos seguidos para la fabricación del yeso cocido pueden reducirse a cuatro, aplicables en cada caso, según la calidad de la piedra de que se dispone y el grado de perfeccionamiento que se desee alcanzar.

A. Se parte la piedra yesosa, cruda, en trozos de 3 a 6 centímetros, se cuecen en hornos de diferentes tipos y se pulverizan después, para obtener yeso más o menos fino.

B. Se quebranta la piedra, se muele hasta obtener polvo finísimo y luego se cuece en calderas de hierro provistas de agitadores mecánicos, también de hierro. Así se obtienen escayolas de excelente calidad.

C. El sulfato cálcico de cantera se reduce a polvo, luego se cuece en el horno preferido, según la clase que queremos obtener y después de cocido se pulveriza.

D. Se reseca la piedra, cociéndola a medias o dicho de otro modo, deshidratándola a medias, se pulveriza después, se cuece nuevamente en otro horno hasta el grado preciso y se muele otra vez con la finura deseada.

1.10.4 Proceso de fabricación

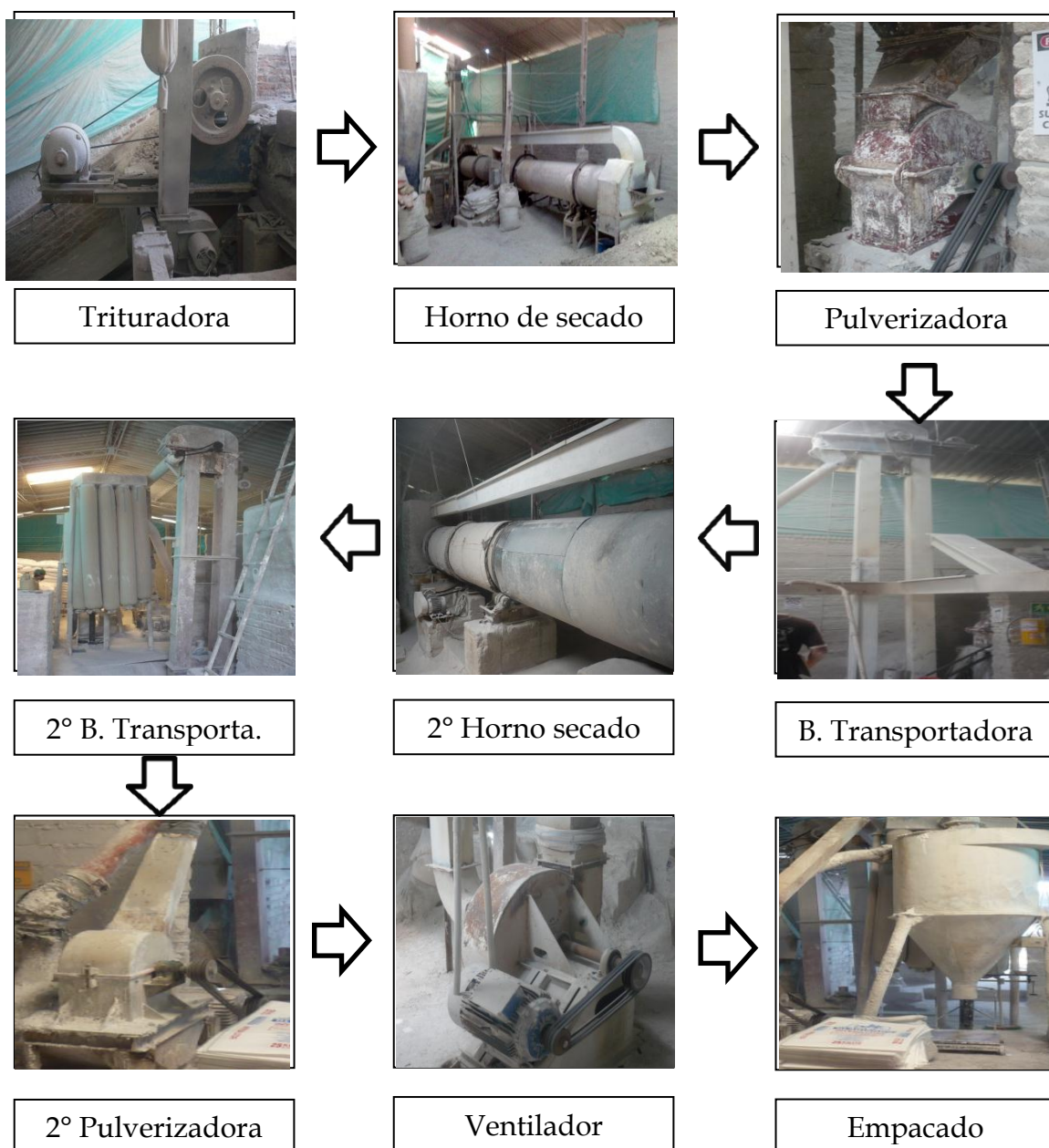
Actualmente la empresa INYESA Ltda. cuenta con tres (3) líneas de producción independientes para el procesamiento de diferentes productos como los son:

1.10.4.1 Línea de producción yeso blanco y gris

Línea asincrónica¹ de producción por lotes, la cual tiene una capacidad de producción de 5 Ton/día procesa como materia prima los bloques o rocas de yeso blanco o gris según sea el caso, el cual empieza con una trituración disminuyendo así el tamaño de las rocas para su posterior secado en el primer horno, donde se mezcla con un aditivo especial que ayuda en el proceso de producción, después que la mezcla sale del primer horno entra por gravedad a la primera pulverizadora que se encarga de triturar aún más la mezcla, la cual es depositada en una banda transportadora que la lleva al segundo horno que continúa con el proceso de secado a la salida de este es depositada nuevamente en una segunda banda transportadora que lleva la mezcla a la segunda pulverizadora y se utiliza un ventilador para el proceso de filtrado y posterior empaque.

¹ Línea asincrónica: permite que cada unidad de trabajo salga de esta cuando se termina el procesamiento, tomado de: Groover, Mikell P. Fundamentos de manufactura moderna, México: Prentice-Hall, p 984.

Figura 11. Esquema de producción en la línea de yeso en INYESA Ltda.



Fuente: Autores del proyecto

1.10.4.2 Línea de producción de cal en INYESA Ltda.

El proceso de producción de cal es más simple que la producción de yeso debido a que el uso de los hornos y bandas se limitan, ya que las máquinas se

encuentran muy próximas, simplificando esta línea de producción para estableciendo el proceso total omitiendo algunos elementos, consta de una trituración de las rocas de materia prima la cual se eleva por un ventilador para filtrado con éste que lleva a las partículas aptas para el embalse, teniendo una capacidad de producción de 3 Ton/día.

1.10.4.3 Línea de producción de caolín en INYESA Ltda.

De la misma manera de producción de cal sucede el procesamiento de caolín pero en una línea paralela a ésta, obteniendo como producto final el polvo de caolín empacado en su respectivo contenedor para la distribución igualando la capacidad de producción de la línea de cal de aproximadamente 3 Ton/día.

En resumen la empresa INYESA Ltda. tiene una capacidad de producción mensual de 390 Ton, repartiéndolas entre 150 Ton de yeso, 120 Ton de cal y 120 Ton de caolín, el trabajo asociado a la administración del mantenimiento es indispensable para mantener la producción y aumentar los rangos de producción. El almacenaje del producto empacado se realiza en las mismas instalaciones en la espera de la distribución.

Figura 12. Almacenaje del producto empacado en INYESA Ltda.



Fuente: Autores del proyecto

2. FUNDAMENTACION TEORICA

En este capítulo se presentan los principales conceptos y aspectos teóricos acerca del mantenimiento con la finalidad de concretar las bases científicas en el desarrollo de este proyecto en búsqueda del objetivo principal de implementar un sistema de administración del mantenimiento para la empresa INYESA LTDA. contribuyendo al desarrollo industrial de ésta.

El mantenimiento se relaciona fuertemente con las actividades que se realizan en la empresa, y tiene el objetivo de velar por las instalaciones y equipos de ésta, conservando y garantizando las acciones de servicio para los cuales fueron realizados.

Algunas empresas en el afán de producir su materia de trabajo, descuidan las labores de mantenimiento en las instalaciones y equipos desatendiendo la degradación progresiva de estos y asumiendo consideraciones de mantenimiento correctivo para ahorrar costos en la planta de producción, sin tener en cuenta las consecuencias que trae consigo este tipo de acciones de mantenimiento.

2.1 DEFINICION DEL MANTENIMIENTO

La European Federation of National Maintenance Societies² define mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida, cualquier actividad como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones necesarios para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir sus funciones. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

² European Federation of National Maintenance Societies. Definición de mantenimiento [en línea]: <<http://www.efnms.org/What-EFNMS-stands-for/m1312/What-EFNMS-stands-for.html>> [citado el 15 de abril del 2012].

El departamento de mantenimiento de la empresa INYESA LTDA. define el mantenimiento como “las acciones necesarias que se deben realizar para salvaguardar la vida útil de las maquinas o equipos dentro de la empresa y así de esta forma permitir que las maquinas cumplan con su función, permitiendo que la empresa INYESA LTDA. siga cumpliendo con altos estándares de calidad en sus productos, que son adquiridos por muchas entidades en todo el país.”

Entonces el mantenimiento se puede definir como la combinación de las actividades mediante las cuales las instalaciones y equipos se mantienen en un estado que puedan realizar las funciones designadas. Las actividades de mantenimiento son un factor importante en la calidad del producto final y la forma en que se realicen pueden llevar al éxito a la empresa, pero si se presentan inconsistencias en las operaciones de los equipos podría afectar el resultado en la calidad del producto final y como consecuencia perdidas económicas y de tiempo para la empresa. Para poder cumplir con los estándares de calidad, la planta de producción de la empresa debe operar dentro de las márgenes de operaciones y especificaciones, las cuales se logran por medio de unas buenas acciones oportunas de mantenimiento.

2.1.1 Evolución histórica del mantenimiento³

Históricamente el mantenimiento ha pasado por diversas concepciones y técnicas entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- **Mantenimiento Accidental:** Los encargados del mantenimiento y propietarios consideraban que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera completamente defectuoso y perdiera toda posibilidad de prestar algún servicio.
- **Mantenimiento Progresivo:** En este tipo de mantenimiento el equipo se subdivide racionalmente para mantenerlo en forma progresiva, con este tipo

³ Referencia Tomada de: GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 2.Generalidades. Bucaramanga: UIS, 2001. P 3.

de mantenimiento se lograba la máxima disponibilidad de la maquina o equipo, pero no se obtenía la máxima vida de sus elementos, ni se lograba la máxima eficiencia, ni existía protección contra fallas prematuras, pues cada elemento se revisaba solo en el momento en que cumplía su período establecido.

- **Mantenimiento Periódico:** En este tipo de mantenimiento todo el equipo en su conjunto se desarmaba, inspeccionaba y reparaba en forma periódica, cada vez que había cumplido un tiempo calendario, o un tiempo de servicio o producido una cierta cantidad. Esta clase de programas tiene muy poca elasticidad, dificulta la determinación de la vida útil del equipo y generalmente presenta reemplazos prematuros de piezas del equipo, incrementando los costos de mantenimiento.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos.

El mantenimiento preventivo más que una técnica específica de mantenimiento es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes.

- **Mantenimiento Predictivo:** El mantenimiento predictivo es aquel que se realiza mediante la utilización de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para medir los parámetros fundamentales de funcionamiento óptimo de las máquinas. Estos aparatos de control pueden ser: vibrómetros, manómetros, termómetros, termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc.

El mantenimiento predictivo es el futuro del mantenimiento ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a microprocesadores.

- **Mantenimiento Productivo:** Cuando en la década de los 80 comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de la calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política de la empresa. En la década de los 80, los japoneses a través de su filosofía del control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento productivo total, el cual puede definirse por los 5 elementos que lo componen:
 - Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del mantenimiento. Preventivo económico.
 - Un programa de mantenimiento preventivo para toda la vida del equipo.
 - El mantenimiento es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el "Yo opero, tu reparas".
 - Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de operarios.
 - Se crean pequeños responsables de las actividades del mantenimiento, la existencia de estos grupos hace la diferencia entre mantenimiento Productivo y mantenimiento productivo total.

Cada uno de estas concepciones y técnicas de mantenimiento se han ubicado en generaciones específicas de la evolución histórica del mantenimiento, entre las cuales podemos resaltar:⁴

- **Primera generación:** La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias, se tiene el pensamiento de que cuando se presente la avería se ejecutan las acciones de mantenimiento, utilizando entonces un mantenimiento correctivo.
- **Segunda generación:** correspondida entre los años 1970 y 1990, se empiezan a realizar tareas de mantenimiento para prevenir averías, trabajos cíclicos y repetitivos con una frecuencia determinada. Se presenta una mayor disponibilidad de los activos físicos, mayor vida útil de los estos activos, se reducen los costos de horas hombre y materiales, se aprovechan más las computadoras.
- **Tercera generación:** comprendida entre los años 1990 y 2002, se presenta una mayor confiabilidad, seguridad y calidad, ambiente, se adoptan medidas como el RCM para los sistemas más mejorables, se adopta inspecciones basadas en riesgo y análisis causa raíz plus deductivo, y finalmente el mantenimiento es visto como un departamento.
- **Cuarta generación:** la toma de decisiones se realizan con pocos o muchos datos por la relación costos-riesgos y se optimizan las paradas por costos riesgo incertidumbre, se optimiza los inventarios preventivos y predictivos por costos riesgo, se continua con las inspecciones basadas en riesgo en todas las industrias además del análisis causa raíz inductiva, se analiza el ciclo de vida útil de los componentes, entre muchos otros aspectos más que están en constante evolución para esta última generación del mantenimiento.

⁴ DURAN, José Bernardo. Mantenimiento de 4ta generación, Evolución o Revolución? [diapositivas]. Bogotá: 2005. 80 diapositivas.

2.1.2 Objetivos del mantenimiento

La principal responsabilidad del mantenimiento es la de contribuir en el cumplimiento de los objetivos principales de la empresa o entidad de la que forma parte, para que esto suceda, los objetivos del departamento de mantenimiento deben de ser congruentes dentro de la estructura de objetivos generales de la empresa o entidad.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de las máquinas y equipos necesarios para que la empresa continúe normalmente su actividad productiva.
- Preservar y conservar el valor de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y deterioro.
- Cumplir con todas las metas propuestas, de la forma más económica posible.

En el cumplimiento de las metas propuestas por el departamento de mantenimiento, estas son llevadas a cabo por las oportunas acciones y actividades de sostenimiento de la empresa, las cuales se podrían clasificar en dos grandes grupos, como los son:

2.1.3 Funciones Primarias

- Mantenimiento del equipo, incluyendo las reparaciones, revisiones de mantenimiento preventivo y reconstrucciones.
- El mantenimiento de las instalaciones de producción y administración
- Acciones como la lubricación.
- Funciones como la generación y distribución de servicios, como: energía eléctrica, vapor de proceso, aire, agua potable, entre otros.
- Establecer un medio efectivo de planeación y programación de las actividades y acciones de mantenimiento en la empresa.

- Seleccionar y capacitar al personal calificado para que lleve a cabo la responsabilidad de las acciones y deberes del departamento de mantenimiento de la empresa.

2.1.4 Funciones Secundarias

- El departamento de mantenimiento debe asesorar en la compra de nuevos equipos y procesos, con el propósito de asegurar que estos cumplan con los requerimientos de mantenimiento.
- Analizar e implementar medidas de adquisición de repuestos para la maquinaria y equipos de producción, con el fin de evitar contratiempos al momento de realizar las acciones de mantenimiento en los equipos.
- El departamento de mantenimiento debe supervisar y/o ejecutar las acciones de limpieza y recolección de residuos sólidos y desperdicios, ubicándolos en su respectiva clasificación.
- Contribuir en la implementación de la seguridad industrial en toda la planta de producción.
- Contribuir en la contabilidad e inventarios de los activos que dispone la empresa.

Tabla 1. Actividades básicas del mantenimiento

Actividad	Concepto	Tipo de evaluación
Inspección	Evalúa la desviación entre el funcionamiento real y el teórico.	<ul style="list-style-type: none"> • Sensorial • Instrumental
Conservación	Minimiza la discrepancia entre el funcionamiento real y el teórico.	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Lubricación • Pintura • Revestimiento • Ajustes

Reparación	Restaura al estado teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Planificada (inspección) • No Planificada (correctiva)
Cambio	Sustitución del elemento que cumplió su vida útil.	<ul style="list-style-type: none"> • Planificado • No planificado
Modificación	Mejora estado teórico	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar seguridad • Aumentar capacidad • Eliminar fallas

Fuente: GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. III.
Bucaramanga: UIS, 2001.

A continuación se presenta algunas de las definiciones y conceptos relacionados con el mantenimiento preventivo, el cual sirve de aporte en la fundamentación teórica de la que se basa el proyecto de grado.

2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO⁵

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo.

⁵ Referencia tomada de, SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios:

- **Seguridad.** Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad puesto que se conoce mejor su estado físico y condiciones de funcionamiento u operación.
- **Vida útil.** Una instalación sujeta a mantenimiento preventivo tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- **Costo de reparaciones.** Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.
- **Inventarios.** Es posible reducir el costo de inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo, puesto que se determina en forma más precisa los materiales de mayor consumo y se puede prever su uso en el tiempo.
- **Carga de trabajo.** La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo, por lo que se puede reducir al minimizar las emergencias.

En resumen y considerando los costos directos e indirectos a mediano y largo plazo, se estima que una sana combinación de mantenimientos correctivo y preventivo puede reducir los costos en 40 a 50%. Hay que recordar que entre los costos indirectos están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de producción y entregas, primas por accidentes, litigios y demandas, desmotivación a la calidad y productividad.

2.2.1 Pasos para elaborar un programa de mantenimiento preventivo.⁶

Aceptando las políticas de implementación de un programa de mantenimiento preventivo en la empresa, estas se deben consolidar firmemente de forma ordenada y paulatina, no hay que apresurarse en la ejecución, ni tampoco empezar muy lento. Esto se debe con el fin de conservar la planta de producción con sus equipos e instalaciones a un costo mínimo.

El programa de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y cortado para satisfacer los requerimientos individuales. La razón es clara: no hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; difieren en organización, políticas de operación; personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento.

Existe semejanza en los programas de Mantenimiento Preventivo en cuanto a sus objetivos y principios básicos, más no en trabajo a desarrollar.

En general, para establecer un programa de mantenimiento preventivo en un empresa se deberían tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Administración del plan.** El primer paso en el desarrollo de un programa completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el programa.

⁶ Referencia Tomada de, GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 4. Bucaramanga: UIS, 2001. P 15.

- **Inventario de las instalaciones.** El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).
- **Identificación del equipo.** Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación.
- **Registro de las instalaciones.** El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento. El registro del equipo debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.
- **Programa específico de mantenimiento.** Debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales

necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

- **Especificaciones del trabajo.** La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento.
- **Programa de mantenimiento.** El programa de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde el programa de mantenimiento preventivo entra en ejecución.
- **Control del programa.** El programa de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al programa.

En general, en las circunstancias modernas actuales, la continua introducción de equipos mecánicos de servicios, de maquinaria perfeccionada y de nuevos métodos de fabricación se agrega continuamente a las tareas del mantenimiento. Para que los costos de mantenimiento sean mínimos, es preciso que se aplique un criterio de ingeniería competente tanto en la elección de la maquinaria como en la disposición de la misma y en el desarrollo de herramientas eficientes y buenas prácticas de mantenimiento.

Con un campo tan amplio de atender, es necesario que el mantenimiento preventivo este bajo la responsabilidad de un Ingeniero, que a la vez tenga buenos conocimientos técnicos y sea un buen ejecutivo.

2.2.2 Beneficios logrados por el mantenimiento preventivo.

- Disminución del tiempo ocioso por menos paros imprevistos.
- Menor número de reparaciones en gran escala.
- Menor acumulación de la fuerza de trabajo de Mantenimiento.
- Menor cantidad de reparaciones repetitivas.
- Disminución de los costos de reparaciones antes de la falla (mantenimiento proactivo) debido a la menor fuerza de trabajo y la menor cantidad de repuestos utilizados.
- Menor número de productos rechazados, menos desperdicios, mejor control de calidad, debido a la correcta adaptación de los equipos.
- Aplazamiento o eliminación de los reemplazos prematuros de equipo debido a su mejor conservación y aumento de la vida probable.
- Menor necesidad de equipo en operación por los mayores rendimientos.
- Reducción de los costos de mantenimiento por mano de obra y materiales debido al trabajo de optimización de las operaciones de mantenimiento y la disminución de las reparaciones por fallo imprevisto.
- Mejor control del trabajo por la utilización de programas y procedimientos adecuados.
- Reducción y control de los niveles de inventario de repuestos.
- Mejores relaciones industriales porque los trabajadores de producción no sufren pérdidas de bonificaciones por los pasos imprevistos.
- Menores costos de seguros y mayor seguridad para los trabajadores y la planta.
- Menores costos de producción.

2.2.3 ¿Qué equipos se deben inspeccionar?

La inspección de plantas y equipos varía de acuerdo a las condiciones de cada instalación, pero el programa de mantenimiento preventivo debe contener la mayor parte posible de estos equipos para un mejor funcionamiento de la planta.

En la implementación del programa de mantenimiento que cumpla con los requerimientos de la empresa, se deben tomar decisiones en particular que se inducen de consideraciones generales, logrando tomar como base las repuestas de algunas preguntas como las siguientes.

¿Es un equipo vital? Si su falla causa una pérdida de producción mayor a una avería costosa o daños al personal, se justifica incluirlo en el programa de mantenimiento preventivo.

¿Hay equipos de emergencia o reemplazo en caso de falla? Es posible poner en operación otro equipo para satisfacer la demanda de producción. En tal caso la necesidad de incluir tales equipos en el programa de mantenimiento preventivo depende de otros factores, tales como costo de la reparación o el valor del equipo.

¿El costo del mantenimiento preventivo es mayor que el costo de la parada de los equipos y los costos de reparaciones y reemplazo? Si el valor de parar una maquinaria para reparar o corregir una falla repetitiva no es menor que el costo total de la reparación, es difícil certificar la utilización del mantenimiento preventivo.

¿La vida normal del equipo de mantenimiento preventivo excede las necesidades de producción? Si el equipo ha de ser obsoleto antes de que se arruine por completo, el Mantenimiento Preventivo puede ser un gasto innecesario. En el caso de equipo que no sea de operación la decisión de incluirlo en el programa de mantenimiento preventivo puede guiarse por la siguiente consideración:

Si la falta de mantenimiento o ajuste de un equipo va a producir, en caso de una falla, daños personales o a otros equipos o problemas en la producción, debe considerarse seriamente la posibilidad de incluirlo en el programa de mantenimiento preventivo.

Entonces la identificación de los equipos se hace indispensable para poder determinar o clasificar que equipos podría ser rentable implementar un programa de mantenimiento preventivo, eso quiere decir que el primer paso para la identificación de esas máquinas es elaborar un sistema de inventario para la planta de producción.

2.2.4 ¿Qué partes deben inspeccionarse? ⁷

En términos generales todo sistema, mecanismo, máquina, motor o instalación mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica, obras civiles y construcciones locativas debe ser sometido al análisis de prevenciones. Una vez decidido que equipo va a incluirse en el programa de mantenimiento preventivo, el paso siguiente es determinar que partes de cada equipo necesitan atención.

La inspección de los componentes que conforman a cada equipo o conjunto de maquinaria se podrían determinar mediante los siguientes factores.

- Recomendaciones de los fabricantes.
- Manuales de servicio emitidos para cada equipo.
- Experiencia del personal de mantenimiento en general.
- Listas de recomendaciones suministrados por los mecánicos que ajustan regularmente los equipos.
- Los registros históricos.

⁷ Referencia Tomada de ,GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 4.Gestion de mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2001. P 12.

Una planta procesadora puede resumir el alcance de su Mantenimiento Preventivo en forma más detallada para incluir inspecciones en:

- Equipo de proceso: Hornos, intercambiadores de calor, tuberías, bombas, compresores, instrumentos.
- Equipo de seguridad: Válvulas de alivio de presión y vacío. Controles de forma, equipo de respiración y primeros auxilios.
- Equipo de servicio: Calderas generadoras, almacenes y sistemas de distribución de agua, vapor, y aire comprimido.
- Tanques y equipo accesorios: Tanques de almacenamiento.
- Edificios: Áreas de embarque, patios y almacenamiento.
- Equipo de protección contra incendio: Bombas de agua, rociadores de polvo, extintores, camiones de bombeo y sistemas de alarma.
- Equipo de Mantenimiento: Máquinas herramientas, equipo de transporte, grúas y montacargas, herramientas manuales, instrumentos de inspección.

La inspección es el elemento fundamental del Mantenimiento Preventivo, consiste en observar cuidadosa y detenidamente el estado del elemento en cuestión, buscando desgastes, desajustes, piquetes, erosiones, grietas o fisuras, etc., y registran detalladamente las observaciones en cuadros destinados para tal fin.

La cantidad de inspecciones es lo que determina el costo de un programa a mayor número de inspecciones en un programa mayor será su costo. Entonces el problema crítico es encontrar el equilibrio favorable entre este costo de inspección y el costo de no utilizar el Mantenimiento Preventivo. El costo de inspección puede medirse directamente, el costo de no usar el Mantenimiento Preventivo incluye no solo el costo directo de las reparaciones, sino también las cargas indirectas como tiempo ocioso de la producción, entregas y otras consecuencias.

2.2.5 Tipos de inspección

El paso siguiente consiste en la determinación de los requisitos de lubricación, mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico.

- **Requerimientos de lubricación.** Una vez que se ha determinado el empadronamiento de toda la maquinaria y se ha decidido que equipos hacen parte del programa de mantenimiento preventivo, se debe continuar con la revisión de lubricación del equipo para determinar los lubricantes adecuados y la frecuencia de lubricación.

Los elementos principales para la determinación de los requerimientos de lubricación son los siguientes:

- Reconocimiento previo de los puntos de lubricación para seleccionar los mejores lubricantes y su frecuencia de aplicación.
- Reducir el número de lubricantes a unos pocos de buena calidad.
- Inspeccionar los dispositivos y sistemas de lubricación para asegurarse que están en buenas condiciones y son adecuados.
- Desarrollar un sistema para programar la lubricación que se adapte a las características de la planta, de forma que los lubricantes se apliquen debidamente con prontitud.
- Evitar la contaminación de los lubricantes durante su almacenamiento y manipulación.
- **Mantenimiento mecánico.** El mantenimiento mecánico cubre un campo muy extenso, ya que la mayoría de los sistemas tienen componentes y mecanismos que requieren de revisión y mantenimiento en condiciones de operación.

Las tareas de mantenimiento mecánico son muy variadas, pues incluyen actividades como:

- Inspección y evaluación.
- Ajuste y calibración.
- Ensamble y desensamble.
- Lavado y limpieza.
- Sujeción.
- Soldadura y metalización.
- Maquinado.
- Tratamientos físicos y térmicos.
- Acabado de superficies.

- **Mantenimiento eléctrico.** En forma general, el equipo eléctrico y sus redes son de un relativo fácil mantenimiento, ya que por un lado se tienen pocas partes de movimiento continuo (excepto motores), y por otro el equipo eléctrico utiliza diseños probados que deben cumplir con normas y reglamentos.

El mantenimiento en esta área se da a instalaciones de conducción, equipo de protección, control, medición, señalamiento, comunicación, motores y transformadores.

3. DIAGNÓSTICO DE LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN INYESA LTDA.

El capítulo que se presenta a continuación, exhibe el diagnostico que los autores del proyecto realizaron al área de mantenimiento de Inyesa Ltda. en principio de que los objetivos que se proponen en el departamento de mantenimiento deben empezar por una evaluación del estado actual de la empresa, abordando aspectos tales como análisis del sistema de gestión, documentación técnica, gestión de repuestos, por último y más importante el estado actual de los equipos, con la finalidad de establecer los problemas presentes en el área de mantenimiento y aplicar medidas de corrección buscando el mejoramiento continua en esta área y la empresa en general, mejorando sus aspectos técnicos y económicos.

Figura 13. Taller de mantenimiento



Fuente: Autores del proyecto

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO EN INYESA LTDA.

Entre los objetivos que tiene la empresa, además de obtener un producto de buena calidad son el lucro de sus accionistas, con lo que respecta al mantenimiento no se presenta mucha disposición frente a este aspecto, lo que

conlleva a que en la planta de producción se presente un mantenimiento correctivo no planificado, perjudicando el proceso de evolución de la planta.

La estructuración de taller de mantenimiento no es tal que permita una buena organización de la planta de producción, a pesar que se dispone de un departamento de mantenimiento que se encarga de las labores de manutención de la planta, éste no está estructurado de la forma apropiada para llevar a cabo esta actividad tan importarte para la empresa, no se presenta ninguna clase de registro en fichas técnicas, hojas de vidas, solicitudes de servicio y ordenes de trabajo, no se posee manuales de operación y de mantenimiento de los equipo.

Entonces, la gestión de mantenimiento que se realiza en la planta consiste básicamente en un mantenimiento de tipo correctivo para todos los equipos, generando en algunos casos complicaciones para el taller de mantenimiento, debido a que no ha sido implementado un estudio de que permita determinar que políticas de mantenimiento se deben implementar en la planta revisando la relación de beneficio-costos, el cual le permita a la empresa conocer los verdaderos gastos asociados a las actividades relacionadas con el mantenimiento. En pro de las acciones de mantenimiento, la implementación de un sistema de información manual y/o computarizado que apoye la gestión del mantenimiento y permita ejecutar de forma apropiadas las acciones de manutención de la empresa, una mejor supervisión y control de las actividades de mantenimiento junto con la necesidad de un personal calificado para ejercer las acciones de mantenimiento y gestión que permita mantener la documentación concerniente a las hojas de vidas, inventarios de repuestos, solicitudes de servicios y ordenes de trabajo, dándole cumplimiento a todas las necesidades que presenta la empresa.

3.2 GESTIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

El modelo de gestión de trabajos de mantenimiento hace referencia al análisis del manejo de solicitudes de servicios y órdenes de trabajo, incluyendo el análisis de la programación y administración de las acciones de mantenimiento que se

realizan en la planta, la situación actual en la planta de producción de Inyesa Ltda. es la siguiente:

- Las actividades de sostenimiento de la planta tienen base en el mantenimiento CORRECTIVO.
- Con este tipo de mantenimiento se omite el uso de formatos de órdenes de trabajo en el cual se puedan establecer registros escritos sobre: los trabajos solicitados, los trabajos ejecutados, análisis de las fallas presentadas con sugerencias de mantenimiento para minimizar la frecuencia de estas.
- Algunas acciones de mantenimiento tales como: revisiones, lubricación y ajustes menores, realizadas por los operarios no obedecen a un programa sistematizado de mantenimiento en función de las horas de operación.
- Al presentarse una avería de un equipo, el operador informa al departamento de mantenimiento del fallo de forma verbal e informal sin ningún registro escrito sobre la misma, la utilización de este sistema de información no deja evidencia escrita sobre la petición de las acciones de mantenimiento a realizar en la máquina, omitiendo con este un posible estudio de las razones por las cuales se presentó el fallo del equipo o quien fue el responsable de las acciones ejecutadas sobre la maquina en caso de presentarse una mala programación correctiva sobre el equipo perjudicando la salud del operador.
- En el proceso de las acciones de mantenimiento no se presenta la manera que determine aspectos tales como: objetivos, alcances, definiciones, responsabilidades, formatos, para la aplicación de un mejor sistema de mantenimiento.
- Finalmente, desde que se presenta la anomalía en un equipo hasta que el equipo se encuentra en funcionamiento nuevamente, se observa que la disposición del taller de mantenimiento por la pronta recuperación del activo y puesta en marcha, es lo más rápido posible debido a que la línea de producción se encuentra detenida por los problemas presentados, esta

disposición en el área de mantenimiento es un aspecto muy importante en la prontitud de las acciones de corrección de la averías.

3.3 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Un análisis de la documentación técnica hace referencia a disponibilidad de materiales relacionados con los activos que posee la planta de producción como lo pueden ser: fichas técnicas, hojas de vida, manuales de operación, catálogos e información concerniente de los equipos suministrados por los fabricantes y/o distribuidores. El resultado del estudio respectivo de la documentación técnica en la empresa Inyesa Ltda. arroja datos no muy esperanzadores para la evolución y progreso de la planta de producción en la estrategias de administración de mantenimiento que lleva actualmente la empresa.

Se encuentra que no posee ninguna documentación técnica relacionada con algún equipo activo de la planta de producción, la ausencia de esta información se debe a que se ha ido perdiendo a través de los años, la mayoría de los equipos con los que cuenta actualmente la planta son equipos muy antiguos desde los inicios de la empresa, el pasar de los años se ha perdido el cuidado y precaución en el manejo de esta información, nunca se contó con un sistema de copias con la finalidad de asegurar los documentos originales en un lugar seguro.

En lo correspondiente a la documentación y registro de las fichas técnicas, hojas de vida, ordenes de trabajo, etc. no existe documentos que permitan visualizar y analizar la información de cada equipo en la planta de producción.

En general como respuesta del análisis de gestión de documentos realizado en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. se concluyó que:

- Se identificó la presencia de inconvenientes en el manejo de la información de documentación por parte del personal del área de mantenimiento, en este

aspecto se presenta negligencia por parte de los funcionarios de operación y manutención en el registro de la información.

- No se cuenta con algún tipo de formato establecido para el registro de la información en hojas de vida, solicitudes de servicio y ordenes de trabajo, entre otros.
- No se ha tomado importancia en el registro de la información técnica de los activos, lo cual hace que se omitan datos reales de desempeño en los equipos y productividad en general de la empresa.
- No existe la forma de obtener datos periódicos como informes claros y oportunos que recopilen, organicen y analicen la información obtenida en un periodo de trabajo de algún equipo en específico.
- No existe formatos de fichas técnicas, hojas de vidas, ordenes de trabajo los cuales permitan establecer como mínimo alguna información de los activos de la planta de producción como lo puede ser: equipo, modelo, serie, fabricante, costo del equipo, funcionamiento, componentes, información relacionada con las pólizas de seguro, disponibilidad de manuales y/o catálogos, costos generados por las actividades, herramientas, repuestos y materiales utilizados, información detallada del tipo de mantenimiento, entre otros.

3.4 GESTIÓN DE REPUESTOS

En general como respuesta del análisis de gestión repuestos realizado en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. se concluyó que:

- La forma y registro de adquisición y salida de repuestos se realiza de forma verbal, por parte del departamento de mantenimiento omitiendo registros de cantidad y costo de adquisición.
- La empresa no dispone de un listado de proveedores que suministran el área de mantenimiento, además en la cual se registren datos como: tipo de productos que ofrece la entidad, datos de localización entre los cuales están teléfonos, direcciones, etc. las labores de adquisición de repuestos y

herramientas se realizan en diferentes comercializadoras con criterios el cual se encuentre lo más rápido y de la forma más económica posible.

- No se dispone de un sistema de registro de materiales consumible o suministros, tales como: aceites, grasas, rodamientos, herramientas de soldadura, etc. por lo que en la mayoría de veces la adquisición de estos elementos se hace de forma apresurada y sin estudio de análisis, el cual permita conocer de forma precisa la cantidad o niveles máximos y mínimos de adquisición y almacenamiento de estos elementos, con el fin de contribuir en aspectos económicos para la empresa y no gastar innecesariamente el dinero distribuido por la administración.
- En algunos casos el taller de mantenimiento, realiza reparaciones en elementos de máquinas que entraron en el periodo de falla total, el elemento reparado es asegurado junto con los de su mismo tipo en buen estado, de una forma tal que se omite que ese elemento fallo en su ciclo de trabajo útil y finalmente perjudicando el proceso de producción de la empresa.

En conclusión si no existe una integración con los inventarios y compras, el mantenimiento de la empresa tiene al fracaso por calidad y falta de oportunidad de servicio.

3.5 DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN DEL TALENTO HUMANO

El objetivo básico que persigue la función de Recursos Humanos es alinear las políticas de éste con la estrategia de la organización a través de las personas, quienes son consideradas como los únicos recursos vivos e inteligentes capaces de llevar al éxito organizacional y enfrentar los desafíos que hoy en día se percibe en la competencia. Es imprescindible resaltar que no se administran personas ni recursos humanos, sino que se administra con las personas viéndolas como agentes activos y proactivos dotados de inteligencia, creatividad y habilidades intelectuales.

El departamento de recursos humanos de la empresa Inyesa Ltda. no está estructurado de la forma apropiada para llevar a cabo todas las funciones necesarias compuestas por áreas tales como reclutamiento, selección, contratación, capacitación, inducción de personal y su permanencia en la empresa; presentando errores en la función de delegar apropiadamente las actividades o trabajos conforme a las competencias que los trabajadores tienen, provocando así la posible existencia de errores de operación por parte de los trabajadores en la planta de producción de la empresa.

El proceso en el manejo de la información para cada individuo activo en la planta de producción no está estructurado de la forma adecuada, que brinde información precisa ante cualquier situación que se presente con una persona específica, en la empresa se maneja únicamente la información de nombre, cedula, dirección y teléfono de ubicación, el registro y salvedad este tipo de información no se realiza en alguna base de datos con acceso en cualquier momento. El proceso de capacitación del personal no cuenta con una estructura específica que permita a los trabajadores ejercer en corto plazo la forma adecuada de sus acciones para la cantidad de producción que se requiere, estos procesos no obedecen a un plan específico de capacitación planificado de forma adecuada y adaptado a las necesidades particulares de la empresa. Este se realiza en forma de acompañamiento personal indicando cada una de las acciones que se deben realizar, sin embargo los trabajadores en el transcurso del tiempo adoptan condiciones de trabajo eficientes para la empresa ejerciendo buenas labores de mantenimiento y producción.

3.6 DIAGNÓSTICO DE LA CONDICIÓN DE LAS MÁQUINAS

La implementación de medidas de diagnóstico en los equipos y análisis de variable que indiquen la condición de los equipos de la planta de producción, es un

aspecto de suma importancia ya que muestra una buena disposición por parte del departamento en la evolución del mantenimiento de la empresa.

La determinación del estado o condición de las máquinas, existen diversas formas de realizarse entre las cuales podemos encontrar: monitoreo de la condición de trabajo, análisis de aceites usados y uno muy utilizado en muchas empresa el del uso de los sentidos humanos como sentir, oír, ver entre otros.

El departamento de mantenimiento de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. implementa solamente el sentido de los operario y funcionarios del taller de mantenimiento en el monitoreo de las condiciones de trabajo de los equipos. El reporte de las anomalías que se presentan en algún equipo se realiza verbal e informalmente al departamento de mantenimiento para su posterior medida correctiva, omitiendo registro escritos que contribuyan con el buen desempeño y evolución del mantenimiento en la empresa.

Las condiciones locales como el ambiente de trabajo dentro de la planta, ciclos de trabajo en la que se encuentran ubicados los equipos, no son las adecuadas o estipuladas por los fabricantes o distribuidores, que permitan el buen funcionamiento de cada elemento que compone el quipo lo que disminuye la vida útil de trabajo de las máquinas e indirectamente generando costos asociados a la adquisición de nuevos equipos o elementos, provocando pérdidas para la empresa.

En general, la planta de producción de la empresa no dispone de un documento que resuma el estado actual de los equipos, de forma tal que facilite la posterior planeación y programación de los trabajos y actividades de mantenimiento en toda la planta de producción.

4. MODELO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.

El modelo de mantenimiento a implementar en la empresa Inyesa Ltda. se basa en mantenimiento preventivo, traduciéndose en que todas las acciones realizadas por el departamento de mantenimiento están dirigidas a mantener los equipos de la planta de producción en buenas condiciones de operación previniendo las fallas de la mejor forma posible, en el caso de que estas ocurran percibir las consecuencias de la menor forma posible, en cuestiones de seguridad y producción de la planta.

4.1 OBJETIVO GENERAL

El modelo de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. tiene como principal objetivo:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de la planta de producción, que la función de mantenimiento se realice de forma eficiente, técnica, segura y lo más económico posible, con el fin contribuir en el cumplimiento de la política de calidad establecida por la empresa.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento los equipos que puedan afectar de una manera directa la calidad del producto.
- Minimizar el tiempo muerto en producción, debido a las paradas por mantenimiento
- Incrementar la vida útil de las máquinas y equipos de la empresa.
- Reducir los costos asociados al mantenimiento y manejo de materiales.

4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En esta sección del capítulo, se darán a conocer las consideraciones y acciones que se utilizaron para mejorar el modelo de gestión de mantenimiento de la empresa Inyesa Ltda. acciones que tienen como principio que la función de mantenimiento se realice de forma eficiente, técnica, segura y lo más económico posible, solucionando así los problemas existentes encontrados en el estudio realizado por los autores del proyecto.

4.3.1 Mantenimiento de equipos en Inyesa Ltda.

En el estudio realizado a la planificación del mantenimiento y estado de los equipos en la empresa Inyesa Ltda. arroja resultados que concluyen en la necesidad de rediseñar e implementar un nuevo modelo de los criterios que se tienen en cuenta para la programación del mantenimiento, como también un procedimiento para manejar de forma efectiva los recursos que son dirigidos al área de mantenimiento y de esta forma optimizar los indicadores de gestión dentro de la empresa, reduciendo costos, aumentando la disponibilidad de las máquinas, ampliando la seguridad en la operatividad de los equipos y optimizando la labor del mantenimiento reduciendo tiempos empleados en este, aplicando, basándose y desarrollando un sistema de información en el departamento de mantenimiento el cual es de suma importancia para el crecimiento industrial y optimización de los recursos de la empresa.

Estas nuevas acciones y consideraciones a implementar que permitan a la empresa avanzar en aspectos de producción, es conveniente realizar un análisis de criticidad de los equipos de la planta de producción, el cual permita hacer una clasificación y ubicación de los diferentes tipos de mantenimiento y las acciones correspondientes a realizar en cada equipo, de acuerdo al impacto que se tiene en la producción, el tiempo de servicio, la complejidad tecnológica de los equipos, complicación del equipo y acciones de mantenimiento, requisitos y recomendaciones de mantenimiento.

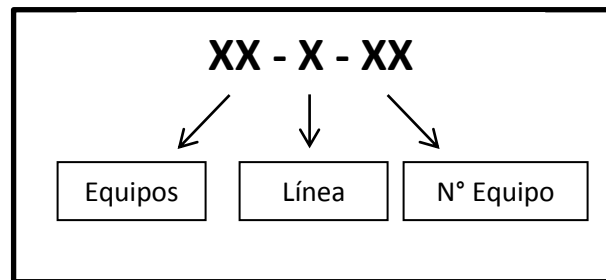
En primer lugar y con el fin de clasificar a los equipos y conocer su ubicación se prosigue a la codificación.

4.3.2 Codificación de máquinas y equipos

En el desarrollo del sistema de información para la empresa INYESA LTDA. se vio la necesidad de implementar un sistema de codificación e identificación de los equipos de cada línea de producción, en él se realizó un diseño de codificación alfanumérico, que consta de 5 caracteres, como se presenta en la figura 14 y se fundamenta de la siguiente forma.

- Dos letras que determinan el nombre del equipo (Abreviatura).
- Una letra determina la línea de producción en la que se encuentra el equipo.
- Dos números que identifican al equipo dentro de la línea de producción.

Figura 14. Codificación de quipos



Fuente: Autores del proyecto

La empresa INYESA LTDA. no manejaba ningún sistema de codificación básico para la identificación de los equipos dentro de la empresa que le permitiera establecer un apropiado manejo de información al momento de realizar las acciones de mantenimiento, este es un sistema nuevo de codificación para los equipos de la empresa.

Criterios de abreviatura para el código:

La abreviación de las primeras dos letras que identifican al equipo se establecen de la siguiente forma:

- Si es una sola palabra se toman las dos primeras letras.
- Si son dos o más palabras se toman las letras iniciales de las dos primeras palabras.
- La letra que identifica la línea se establece por la primera letra del material que procesan excepto la línea de caolín identificado con la letra “L”.

De acuerdo con estas consideraciones planteadas anteriormente, el sistema de codificación de la empresa INYESA LTDA. establece los códigos para cada equipo dentro de ella, la codificación se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2. Abreviaturas para los nombre se los equipos en la empresa INYESA LTDA.

Código del equipo	Nombre del equipo
TMY-01	Trituradora de mandíbulas
HRY-01	1er horno rotatorio de secado
MPY-01	1er Molino pulverizador
BEY-01	1ra banda elevadora
VFY-01	1er Ventilador de filtrado
HRY-02	2do horno rotatorio de secado
BEY-02	2do banda elevadora
MPY-02	2do molino pulverizador
VFY-02	2do ventilador para el filtrado
CMC-01	Conjunto Molino (cal)
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado (cal)

CCC-01	Conjunto Cicrón y de Mangas (cal)
CML-01	Conjunto Molino (caolín)
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado (caolín)
CCL-01	Conjunto Cicrón y de Mangas (caolín)

Fuente: autores del proyecto

4.3.3 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, dirigiendo el esfuerzo y los recursos a las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional⁸, basado en la realidad actual. La información recolectada en este análisis se utilizara para:

- ✓ Priorizar las ordenes de trabajo y mantenimiento.
- ✓ Diseñar políticas de mantenimiento.
- ✓ Dirigir políticas de mantenimiento a áreas o elementos críticos.
- ✓ Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.

Un análisis de criticidad principalmente genera un listado de ponderaciones ubicando los elementos evaluados en el proceso desde el más crítico hasta el menos crítico, incluyendo una zona medianamente crítica. Una vez identificados los elementos dentro de las respectivas zonas de ponderaciones se facilita diseñar estrategias que permitan elaborar estudios y proyectos que regulen y modifiquen directamente la confiabilidad operacional de un equipo.

⁸ CONFIABILIDAD OPERACIONAL: Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Un punto de vista analítico y/o cuantitativo para considerar la criticidad, se establece como el producto de una *probabilidad de falla* que está asociada a un número de eventos o fallas que presenta un equipo en evaluación en un periodo determinado de tiempo, con un factor llamado *consecuencia de falla* que hace referencia a conjunto de criterios de evaluación que jerarquizarán al equipo en aspectos como: impacto del equipo en la producción, tiempos de reparación, costos de reparación, impactos ambientales e impacto en salud, seguridad personal e impacto energético. Fundamentados en estas condiciones, se observa que la magnitud del nivel de criticidad está modificada por dos factores, al disminuir cualquiera de estos o ambos el nivel de criticidad disminuirá respectivamente, destacando que las acciones referentes a disminuir los criterios de consecuencia involucran mayores esfuerzos y decisiones de alta gerencia que disminuir el criterio de probabilidad de falla en la ocurrencia de eventos.

Los criterios que se tuvieron en cuenta se muestran en la tabla 3, con sus respectivas ponderaciones mostrados en la tabla 4.

Los criterios utilizados se adaptan de forma eficiente a las condiciones de trabajo continuo, las cuales son las condiciones actuales de la planta de producción de Inyesa Ltda.

Aclarando que para cada equipo identificado se tomó como un conjunto, los elementos que constituyen cada equipo se encuentran representados en el documento del plan de mantenimiento realizado para la empresa.

Tabla 3. Formato de encuesta para el análisis de criticidad
**FORMATO⁹ PARA ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA
 INYESA LTDA.**

1. Frecuencia de falla	
	No más de 1 por año
	Entre 2 y 15 por año
	Entre 16 y 30 por año
	Entre 31 y 50 por año
	Más de 50 por año

3. Tiempo promedio para reparar	
	Menos de 30 minutos
	Entre 30 y 60 minutos
	Entre 1 y 2 horas
	Más de 2 horas

2. Impacto sobre la producción	
	No afecta la producción
	25 % de impacto
	50 % de impacto
	75 % de impacto
	La afecta totalmente

4. Costo de reparación [COP]	
	Menos de 50 mil
	Entre 50 y 100 mil
	Entre 100 y 200 mil
	Entre 200 y 500 mil
	Más de 500 mil

5. Impacto ambiental	
	No origina ningún impacto ambiental
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta
	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta
	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas ambientales

6. Impacto en salud y seguridad personal	
	No origina heridas ni lesiones
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad permanente

7. Impacto energético	
A	Equipos con potencia menor a 15 Hp
B	Equipos con valores de potencia entre 15 y 25 Hp
C	Equipos con valores de potencia mayores a 25 HP
1	Al presentarse falla en el equipo el consumo de potencia disminuye
2	Al presentarse falla en el equipo el consumo de potencia aumentan

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

⁹ Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto de riesgo. Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

Tabla 4. Tabla de ponderaciones para el formato de encuesta de criticidad

1. Frecuencia de falla	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año	5
2. Impacto sobre la producción	
No afecta la producción	0,05F
25 % de impacto	0,3F
50 % de impacto	0,5F
75 % de impacto	0,8F
La afecta totalmente	F
3. Tiempo promedio para repara	
Menos de 30 minutos	1
Entre 30 y 60 minutos	2
Entre 1 y 2 horas	3
Más de 2 horas	4
4. Costo de reparación [COP]	
Menos de 50 mil	3
Entre 50 y 200 mil	5
Entre 200 y 500 mil	10
Más de 500 mil	15
5. Impacto ambiental	
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas ambientales	15
6. Impacto en salud y seguridad personal	
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad permanente	15
1. Impacto energético	
Para la respuesta A1	1
Para la respuesta A2	4
Para la respuesta B1	2
Para la respuesta B2	5
Para la respuesta C1	3
Para la respuesta C2	6

Fuente: autores del proyecto

El presente análisis se realizó con la supervisión de funcionarios activos del departamento de mantenimiento, los cuales asesoraron y orientaron en las ponderaciones de los aspectos evaluados en el formato planteado.

Recordando que la ecuación de criticidad es:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{consecuencia}$$

- Donde consecuencia $= a + \frac{1}{2} (b*c)$
- $a = \text{Costo de reparación} + \text{Impacto ambiental} + \text{impacto en salud y seguridad}$
- $b = \text{Impacto sobre la producción} * \text{Tiempo promedio para reparar}$
- $c = \text{Impacto Energético}$

4.4 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 1 (YESO GRIS Y YESO BLANCO)

Tabla 5. Ponderación de criticidad para el equipo Trituradora de mandíbulas

EQUIPO: Trituradora de mandíbulas	
CODIGO: TMY-01	
LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	1
Tiempo promedio para reparación	1
Costo de reparación [COP]	10
Impacto ambiental	5
Impacto en salud y seguridad personal	5
Impacto energético	5

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a:

Criticidad = 22,5;

Tabla 6. Ponderación de criticidad para el equipo 1er horno rotatorio de secado

EQUIPO: 1er horno rotatorio de secado	
CODIGO: HRY-01 LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	1
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	15
Impacto ambiental	5
Impacto en salud y seguridad personal	5
Impacto energético	4

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 33;

Tabla 7. Ponderación de criticidad para el equipo 1er Molino pulverizador

EQUIPO: 1er Molino pulverizador	
CODIGO: MPY-01 LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	3
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	10
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	0
Impacto energético	2

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 3;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad =44;

Tabla 8. Ponderación de criticidad para el equipo 1ra banda elevador

EQUIPO: 1ra banda elevadora	
CODIGO: BEY-01 LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE

Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	2
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	15
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	0
Impacto energético	1

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 2;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 38;

Tabla 9. Ponderación de criticidad para el equipo 1er Ventilador de filtrado

EQUIPO: 1er Ventilador de filtrado	
CODIGO: VFY-01	LINEA: yeso
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	0,05F
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	15
Impacto ambiental	15
Impacto en salud y seguridad personal	5
Impacto energético	3

Fuente: Autores del proyecto

Con F=1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 35, 3;

Tabla 10. Ponderación de criticidad para el equipo 2do horno rotatorio de secado

EQUIPO: 2do horno rotatorio de secado	
CODIGO: HRY-02	LINEA: yeso
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	1
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	15

Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	0
Impacto energético	4

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 23;

Tabla 11. Ponderación de criticidad para el equipo 2do banda elevadora

EQUIPO: 2do banda elevadora	
CODIGO: BEY-02	LINEA: yeso
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	2
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	15
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	0
Impacto energético	1

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 2;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 38;

Tabla 12. Ponderación de criticidad para el equipo 2do molino pulverizador

EQUIPO: 2do molino pulverizador	
CODIGO: MPY-02	LINEA: yeso
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	0,3F
Tiempo promedio para reparación	3
Costo de reparación [COP]	10
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad	0

personal	
Impacto energético	3

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 12;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 52,4;

Tabla 13. Ponderación de criticidad para el equipo 2do ventilador para el filtrado

EQUIPO: 2do ventilador para el filtrado	
CODIGO: VFY-02	
LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	0,03F
Tiempo promedio para reparación	1
Costo de reparación [COP]	3
Impacto ambiental	5
Impacto en salud y seguridad personal	0
Impacto energético	2

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a:

Criticidad = 8,03;

El anterior estudio corresponde a los equipos que conforman la línea de producción de yeso, recordando que los elementos de análisis corresponden a los conjuntos de trabajo, en la cual se constituye por uno o más elementos. El respectivo plan de mantenimiento para cada elemento de un conjunto se encuentra en el documento del plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. el cual será explicado en la sección 4.7.

4.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 2 (CAL)

Esta línea se compone de la unión de conjuntos de máquinas formando un complejo en el cual se realiza el tratamiento de la materia prima, desde la trituración de las rocas terminando con el empaçado, en cada conjunto se encuentran ubicados varios elementos constituyentes de la maquina como lo pueden ser motores, caja de reducción de velocidad, rodamientos, el molino entre otros componentes a los cuales la actividad del mantenimiento es esencial, el siguiente análisis se realizó por conjunto, clasificando la información por elemento del plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.

Tabla 14. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto Molino cal

EQUIPO: Conjunto Molino cal	
CODIGO: CMC -01	
LINEA: Cal	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	5
Impacto sobre la producción	0,3F
Tiempo promedio para reparación	4
Costo de reparación [COP]	5
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	6

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 120;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 2235;

Tabla 15. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto ventilador para filtrado cal

EQUIPO: Conjunto ventilador para filtrado cal	
CODIGO: CVC -01	
LINEA: Cal	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	F
Tiempo promedio para reparación	3
Costo de reparación [COP]	10
Impacto ambiental	10
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	3

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 6;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 114;

Tabla 16. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto de cicron y mangas cal

EQUIPO: Conjunto de cicron y mangas cal	
CODIGO: CCC-01	
LINEA: Cal	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	F
Tiempo promedio para reparación	1
Costo de reparación [COP]	3
Impacto ambiental	10
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	--

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 23,5;

4.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA LÍNEA 3 (CAOLIN)

Esta línea se compone de la unión de conjuntos de máquinas formando un complejo en el cual se realiza el tratamiento de la materia prima, desde la trituración de las rocas terminando con el empacado, en cada conjunto se encuentran ubicados varios elementos constituyentes de la maquina como lo puedes ser motores, caja de reducción de velocidad, rodamientos, el molino entre otros componentes a los cuales la actividad del mantenimiento es esencial. El siguiente análisis se realizó por conjunto, clasificando la información por elemento del plan de mantenimiento preventivo para la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.

Tabla 17. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto Molino caolín

EQUIPO: Conjunto Molino caolín	
CODIGO: CML -01	
LINEA: Caolín	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	4
Impacto sobre la producción	F
Tiempo promedio para reparación	2
Costo de reparación [COP]	5
Impacto ambiental	0
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	6

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 36;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 924;

Tabla 18. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto ventilador para filtrado caolín

EQUIPO: Conjunto ventilador para filtrado caolín	
CODIGO: CVL 01	
LINEA: Caolín	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto sobre la producción	F

Tiempo promedio para reparación	3
Costo de reparación [COP]	5
Impacto ambiental	10
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	3

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 2;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 68;

Tabla 19. Ponderación de criticidad para el equipo Conjunto de cicron y mangas caolín

EQUIPO: Conjunto de cicron y mangas caolín	
CODIGO: CCL -01 LINEA: Caolín	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	F
Tiempo promedio para reparación	1
Costo de reparación [COP]	3
Impacto ambiental	10
Impacto en salud y seguridad personal	10
Impacto energético	--

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 2;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a: Criticidad = 24;

Los anteriores datos fueron el resultado del estudio de criticidad en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. realizado por los estudiantes autores del proyecto de grado.

4.7 LISTA DEL RESULTADO DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA INYESA LTDA.

El siguiente listado muestra el valor obtenido en la evaluación de criticidad sin tener en cuenta la magnitud del resultado y ubicándolos por línea de producción, además de ubicarlos por su respectivo código dentro de la empresa.

Tabla 20. Resultados de ponderación de criticidad

Código del equipo	Nombre del equipo	Puntaje de criticidad
TMY-01	Trituradora de mandíbulas	22,5
HRY-01	1er horno rotatorio de secado	33
MPY-01	1er Molino pulverizador	44
BEY-01	1ra banda elevadora	38
VFY-01	1er Ventilador de filtrado	35,3
HRY-02	2do horno rotatorio de secado	23
BEY-02	2do banda elevadora	38
MPY-02	2do molino pulverizador	52,4
VFY-02	2do ventilador para el filtrado	8,03
CMC-01	Conjunto Molino (cal)	2235
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado (cal)	114
CCC-01	Conjunto de mangas y Cicron (cal)	23,5
CML-01	Conjunto Molino (caolín)	924
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado (caolín)	68
CCL-01	Conjunto de mangas y Cicron (caolín)	24

Fuente: Autores del proyecto

	Línea de producción de Yeso
	Línea de producción de Cal
	Línea de producción de Caolín

Los valores representados en la tabla 20, contribuyen únicamente en la visualización del valor de las ponderaciones, a continuación se presentaran las consideraciones para jerarquizar a un equipo dado como crítico para la empresa, verificar concretamente que equipos se presentan como críticos dentro de la

planta de producción para la empresa es parte fundamental del plan de mantenimiento, a los cuales se abordará de forma minuciosa en la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

A continuación se presentan las consideraciones para identificar los equipos críticos de los equipos evaluados anteriormente con el Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto de riesgo para la empresa INYESA LTDA, en esta consideración, para obtener el nivel de criticidad de las maquinas tomaremos los valores de frecuencia y consecuencia utilizados para encontrar el resultado de criticidad según la ecuación que se planteó anteriormente para este cálculo, luego se procede a ubicarlos en una matriz de criticidad con el valor de frecuencia en ordenada y el valor de consecuencia en la abscisa, esta matriz permite jerarquizar los sistemas en tres áreas de criticidad según sea el caso, como se muestra a continuación:

Área de Sistemas No Críticos (NC): son los equipos que en el caso de fallar no repercutirán de manera importante en el proceso productivo.

Área de sistemas Medianamente Críticos (MC): son los equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería.

Área de Sistemas Críticos (C): son los equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

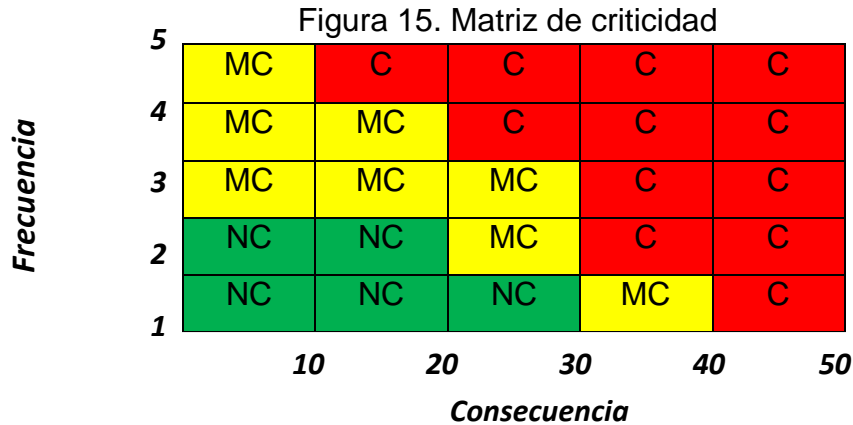
La tabla 21, muestra los valores de frecuencia y consecuencia para cada uno de las maquinas evaluadas en el proceso de criticidad.

Tabla 21. Matriz de criticidad

Código	Consecuencia	Frecuencia
TMY-01	22,5	1
HRY-01	33	1
MPY-01	22	2
BEY-01	19	2
VFY-01	35,3	1
HRY-02	23	1
BEY-02	19	2
MPY-02	26,2	2
VFY-02	8,03	1
CMC-01	447	5
CVC-01	57	2
CCC-01	23,5	1
CML-01	231	4
CVL-01	34	2
CCL-01	24	1

Fuente: Autores del proyecto

La matriz de criticidad utilizada se presenta en la figura 15, en la cual se ubicaran los datos correspondientes de consecuencia contra frecuencia de falla para uno de los equipos evaluados, con la finalidad de conocer que equipos hacen parte de las diferentes zonas de criticidad como se presenta a continuación.



Fuente: Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas¹⁰

¹⁰ MONCADA DELGADO, Davian Augusto, et al. Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánica. Escuela de ingeniería Mecánica, 2009. p113.

En la tabla 22, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los equipos evaluados en el proceso y analizados en la matriz de criticidad en su jerarquía correspondiente, aclarando que este proyecto realizara el diseño del plan de mantenimiento minucioso para los equipos clasificados dentro de la zona crítica.

Tabla 22. Clasificación crítica de los equipos evaluados basada en la jerarquización de la matriz de criticidad para la empresa INYESA LTDA.

CODIGO	EQUIPOS	CLASSIFICACION
CMC-01	Conjunto Molino	Equipos Críticos
CML-01	Conjunto Molino	
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado	
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado	
MPY-01	1er Molino pulverizador	Equipos Medianamente Críticos
MPY-02	2do molino pulverizador	
VFY-01	1er Ventilador de filtrado	
HRY-01	1er horno rotatorio de secado	
BEY-02	2do banda elevadora	Equipos No Críticos
BEY-01	1ra banda elevadora	
CCL-01	Conjunto de mangas y Cicron	
CCC-01	Conjunto de mangas y Cicron	

TMY-01	Trituradora de mandíbulas	Equipos No Críticos
HRY-02	2do horno rotatorio de secado	
VFY-02	2do ventilador para el filtrado	

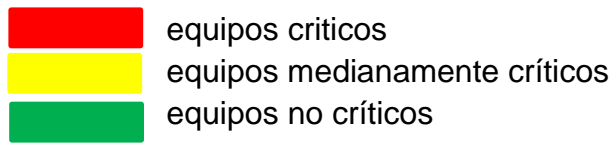
Fuente: Autores del proyecto.

De acuerdo con la información de la tabla 22, sobre la jerarquización de crítica de los equipos, la tabla 23 que se presenta a continuación, muestra de forma explícita el puntaje obtenido por cada equipo en la evaluación de ponderaciones y en la zona correspondiente de criticidad, ya sea críticos, medianamente críticos o no críticos, según sea el caso.

Tabla 23. Criticidad de equipos

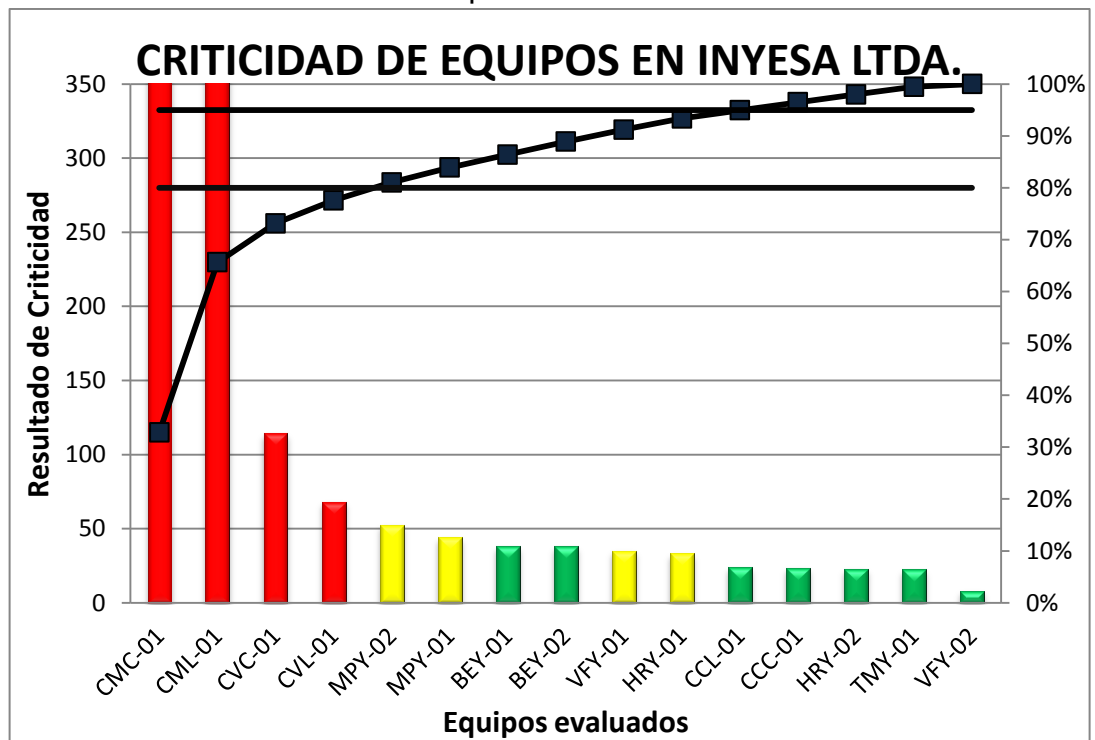
Código del equipo	Nombre del equipo	Puntaje de criticidad
CMC-01	Conjunto Molino (cal)	2235
CML-01	Conjunto Molino (caolín)	924
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado (cal)	114
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado (caolín)	68
MPY-02	2do molino pulverizador	52,4
MPY-01	1er Molino pulverizador	44
VFY-01	1er Ventilador de filtrado	35,03
HRY-01	1er horno rotatorio de secado	33
BEY-01	1ra banda elevadora	38
BEY-02	2do banda elevadora	38
CCL-01	Conjunto de mangas y Cicron (caolín)	24
CCC-01	Conjunto de mangas y Cicron (cal)	23,5
HRY-02	2do horno rotatorio de secado	23
TMY-01	Trituradora de mandíbulas	22,5
VFY-02	2do ventilador para el filtrado	8,03

Fuente: Autores del proyecto



La figura 16. muestra en forma de barras los valores de las ponderaciones de resultados de criticidad, con motivo de tener una visualización grafica de los resultados.

Figura 16. Resultados de criticidad y pareto de los equipos en la planta de producción.



Fuente: Autores del proyecto.

De esta forma se visualizan los equipos que presentan una mayor importancia dentro la empresa y el cual se deben tener en cuenta como una prioridad alta, con el fin de mantener la producción en un nivel máximo.

Como resultado final del análisis de Pareto, se pueden establecer los cuatro equipos que formarán de un plan de mantenimiento minucioso para cada uno, estos equipos serían:

1. Conjunto Molino (cal)
2. Conjunto Molino (caolín)
3. Conjunto ventilador para filtrado (cal)
4. Conjunto ventilador para filtrado (caolín)

A continuación se presenta el plan de mantenimiento preventivo para 2 de los 4 equipos, los demás se encuentran en un documento del plan de mantenimiento preventivo con todas las especificaciones.

En el anexo A se visualiza un estudio de criticidad sin la influencia del impacto energético con su respectiva comparación y evaluación.

4.8 CONSIDERACIONES PARA PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las siguientes acciones de mantenimiento son el resultado del estudio realizado por los autores del proyecto, estas labores de mantenimiento se basan en los requerimientos de producción, debido a que la empresa Inyesa Ltda. tiene recesos entre periodos de producción y las máquinas no se encuentran trabajando en estos recesos, además de eso la acción corrosiva de la materia prima que se procesa acelera el proceso de desgaste de los elementos que conforman un equipo, es decir, a mayor capacidad de producción en una línea mayor será el desgaste en los elementos que conforman a un equipo y viceversa, debido a esto el plan de mantenimiento se establece en términos de producción como el principal y en términos de tiempos como un secundario.

4.8.1 Consideraciones generales de la línea de producción.

Las condiciones de producción en la que se encuentra la planta de procesamiento de la materia prima son un factor muy importante debido a que el plan de mantenimiento elaborado fue elaborado en base a este. Dado el caso que las condiciones de producción se vean reducidas o aumentadas en la planta, la frecuencia entre acciones de mantenimiento para un equipo cambiará, esto hace que el sistema de información elaborado sea flexible a estas condiciones de cambio, para que las acciones de mantenimiento se presente al momento apropiado disminuyendo la incertidumbre que presentan los funcionarios de mantenimiento al momento de realizar estas acciones debidos a los cambios inesperados de producción.

4.8.2 Consideraciones sobre el talento humano

La capacitación del personal en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. en el correcto manejo y manutención de los equipos es parte fundamental para una buena calidad del producto procesado, tener el conocimiento de los limites admisibles de carga de trabajo en los equipos es importante para alargar la vida útil de trabajo de la máquina, por lo que el operario debe tener prudencia y destreza para manipular el equipo asignado. Por parte del departamento de mantenimiento de la planta, los funcionarios encargados deben estar en la capacidad de reparar de forma eficiente, rápida, económica y segura los equipos que reportan daños y paradas de producción no programadas.

Actualmente en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. las actividades de operación y manutención de los equipos se realizan por personas diferentes, es decir, al presentarse algún daño en un equipo los funcionarios que operan la maquina no están en la capacidad de prestar primeros auxilios a estos, dado el caso, queriendo implementar así una tendencia a un mantenimiento productivo total, lo que sucede en la planta de producción es que el operario puede informar a los funcionarios de mantenimiento en aspectos como ruidos, vibraciones, puntos

calientes y entre otros, pero no prestarle ninguna atención de mantenimiento como primeros auxilios al quipo en administración, luego de esto se acerca un funcionario de mantenimiento a realizar las acciones de corrección respectivas, perdiendo así más tiempo de lo previsto.

El talento humano de los funcionarios de la planta de producción en la empresa Inyesa Ltda. se encuentra focalizados en sus respectivas actividades de trabajo, sin mezclarse en las demás labores de la empresa, a pesar de esto cada persona que labora en la planta procura tener un máximo desempeño en su respectivo trabajo dentro de la empresa. A continuación se presenta el resultado del análisis del plan de mantenimiento elaborado para la planta de producción en la empresa Inyesa Ltda.

Con base a las consideraciones presentadas en los manuales de los fabricantes de quipos similares, la experiencia recogida por parte de los funcionarios activos del departamento de mantenimiento y algunos operarios, al estudio realizado de la literatura correspondiente al mantenimiento de equipos, se elaboró el programa de mantenimiento preventivo en los equipos, como se muestra a continuación.

4.9 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CONJUNTO MOLINO (CAL)

El siguiente plan de mantenimiento corresponde las acciones que se deben realizar en los elementos que conforman un equipo, en términos de Producción.

EQUIPO: CONJUNTO MOLINO (CAL)
CODIGO: CMC-01

Especificaciones Técnicas del equipo:

PARAMETRO	RESULTADO
Dimensiones [m]	1.30x1.20x1.90
Peso [Kg]	150
Potencia [Hp]	28

RPM Motor	3600
RPM Eje Molino	2100

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: CORREAS
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para cambiar las correas, esta se realizará cada 10800 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- No desajustar ningún tornillo.
- Utilizar la pala para desajustar la correa, introduciéndola en la rueda para cambiar la carrera de rotación.
- Girar la rueda.
- Retirar la correa.
- Implementar nuevamente la pala para ajustar la carrera de la nueva correa y así montarla en el sistema de transmisión.
- Encender el equipo.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: MOTOR ELECTRICO
ACCION : LIMPIEZA

Frecuencia entre reparación: para reparar los motores eléctricos de este conjunto, esta se realizará cada 900 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Se podrá realizar esta acción con el equipo en funcionamiento o apagado
- Utilizar una brocha limpiadora para remover el material particulado que cae sobre este

- Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: RODAMIENTOS
ACCION : LUBRICACIÓN

Frecuencia entre reparación: para realizar la acciones de lubricación en los rodamientos, esta se realizará cada 180 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Se podrá realizar esta acción con el equipo en funcionamiento o apagado
 - Utilizar la dosificadora lubricante en la carcasa de ubicación del rodamiento
 - Realizar 3 (tres) disparos con esta herramienta para la lubricación del elemento.
- Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: RODAMIENTOS
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para realizar la acciones de cambio en los rodamientos, esta se realizará cada 10800 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado
- Destapar la carcasa donde se encuentra ubicada el rodamiento
- Armar el nuevo complejo de rodamiento, el rodamiento y las partes de apriete
- Quitar el rodamiento defectuoso:
 - levantar lo pines de apriete del rodamiento
 - desatornillar el buje de apriete
 - deslizar el rodamiento hacia la parte saliente del eje.
- Instalar el nuevo rodamiento:
 - realizar las acciones de apriete necesarias para una adecuada fijación
 - realizar un engrase previo sobre el rodamiento
- Cerrar la carcasa donde se encuentra ubicado el rodamiento
- Lubricar la carcasa
- Encender el equipo

- Lubricar la carcasa nuevamente.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: MARTILLOS DEL MOLINO
ACCION : REPARACIÓN

Frecuencia entre reparación: para reparar los martillos del molino, esta se realizará cada 480 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Abrir la tapa contenedora de los martillos en el molino.
- Retirar el eje de soporte de los martillos.
- Retirar los martillos defectuosos o desgastados.
- Utilizar un disco de corte para retirar los ángulos de impacto de los martillos
- Con el equipo de soldadura unir los nuevos ángulos a los brazos de los martillos
- Verificar que todos los martillos tengan el mismo peso, utilizando la balanza, en caso contrario agregar masas a los martillos hasta encontrar el peso adecuado.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: MARTILLOS DEL MONILO
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para cambiar los martillos del molino, esta se realizará cada 87600 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Abrir la tapa contenedora de los martillos en el molino.
- Retirar el eje de soporte de los martillos.

- Retirar los martillos defectuosos o desgastados.
- Insertar los nuevos martillos previamente balanceados.
- Ajustar el eje de rotación nuevamente.
- Cerrar la tapa del molino.
- Encender le equipo.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: MALLA
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para el cambio de las mallas del molino, esta se realizará cada 180 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Levantar la tapa del molino.
- Desatornillar los aros de fijación de mallas.
- Remover malla desgastada.
- Insertar la nueva malla par el filtrado.
- Ajustas los aros de fijación.
- Tapar el molino.
- Encender el equipo.
- Verificar funcionamiento.

4.10 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL CONJUNTO VENTILADOR (CAL)

El siguiente plan de mantenimiento corresponde las acciones que se deben realizar en los elementos que conforman un equipo, en términos de Producción.

EQUIPO: CONJUNTO VENTILADOR (CAL)
CODIGO: CVC-01

Especificaciones Técnicas del equipo:

PARAMETRO	RESULTADO
Dimensiones [m]	1.40x0.9x1
Peso [Kg]	120
Potencia [Hp]	40
RPM Motor	3600

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: CORREAS
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para cambiar las correas, esta se realizará cada 21900 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- No desajustar ningún tornillo.
- Utilizar la pala para desajustar correa, introduciéndola en la rueda para cambiar la carrera de rotación.
- Girar la rueda.
- Retirar la correa.
- Implementar nuevamente la pala para ajustar la carrera de la nueva correa y así montarla en el sistema de transmisión.
- Encender el equipo.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: ASPAS DEL VENTILADOR
ACCION : REPARACIÓN

Frecuencia entre reparación: para reparar las aspas del ventilador, esta se realizará cada 7200 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado
- Una vez que las aspas están por fuera del ventilador se procede a balancearlas nuevamente.
 - montar el rotor junto con las aspas en los burros de balanceo
 - se procede a agregar masas sobre las aspas, esto se realizara utilizando imanes hasta encontrar el punto adecuado de balanceo, luego se procede a reemplazar los imanes por piezas de la misma masa y soldar en los puntos indicados por los imanes.
- Una vez este soldadas las piezas, verificar nuevamente el balanceo del rotor junto con aspas, si es necesario realizar ajustes para calibrar, hacerlo.
- Instalar nuevamente el rotor con las aspas en el ventilador
- Ajustar la tapa de cierre del ventilador
- Encender el equipo
- Verificar funcionamiento

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: ASPAS DEL VENTILADOR
ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para cambiar las aspas del ventilador, esta se realizará cada 131400 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Una vez que las aspas están por fuera del ventilador se procede a desmontarlas del rotor para realizar el cambio.
- Utilizando un disco de corte, remover los puntos de soldadura hasta que el aspa se desprenda del rotor.
- Realizar el paso anterior con cada una de las aspas que se encuentran en el rotor.
- Instalar las nuevas aspas en el mismo rotor anteriormente utilizado, usando el equipo de soldadura para las uniones.
- Verificar balanceo del conjunto rotor aspas.
- Instalar nuevamente el rotor con las aspas en el ventilador.
- Ajustar la tapa de cierre del ventilador.

- Encender el equipo.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: DUCTO
ACCION : LIMPIEZA

Frecuencia entre reparación: para reparar el ducto que conecta el ventilador para el filtrado, esta se realizará cada 3600 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Remover la cubierta superior del ducto.
- Retirar el material adherido a las paredes del ducto mediante un cepillo metálico.
- Ajustar la cubierta superior del ducto.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: MOTOR ELECTRICO
ACCION : LIMPIEZA

Frecuencia entre reparación: para reparar los motores eléctricos de este conjunto, esta se realizará cada 900 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Se podrá realizar esta acción con el equipo en funcionamiento o apagado.
- Utilizar una brocha limpiadora para remover el material particulado que cae sobre este.
- Verificar funcionamiento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: RODAMIENTOS

ACCION : LUBRICACIÓN

Frecuencia entre reparación: para realizar la acciones de lubricación en los rodamientos para este equipo, esta se realizará cada 180 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Se podrá realizar esta acción con el equipo en funcionamiento o apagado
- Utilizar la dosificadora lubricante en la carcasa de ubicación del rodamiento
- Realizar 3 (tres) disparos con esta herramienta para la lubricación del elemento.

➤ Acciones de mantenimiento:

COMPONENTE: RODAMIENTOS

ACCION : CAMBIO

Frecuencia entre reparación: para realizar la acciones de cambio en los rodamientos, esta se realizará cada 10800 [Ton] de producción de Cal.

Procedimiento para la acción:

- Verificar que el equipo se encuentra apagado.
- Destapar la carcasa donde se encuentra ubicada el rodamiento.
- Armar el nuevo complejo de rodamiento, el rodamiento y las partes de apriete.
- Quitar el rodamiento defectuoso:
 - levantar lo pines de apriete del rodamiento.
 - desatornillar el buje de apriete.
 - deslizar el rodamiento hacia la parte saliente del eje.
- instalar el nuevo rodamiento:
 - realizar las acciones de apriete necesarias para una adecuada fijación.
 - realizar un engrase previo sobre el rodamiento.
- Cerrar la carcasa donde se encuentra ubicado el rodamiento.
- Lubricar la carcasa.
- Encender el equipo.
- Lubricar la carcasa nuevamente.
- Verificar funcionamiento.

4.11 MANEJO DE INVENTARIOS

La proyección y el control del inventario que se realiza de forma oportuna en las piezas que conforman los componentes de repuesto, es un aspecto crítico para un programa eficaz de administración de mantenimiento. Si las piezas correctas y necesarias para las acciones de mantenimiento rutinario o reparaciones de equipos, no están al alcance cuando son necesitadas, el tiempo muerto en las líneas de producción se prolonga más allá de lo imprevisto generando pérdidas innecesarias. Por el lado contrario si en la bodega del departamento de mantenimiento dispone de muchas, la empresa incurre en costos excesivos y los gastos indirectos de llevar el inventario, por estas razones la necesidad de implementar estrategias adecuadas para manejar el inventario de repuestos que contribuya en la gerencia eficaz de las acciones de mantenimiento.

Para la clasificación de los repuestos se implementaran estrategias que regulen un óptimo manejo de los recursos, la jerarquización de repuestos estará basada en un modelo de Análisis Pareto para conocer la clasificación de los repuestos por condiciones de costos en los grupos ABC y una clasificación por criticidad según la tolerancia funcional de los repuestos en los equipos.

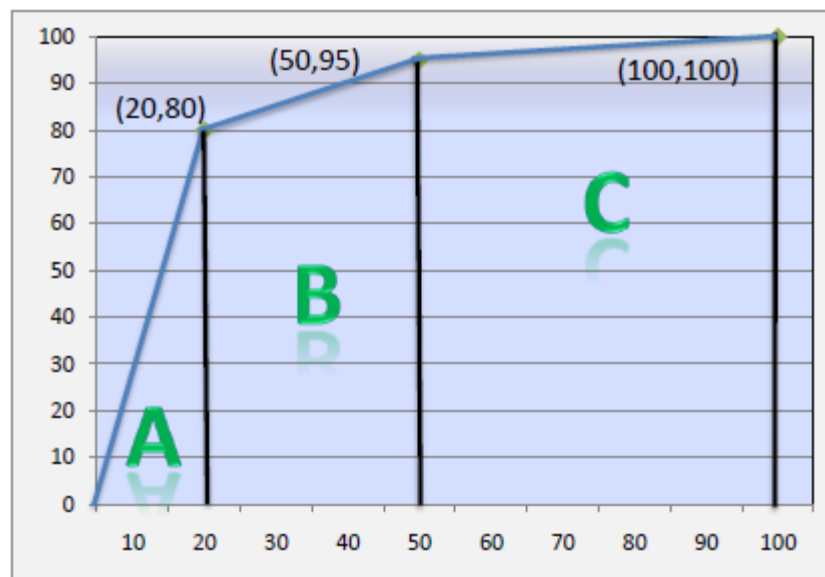
4.11.1 Análisis Pareto

Un diagrama de Pareto es una gráfica en la cual se organizan las diferentes clasificaciones de datos en análisis, que representan los componentes o factores que constituyen un problema o tema analizado que en este caso serán las condiciones de costo de los elementos de repuesto. Esta herramienta de análisis creada por el economista italiano Wilfredo Pareto (1848-1923), enunció el principio de la distribución de la riqueza diciendo que el 80% de la riqueza está en manos de 20 % de la población.

Este diagrama permite identificar de forma rápida y visual cuales son los elementos minoritarios que requieren un mayor cuidado en el análisis del tema correspondiente y así de esta forma priorizar recursos para gestionar de forma adecuada sin malgastar esfuerzo, dinero y tiempo.

El análisis ABC de Pareto es una buena alternativa para clasificar los repuestos de acuerdo a su costo, recordando que los ítems ubicados en la clase A son alrededor del 20 % que generan el 80 % de los costos total asociados a la operación y mantenimiento de inventarios, los ítems clasificados en la clase B representan el 30 % que provocan un 15 % del costo total y por último los ubicados en la clase C que son el 50 % de los ítems representado un 5 % de los costos totales de mantenimiento de inventario como se muestra en la figura 17. Diagrama Pareto.

Figura 17. Diagrama Pareto



Fuente: Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas

4.11.2 Objetivos del análisis Pareto

Una herramienta estadística como el análisis Pareto es ampliamente utilizada en el área de mantenimiento y sus aplicaciones están limitadas por el ingenio del analista, en este caso se utiliza esta herramienta para evaluar los repuestos en términos de costos, pero el análisis Pareto tiene como algunos objetivos:

- Jerarquizar los elementos sometidos al análisis, en función de la generación de problemas de mantenimiento.
- Identificar los elementos que requieren un análisis más detallado. (Elementos críticos).
- Analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Buscar las principales causas de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.

Es importante resaltar que la implementación de un análisis Pareto solo se puede llevar a cabo cuando las variables que regulen un problema se puedan cuantificar.

4.11.3 Clasificación de repuestos según su criticidad

Para definir el criterio de criticidad de los repuestos, este será analizado de la siguiente forma, aclarando que los resultados para cada ítem son repuestas a consideración personales de los funcionarios encargados en responder la encuesta.

El sistema de clasificación por criticidad esta jerarquizado en tres categorías las cuales son:

Criticidad Alta (C_A): partes que son absolutamente esenciales para la operación del equipo.

Medianamente Críticos (C_M): partes que podrían tener un impacto leve a moderado negativamente en la operatividad del equipo si ellos no están disponibles.

Criticidad Baja (C_B): partes que no son absolutamente esenciales para la continuidad operacional del equipo.

El formato analizado para identificar los aspectos necesarios en cada ítem para concluir en la estrategia de gestión de repuestos a utilizar en el elemento correspondiente, se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Encuesta para la identificación de repuestos

INVENTARIOS DE ARTÍCULOS DE REPUESTO		
Nombre del artículo: _____		Código: _____

Proveedor: _____		Cantidad mínima: _____
Con la finalidad de conocer el manejo adecuado de inventario de mantenimiento, se dispone:		
Clasificación según criticidad.		
C_A	Absolutamente esencial para la operación del equipo	
C_M	Podría tener de un impacto leve ha moderado negativamente en la operatividad del equipo.	
C_B	Partes que no son absolutamente esenciales para la continuidad operacional del equipo	
<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación según costos. 		
Para posterior análisis Pareto: costo aproximado del articulo [COP]: _____ C/u		

Fuente: Los autores del proyecto

4.11.4 Análisis de modelos EOQ (Economic Order Quantity)

Este modelo es de importación en la gestión de administración de repuestos ya que permitirá conocer un punto de orden de repuestos con el fin de minimizar los costos de operación y del sistema de inventario.

El modelo EOQ enfrenta dos aspectos relacionados al control de inventarios como lo es: cuánto pedir y cuándo hacerlo. El primer aspecto, determinar cuántas unidades se deben pedir, se define frecuentemente mediante fórmulas económicas de cantidad de pedidos. El segundo aspecto, cuándo hacer un pedido, se realiza usando puntos de reorden.

El tamaño del lote económico (*EOQ*) que minimiza el costo total del inventario es determinado de la siguiente forma.

Figura 18. Ecuación de tamaño económico del lote

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 D_a C_{su}}{C_h}}$$

Fuente: Fundamentos de Manufactura Moderna¹¹

Dónde:

D_a : Demanda esperada anual

C_{su} : Costo de ordenamiento

C_h : Costo de mantenimiento (costo por mantener el inventario)

¹¹ GROOVER, Mikel P. Fundamentos de manufactura moderna. Planeación y control de la producción. México: McGraw-Hill, 2007.

La fórmula EOQ ha sido un modelo muy utilizado para decidir las actividades óptimas de producción.

La respuesta a la pregunta de cuándo ordenar sería implementar un sistema de punto de orden para que cuando el nivel de inventario de cierto artículo baja hasta un punto definido de reorden, es señal para solicitar el re abasto del artículo como se muestra en la figura 19. “Sistema punto de reorden”. El punto de reorden se establece a un nivel lo suficientemente alto para reducir la probabilidad de que se agoten la existencia durante el periodo entre el punto y el momento de recibir un nuevo lote, las políticas de punto de reorden se llevan a cabo mediante sistemas computarizado de control de inventarios.

Figura 19. Sistema punto de reorden



Fuente: Fundamentos de Manufactura Moderna¹²

¹² GROOVER, Mikel P. Fundamentos de manufactura moderna. Planeación y control de la producción. México: McGraw-Hill, 2007.

4.12 DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE REPUESTOS

Es posible minimizar el capital invertido en el inventario sin poner en riesgo los equipos y el tiempo de inactividad de producción o de las interrupciones ocasionadas por el mantenimiento preventivo cíclico. Para lograr este objetivo la administración debe implementar algunas estrategias que le permitan controlar de forma adecuada los inventarios de repuestos y herramientas. Algunas de las medidas a utilizar serian:

- Mejorar los procesos para la creación de un inventario de las necesidades previstas.
- Mejorar el cálculo del stock seguridad.
- Mejorar los procesos de necesidades de partes no previstas.
- Optimizar pedido de partes y piezas.

El estudio realizado por los autores del proyecto concluye que las estrategias a utilizar en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. para una buena gestión de manejo de inventario en el departamento de mantenimiento, se clasifican en tres estrategias, las cuales son:

- Estrategia 1: para las partes agrupadas como clase 1, hay mantener una cantidad dada de ítems. El stock inicial puede ser estimado mediante una aproximación analítica. Cuando ocurra una falla, se gestiona el remplazo del ítem cuando fue consumido por la reparación.
- Estrategia 2: para las partes agrupadas en la clase 2, el modelo estándar de EOQ puede ser usado y mantener un stock de seguridad para trabajar durante el periodo de abastecimiento.
- Estrategia 3: en casos donde las partes pueden ser almacenadas para una duración larga sin deterioro y donde las partes no están disponibles rápidamente en el mercado, se calcularan los requerimientos de este o para

un periodo más largo que el indicado. También se puede usar la estrategia 2 para esta clase de partes.

Para evaluar los elementos de repuestos y ubicarlos dentro de las estrategias planteadas anteriormente, la matriz de clasificación representada en la tabla 25. Permite ubicar a cada ítem dentro su de su estrategia correspondiente.

Para utilizar la matriz de clasificación en un ítem en particular, se identifica en la zona correspondiente según el diagrama de Pareto ya sea A, B o C y se enfrenta a la criticidad establecida para ese ítem.

Los valores 1, 2 y 3 corresponden al tipo de estrategia a utilizar para el ítem analizado.

Tabla 25. Matriz de clasificación de repuestos

Costo	Criticidad		
	C_A	C_M	C_B
A	1	1	2
B	1	2	2
C	2	3	3

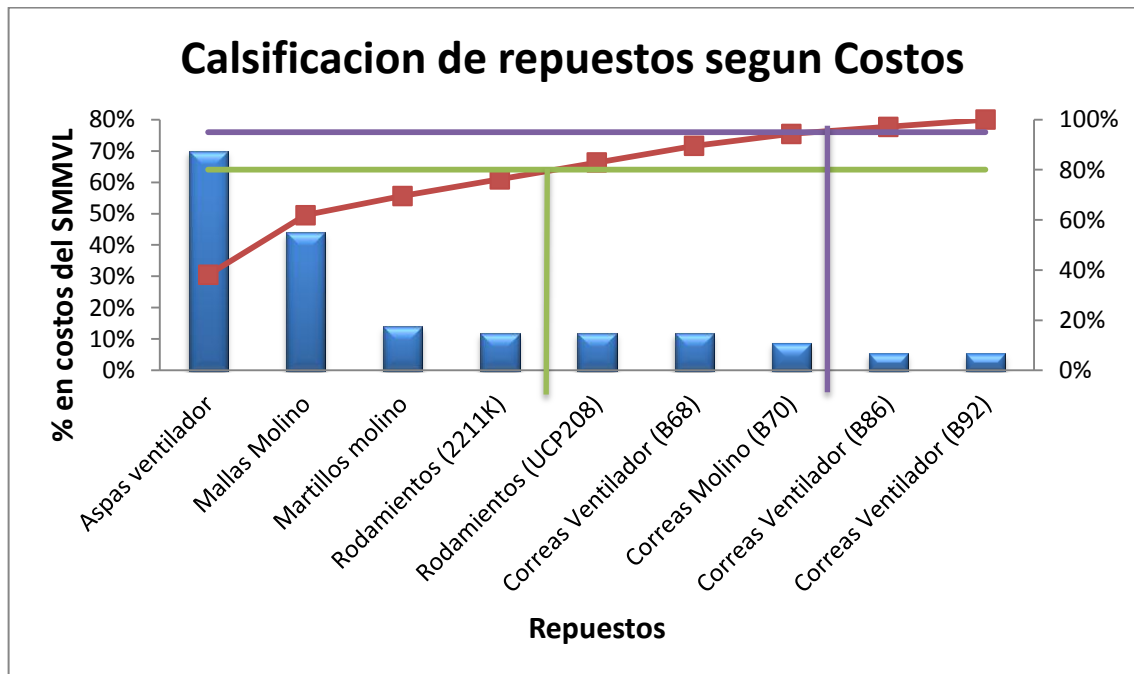
Fuente: Manejo de inventario de mantenimiento ¹³

¹³ ESPINOSA FUENTES, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento. Chile: Universidad de Talca, 2005. 7 p.

4.13 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE ESTRATEGIAS EN CADA ÍTEM IDENTIFICADO.

Las ponderaciones correspondientes para cada elemento identificado como repuestos se muestran en la tabla 26. En esta tabla se enlistan como columna los equipos identificados y su respectiva clasificación según la criticidad ya sea alta, media o baja y clasificación según costos en las zonas A, B o C, según sea el caso.

Figura 20. Diagrama de Pareto de clasificación de repuestos basado en costos



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 26. Ponderación de factores de criticidad y costos para los algunos elementos identificados como repuestos

Equipo	Criticidad	Costo
Aspas ventilador	C_M	A
Mallas Molino	C_A	A
Martillos molino	C_A	A
Rodamientos (2211K)	C_M	A
Rodamientos (UCP208)	C_A	B
Correas Ventilador (B68)	C_M	B
Correas Molino (B70)	C_M	B
Correas Ventilador (B86)	C_M	C
Correas Ventilador (B92)	C_M	C

Fuente: Autores del proyecto.

De esta forma se visualizan los elementos que presentan una mayor importancia dentro del taller de mantenimiento para el sostenimiento de la planta de producción y cada uno de los equipos que la conforman, identificando el tipo de estrategia que se debe implementar en cada uno de los elementos que conforman el inventario

La tabla 27, muestra la clasificación de estrategias en la que se encuentra cada ítem evaluado en el proceso, de esta forma se procede a implementar las medidas de proyección y apoyo en el sistema de información para la gestión de repuestos en la administración del mantenimiento, y así de esta forma contribuir en el desarrollo industrial y económico de la empresa Inyesa Ltda. eliminando los costos asociados a la mala distribución de los recursos para el sostenimiento de la planta de producción de la empresa.

Tabla 27. Clasificación por estrategias de abastecimiento para cada ítem identificado

Equipo	<i>Estrategia a implementar</i>
Martillos molino	1
Mallas Molino	
Rodamientos (UCP208)	
Rodamientos (2211K)	
Aspas ventilador	
Correas Molino (B70)	2
Correas Ventilador (B86)	
Correas Ventilador (B92)	
	3

Fuente: autores del proyecto

La tabla anterior muestra la estrategia que se debe implementar en algunos de las herramientas en el taller de mantenimiento de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. para los casos planteados ningún equipo está incluido en la estrategia numero 3 lo que dice que para las herramientas evaluadas, todas tienen alguna importancia en la reparación y costo del equipo

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

5.1 LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS DE GESTIÓN¹⁴

El entorno cada vez competitivo y exigente en el que tienen que desenvolverse actualmente las empresas ha obligado a mejorar de forma drástica la gestión y a facilitar la integración de las distintas áreas funcionales, con el objetivo de poder ofrecer un mejor servicio a los clientes, reducir los plazos de entrega, minimizar los inventarios de productos, etc.

Los sistemas integrados de gestión (ERP¹⁵) surgen en los años noventa como una evolución de los exigentes hasta la fecha: sistema de gestión de inventarios y planificación de la producción, en sus distintas versiones (MRP: *Material Requirements Planning*, de los años setenta; MRP II: *Manufacturing Resources Planning*, de los años chenta); programas de contabilidad; aplicaciones de gestión de la facturación, etc.

Los sistemas ERP tienen el objetivo de facilitar la gestión de todos los recursos de la empresa, a través de la integración de la información de distintos departamentos y áreas funcionales.

Estos últimos años, muchas empresas manufactureras han evolucionado en la implementación de avances tecnológicos lo que provoca que hoy en día la competencia sea más fuerte, un fácil y rápido acceso a la información concerniente de la empresa es una garantía del crecimiento industrial para ésta. La implementación de un sistema de información proporciona servicio a todos los demás sistemas de la organización y enlaza todos sus componentes en forma tal

¹⁴ Referencia tomada de: GOMEZ VIEITES, Álvaro y SUAREZ REY, Carlos. Sistemas de información, Herramientas prácticas para la gestión. México: Alfaomega grupo editorial, 3ª. Ed. 2009.

¹⁵ ERP es la abreviatura de *Enterprise Resource Planning*, término utilizado para denominar a las aplicaciones integradas de gestión empresarial de mayor nivel de complejidad.

que estos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo para el desarrollo de la empresa, lo cual significa aumento de productividad, reducción de costos, minimización de inventarios y en consecuencia aumento de la competitividad.

5.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Hoy en día los sistemas de información juegan un papel cada vez más importante en las modernas organizaciones empresariales, hasta el punto de condicionar su éxito o fracaso en un entorno económico y social tan dinámico y turbulento como el que caracteriza el mundo actual.

Nuevos fenómenos como la globalización o el tránsito hacia una economía más basada en el comercio han inducido importantes cambios en las organizaciones empresariales. En este nuevo contexto. Los Sistemas y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se han convertido en un elemento esencial como motor del cambio y fuente de ventajas competitivas.

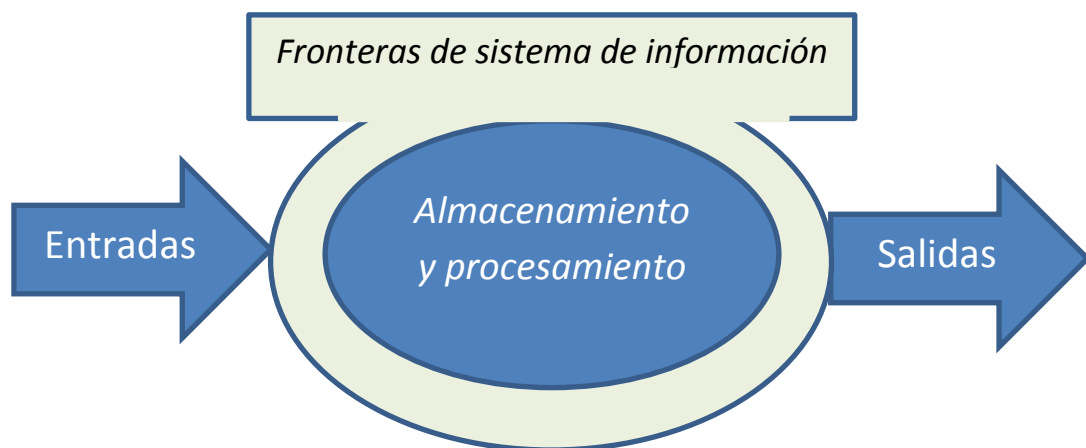
En la sociedad industrial la estrategia empresarial era la que decidía que tecnologías iban a ser utilizadas por parte de la organización. En cambio, en el escenario definido por la sociedad de la información con las TIC las que condicionan en muchos casos la estrategia empresarial, ya que tienen un impacto decisivo en el desarrollo de los productos y servicios, así como en la redefinición de los procesos dentro de la organización.

En el sentido más amplio, un *sistema* es un conjunto de componentes que interaccionan entre sí para lograr un objetivo común. Un sistema de información en una empresa es el medio por el cual los datos fluyen de una persona o un departamento hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta sistemas de cómputo que generen reportes periódicos para varios usuarios.

5.3 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

En resumen un sistema de información está encargado de entregar la información oportuna y precisa, con la presentación y el formato adecuado, a la persona que la necesita dentro de la organización para tomar una decisión o realizar alguna operación y justo en el momento en que esta persona necesite disponer de dicha información. La finalidad de un sistema es la razón de su existencia, para alcanzar sus objetivos los sistemas interactúan con los objetos que se encuentran fuera de sus fronteras. Los sistemas que interactúan con el medio, es decir, reciben entradas (Datos) y producen salidas (Información) se denominan *sistemas abiertos* como se muestra en la figura 21., en contraste, aquellos que no interactúan con su medio se le conoce como *sistemas cerrados*. Actualmente los sistemas son abiertos, así es como los sistemas cerrados existen solo en un concepto.

Figura 21. Procesos de un sistema de información abierto



Fuente: autores del proyecto

5.4 COMPONENTES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Un Sistema de Información realiza cuatro actividades básicas: almacenamiento, procesamiento y salida de información. A continuación se definirán cada una de estas actividades.

- **Entrada de Información:** La entrada es el proceso mediante el cual el Sistema de Información toma los datos que requiere para procesar la información. Las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan en forma directa por el usuario, mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otros sistemas o módulos.
- **Almacenamiento de información:** El almacenamiento es una de las actividades o capacidades más importantes, ya que a través de esta propiedad el sistema puede recordar la información guardada en la sesión o proceso anterior. Esta información suele ser almacenada en estructuras de información denominadas archivos.
- **Procesamiento de Información:** Es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida. Estos cálculos pueden efectuarse con datos introducidos recientemente en el sistema o bien con datos que están almacenados. Esta característica de los sistemas permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones, lo que hace posible, entre otras cosas, que un tomador de decisiones genere una proyección financiera a partir de los datos que contiene un estado de resultados o un balance general de un año base.
- **Salida de Información.** La salida es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada o bien datos de entrada al exterior. Es importante aclarar que la salida de un Sistema de Información puede constituir la entrada a otro Sistema de Información o módulo. En este caso, también existe una interface automática de salida.

Para relacionar los datos y la información, En primer lugar se debe hacer una distinción entre *datos* e información, términos que en ocasiones pueden llegar a confundir.

Los *datos* reflejan hechos recogidos en la organización y que están todavía sin procesar, mientras que la *información* se obtiene una vez que estos hechos se procesan, agregan y presentan de manera adecuada para que puedan ser útiles a alguien dentro de la organización, por los que de este modo estos datos organizados y procesados presentan un mayor valor que en su estado original.

Los datos quedan perfectamente identificados por elementos simbólicos (letras y números), que reflejan valores o resultados de mediciones.

Sin embargo, la información son “datos dotados de relevancia y propósito”, que permite reducir la incertidumbre de quien los recibe.

5.5 CARACTERÍSTICAS QUE DEBE CUMPLIR LA INFORMACIÓN

La información será útil para la organización en la medida en que facilite la toma de decisiones y, para ello, ha de cumplir una serie de requisitos, entre los cuales están:

- **Exactitud:** la información ha de ser precisa y libre de errores.
- **Compleitud:** la información debe contener todos aquellos hechos que pudieran ser importantes para la persona que la va a utilizar.
- **Economicidad:** el coste en que se debe incurrir para obtener la información debería ser menor que el beneficio proporcionado por ésta a la organización.
- **Confianza:** para dar crédito a la información obtenida, se ha de garantizar tanto la calidad de los datos utilizados, como la de las fuentes de información.

- **Relevancia:** la información ha de ser útil para la toma de decisiones. En este sentido, conviene evitar todos aquellos hechos que sean superfluos o que no porten ningún valor.
- **Nivel de detalle:** la información debería presentar el nivel de detalle indicado a la decisión que se destina. Se debe proporcionar con la presentación y el formato adecuados, para que resulte sencilla y fácil de manejar.
- **Oportunidad:** se debe entregar la información a la persona que corresponde y en el momento en que esta la necesidad para poder tomar una decisión.
- **Verificabilidad:** la información ha de ser contrastada y comprobada en todo momento.

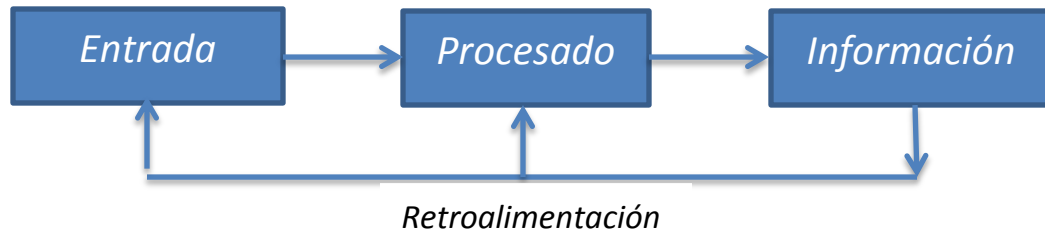
Por otra parte, el exceso de información también puede ser causa de problemas y suponer un obstáculo en vez de una ayuda para la toma de decisiones. En este sentido conviene indicar que acotar las necesidades de información de cualquier organización es un proceso que debería ser continuado o sistemático.

5.6 PROCESO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los procesos del sistema de información como capturar datos, almacenarlos y transformarlos de manera adecuada y distribuir la información obtenida mediante este proceso, es un aspecto muy importante en el funcionamiento de la herramienta, apoyando y mejorando las operaciones cotidianas de las empresa, así como satisfaciendo las necesidades de información para la resolución de problemas y la toma de decisiones por parte de los directivos de la empresa.

Por lo tanto se trata de un sistema que tiene *inputs (datos)* y *outputs (información)*, unos procesos de transformación de los datos en información y unos mecanismos de retroalimentación, como se puede apreciar en la figura 22. Proceso de sistemas de información.

Figura 22. Proceso de sistemas de información



Fuente: Autores del proyecto

La información facilita la integración y coordinación de las actividades que constituyen los distintos procesos de la organización, eliminando las barreras. De esta forma, el sistema de información se convierte en el “sistema nervioso” de la empresa, que se ocupa de capturar los hechos en cuanto se producen, ya sean estos internos o externos, procesar los datos obtenidos y comunicarlos a los distintos elementos de la organización para que puedan reaccionar a tiempo entre ellos.

5.7 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Por lo general, las clasificaciones más extendidas de los sistemas de información suelen agrupar estos en funciones de su finalidad.

De igual forma muy global, puede considerarse que existen dos funciones básicas para los sistemas:

5.7.1 Soporte de actividades operativas

Que da lugar a sistemas de información para actividades as estructuradas (aplicaciones de contabilidad, nomina, pedidos y, en general, los que se denomina “gestión empresarial”) o también sistemas que permiten el manejo de información menos estructurada: aplicaciones ofimáticas, programas técnicos para funciones de ingeniería, etc.

5.7.2 Soporte a las decisiones y control de gestión

Que puede proporcionarse desde las propias aplicaciones de gestión empresariales (mediante salidas de información existentes) o a través de aplicaciones específicas.

5.8 OBJETIVOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

El objetivo fundamental del sistema de información para el mantenimiento es presentar continuamente la base de datos esencial para la correcta y oportuna planificación del mantenimiento y la evaluación de su gestión.

Los objetivos de un buen sistema de información que regule una planta de producción deben estar relacionados con los objetivos propios del departamento de mantenimiento al que va a respaldar, teniendo en cuenta los criterios económicos y encausados a obtener una reducción en los costos generales de producción. Algunos de los principales objetivos de los sistemas de información, se pueden resaltar:

- Proporcionar datos oportunos y exactos que permitan tomar decisiones acertadas y mejorar la relación entre los recursos de la empresa.
- Garantizar información exacta y confiable, así como su almacenamiento de tal forma que esté disponible cuando se necesite.
- Servir como herramienta para que los gerentes realicen planeación, control y toma de decisiones en la empresa.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones al máximo posible.
- Controlar el costo directo de mantenimiento, mediante el uso adecuado y eficiente del tiempo, materiales, mano de obra y servicios.

Establecer objetivos en la implementación de un sistema de información que se reconoce como un recurso para la organización es un aspecto fundamental para la empresa. Esto tiene valor porque influye en la manera cómo opera la empresa, carecer de una estructura del sistema puede ocasionar que los administradores

cometan errores, pierdan oportunidades y enfrenten a graves problemas de mantenimiento. Los sistemas de información hacen posible lograr nuevos niveles de eficacia y eficiencia.

5.9 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EL MANTENIMIENTO

La importancia de los sistemas de información en mantenimiento se deriva de la necesidad de que en mantenimiento se cuente con una organización sólida que permita restablecer en el menor tiempo las condiciones de operación de cualquier equipo o sistema para reducir al mínimo las pérdidas de producción. En consecuencia, el mantenimiento con un buen sistema de información es un medio eficaz para obtener utilidades, ya que es un soporte para conservar la planta en el grado más alto de productividad y competencia al impedir las interrupciones de operación de las máquinas.

Debido a la gran cantidad de información que se necesita tener organizada y actualizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento, resulta necesario auxiliarse de un sistema computarizado que permita documentar y mantener accesible toda esa información, la cual debe garantizar una continuidad en los procesos de producción y además prolongue la vida útil de los equipos.

Una eficiente gestión de mantenimiento sólo puede ser posible con un eficiente sistema de información que lo asista. Los sistemas de información ofrecen a la gestión de mantenimiento el dato preciso en el instante oportuno, son fuente para la obtención de los indicadores de gestión, los costos del sistema de mantenimiento implantado, y el análisis estadístico, además de facilitar la presentación de informes y contribuir con el control de las posibles variaciones en los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento. Para llevar a

cabo una buena Gestión de Mantenimiento es necesario ejercer un control inteligente sobre los siguientes factores:

- La planeación y la programación de los trabajos de mantenimiento organizados en un sistema de información. Esto con el objetivo de disminuir el costo mínimo unitario para obtener una rentabilidad óptima del mantenimiento
- Las reparaciones de emergencia
- El tiempo muerto en reparación que pueda ser causa del mantenimiento
- Las reparaciones del equipo
- Los materiales usados en las reparaciones y el desperdicio de los mismos que pueda ser imputado a mantenimiento
- La seguridad de los trabajadores y de la planta
- La cantidad de mano de obra de mantenimiento
- La depreciación de los equipos y las instalaciones.

5.10 Gestión de mantenimiento asistido por computadora

La Gestión de mantenimiento asistido por computadora u ordenador, (también por las siglas GMAC). También se nombra en ocasiones como CMMS, acrónimo de computerized maintenance management system (CMMS). En esencia es una herramienta software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades. Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc.) aunque también existen productos que enfocados a un mercado general.

El software ofrece una amplia variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización, existiendo en el mercado un gran rango de precios. Puede ser tanto accesible vía web, mientras que la aplicación se encuentra alojada en los servidores de la empresa que vende el producto o de un proveedor de servicios TI o accesible vía LAN si la empresa adquisidora del producto lo aloja en su propio servidor.

6. ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA INYESA LTDA.

Este capítulo hará referencia al diseño y funcionamiento del sistema de información implementado en la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. realizando un especial análisis en el tipo de herramienta utilizada, en aspectos como requerimientos del sistema cómputo y alcances de la herramienta en cada uno de los módulos presentes en el sistema de información.

6.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

La producción de la empresa Inyesa Ltda. presenta problemas en cuanto al manejo de las actividades correspondientes al mantenimiento, manejo de la información de los equipos, personal de trabajo entre otras, por estas razones la empresa está de acuerdo con la idea de implementar medidas correctivas sobre estas acciones y se plantea la necesidad de adoptar una herramienta como un sistema de información las cuales permitan a la empresa avanzar industrialmente.

La determinación de requerimientos es el conjunto de actividades encaminadas a obtener las características necesarias que deberá poseer el nuevo sistema, es el estudio de las actividades o procesos, para comprender cómo trabaja y dónde es necesario efectuar mejoras o cambios considerables para la empresa. Este es el primer paso en el análisis de sistemas y se puede decir que es el más importante.

Todo sistema de información posee un conjunto de requerimientos básicos y un conjunto de requerimientos específicos dependiendo de si el sistema será de soporte para transacciones o para la toma de decisiones.

Entre los requerimientos de la empresa Inyesa Ltda. podemos encontrar que necesita :

- Un programa de mantenimiento preventivo: el sistema de información debe permitir programar rutinas de mantenimiento preventivo para cada una de las unidades
- Información detallada de cada una de las unidades, que permita incluir y llevar un completo registro de cada una de las labores de mantenimiento efectuadas en cada maquina
- La creación de solicitudes de servicio y ordenes de trabajo, que contenga la información detallada acerca de las actividades de mantenimiento a realizar sobre los equipos y que además sirva como alimentación para las hojas de vidas
- Datos de proveedores y servicios técnicos, una información completa de estos agentes es importante para el sostenimiento de la empresa.
- Indicadores de mantenimiento, que valoren la eficiencia de la planta a partir de los indicadores de gestión.
- Control de inventarios, que permita llevar un registro del inventario completo en el almacén, indicando exceso, falta de algún repuesto, material o insumo.

6.2 VARIABLE DE ENTRADA Y SALIDA

La correcta clasificación de las variables de entrada y salida es esencial para un buen control de la empresa y así crear de forma eficiente el sistema de gestión de mantenimiento para la planta cualquiera sea la estructura utilizada como base para la identificación, la configuración de entrada-salida tendrá su influencia sobre el número de parámetros a adaptar. Una buena identificación de las entradas al sistema repercutirá en la óptima y adecuada información de salida del sistema de información.

Las variables de entrada y salida para el sistema se muestran en la figura 23.

Figura 23. Variables de entrada y salida al sistema de información.



Fuente: Autores del proyecto

6.3 DESCRIPCION DE LA HERRAMIENTA ADMINISTRATIVA

Continuación se describen cada uno de los módulos que hacen parte del sistema de información implementado en la empresa Inyesa Ltda. que es el resultado de un estudio que los autores del proyectos realizan sobre las condiciones de operación de la planta de producción, el siguiente sistema de información está hecho de una forma tal que satisface las necesidades de la empresa.

6.3.1 Ingreso al sistema

El ingreso al sistema se realizara vía internet, utilizando cualquier navegador disponible de la siguiente forma:

Figura 24. Modo de inicio al sistema



Fuente: autores del proyecto

Después de ingresar la dirección web, aparece la pantalla principal que da inicio al sistema, con una interfaz amigable, mostrando algunos aspectos principales de la empresa como lo son la misión y la visión.

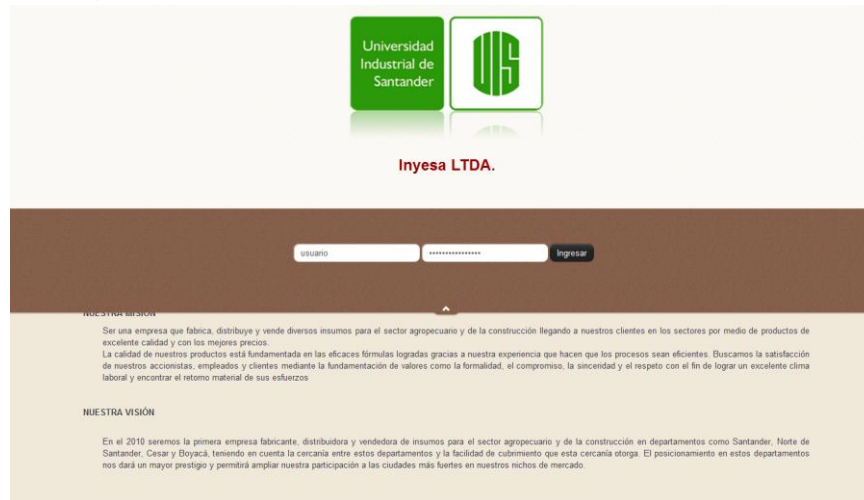
Figura 25. Página de inicio al sistema de información



Fuente: autores del proyecto.

Desplegamos la opción de ingresar al sistema para introducir el usuario y contraseña respectiva, dependiendo del usuario seleccionado se habilitan los accesos a los módulos.

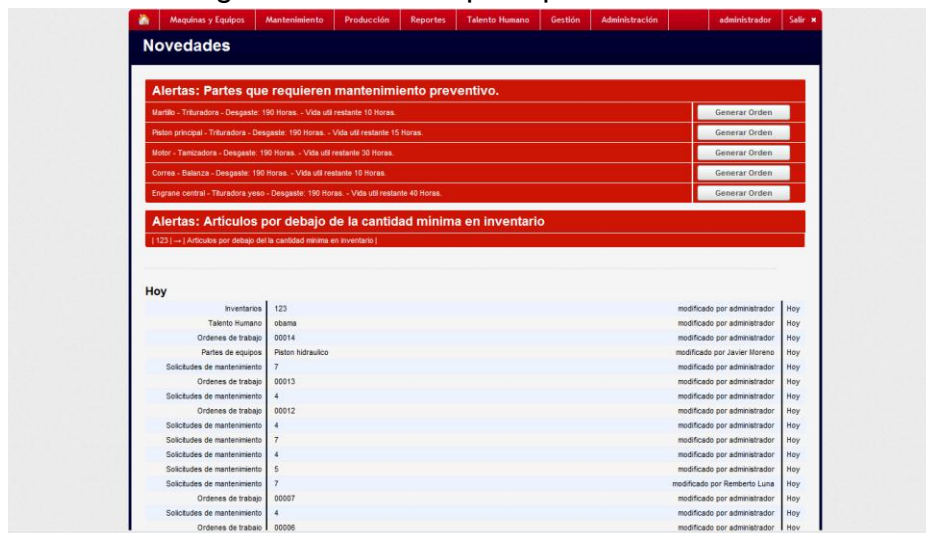
Figura 26. Modo de ingreso al sistema de información



Fuente: autores del proyecto.

Luego de haber seleccionado el usuario y digitado la contraseña se ingresa a la pantalla principal del programa como se muestra en la siguiente figura.

Figura 27. Pantalla principal del sistema



Los diferentes módulos se encuentran ubicados en la parte superior de la pantalla principal, en esta pantalla de inicio se pueden observar las alarmas y/o alertas producidas automáticamente por el sistema, en aspectos que respectan a acciones de mantenimiento y ausencia o falta de inventario, además de esto se visualizan todas las acciones realizadas por los usuarios que ingresen al sistema, manteniendo actualizado a todos estos de los movimientos que se ejecutan en la herramienta administrativa sin omitir aspecto alguno.

Cada uno de los módulos tienen opciones de operación tales como:

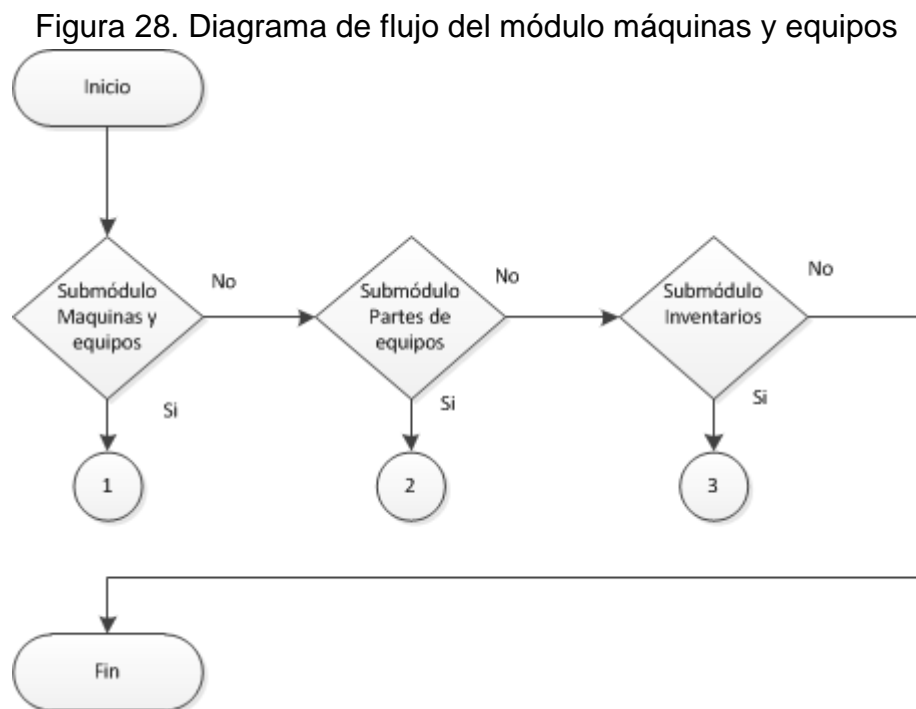
- Agregar: permite crear un nuevo registro dependiendo del módulo en el cual se esté trabajando
- Editar: permite editar la información contenida en algún registro ya creado.
- Guardar: permite almacenar la información nueva o los cambios efectuados en los registros.
- Cancelar: anula las acciones realizadas.
- Eliminar: elimina del sistema algún registro creado con anterioridad.
- Imprimir: genera informes físicos o digitales de la información que se está observando en pantalla.
- Filtrar: permite buscar de una forma rápida los registros ya creados, cuenta con diferentes niveles de filtro de acuerdo a la clase de información que se requiera filtrar.
- Navegar: permite desplazar dentro del módulo, facilitando la búsqueda de información.
- Ver: muestra todos los registros que se han creado dentro del módulo en forma tabulada.
- Ir a: permite realizar una búsqueda rápida ingresando el número del registro.
- Consultar: permite realizar una búsqueda rápida ingresando el nombre, código del elemento o equipo que desee identificar.

A continuación se especifican cada módulo que hacen parte del sistema administrativo de información.

6.3.2 Módulo de máquinas y equipos

Este módulo tiene disponible la información correspondiente a las máquinas y equipos y sus respectivas hojas de vida, actualizando constantemente la información debido a las acciones de mantenimiento realizadas por los funcionarios encargados.

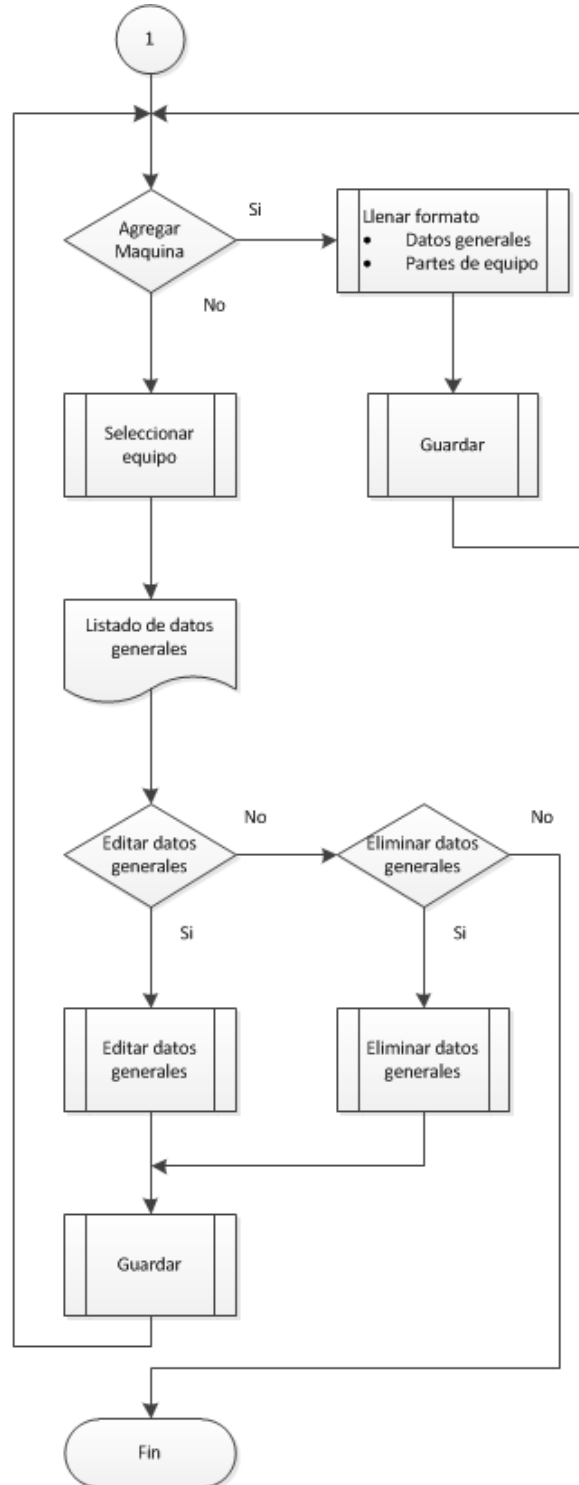
El diagrama de flujo correspondiente al módulo de máquina y equipos se visualiza en la figura 28.



Fuente: autores del proyecto

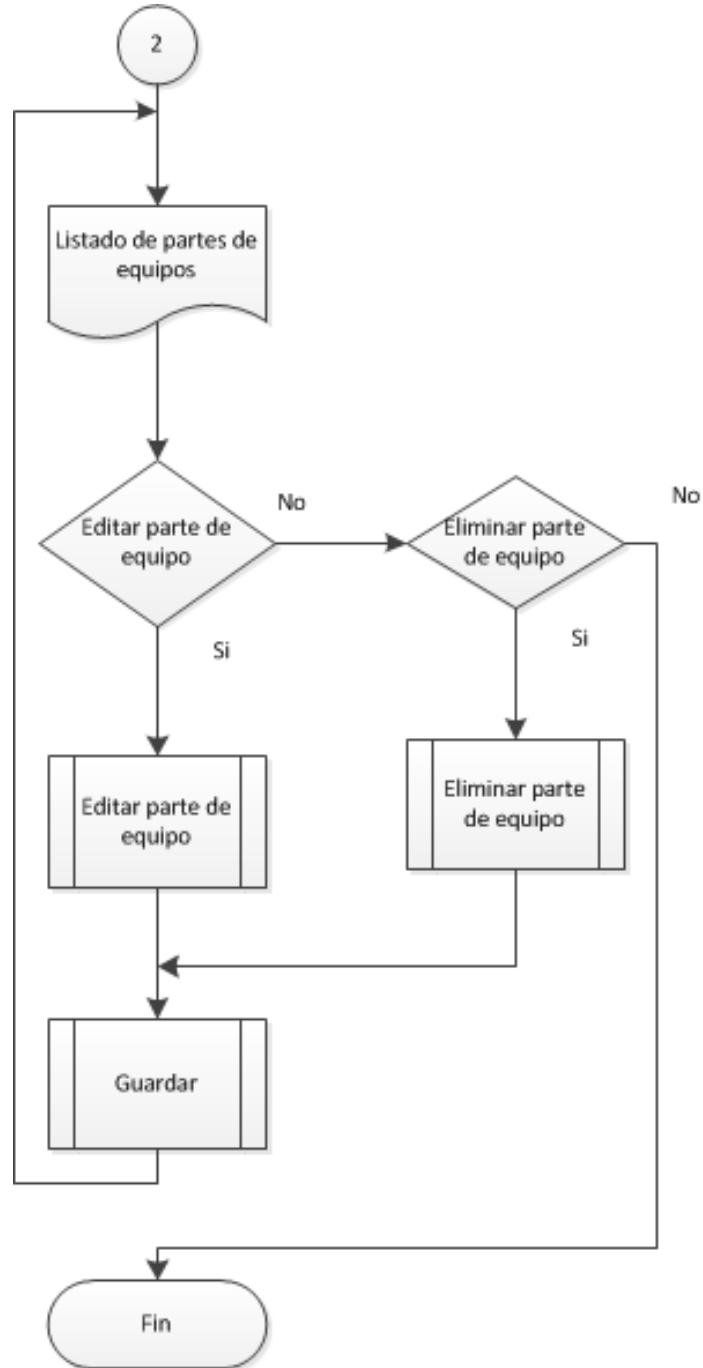
Este módulo tiene consta de tres sub – módulos, los cuales son ilustrados a continuación en las figuras 29, 30, 31.

Figura 29. Diagrama de flujo del sub-módulo de máquinas y equipos.



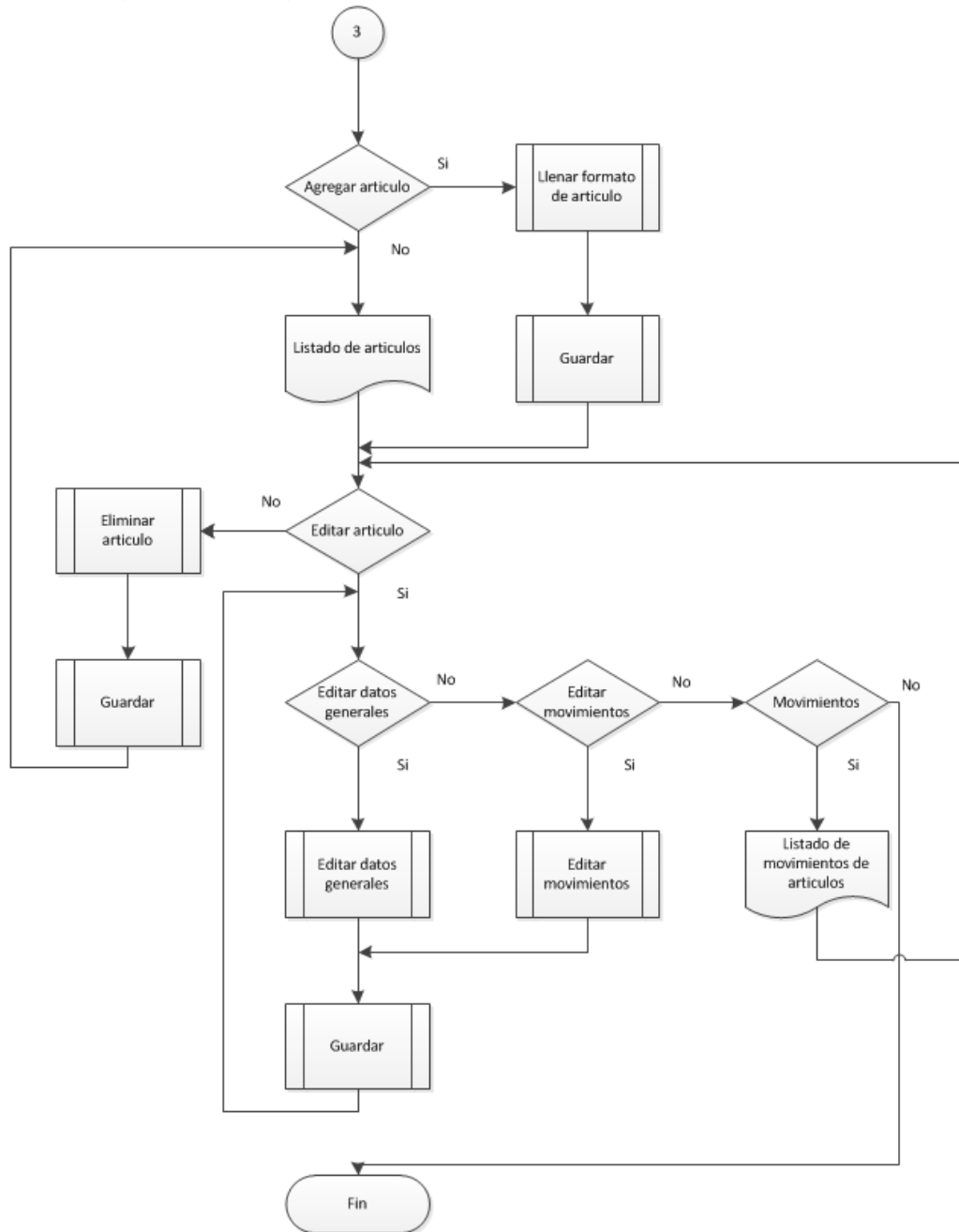
Fuente: Autores del Proyecto

Figura 30. Diagrama de flujo del sub-módulo de partes de equipo.



Fuente: Autores del Proyecto

Figura 31. Diagrama de flujo del sub-módulo de inventarios.



Fuente: Autores del Proyecto

La interface gráfica del módulo de máquinas y equipos se visualiza en la siguiente figura, en la cual se enlistan cada una de las máquinas y equipos registrados con anterioridad, identificando el código, nombre, modelo, serie, fabricante, proveedor, permite visualizar e imprimir hoja de vida y permite la opción de editar y eliminar a un equipo específico.

Figura 32. Módulo de máquinas y equipos



Código	Nombre	Modelo	Serie	Fabricante	Proveedor	Modificado por	Ultima Actualizacion	
CCL 01	Conjunto Cicron y Mangas Caolin	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 19:03	  
CVL 01	Conjunto Ventilador Caolin	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 18:58	  
CML 01	Conjunto molino Caolin	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 18:52	  
CCC 01	Conjunto Cicron y Mangas Cal	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 18:50	  
CVC 01	Conjunto Ventilador Cal	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 18:40	  
CMC 01	Conjunto Molino Cal	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	14 May 2012 / 18:25	  

Fuente: autores del proyecto

Este módulo de máquinas y equipos posee una opción de agregar en la cual se agregan equipos dando clic con el cursor del mouse en el botón llamado “Agregar” en la parte superior derecha de la pantalla, se agregan entonces equipos con sus especificaciones, se habilita la opción de cargar alguna imagen del equipo para identificación grafica como se muestra en la siguiente figura.

Figura 33. Opción de agregar un equipo en el módulo de máquinas y equipos

home » Maquinas y Equipos » Agregar

Maquinas y Equipos GUARDAR

* Código
* Nombre
* Modelo * Serie * Prioridad
* Precio de compra * Fecha de vencimiento garantía * Linea de producción
* Fabricantes * Proveedores
* Datos generales
* Dimensiones [m] * Peso [kg] * Potencia [Hp] * RPM
* Ubicación

Cambiar imagen

Fuente: autores del proyecto

En la opción de editar, se logra reconfigurar los valores de las especificaciones del equipo, además incluir observaciones que se tengan sobre el equipo y un aspecto importante es que permite agregar los elementos constituyentes del equipo que harán parte del sistema de mantenimiento preventivo.

Figura 34. Opción de editar un equipo

home » Maquinas y Equipos » Modificar

Maquinas y Equipos GUARDAR

Contenido Listado de partes Observaciones

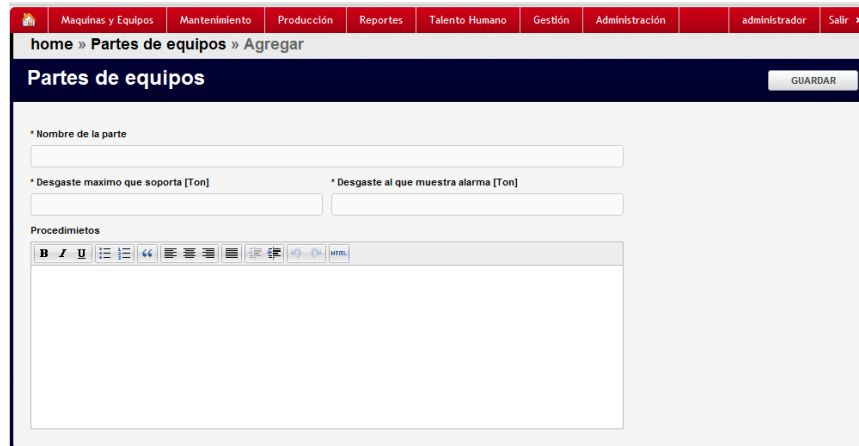
* Código
CMC 01
* Nombre
Conjunto Molino Cal
* Modelo * Serie * Prioridad
* Precio de compra * Fecha de vencimiento garantía * Linea de producción
* Fabricantes * Proveedores
* Datos generales
* Dimensiones [m] * Peso [kg] * Potencia [Hp] * RPM
* Ubicación
Anexos
* Especificaciones de mantenimiento
Sin especificaciones hasta el momento

Cambiar imagen

Fuente: autores del proyecto

La opción de agregar partes de equipos, permite agregar elementos que constituyen un equipo, especificaciones de operación como el desgaste o vida útil de trabajo y procedimientos para realizar las acciones correspondientes de manutención. Estos elementos se incluyen dentro de un equipo específico.

Figura 35. Opcion de agregar partes de equipos



The screenshot shows a web application interface with a red navigation bar at the top containing menu items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. Below the navigation bar, the breadcrumb path is 'home » Partes de equipos » Agregar'. The main content area has a dark blue header with the title 'Partes de equipos' and a 'GUARDAR' button. The form contains three input fields: '* Nombre de la parte', '* Desgaste maximo que soporta [Ton]', and '* Desgaste al que muestra alarma [Ton]'. Below these is a 'Procedimientos' section with a rich text editor toolbar and a large empty text area.

Fuente: autores del proyecto

Después de guardado el elemento que forma parte de un equipo de trabajo, este se visualiza automáticamente en la sección e partes de equipos habilitando la opción de “Editar” y “Eliminar” para reconfigurar las especificaciones o eliminar el elemento por alguna razón específica, aclarando que no todos los niveles de seguridad de para los usuarios permiten editar o eliminar aspectos dentro del sistema de información.

En el módulo de Máquinas y Equipos se dispone de una opción de manejo de inventarios el cual permite agregar artículos identificados como repuestos o herramientas, permitiendo su visualización en forma de lista, ilustrando conjuntamente las alarmar y/o alertar generadas por falta de inventario como se muestra a continuación en la figura 36.

Figura 36. Opción para el manejo de inventarios



Fuente: autores del proyecto.

En la opción de inventario dentro del módulo de Máquinas y Equipos, este permite agregar artículos llenando un formato como el que se muestra en la figura 37.

Figura 37. Opción de agregar artículos para la administración de inventario

Fuente: autores del proyecto.

Posterior a este registro de inventario se podrá realizar registros de ingreso y salidas para cada uno, permitiendo el anexo de una observación para agregar especificaciones de ingreso y/o salidas respectivamente. Como se muestra en las figuras de la sección 6.4 Pruebas realizadas al sistema en 6.4.2 movimientos de inventarios.

6.3.3 Módulo de Mantenimiento

Expone la información relacionada con la programación de acciones de mantenimiento a realizar en un tiempo recomendable para cada una de las máquinas y equipos que componen las diferentes líneas de producción, adicional a esto posee un sistema de alarmas que apoye la ejecución del plan de mantenimiento preventivo en la empresa.

El diagrama de flujo correspondiente al módulo de mantenimiento se visualiza en la figura 39.

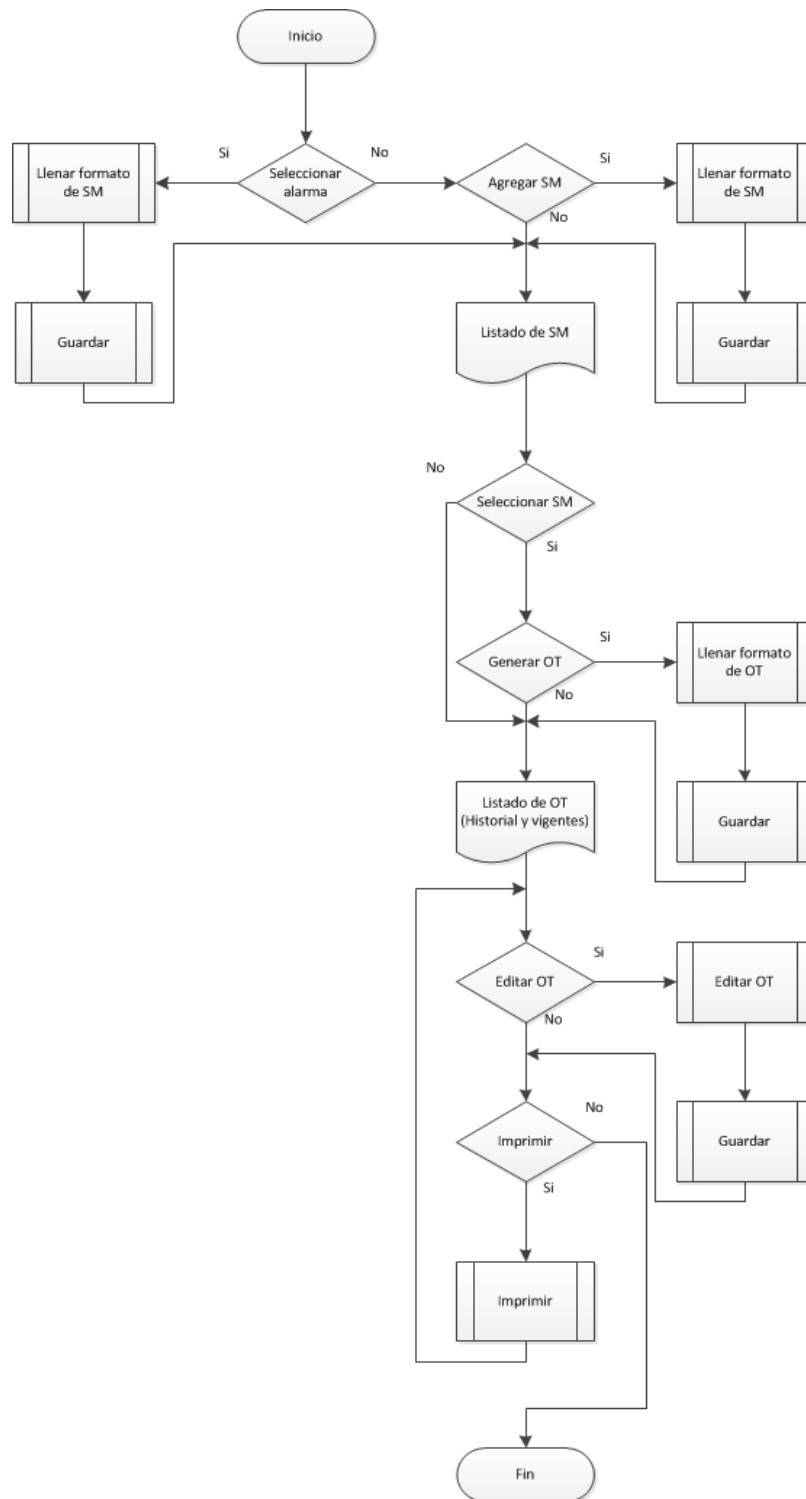
La interface gráfica inicial del módulo de Mantenimiento se visualiza en la siguiente figura, en la cual se enlistan cada una de las solicitudes de mantenimiento, registradas ya sea por prevención o por corrección identificando el número de solicitud, el tipo (preventiva o correctiva), equipo, elemento que genera la solicitud, además de eso permite visualizar las alertas que se generan por mantenimiento preventivo con la opción de generar directamente la orden de trabajo OT para su ejecución.

Figura 38. Página principal del módulo de mantenimiento

No Solicitud	Tipo	Estado	Equipo	Parte	Modificado por	Ultima Actualizacion
00022	PREVENTIVO	Terminado	CCC 01 - Conjunto Cicron y Mangas Cal	Filtro de Mangas	administrador	21 May 2012 / 11:50
00023	PREVENTIVO	Terminado	CML 01 - Conjunto molino Caolín	Rodamientos	administrador	21 May 2012 / 11:49
00024	PREVENTIVO	Terminado	HRV-01 - Primer horno rotatorio de secado	Rodamientos	administrador	21 May 2012 / 11:49

Fuente: autores del proyecto

Figura 39. Diagrama de flujo del módulo Mantenimiento



Fuente: autores del proyecto

6.3.3.1 Modos de ingreso y generación de solicitudes de mantenimiento (SM) y órdenes de trabajo (OT).

La creación de solicitudes de servicio para el mantenimiento en la planta de producción se puede realizar desde diferentes lugares dentro del sistema de información, entre los cuales están:

- *Home* o página de inicio al sistema.
- Desde el módulo de mantenimiento en la sección de solicitudes de mantenimiento generadas automáticamente por alarmas.
- Desde el módulo de mantenimiento en la sección de solicitudes de mantenimiento, utilizando la opción de agregar “manualmente” una solicitud.

Utilizando cualquiera de estos dos caminos para ingresar a las solicitudes de mantenimiento, se puede generar solicitudes registrando un formato establecido con la información referente al servicio que se requiere.

6.3.3.2 Solicitudes de servicio y órdenes de trabajo para mantenimiento Preventivo.

Cuando las solicitudes de servicio se generan de forma automática, es decir, el sistema se encuentra trabajando con alertas de prevención, cada una de estas se listan dentro de un recuadro de alerta de color rojo de forma tal que resalte para una mayor visualización dentro del sistema de información como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Visualización de las alarmas en el sistema dinámico de información.

Solicitudes de mantenimiento	
<input type="text" value="Buscar..."/> <input type="text" value="Equipos"/> <input type="button" value="AGREGAR"/>	
Alertas: Partes que requieren mantenimiento preventivo.	
Rodamientos - Conjunto Ventilador Caolín - Desgaste: 240 Horas. - Vida útil restante 10 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>
Filtro de Mangas - Conjunto Cicron y Mangas Caolín - Desgaste: 240 Horas. - Vida útil restante 10 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>
Motor electrico - Trituradora de mandibulas - Desgaste: 260 Horas. - Vida útil restante 3 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>
Rodamientos - Trituradora de mandibulas - Desgaste: 260 Horas. - Vida útil restante 2 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>
Quijada - Trituradora de mandibulas - Desgaste: 260 Horas. - Vida útil restante 10 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>
Motor electrico - Primer horno rotatorio de secado - Desgaste: 260 Horas. - Vida útil restante 3 Horas.	<input type="button" value="Generar Orden"/>

Fuente: Autores del Proyecto

Cuando se identifica el equipo y elemento que se requiere realizar mantenimiento preventivo se procede a generar la Orden de Trabajo, dando clic con el cursor en la opción donde dice “Generar Orden”, posterior a esto se visualiza un formato de registro de para la orden de trabajo, en el cual se seleccionan el responsable, se realizan algunas observaciones y se escogen los recursos a utilizar, como se muestra en la figura 41.

La acción a realizar en el elemento ya sea: cambió, reparación, lubricación entre otros se configura de forma automática en el registro del elemento en cuestión. El sistema de información llama estos datos y los incluye en la orden de trabajo de forma automática, omitiendo en el formato inicial de la orden de trabajo el registro del equipo, componente y las acciones a realizar.

Figura 41. Formato de registro de una Orden de Trabajo

Ordenes de trabajo GUARDAR

* Responsables
Responsable 1

* Descripción de la orden
Realizar el Mantenimitno de forma URGENTE

* Recursos requeridos
Requerimiento 1
Requerimiento 2
Requerimiento 3

Fuente: Autores del Proyecto

Luego que se registra y guarda este primer formato de Orden de Trabajo, se visualiza en una nueva ventada donde se listan todas y cada una las ordenes de trabajo generadas ya sea por mantenimiento correctivo o preventivo, en la cual se especifican por número de solicitud y número de orden además de esto se visualiza el estado de la solicitud como en ejecución o terminado, como se muestra en la figura 42.

Figura 42. Visualización del listado de órdenes de trabajo.

Nº Orden	Nº Solicitud	Estado	Modificado por	Fecha de creación	Ultima Actualizacion
00024	00026	En ejecución	administrador	21 May 2012 / 12:58	21 May 2012 / 12:58
00023	00024	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:49	21 May 2012 / 11:49
00012	00013	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:39	21 May 2012 / 11:48
00013	00014	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:39	21 May 2012 / 11:48
00014	00015	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:40	21 May 2012 / 11:47
00015	00016	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:40	21 May 2012 / 11:47
00016	00017	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:40	21 May 2012 / 11:46
00017	00018	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:41	21 May 2012 / 11:46
00018	00019	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:41	21 May 2012 / 11:46
00019	00020	Terminado	administrador	21 May 2012 / 11:41	21 May 2012 / 11:45

Ordenes de trabajo: 24 ítems en total

Fuente: Autores del Proyecto

Una vez se identifica la Orden de Trabajo como resultado de una Solicitud de Mantenimiento, la cual ésta se encuentra en estado de ejecución, se procede a realizar una vista de impresión para poder obtener un formato fisco de la solicitud de mantenimiento y asignárselo a los funcionarios encargados de esta actividad.

Figura 43 Vista de impresión de una Orden de Trabajo

Orden de trabajo		
Nº Solicitud 00026	Estado solicitud En ejecución	Acción REPARACION
Tipo PREVENTIVO	Equipo Conjunto Cicron y Mangas Caolín	Parte Filtro de Mangas
Tipo Baja	Equipo Conjunto Cicron y Mangas Caolín	Parte Filtro de Mangas
Tipo PREVENTIVO	Equipo Solicitud de mantenimiento preventivo.	
Nº Orden de trabajo 00024	Responsable Responsable 1	Estado orden En ejecución
Descripción de la orden Realizar el Mantenimnto de forma URGENTE		
Recursos requeridos		
Requerimiento 1		
Requerimiento 2		
Requerimiento 3		
Observaciones		
Procedimientos		
Inicio del Mantenimiento		
Procedimiento 1		
Procedimiento 2		
Procedimiento 3		
Finalización		

Fuente: Autores del Proyecto

Cuando se finaliza las labores asignada por una Orden de Trabajo es necesario ingresar nuevamente al sistema para realizar una última edición de la orden trabajo dando clic con el cursor en botón en forma de lápiz para realizar algunas observaciones si es necesario, como se muestra en la siguiente figura 44.

Figura 44. Formato final de una Orden de Trabajo

Ordenes de trabajo			Contenido	Observaciones	GUARDAR
← N° Solicitud 00026	Estado solicitud En ejecución	Acción REPARACION	<div style="float: right;"> <div style="background-color: #333; color: white; padding: 2px 5px; border: 1px solid #ccc;">Modificar estado</div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 5px; margin-top: 5px;">Finalizar orden</div> </div>		
Tipo PREVENTIVO	Equipo Conjunto Cicron y Mangas Caolín	Parte Filtro de Mangas			
Prioridad Baja	Descripción de la solicitud Solicitud de mantenimiento preventivo.				
N° Orden de trabajo 00024	Responsable Responsable 1	Estado orden En ejecución			
Descripción de la orden Realizar el Mantenimmito de forma URGENTE					
Recursos requeridos Requerimiento 1 Requerimiento 2 Requerimiento 3					

Fuente: Autores del Proyecto

Además de esto es necesario finalizar en el sistema la Orden de Trabajo registrando la fecha y tiempo de duración de la actividad de mantenimiento para su posterior análisis y evaluación, llenado un pequeño formato como se muestra a continuación.

Figura 45. Formato de finalización de una Orden de Trabajo.

The screenshot displays a web application interface for managing work orders. A modal window titled "Terminar orden" is open, allowing the user to complete the order. The modal contains the following fields and elements:

- * Fecha inicio de la actividad:** A date picker showing "May" and "2012".
- * Duración (horas):** A text input field with the value "0" and a dropdown arrow.
- Buttons:** "Actualizar" and "Cancelar".
- Calendar:** A calendar grid for May 2012, with the 21st highlighted.

The background interface shows the "Ordenes de trabajo" section with the following details:

- N° Solicitud:** 00026
- Tipo:** PREVENTIVO
- Prioridad:** Baja
- N° Orden de trabajo:** 00024
- Descripción de la orden:** Realizar el Mantenimnto de forma URGENT
- Recurso requeridos:** Requerimiento 1, Requerimiento 2, Requerimiento 3

On the right side, there is a "Modificar estado" button and a "Finalizar orden" button.

Fuente: Autores del Proyecto.

Luego de finalizada la Orden de Trabajo es necesario finalizar conjuntamente la Solicitud de Mantenimiento correspondiente a esa orden de trabajo, debido a que el sistema de información está abierto a la posibilidad de que de una misma solicitud de mantenimiento se puedan generar varias Órdenes de Trabajo, si esta acción no se realiza es estado de la Solicitud de Mantenimiento no cambiara de "en ejecución" a "terminado", luego de ingresar al Sub-módulo de Solicitudes de Mantenimiento y ubicar por el código la SM correspondiente es necesario dar clic con el cursor en el botón con forma de lápiz y seleccionar la opción de "Terminar" la Solicitud de mantenimiento, llenando un pequeño formato como el que se muestra en la siguiente figura.

Figura 46. Formato de finalización de una solicitud de servicio.

N° Solicitud	Estado	Tipo	Prioridad	Equipo	Descripción
00026	En ejecución	PREVENTIVO	Baja	Conjunto C	Solicitud d

Fuente: Autores del proyecto.

Luego de esto el estado cambia de “en ejecución” a Solicitud de Mantenimiento “Finalizada” y de esta forma se termina el proceso de generación de solicitudes de mantenimiento y ordenes de trabajo para acciones de tipo preventivo.

6.3.3.3 Solicitudes de servicio y órdenes de trabajo para mantenimiento Correctivo.

Cuando las solicitudes de servicio se generan de forma manual, es decir, se presenta alguna situación no prevista en aspectos de mantenimiento para algunos de los equipos de la planta de producción como una falla no programada, es necesario realizar una acción correctiva de mantenimiento y se empieza con la creación de una solicitud de mantenimiento para el equipo que ha presentado daño y parada de producción.

La creación de solicitudes de mantenimiento se realiza en el módulo de mantenimiento dentro del sub-módulo de Solicitudes de Mantenimiento, este sub-módulo permite la opción de agregar solicitudes manualmente, para eso es necesario dar clic con el curso del mouse en la opción que dice “agregar” como se muestra en la figura 47.

Figura 47. Forma de agregar manualmente una Solicitud de Servicio

No Solicitud	Tipo	Estado	Equipo	Parte	Modificado por	Ultima Actualizacion
00027	CORRECTIVO	En ejecución	CMC 01 - Conjunto Molino Cal	Rodamientos	administrador	21 May 2012 / 16:58
00026	PREVENTIVO	Terminado	CCL 01 - Conjunto Cicron y Mangas Caolín	Filtro de Mangas	administrador	21 May 2012 / 15:05

Fuente: Autores del proyecto

Luego de esto se procede a llenar un formato de registro donde se especifica el equipo, el elemento que ha fallado, la acción de mantenimiento a realizar y permite la opción de agregar observaciones o especificaciones para realizar la actividad de mantenimiento. Este formato se visualiza en la figura 48.

Figura 48. Formato de registro manual de una Solicitud de Mantenimiento

Fuente: Autores del proyecto

Luego de haber finalizado y guardado este primer registro de la solicitud de mantenimiento, ésta se ha ubicado en el listado de solicitudes aclarando que el tipo de solicitud es “Correctivo”, una vez se tenga ubicada la solicitud dentro de la lista se procede a generar la Orden de Trabajo dando clic con el cursor en el botón en forma de lápiz que es la opción de “editar” la solicitud correspondiente, esta opción permite ingresar al modo edición de la solicitud, la nueva ventana permite visualizar todas las Ordenes de Trabajo que se han generado para esta solicitud que en este caso no existe ninguna Orden de Trabajo debido a que hasta el momento se están creando las ordenes, luego de esto se procede a generar una Orden de Trabajo para la Solicitud de Mantenimiento seleccionada dando clic con el cursor en el botón llamado “Agregar orden de trabajo” como se muestra en la figura 49.

Figura 49. Agregar OT de forma manual en una SM

N° Solicitud	Estado	Acción
00027	Perdiente por ejecutar	CAMBIO
Tipo	Equipo	Parte
CORRECTIVO	Conjunto Molino Cal	Rodamientos
Prioridad	Descripción	
Alta	realizar el cambio de los rodamientos de forma URGENTE	

No se han creado ordenes de trabajo a esta solicitud

Botones de acción: **Agregar** (contiene sub-botón **Orden de trabajo** circulado en rojo), **Modificar**, **Descripción**.

Fuente: Autores del Proyecto

En la ventana ilustrada en la figura 49, se puede observar el quipo, elemento, la acción, estado de la solicitud, código de solicitud entre otros datos que forman parte de la solicitud de mantenimiento, luego de hacer clic en la opción de agregar orden de trabajo aparece una nueva ventana con un formato de registro de orden de trabajo como el que se muestra en la figura 41, donde se escoge el responsable a realizar la acción correctiva, alguna descripción de operación y requerimientos de herramientas y repuestos para realizar la acción.

Luego de haber guardado el formato inicial de registro de una Orden de Trabajo, éste se visualiza en el listado de Órdenes de Trabajo como se muestra en la figura 41, logrando identificar la orden por código de solicitud y código de orden.

Los pasos siguientes de acá en adelante son los mismos que los realizados anteriormente los cuales constan en lograr imprimir la orden para obtener una copia física, luego que la actividad de mantenimiento se ha realizado se ingresa al sistema para registrar las observaciones, los tiempos y las fechas de finalización de la Orden de Trabajo y de la Solicitud de Mantenimiento para cerrar definitivamente la solicitud y continuar trabajando para una buena producción y progreso de la empresa.

6.3.4 Módulo de producción

Este módulo es de suma importancia para el buen funcionamiento sistema en general, ya que en él se indican las labores de producción las cuales están relacionadas con las actividades de mantenimiento.

En este módulo se registran los periodos de producción y la línea en la cual se realiza dicha producción, en la búsqueda de que las labores de mantenimiento se puedan coordinar eficientemente y el contador de las alertas funcione mientras existen periodos de producción, esto se realiza de esta forma debido a que las condiciones de operación y producción en la planta de la empresa Inyesa Ltda. tienen algunos recesos en pocas épocas del año las cuales no se realiza o ejecuta la producción.

La interface gráfica del módulo de Producción se visualiza en la figura 51, en la cual se enlistan cada uno de los periodos de producción en la planta de la empresa con la finalidad de llevar un registro de las cantidades producidas y por producir en la empresa, además de esto se coordinan indirectamente las actividades de mantenimiento para la planta de producción.

En el listado de producciones se especifica número periodo de producción, línea de producción, fecha de inicio de la producción, fecha prevista de finalización de la producción, como se indica en la figura 50.

El diagrama de flujo de módulo de producción se ilustra en la figura 51.

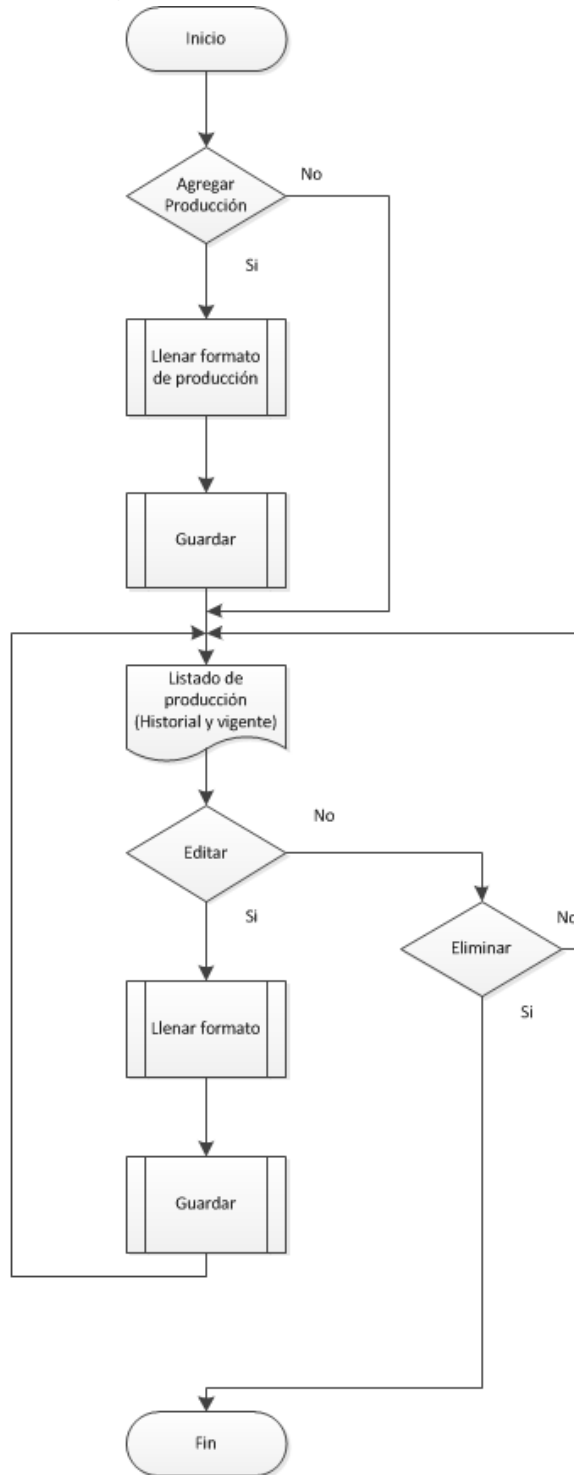
Figura 50. Módulo de producción del sistema de información

N° producción	Linea de producción	Fecha inicio	Fecha fin	Modificado por	Ultima Actualizacion
1	Linea de Cal	14 May 2012	16 May 2012	administrador	14 May 2012 / 19:59
2	Linea de Yeso	15 May 2012	25 May 2012	administrador	14 May 2012 / 23:52
3	Linea de Caolín	15 May 2012	20 May 2012	administrador	14 May 2012 / 23:52

Fuente: autores del proyecto

Este módulo permite la opción de agregar un periodo de producción, esto se logra dando clic con el cursos en el botón llamado “Agregar” donde posteriormente estableciendo un formato sencillo de registro el cual se ilustra en la siguiente figura, este formato dentro de sus especificaciones requiere un registro de la línea en la cual se desea realizar la producción ya sea yeso, cal o caolín. La fecha de inicio de la producción es importante ya que a partir de esta fecha el contador empezara a realizar sus respectivas labores de prevención, además de esto el sistema es flexible a los cambios en la capacidad de producción que se realizan en la planta, debido a esto se establece un recuadro en el cual se introduce la capacidad de producción diaria de línea en la cual se está agregando la producción y por ultimo requiere el dato de la producción total requerida en el periodo.

Figura 51. Diagrama de flujo del módulo de producción



Fuente: Autores del proyecto

Figura 52. Opción de agregar un periodo de producción

The screenshot shows a web application interface with a red navigation bar at the top containing the following menu items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. Below the navigation bar, the breadcrumb trail reads 'home » Producciones » Agregar'. The main content area has a dark blue header with the title 'Producciones' and a 'GUARDAR' button on the right. The form contains three fields: a dropdown menu for '* Línea de producción' with the placeholder text 'Seleccione una línea de producción', a date input field for 'Fecha de inicio', and two text input fields for '* Producción diaria' and '* Producción total'.

Fuente: Autores del proyecto

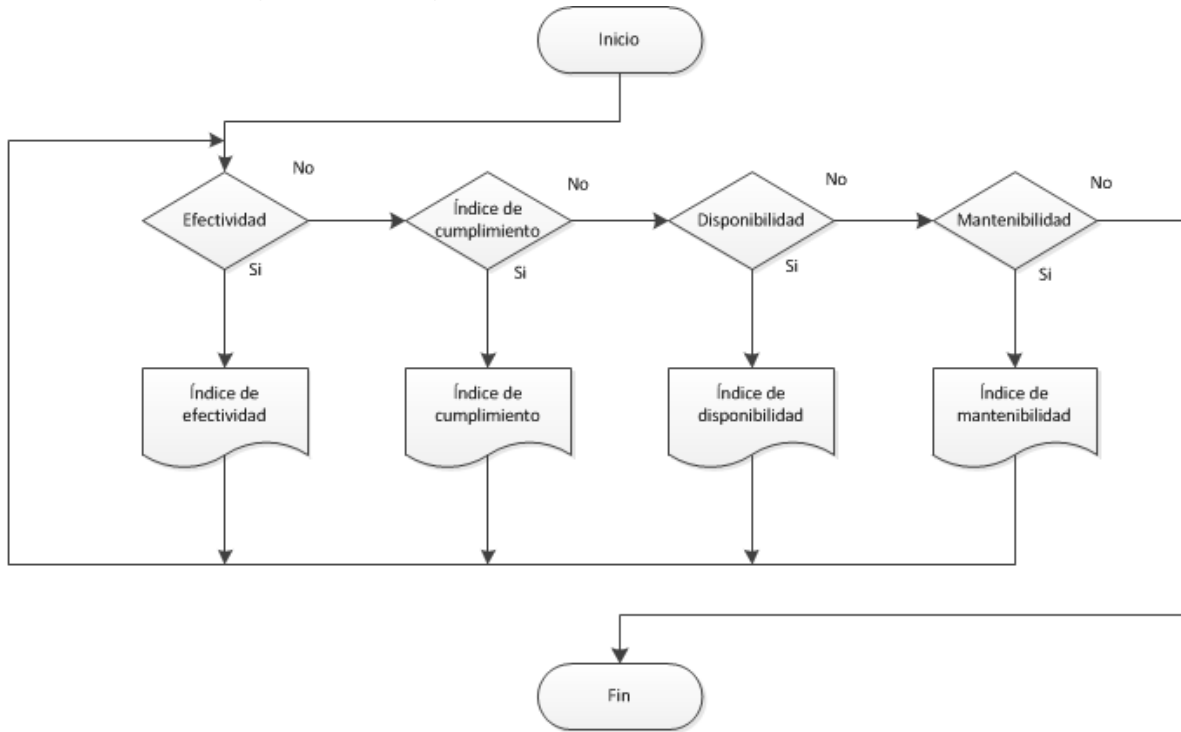
6.3.5 Módulo de Reportes

Este módulo provee la información correspondiente de los resultados del procesamiento de los datos de entrada, entre los cuales están el estado de los indicadores de gestión, reportes periódicos en la actividad de mantenimiento, permitiendo una visualización gráfica y cuantitativamente.

Este reporte, muestra a través de cálculos estadísticos la eficiencia lograda por los equipos en el proceso de producción; los indicadores más adecuados que se escogieron para ser incluidos en este análisis se presentan en la figura 54.

El diagrama de flujo del módulo de reportes se muestra en la siguiente figura 53.

Figura 53. Diagrama de flujo del módulo de reportes



Fuente: autores del proyecto

Para los cálculos es necesario alimentar con datos al sistema de información, posteriormente a través del módulo Reportes, es posible seleccionar los diferentes indicadores de la planta de producción en cada uno de los equipos incluidos en el sistema.

Figura 54. Módulo de reportes



Fuente: Autores del proyecto

Los indicadores de gestión sirven para dar una medida cuantitativa de que tan efectivas son las labores desarrolladas por el departamento de mantenimiento dentro de la empresa.

Por lo general en estos procesos, esta medida se evalúa a partir de 3 indicadores principales de gestión, la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, que arrojan ciertos valores a partir de un estudio de tiempos previstos. En muchas ocasiones realizar este estudio de tiempos se torna tedioso en algunas empresas, por lo que se hace necesario plantear una serie de indicadores que llenen y cumplan las expectativas de la empresa y que sean en alguna medida mucho más manejables.

Para la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda. se plantearon algunos indicadores de gestión que permitan conocer el estado de los equipos y actividades de mantenimiento a la alta gerencia de la empresa, estos indicadores rendirán informes de las condiciones de operación del taller de mantenimiento y de las maquinas en la planta de producción de la empresa.

6.3.5.1 Indicador de efectividad.

Mide la capacidad de lograr el efecto deseado de reducir a cero la presencia de mantenimientos no planeados o correctivos, efectuando solo mantenimientos planeados o preventivos.

El indicador de efectividad se mide mediante la ecuación:

$$Efectividad = \frac{Mantenimientos\ Planeados}{Mantenimientos\ Ejecutados}$$

Dónde:

- Mantenimientos Planeados = Mantenimiento preventivo planeado

- Mantenimiento ejecutados = mantenimientos Preventivos + Mantenimientos correctivos.

Luego:

$$Efectividad = \frac{\text{Mantenimientos Preventivos}}{\text{Mantenimientos Preventivos} + \text{Mantenimientos Corecctivos}}$$

Figura 55. Visualización del índice de efectividad en el sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

6.3.5.2 Indicador o índice de cumplimiento

Este índice indica la proporción de órdenes que se terminaron en la fecha programada, sobre el total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación con el fin con controlar la ejecución de las actividades programadas para el mantenimiento y verificar así el cumplimiento de las acciones que el taller de mantenimiento realiza en la empresa.

El indicador o índice de gestión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Cumplimiento = \frac{\text{Total de ordenes de trabajo realizadas a tiempo}}{\text{Total de ordenes de trabajo generadas}}$$

Dónde:

- Total de órdenes de trabajo generadas = OT ejecutadas + OT pendiente por ejecutar

Figura 56. Visualización del índice de cumplimiento en el sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

6.3.5.3 Índice de Disponibilidad¹⁶

La disponibilidad de un equipo es el tiempo total durante el cual el equipo está operando satisfactoriamente, más el tiempo que estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un período.

El objetivo más importante del mantenimiento científico es lograr la máxima disponibilidad de todos los equipos.

La disponibilidad se define en términos matemáticos, mediante el índice de disponibilidad, como la probabilidad de que un equipo o sistema sea operable satisfactoriamente a lo largo de un período de tiempo dado.

¹⁶ González, Calos Ramón. Ingeniería de mantenimiento. Cap. VI. Indicadores de Gestión. UIS, Colombia.

La disponibilidad depende de la confiabilidad y de la mantenibilidad. Tener como objetivo una alta disponibilidad, significa reducir al máximo el número de paradas para obtener una operación exitosa, económica y rentable.

El indicador o índice de Disponibilidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Disponibilidad = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

Dónde:

- TPEF = Tiempo Promedio entre Reparaciones
- TPPR = Tiempo Promedio para Reparar

El formato de registro de algunos de estos tiempos se incluyen en los formatos de terminación de las órdenes de trabajo, como se muestra en la figura 57.

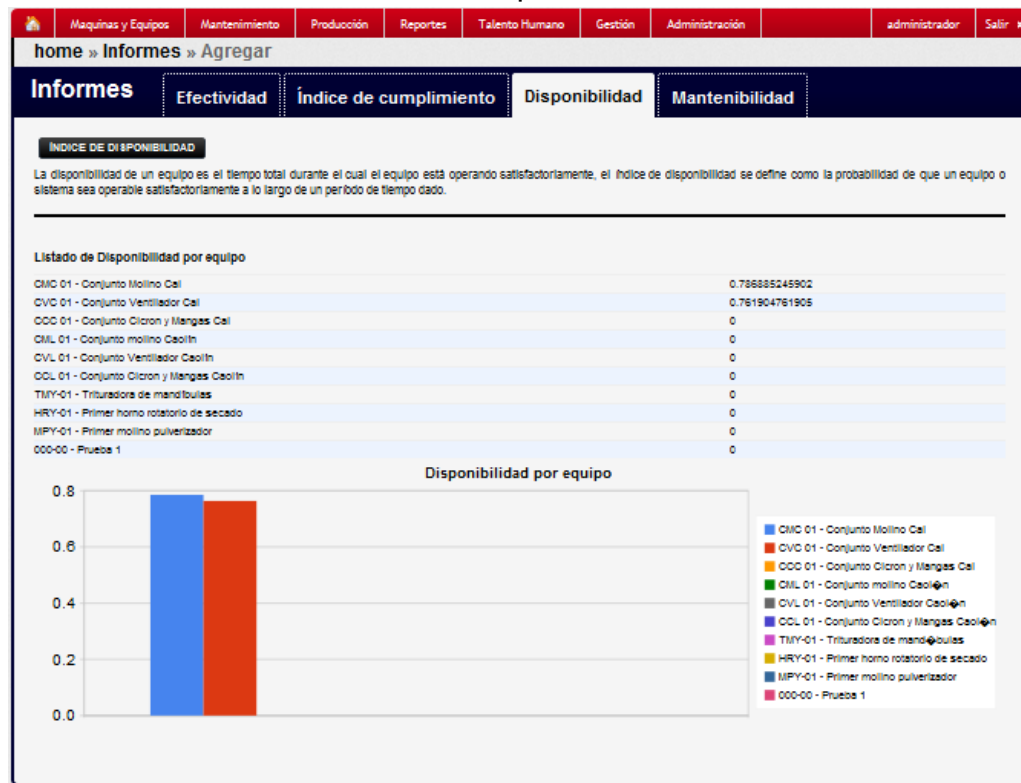
Figura 57. Formato de registro de tiempos para el cálculo de indicadores

The screenshot displays a web application interface for managing work orders. At the top, there is a navigation menu with options like 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The main header shows 'home » Ordenes de trabajo » Modificar'. Below this, there are tabs for 'Contenido' and 'Observaciones', and a 'GUARDAR' button. The main content area is divided into a left sidebar and a right main panel. The sidebar contains fields for 'Nº Solicitud' (00001), 'Tipo' (CORRECTIVO), 'Prioridad' (Alta), 'Nº Orden de trabajo' (00001), 'Descripción de la orden' (realizar cuidadosamente y lo mas rapido p...), and 'Recursos requeridos' (un conjunto de martillos moleadores). The main panel shows a 'Terminar orden' modal window with fields for '* Fecha inicio de la actividad' (May 2012) and '* Duración (horas)' (0). A calendar is open for May 2012, showing dates from 1 to 31. The modal also has 'Actualizar' and 'Cancelar' buttons. On the right side of the main panel, there is a 'Modificar estado' button and a 'Finalizar orden' button. The 'Estado orden' is currently 'En ejecución'.

Fuente: Autores del Proyecto

Luego del cálculo realizado internamente en el sistema de información, utilizando las ecuaciones planteadas anteriormente par el índice de disponibilidad, se visualiza la información analizada mediante un histograma que indica el valor para cada equipo como se muestra en la figura 58.

Figura 58. Visualización el índice de disponibilidad en el sistema de información



Fuente autores del proyecto

6.3.5.4 Índice de mantenibilidad¹⁷

La mantenibilidad es la probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un período de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo con unos procedimientos

¹⁷ González, Calos Ramón. Ingeniería de mantenimiento. Cap. VI. Indicadores de Gestión. UIS, Colombia.

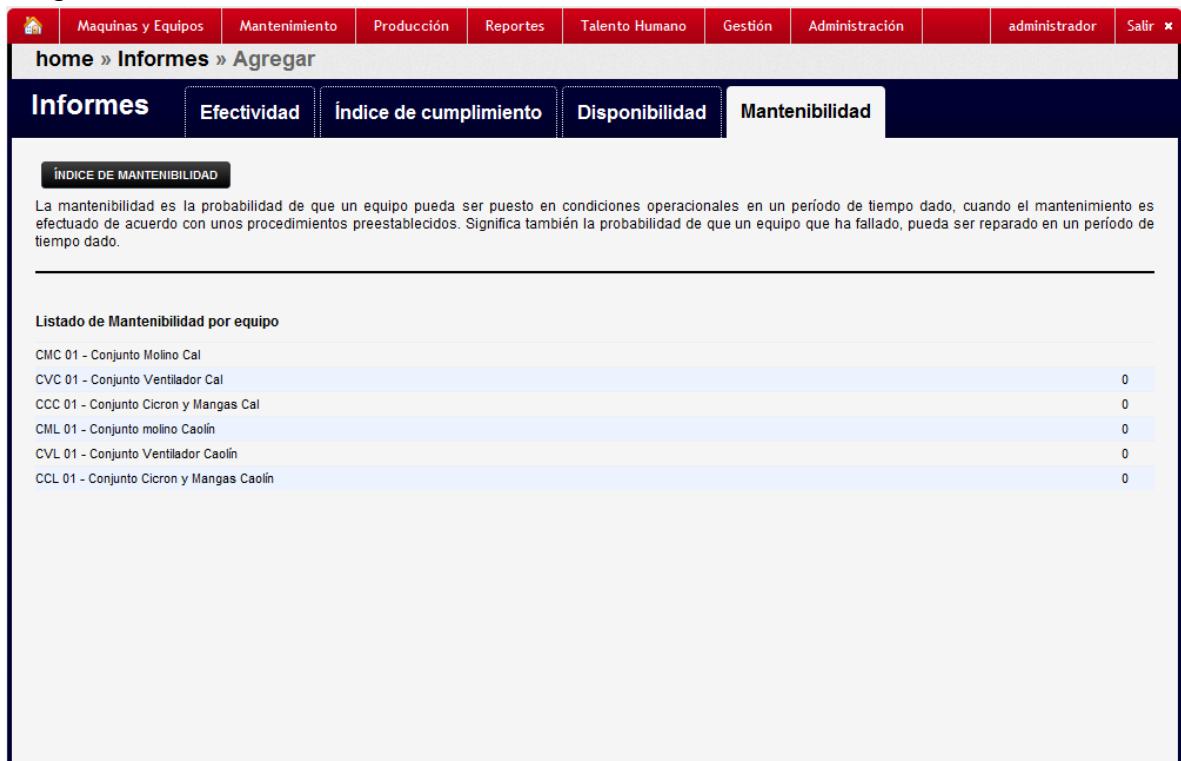
preestablecidos. Significa también la probabilidad de que un equipo que ha fallado, pueda ser reparado en un período de tiempo dado, este tiempo no es otro que el TPPR.

La ecuación a utilizar para el cálculo del índice de mantenibilidad está dada por:

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\text{Sumatoria de tiempo fuera de servicio}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas intervenidas ó paradas no programadas}}$$

La visualización gráfica y cuantitativamente como resultado del análisis de los datos de entrada que el sistema de información realiza sobre cada equipo instaurado en el proceso se muestra en la siguiente figura.

Figura 59. Visualización el índice de Mantenibilidad en el sistema de información



Fuente: Autores del proyecto

De esta forma se dan a conocer algunos de los parámetros de funcionamiento, operación y rendimiento de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.

Donde la alta gerencia de la empresa puede realizar observaciones sobre el funcionamiento de la planta y orientar las políticas de la empresa de forma tal que se cumplan con las labores establecidas con el cumplimiento de sus servicio con una buena calidad y un tiempo programado

6.3.6 Módulo de Talento humano.

Este módulo tiene disponible la información correspondiente a las personas que trabajan en la empresa y sus respectivas hojas de vida, perfiles profesionales y personales, información concerniente a los datos de contacto y posee la opción de visualizar una imagen de la persona

El diagrama de flujo correspondiente al módulo de Talento Humano se visualiza en la figura 61.

La forma en la cual el sistema de información permite visualizar estos documentos es mediante un listado el en cual se muestran todas las personas registradas en el módulo. Como se indica en la figura 60. Esta figura es la pantalla inicial del módulo de talento humano

Figura 60. Pantalla inicial del módulo de Talento Humano.

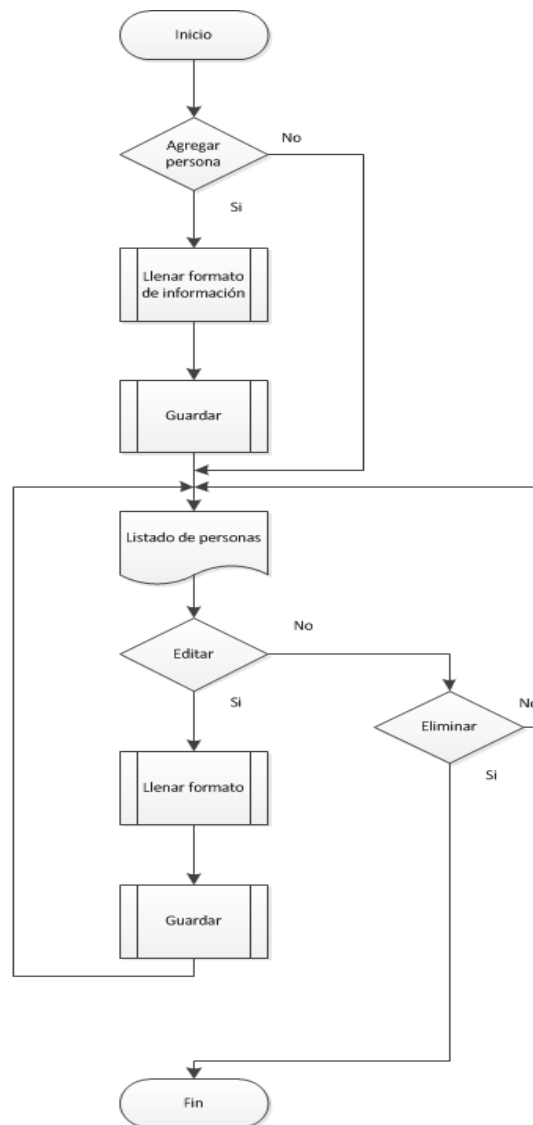


Cedula	Nombre	Cargo	Teléfono	Fecha modificación	
1065610372	Luis Gonzalez	Genrente	316 510 6543	15 May 2012 / 11:30	[Edit] [Delete]
1098670585	David duarte Portilla	secretario	315 203 9404	15 May 2012 / 11:29	[Edit] [Delete]

Fuente autores del proyecto

Para registrar al personal en el sistema de información, es necesario dar clic con el cursor del mouse en el botón llamado “Agregar” en la parte superior derecha de la pantalla inicial, una vez hecho esto se despliega una nueva ventana como la mostrada en la figura 62, en la cual se establece un formato de registro de personal que brinda la información necesaria y de forma directa a la empresa sobre los datos de ubicación y perfil del empleado. Una información que la empresa dispone en el momento deseado.

Figura 61. Diagrama de flujo del módulo de Talento humano



Fuente: autores del proyecto

Figura 62. Formato de registro de las personas en el sistema de información

The screenshot shows a web application interface for adding a person record. The top navigation bar includes links for 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The main header displays 'home » Talento Humano » Agregar' and a 'GUARDAR' button. The form fields are as follows:

* Cedula	* Nombre		
1938173918	persona de Prueba 1		
Teléfono	Móvil	Email	* Sexo
6 23 45 67	340 567 1234	correo@inyesa.com	Masculino
Dirección			
cra 33 # 60 - 29			
Fecha de nacimiento	Lugar de nacimiento	Tipo de sangre	* Cargo
2002-01-01	Bucaramanga	O+	Operario
Nombre contacto		Teléfono contacto	
Contacto 1		Telefono 1	
* Perfil			
<p>B I U [Listas] [Links] [HTML]</p> <p>Descripción del perfil Profesional y personal</p>			

On the right side, there is an 'Imágen' section with a placeholder image of two stylized figures (one green, one blue) and a 'Cambiar imagen' button.

Fuente: Autores del proyecto

6.4 PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA

Las pruebas de software son las que permiten verificar y revelar la calidad de un producto software. Se utilizan para identificar las posibles fallas de implementación, calidad, o usabilidad de un programa y consistente en probar las aplicaciones construidas. Al sistema se le realizaron varias pruebas como las que se mencionan a continuación:

- Pruebas de validación: Son el proceso de revisión que el sistema producido cumple con las especificaciones y que cumple su función. La validación es el proceso de comprobar, que lo que se ha especificado es lo que el usuario

realmente quería. Para esta prueba se comprobó, que las salidas del sistema, estuvieran completas, detalladas y claras.

- Pruebas de Integración: Son aquellas que se ejecutan después de las pruebas de validación. Se refieren a la prueba o pruebas de todos los elementos unitarios que componen un proceso, hecha en conjunto, es decir, funcionando todo junto. Para esta prueba se comprobó que la información compartida entre módulos del sistema se almacenara y mostrara de forma correcta, un ejemplo de integración de los módulos del sistema de información se da cuando se carga una solicitud de servicio y al querer ubicar un equipo específico se filtran inmediatamente los elementos que conforman ese equipo, continuando con el procesos, cuando se genera la orden de trabajo se cargan nuevamente los procedimientos para el mantenimiento, prioridad de la solicitud que viene del registro del equipo, y muchos otros datos asociados a esta se realizan de forma automática. Cuando se registra el tiempo de procedimiento de alguna operación de mantenimiento se integran los diferentes módulos con la gestión re reportes y en general cualquier informe que se desee mirar.

Algunas de las pruebas realizadas al sistema se muestran en las figuras siguientes, En las cuales se hace una prueba de interconexión que comprueba que los datos de entrada ingresados en el registro de un equipo de producción son los datos de salida inmediatamente al cargar el equipo. Un prueba en el registro de movimientos de los inventarios como entradas y salidas, que se generen apropiadamente los datos, se comprueba además que al momento de generar una Orden de Trabajo se registran automáticamente datos relacionados con esta orden de forma apropiada y una prueba al módulo de indicadores la cual muestra que el programa ha tomado los datos necesarios de los diferentes módulos para poder generar un indicador.

6.4.1 Prueba realizada para el registro de un equipo.

Figura 63. Prueba de registro de un equipo

The screenshot shows a web application interface for adding a new machine. The top navigation bar includes 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The breadcrumb trail is 'home » Maquinas y Equipos » Agregar'. The main heading is 'Maquinas y Equipos' with a 'GUARDAR' button. The form fields are as follows:

- * Código: 000-00
- * Nombre: Prueba 1
- * Modelo: 01
- * Serie: 00
- * Prioridad: Media
- * Precio de compra: 0000
- Fecha de vencimiento garantía: 2012-05-22
- * Línea de producción: Línea de Yeso
- * Fabricantes: Fabricante 1
- * Proveedores: Proveedor 1

Below the main form is a section titled 'Datos generales' with the following fields:

- * Dimensiones [m]: 1 x 1 x 1
- * Peso [kg]: 10
- * Potencia [Hp]: 20
- * RPM: 2200
- * Ubicación: Taller de Mantenimiento

On the right side, there is an 'Imagen' section with a 3D model of a machine and a 'Cambiar Imagen' button.

Fuente: Autores del proyecto

Figura 64. Verificación de registro de un equipo

The screenshot shows the 'Verificación de registro de un equipo' page. The top navigation bar is the same as in Figure 63. The breadcrumb trail is 'Home » Maquinas y Equipos'. The main heading is 'Maquinas y Equipos' with a search bar and an 'AGREGAR' button. Below the heading is a table with the following data:

Código	Nombre	Modelo	Serie	Fabricante	Proveedor	Modificado por	Ultima Actualizacion
000-00	Prueba 1	01	00	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	22 May 2012 / 16:04

Fuente: Autores del proyecto

6.4.2 Prueba realizada para el movimiento de inventarios

En la siguiente figura se muestra un formato inicial de registro de movimientos para un artículo clasificado como herramienta para la prueba ya registrado en el

sistema con anterioridad llamado prueba 1, se puede observar que todos los movimientos están en ceros (0).

Figura 65. Prueba 1 de movimientos de inventarios

The screenshot shows a web application interface for managing inventory items. The top navigation bar includes 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The main header indicates the user is in 'home » Artículos » Modificar'. Below this, there are two tabs: 'Contenido' and 'Movimientos'. The 'Contenido' tab is active, displaying a form for item details. The form includes fields for 'Referencia' (000-00), 'Tipo de artículo' (Repuesto), and 'Cantidad minima' (5). Below these are three summary fields: 'Total ingresos' (0 [Unidad]), 'Total Salidas' (0 [Unidad]), and 'Cantidad actual' (0 [Unidad]), all of which are circled in red. The 'Ubicación' is 'Taller de Mantenimiento' and the 'Nombre del artículo' is 'Prueba 1'. On the right side, there are buttons for 'Modificar', 'Información general', 'Movimientos', 'Ingreso', and 'Salida'.

Fuente: Autores del proyecto

A continuación se registrara una entrada unitaria para el registro de movimientos.

Figura 66. Prueba 1A de movimientos de inventarios

The screenshot shows a 'Generar ingreso' dialog box overlaid on the 'Artículos' management interface. The dialog box has a title bar with 'Generar ingreso' and a close button. It contains a form with two main sections: '* Cantidad' and '* Observación'. The 'Cantidad' field contains the number '1', which is circled in red. The 'Observación' field contains the text 'Buen estado'. At the bottom of the dialog box, there are 'Guardar' and 'Cancelar' buttons. The background interface is partially visible, showing the same 'Artículos' management form as in Figure 65.

Fuente: Autores del proyecto

Figura 67. Prueba 1B de movimientos de inventarios

The screenshot shows a web application interface for modifying an inventory item. The breadcrumb trail is 'home » Artículos » Modificar'. The page has three tabs: 'Artículos', 'Contenido', and 'Movimientos'. The 'Artículos' tab is active. The main content area contains a table with the following data:

Referencia	Tipo de artículo	Cantidad mínima
000-00	Repuesto	5
Total ingresos	Total Salidas	Cantidad actual
1 [Unidad]	0 [Unidad]	1 [Unidad]
Ubicación	Nombre del artículo	
Taller de Mantenimiento	Prueba 1	

On the right side, there are buttons for 'Modificar', 'Información general', 'Movimientos', 'Ingreso', and 'Salida'. The 'Cantidad actual' value of '1 [Unidad]' is circled in red.

Fuente: Autores del proyecto

A continuación se establece una salida unitaria del artículo.

Figura 68. Prueba 2 de movimientos de inventarios

The screenshot shows a 'Generar salida' dialog box overlaid on the 'Modificar' page. The dialog has two main sections: '* Cantidad' and '* Observación'. The 'Cantidad' field contains the value '1' and is circled in red. The 'Observación' field contains the text 'Orden de Trabajo # 0001'. At the bottom of the dialog are 'Guardar' and 'Cancelar' buttons.

Fuente: Autores del proyecto

Figura 69. Prueba 1B de movimientos de inventarios

The screenshot shows the 'Modificar' page after a unitary output has been recorded. The 'Total Salidas' and 'Cantidad actual' fields are now circled in red. The data in the table is as follows:

Referencia	Tipo de artículo	Cantidad mínima
000-00	Repuesto	5
Total ingresos	Total Salidas	Cantidad actual
1 [Unidad]	1 [Unidad]	0 [Unidad]
Ubicación	Nombre del artículo	
Taller de Mantenimiento	Prueba 1	

The 'Cantidad actual' is now 0 [Unidad].

Figura 70, formato de registro de historial de inventarios

Tipo movimiento	Cantiad	Usuario creación	Fecha creación	Observación
INGRESO	1	administrador	22 May 2012 / 16:13:11	Buen estado
SALIDA	1	administrador	22 May 2012 / 16:17:22	Orden de Trabajo # 0001

Fuente: Autores del Proyecto

6.4.3 Prueba de datos para una Solicitud de Mantenimiento y Orden de Trabajo

A continuación se verifica el registro automático y manual de los datos que hacen parte para llegar a un formato de una Orden de Trabajo, en la cual se llaman datos de procedimientos para realizar la acción de mantenimiento registrados al momento de crear un elemento que compone una máquina, datos de prioridad de acuerdo a la que se estableció en el registro del equipo, datos de solicitud de la solicitud de mantenimiento entre otros.

Figura 71. Prueba 3, Verificación de registro de un elemento en un equipo

The screenshot shows a web application interface with a red navigation bar at the top containing the following menu items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. The main content area has a dark blue header with the text "home » Partes de equipos » Agregar" and a "GUARDAR" button on the right. Below the header, the form is titled "Partes de equipos". It contains the following fields and sections:

- * Nombre de la parte: A text input field containing "Parte Prueba".
- * Desgaste maximo que soporta [Ton]: A text input field containing "100".
- * Desgaste al que muestra alarma [Ton]: A text input field containing "90".
- Procedimientos: A rich text editor with a toolbar and a text area containing:
 - Inicio del Mantenimiento
 - Procedimiento 1
 - Procedimiento 2
 - Procedimiento 3
 - Procedimiento 4
 - Finalizacion de la actividad de mantenimiento

Formato inicial de la solicitud de mantenimiento donde se ubica el equipo y el componente o elemento junto con la acción a realizar

Figura 72. Prueba 3A, formato de iniciación de una SM

The screenshot shows a web application interface with a red navigation bar at the top containing the following menu items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. The main content area has a dark blue header with the text "home » Solicitudes de mantenimiento » Agregar" and a "GUARDAR" button on the right. Below the header, the form is titled "Solicitudes de mantenimiento". It contains the following fields and sections:

- * Equipo: A dropdown menu with the value "000-00 - Prueba 1".
- * Partes del equipo: A dropdown menu with the value "Parte Prueba".
- * Descripción: A rich text editor with a toolbar and a text area containing "Descripcion 1".
- Acción a realizar: A section with a dropdown menu containing the value "Reparación".

Fuente: Autores del proyecto

En la siguiente figura se establece el formato inicial de la OT, en el cual se registran el responsable, algunas descripciones del proceso y los recursos necesarios para realizar la acción

Figura 73, Prueba 3B, formato inicial de la OT

Fuente: Autores del proyecto

Figura 74, Prueba 3C, formato de impresión de la Orden Trabajo

Orden de trabajo		
Nº Solicitud 00028	Estado solicitud En ejecución	Acción REPARACION
Tipo CORRECTIVO	Equipo Prueba 1	Parte Parte Prueba
Tipo Media	Equipo Prueba 1	Parte Parte Prueba
Tipo CORRECTIVO	Equipo Descripción 1	
Nº Orden de trabajo 00027	Responsable Responsable 1	Estado orden En ejecución
Descripción de la orden Descripción, Prueba 1		
Recursos requeridos Recursos Necesarios Recurso 1 Recurso 2 Recurso 3		
Observaciones Procedimientos Inicio del Mantenimiento Procedimiento 1 Procedimiento 2 Procedimiento 3 Procedimiento 4 Finalización de la actividad de Mantenimiento.		

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica 74, se visualizan cada una de las consideraciones que se registraron anteriormente para la creación de una orden de Trabajo y se comprueba la veracidad de los datos de entrada son los datos de salida para el sistema.

6.4.4 Prueba de análisis de los indicadores de gestión

En esta prueba se puede observar que el sistema realiza el cálculo apropiado de los datos de entrada para generar unas salidas como informes tal y como se muestra en las siguientes figuras para cada uno de los indicadores de gestión evaluados en el proceso.

Figura 75. Visualización del indicador de efectividad



Fuente: Autores del proyecto

Figura76. Visualización del indicador o índice de cumplimiento



Fuente: Autores del proyecto

Figura 77. Visualización del indicador de disponibilidad

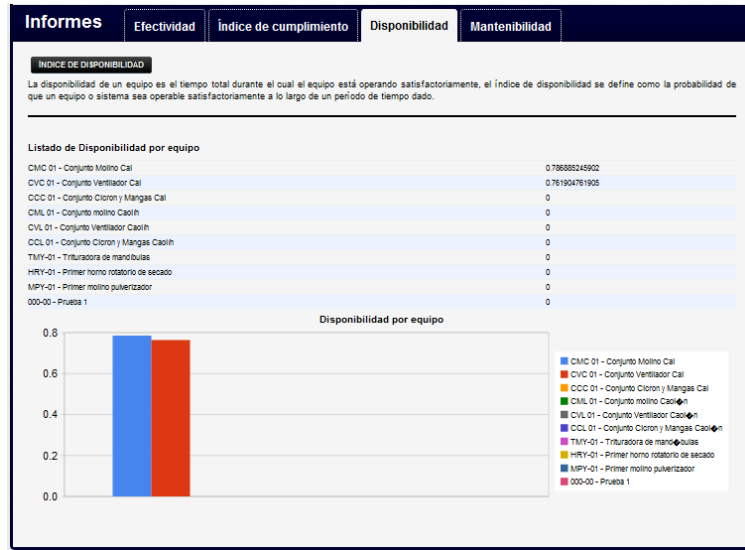
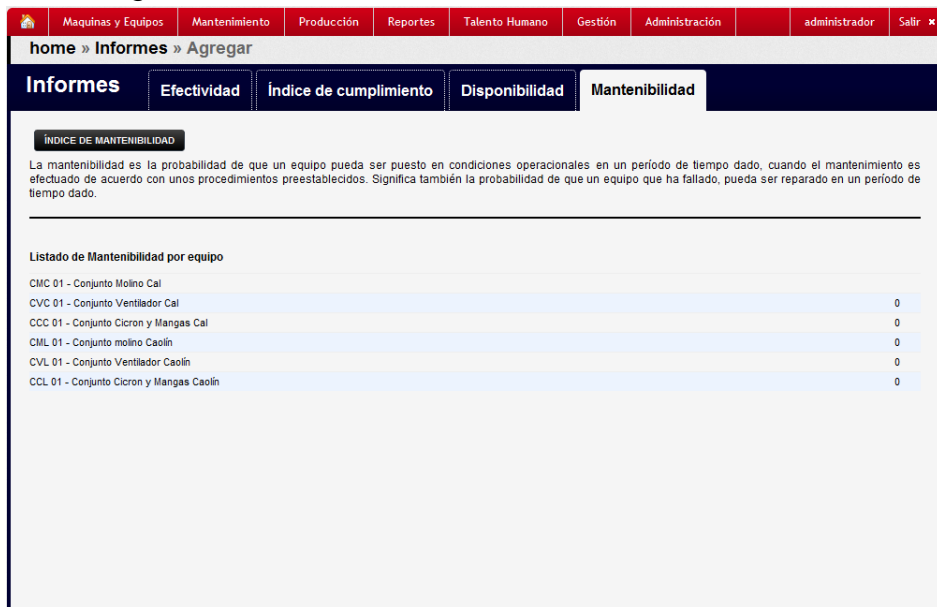


Figura 78. Visualización del indicador mantenibilidad



Fuente: Autores del proyecto

6.5 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

6.5.1 Programación

Es la asociación del sistema de información respecto a las necesidades de mantenimiento de cada parte en función de la producción total o parcial que la empresa se encuentre realizando.

El programa requiere información externa referida a la identificación de las partes de los equipos y su capacidad de producción antes de requerir una acción de mantenimiento así como también el procedimiento el cual depende del tipo de acción que se realice, con esta información el programa procede a realizar los respectivos cálculos para la generación de alarmas y posteriormente la solicitud de mantenimiento y su respectiva orden de trabajo.

En el diagrama de flujo se muestra en detalle el procedimiento de programación ilustrado en la figura 80.

A continuación se explica en detalle el proceso de programación:

Se ingresa al módulo de máquinas y equipos como anteriormente se ilustra.

Figura 79. Módulo máquinas y equipos

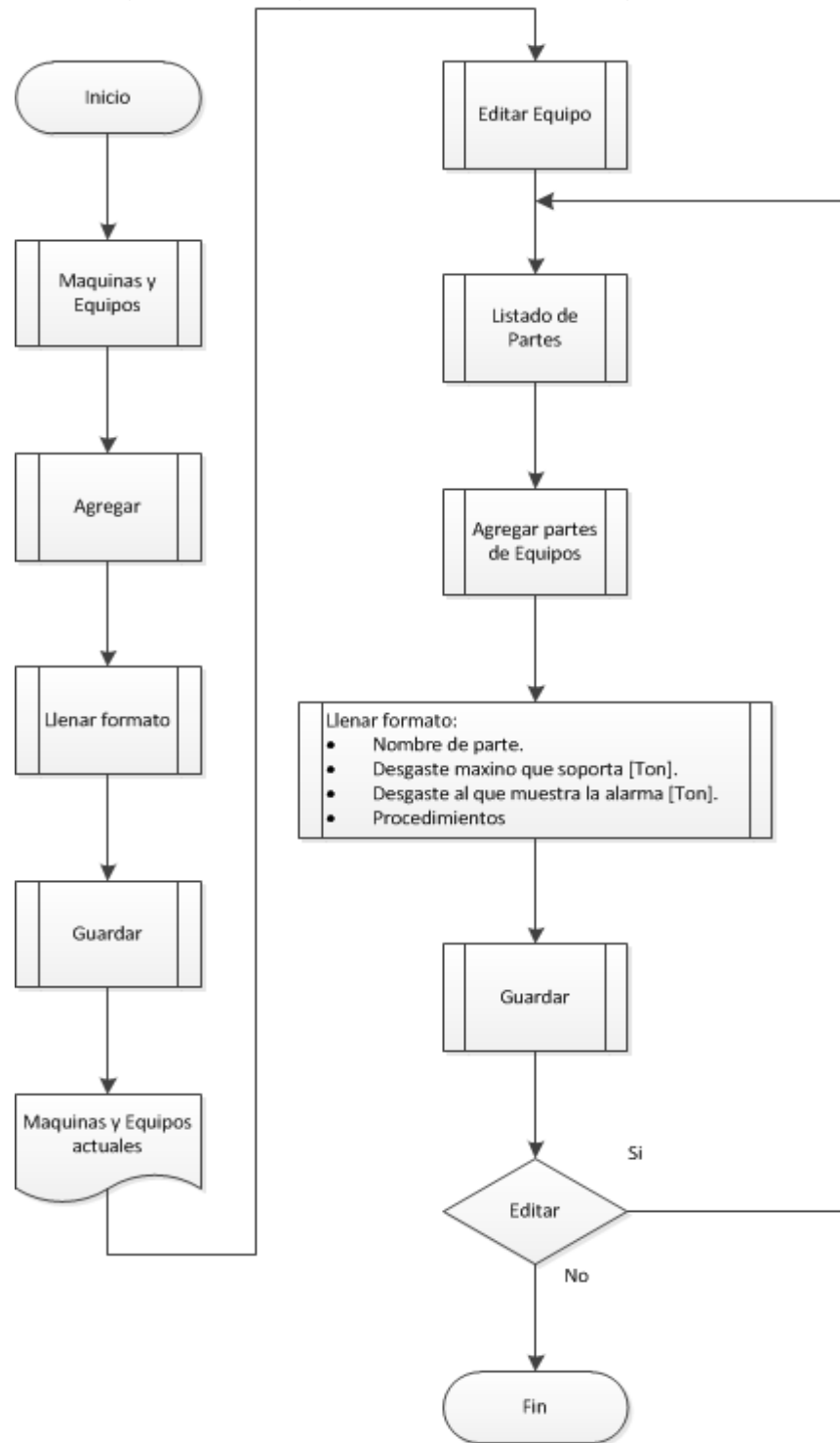


The screenshot shows a web application interface for 'Maquinas y Equipos'. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', and a user profile 'administrador'. Below the navigation bar, the page title is 'Home » Maquinas y Equipos'. The main content area features a search bar with the text 'Buscar...' and a dropdown menu for 'Nombre'. Below the search bar is a table with the following columns: 'Código', 'Nombre', 'Modelo', 'Serie', 'Fabricante', 'Proveedor', 'Modificado por', and 'Ultima Actualizacion'. The table contains four rows of equipment data, each with a set of action icons (print, edit, delete) on the right.

Código	Nombre	Modelo	Serie	Fabricante	Proveedor	Modificado por	Ultima Actualizacion	
MPY-01	Primer molino pulverizador	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	15 May 2012 / 17:29	  
HRY-01	Primer horno rotatorio de secado	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	15 May 2012 / 17:22	  
TMY-01	Trituradora de mandibulas	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	15 May 2012 / 17:05	  
CMC 01	Conjunto Molino Cal	-	-	Fabricante 1	Proveedor 1	administrador	15 May 2012 / 15:04	  

Fuente: autores del proyecto

Figura 80. Diagrama de flujo de la programación.



Fuente: autores del proyecto

Donde se enlistan las máquinas y equipos vinculados al sistema de información actualmente y con los que cuenta la empresa, se procede a agregar un nuevo equipo ingresando por la opción que tiene el mismo nombre, posteriormente se ingresan los datos exigidos por el programa los cuales son necesarios para la referencia y correcto funcionamiento del mismo.

Figura 81. Formato de registro de equipo en el sistema de información

The screenshot shows a web application interface for adding a new machine or equipment. The top navigation bar includes links for 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The main header indicates the current page is 'home » Maquinas y Equipos » Agregar'. The form is titled 'Maquinas y Equipos' and includes a 'GUARDAR' button. The form fields are as follows:

- * Código: Text input field.
- * Nombre: Text input field.
- * Modelo: Text input field.
- * Serie: Text input field.
- * Prioridad: Dropdown menu with 'Seleccione una prioridad'.
- * Precio de compra: Text input field.
- Fecha de vencimiento garantía: Text input field with a calendar icon.
- * Línea de producción: Dropdown menu with 'Seleccione una línea de producción'.
- * Fabricantes: Dropdown menu with 'Seleccione un fabricante'.
- * Proveedores: Dropdown menu with 'Seleccione un proveedor'.
- Datos generales** (Section Header):
 - * Dimensiones [m]: Text input field.
 - * Peso [kg]: Text input field.
 - * Potencia [Hp]: Text input field.
 - * RPM: Text input field.
- * Ubicación: Text input field.
- Imagen** (Section Header): Placeholder for an image with a 'Cambiar imagen' button.

Fuente: autores del proyecto

Teniendo los datos requeridos, se guardan en la opción con el mismo nombre esto con el fin de ingresar la información en la base de datos con la que se dispone, con esta acción el programa redirige al usuario al listado actualizado de máquinas y equipos con los que dispone el programa, el cual se ilustra en la figura 80.

Eligiendo el equipo se procede a la creación y asociación de partes a un equipo por parte del usuario mediante la opción de editar en el listado.

Redirigiendo así al usuario al formato de edición y adición de información respecto al equipo elegido, el cual se ilustra en la siguiente figura.

Figura 82. Formato de edición y adición de información a un equipo

The screenshot shows a web application interface for editing equipment information. The top navigation bar includes links for 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', 'Administración', 'administrador', and 'Salir'. The main header displays 'home » Maquinas y Equipos » Modificar'. Below this, there are three tabs: 'Contenido' (selected), 'Listado de partes', and 'Observaciones'. A 'GUARDAR' button is located in the top right corner of the main content area.

The main content area is divided into several sections:

- Form fields:**
 - * Código: MPY-01
 - * Nombre: Primer molino pulverizador
 - * Modelo: -
 - * Serie: -
 - * Prioridad: Media
 - * Precio de compra: -0
 - * Fecha de vencimiento garantía: 2012-05-14
 - * Línea de producción: Línea de Yeso
 - * Fabricantes: Fabricante 1
 - * Proveedores: Proveedor 1
- Datos generales:**
 - * Dimensiones [m]: 1.2 x 0.55 x 1.1
 - * Peso [kg]: 200
 - * Potencia [Hp]: 24
 - * RPM: 1900
 - * Ubicación: Planta de producción
- Anexos:**
 - * Especificaciones de mantenimiento: A rich text editor with a toolbar containing icons for bold, italic, underline, list, link, and other text formatting options.
- Imágen:** A placeholder for an image with a 'Cambiar imagen' button below it.

Fuente: autores del proyecto

El cual, tiene como complemento especificaciones de mantenimiento, listado de partes y observaciones, las cuales son características adicionales de información necesaria para el correcto aprovechamiento del software.

Una vez se ingrese a la opción llamada listado de partes el software pondrá a disposición la información básica de las partes asociadas al equipo actual, la cual

corresponde al listado de partes ligadas al equipo, dejando la opción de añadir una parte nueva asociada al equipo en la opción agregar partes al equipo, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 83. Partes asociadas a un equipo

The screenshot shows a web application interface for managing equipment parts. At the top, there is a navigation menu with items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. Below the menu, the breadcrumb trail reads 'home » Maquinas y Equipos » Modificar'. The main header area contains 'Maquinas y Equipos' and three tabs: 'Contenido', 'Listado de partes', and 'Observaciones'. A 'GUARDAR' button is located on the right. The main content area displays a table of parts:

Nombre: Carcasa aislante → Desgaste maximo: 2099	
Nombre: Motor electrico → Desgaste maximo: 86	
Nombre: Rodamientos → Desgaste maximo: 17	
Nombre: Rodamientos → Desgaste maximo: 8395	

To the right of the table, there is a dark blue 'Agregar' button and a light blue 'Partes al equipo' button.

Fuente: autores del proyecto

A continuación se procede a ingresar los datos requeridos por el sistema de información relacionados con cada parte del equipo, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 84. Formato de registro de parte de equipo

The screenshot shows a web application interface for registering a new part. At the top, there is a navigation menu with items: Maquinas y Equipos, Mantenimiento, Producción, Reportes, Talento Humano, Gestión, Administración, administrador, and Salir. Below the menu, the breadcrumb trail reads 'home » Partes de equipos » Modificar'. The main header area contains 'Partes de equipos' and a 'GUARDAR' button. The main content area displays a form with the following fields:

- * Nombre de la parte: Motor electrico
- * Desgaste maximo que soporta [Ton]: 86
- * Desgaste al que muestra alarma [Ton]: 83
- Procedimientos: limpieza

The form includes a rich text editor with a toolbar containing icons for bold, italic, underline, list, link, and other text formatting options.

Fuente: autores del proyecto

En este formato se tiene la opción de ingresar al sistema el desgaste máximo que soporta la parte del equipo en función de la producción, esto hace referencia al desgaste máximo real que soporta la parte en edición, también se la opción de desgaste al que muestra alarma, esta opción se presenta con el fin de dejar abierta la posibilidad de generar la alarma un tiempo antes del tiempo real el cual se deja a consideración particular del usuario teniendo en cuenta las necesidades y procedimientos que exige la acción que se está programando, por último se tiene la opción de la adición del procedimiento el cual se debe realizar para llevar a cabo la acción de mantenimiento que se está asociando a la parte y su desgaste.

Posterior a la obtención de información de la parte del equipo por medio de la opción guardar el software realiza el respectivo registro y asociación en la base de datos, redirigiendo al usuario a la pestaña contenido del equipo, como se ilustra en la figura 82.

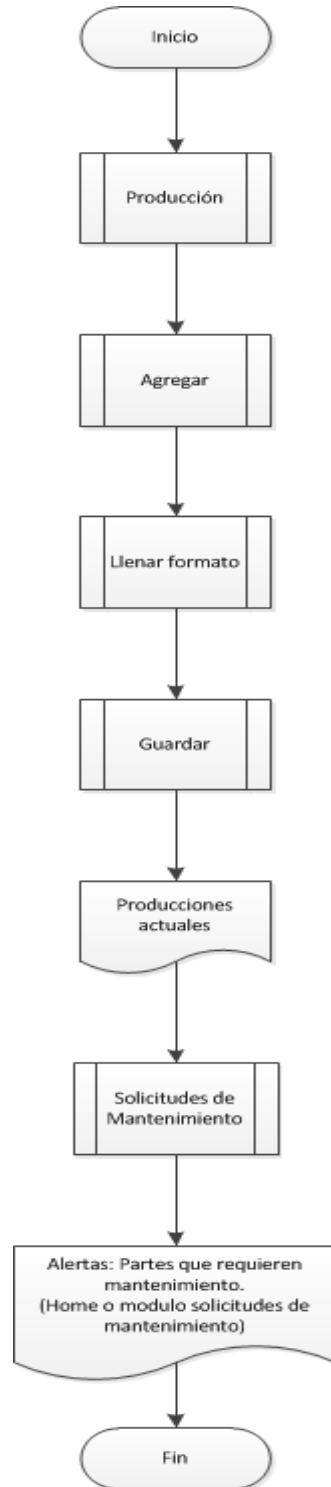
Con esto el software obtiene la información necesaria para su correcto funcionamiento y programación de las actividades de mantenimiento requeridas para cada parte de los equipos disponibles en la empresa.

6.5.2 Planeación del mantenimiento en las máquinas

El sistema de información realiza la correspondiente planeación de las actividades de mantenimiento según lo requieran las partes de los equipos registrados en función de la producción, teniendo a disposición la información ingresada por parte del usuario el software realiza el procedimiento de manera automática.

Este procedimiento de planeación se ilustra de forma detallada en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 85. Diagrama de flujo de la planeación



Fuente: autores del proyecto

Una vez completado el procedimiento de programación por parte del usuario, el proceso de planeación de las actividades de mantenimiento por parte del software da comienzo con la adición y puesta en marcha de una producción, esto debido a que las acciones de mantenimiento de las partes de los equipos se encuentran en función de la producción que se requiera por parte de la empresa.

A continuación se explica en detalle el proceso de planeación:

Como primera medida se ingresa al módulo producción con el fin de registrar el inicio de la misma como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 86. Módulo de producción



The screenshot shows a web application interface for the production module. At the top, there is a navigation menu with tabs for 'Maquinas y Equipos', 'Mantenimiento', 'Producción', 'Reportes', 'Talento Humano', 'Gestión', and 'Administración'. The 'Producción' tab is selected. Below the navigation, there is a breadcrumb trail 'Home » Producciones' and a search bar with the text 'Buscar...' and a dropdown menu for 'Nombre'. To the right of the search bar is a button labeled 'AGREGAR'. Below the search bar is a table with the following columns: 'N° producción', 'Linea de producción', 'Fecha inicio', 'Fecha fin', 'Modificado por', and 'Ultima Actualizacion'. The table contains three rows of data:

N° producción	Linea de producción	Fecha inicio	Fecha fin	Modificado por	Ultima Actualizacion	
5	Linea de Yeso	18 May 2012	20 May 2012	administrador	18 May 2012 / 10:51	 
3	Linea de Caolín	15 May 2012	20 May 2012	administrador	14 May 2012 / 23:52	 
1	Linea de Cal	14 May 2012	16 May 2012	administrador	14 May 2012 / 19:59	 

Fuente: autores del proyecto

Por medio de la opción de agregar la cual el software pone a disposición el formato de registro de la correspondiente producción, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 87. Formato de registro de nueva producción



Fuente: autores del proyecto

En este formato de registro se tiene la opción de escoger la línea de producción, la cual hace referencia al producto que se procesara por parte de la empresa y el conjunto de máquinas y equipos involucrados en este proceso, la opción fecha de inicio hace referencia a la fecha la cual se tiene previsto el inicio de dicha producción, así la producción diaria se deja a consideración del usuario a cargo debido a que en la empresa actualmente se realizan turnos de trabajo diarios en horas específicas pero dejan abierta la consideración del trabajo en horas extras en función de la demanda del producto en el mercado y por último la opción de producción total es la cantidad de material a procesar para cumplir con esta producción en registro.

Una vez lleno el formato de registro de nueva producción y por medio de la opción guardar, el programa redirige al usuario a la ventana donde se muestra la lista de producciones actualizada, como se ilustra en la figura 86.

Con esta información y una vez las producciones que sean necesarias estén en marcha el software realiza la planeación de las actividades de mantenimiento correspondientes las cuales son mostradas basadas en el tiempo programado en el proceso anterior a la planeación, el resultado del proceso de planeación son las alertas generadas automáticamente las cuales son registradas por el software como actividades de mantenimiento preventivo, las alertas pueden visualizarse en

home o en el módulo de solicitudes de mantenimiento, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 88. Lista de alertas producidas por el software

Alertas: Partes que requieren mantenimiento preventivo.	
Motor Electrico - Conjunto Molino Cal - Desgaste: 1e+07 Horas. - Vida util restante 0 Horas.	Generar Orden
Rodamientos - Conjunto Molino Cal - Desgaste: 1e+07 Horas. - Vida util restante 2 Horas.	Generar Orden
Martillos - Conjunto Molino Cal - Desgaste: 1e+07 Horas. - Vida util restante 2 Horas.	Generar Orden
Malla - Conjunto Molino Cal - Desgaste: 1e+07 Horas. - Vida util restante 2 Horas.	Generar Orden
Correas - Conjunto Ventilador Cal - Desgaste: 1e+07 Horas. - Vida util restante 50 Horas.	Generar Orden

Fuente: autores del proyecto

El proceso posterior a este paso, el cual es la generación de la orden de trabajo se realiza por parte del usuario como se ilustra en la sección 6.3.3.2.

6.6 GENERALIDADES DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS¹⁸

6.6.1 Concepto de PHP

PHP es un lenguaje de secuencia de comandos de servidor diseñado específicamente para la Web. Dentro de una página web puede incrustar código PHP que se ejecutara cada vez que se visite una página. El código PHP es interpretado en el servidor Web y genera código Html y otro contenido que el visitante verá.

¹⁸ Referencia tomada de: WELLING, Luke y THOMSON, Laura. Desarrollo web con PHP y MYSQL. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2007. P. 30-40.

PHP fue concebido en 1994 y es fruto del trabajo de un hombre, Rasmus Lerdorf. Ha sido adoptado por personas de talento y ha experimentado cuatro importantes transformaciones hasta convertirse en el producto actual. En agosto de 2004, se encontraba instalado en 17 millones de dominios en todo el mundo y su número crece rápidamente.

PHP es un producto de código abierto, lo que quiere decir que puede acceder a su código. Puede utilizarlo, modificarlo y redistribuirlo sin coste alguno. Las siglas PHP equivalían a Personal Home Page (página de inicio personal) pero se modificaron de acuerdo con la convención de designación de GNU (del inglés, Gnu's Not Unix, Gnu no es Unix) y ahora equivale a PHP Hipertext Preprocessor (procesador de hipertexto PHP). En la actualidad, PHP está en su versión 5. Esta versión incorpora mejoras importantes en los que respecta al motor Zend subyacente y al lenguaje que utiliza.

6.6.2 Concepto de MySQL

MySQL es un sistema para la administración de bases de datos relacionales (RDBMS) rápido y sólido. Las bases de datos permiten almacenar, buscar, ordenar y recuperar datos de forma eficiente. El servidor de MySQL controla el acceso a los datos para garantizar el uso simultáneo de varios usuarios, para proporcionar acceso a dichos datos y asegurarse de que solo obtienen acceso a ellos los usuarios con autorización. Por lo tanto, MySQL es un servidor multiusuario y de subprocesamiento múltiple. Utiliza SQL (del inglés, Structured Query Language, lenguaje de consulta estructurado), el lenguaje estándar para la consulta de bases de datos utilizado en todo el mundo. MySQL lleva disponible desde 1996 pero su nacimiento se remonta a 1979. Ha obtenido el galardón Choice Award de Linux Journal Readers en varias ocasiones.

6.6.3 Razones para utilizar PHP y MySQL

Al desarrollar un sitio de comercio electrónico, se puede utilizar una gran cantidad de productos diferentes:

- Hardware para el servidor
- Un sistema operativo
- Software de servidor Web
- Un sistema de administración de bases de datos
- Un lenguaje de secuencia de comandos o de programación

Algunas de estas opciones dependen de otra. Por ejemplo, no todos los sistemas más operativos se ejecutan sobre todo el hardware, ni todos los lenguajes de secuencia de comandos se pueden conectar a bases de datos.

6.6.4 Algunas de las cualidades de PHP

Entre los competidores principales de PHP se pueden citar a Perl, Microsoft Active Server Pages (ASP), Java Sever Pages (JSP) y Allaire Coldfusion. En comparación con estos productos. PHP cuenta con muchas ventajas, entre las que se encuentran las siguientes:

- Alto rendimiento
- Interfaces para diferentes sistemas de bases de datos
- Bibliotecas incorporadas para muchas tareas Web habituales
- Bajo coste
- Facilidad de aprendizaje y uso
- Portabilidad
- Disponibilidad de código abierto
- Disponibilidad de asistencia técnica

Además PHP posee otras cualidades como:

➤ **Rendimiento**

PHP es muy eficaz. Mediante el uso de un único servidor, puede servir millones de acceso al día. Los indicadores comparativos de rendimiento publicados por Zend Technologies muestra que PHP supera ampliamente a sus competidores en esta faceta.

➤ **Integración de base de datos**

PHP dispone de una conexión propia a todos los sistemas de bases de datos, además de MySQL, puede conectarse directamente a las bases de datos de PostgreSQL, mSQL, Oracle, dbm, Filepro, Hyperwave, Informix, InterBase y Sybase entre otras. PHP5 también cuenta con una interfaz SQL incorporada a un archivo plano, denominada SQLite.

El uso de ODBC (del inglés, Open Database Connectivity Standard, Estándar de conectividad abierta de base de datos) permite establecer una conexión a cualquier base de datos que suministre un controlador ODBC. Entre ellas, se incluyen los productos de Microsoft, y muchos otros.

➤ **Bibliotecas incorporadas**

Como se ha diseñado para su uso en la Web, PHP incorpora una gran cantidad de funciones integradas para realizar útiles tareas relacionadas con la Web. Puede generar imágenes GIF al instante, establecer conexiones a otros servicios de red, enviar correos electrónicos, trabajar con cookies y generar documentos PDF, todo con unas pocas líneas de código.

➤ **Coste**

PHP es gratuito. Puede ser descargada la última versión de la página oficial de PHP cuando lo desee sin coste alguno.

➤ **Aprendizaje de PHP**

La sintaxis de PHP se basa en otros lenguajes de programación, principalmente en C y Perl. Si ya se conoce C o Perl, o un lenguaje de tipo C como C++ o java.

6.6.5 Algunas de las ventajas de MySQL

Entre los competidores principales de MySQL, se pueden citar a PostgreSQL, Microsoft SQL Server y Oracle. MySQL cuenta con muchas ventajas, entre las que se encuentran descritas a continuación.

➤ **Rendimiento**

MySQL es muy rápido. Así lo demuestran los indicadores comparativos que revelan en muchos casos un diferencia abismal con respecto a los productos de la competencia.

➤ **Bajo coste**

MySQL está disponible de manera gratuita, bajo una licencia de código abierto, o por un precio reducido en forma de licencia comercial. Necesitará una licencia si desea redistribuir MySQL como parte de una aplicación y no quiere emplear una licencia de código abierto en la misma. Si no se tiene pensado distribuir su aplicación o trabajar en software gratuito, no es necesario que se adquiera una licencia.

➤ **Código de fuente**

Como en el caso de PHP, puede obtener y modificar el código de fuente de MySQL. En la mayoría de los casos no es un aspecto muy importante para los usuarios pero es aconsejable ya que garantiza la continuidad en el futuro y le proporciona diferentes opciones en caso de emergencia.

➤ **Disponibilidad de asistencia técnica**

No todos los productos de código abierto cuentan con una empresa principal que ofrezca asistencia técnica, asesoramiento y certificación, aunque puede obtener todas estas ventajas de MySQL AB.

7. CONCLUSIONES

- Se desarrolló e implementó en la Empresa INYESA Ltda. una herramienta informática que permite manejar y controlar la información con los módulos de máquinas y equipos, mantenimiento, producción, reportes, talento humano y gestión, optimizando los recursos físicos de la empresa y permitiendo llevar a cabo una buena planeación en las tomas de decisiones y evaluación de las acciones que se efectúan en las instalaciones de la planta para el desarrollo y evolución de la empresa.
- Con la implementación del sistema de información para la empresa Inyesa Ltda. se logra controlar de forma eficiente la frecuencia y actividades de mantenimiento en cada uno de los equipos de la planta de producción.
- Se realizó estudio y análisis para que el sistema de información se adapte a las condiciones de trabajo actuales, desarrollando así una herramienta informática alojada en un servidor web, logrando ingresar a este desde cualquier parte del mundo con acceso a internet, controlando y verificando de forma eficiente todas actividades de gestión de mantenimiento en la empresa.
- Se realizó un análisis de las condiciones de gestión para el manejo de inventarios, como resultado de esto se habilita en el sistema dinámico de información una opción que permite controlar y gestionar eficientemente el manejo del inventario, disminuyendo los gastos innecesarios asociados a la mala adquisición en compra de las herramientas y repuestos.
- Esta herramienta administrativa de gestión permite visualizar gráficamente y cuantitativamente los diferentes indicadores de gestión, que permiten evaluar el desempeño de los equipos y personas en el área de mantenimiento, con un fácil análisis e interpretación.
- Se realizó un diagnóstico que abarcó en su totalidad el área de mantenimiento de los equipos en funcionamiento de la empresa Inyesa Ltda. con la finalidad de determinar el estado de gestión de las actividades relacionadas con el mantenimiento en la planta de producción.

- Se implementó un inventario y sistema de identificación por medio de una codificación para cada uno de los equipos dentro de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.
- Se realizó un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos en la planta de producción, implementándolo y basándolo en un lista de chequeo para que cada operario cumpla una serie de requisitos en el procedimiento de las acciones de mantenimiento a realizar disminuyendo así algunas posibles omisiones de las instrucciones y verificación al momento de realizar el mantenimiento de los equipos.
- Se elaboró un manual con una descripción detallada de la operación y funcionamiento del sistema de información, con la finalidad de capacitar al personal en el manejo de esta herramienta de gestión y facilitar el entendimiento y el correcto uso de esta herramienta en las labores de mantenimiento, este manual se incluye en el sistema de información para una visualización en el momento deseado.

BIBLIOGRAFIA

GOMEZ VIEITES, Álvaro y SUAREZ REY, Carlos. Sistemas de información, Herramientas prácticas para la gestión. México: Alfaomega grupo editorial, 3ª. Ed. 2009.

GONZALEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento y Montajes, Cap. 4. Gestion de mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2001.

GROOVER, Mikel P. Fundamentos de manufactura moderna. Planeación y control de la producción. México: McGraw-Hill, 2007.

LAUDON, Kenneth C y LAUDON, Jane P. Sistemas de información gerencial, México: Pearson Educación, 2004. p 2-55.

MONCADA DELGADO, Davian Augusto, *et al.* Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecanica. Escuela de ingeniería Mecánica, 2009. p113.

SENN, James A. Sistemas de información para la Administración. México: Iberoamericana S.A., 2000. 942 p.

SIERRA A. Gabriel Antuán. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmeccánica industrial AVM S.A. Trabajo de grado en modalidad de investigación. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Fisicomecanicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2004. 196p

WELLING, Luke y THOMSON, Laura. Desarrollo web con PHP y MYSQL. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia, 2007. P. 30-40.

ANEXOS

ANEXO A.
**Análisis comparativo de la influencia del impacto energético en la criticidad
de los equipos de la planta de producción.**

El presente anexo tiene como finalidad demostrar la influencia que tienen el análisis de impacto energético en la criticidad de los equipos dentro de la planta de producción de Inyesa Ltda. estableciendo una comparación de los resultados obtenidos, creando una matriz de criticidad con y sin la influencia del impacto energético.

A continuación se presenta las matrices correspondientes al análisis de criticidad utilizando un modelo factores ponderados basados en el concepto de riesgo, sin incluir el concepto de impacto energético con el fin de establecer equipos críticos para la planta, posterior a esto se realizara la comparación de los resultados obtenidos en este análisis y los obtenidos en el capítulo 4 en la sección 4.3.3 correspondiente a el análisis de criticidad para la planta incluyendo el concepto de impacto energético.

La ecuación a utilizar para este análisis es la siguiente:

ECUACIÓN DE CRITICIDAD

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia de falla} * \textit{consecuencia}$$

- *Donde consecuencia = $a + \frac{1}{2}b$*
- *a = Costo de reparación + Impacto ambiental + impacto en salud y seguridad*
- *b = Impacto sobre la producción * Tiempo promedio para reparar*

Recordando que los conceptos incluidos tienen el mismo valor para este análisis y para el realizado en el capítulo correspondiente al análisis de criticidad, subrayando la única diferencia entre esta ecuación que no tiene la influencia del impacto energético.

Formato de encuesta para el análisis de criticidad sin incluir el concepto de impacto energético

FORMATO¹⁹ PARA ENCUESTA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN LA EMPRESA INYESA LTDA.

2. Frecuencia de falla	
	No más de 1 por año
	Entre 2 y 15 por año
	Entre 16 y 30 por año
	Entre 31 y 50 por año
	Más de 50 por año

6 Tiempo promedio para repara	
	Menos de 30 minutos
	Entre 30 y 60 minutos
	Entre 1 y 2 horas
	Más de 2 horas

2. Impacto sobre la producción	
	No afecta la producción
	25 % de impacto
	50 % de impacto
	75 % de impacto
	La afecta totalmente

4. Costo de reparación [COP]	
	Menos de 50 mil
	Entre 50 y 100 mil
	Entre 100 y 200 mil
	Entre 200 y 500 mil
	Más de 500 mil

5. Impacto ambiental	
	No origina ningún impacto ambiental
	Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta
	Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta
	Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas ambientales

6. Impacto en salud y seguridad personal	
	No origina heridas ni lesiones
	Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes
	Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días
	Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad permanente

Fuente: Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

¹⁹ Modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto de riesgo. Adaptación PDVSA E & P Occidente 2002.

Tabla de ponderaciones para el formato de encuesta de criticidad

6. Frecuencia de falla	Puntaje
No más de 1 por año	1
Entre 2 y 15 por año	2
Entre 16 y 30 por año	3
Entre 31 y 50 por año	4
Más de 50 por año	5
7. Impacto sobre la producción	
No afecta la producción	0,05F
25 % de impacto	0,3F
50 % de impacto	0,5F
75 % de impacto	0,8F
La afecta totalmente	F
8. Tiempo promedio para repara	
Menos de 30 minutos	1
Entre 30 y 60 minutos	2
Entre 1 y 2 horas	3
Más de 2 horas	4
9. Costo de reparación [COP]	
Menos de 50 mil	3
Entre 50 y 200 mil	5
Entre 200 y 500 mil	10
Más de 500 mil	15
10. Impacto ambiental	
No origina ningún impacto ambiental	0
Contaminación ambiental baja, el impacto se manifiesta en un espacio reducido dentro de la planta	5
Contaminación ambiental moderada, no rebasa los límites de la planta	10
Contaminación ambiental alta, incumplimiento de normas ambientales	15
11. Impacto en salud y seguridad personal	
No origina heridas ni lesiones	0
Puede ocasionar lesiones o heridas leves no incapacitantes	5
Puede ocasionar lesiones o heridas graves con incapacidad temporal entre 1 y 30 días	10
Puede ocasionar lesiones con incapacidad superior a 30 días o incapacidad permanente	15

Fuente: autores del proyecto

El formato establecido para los equipos de la planta de producción de Inyesa Ltda. en el cual se registran cada una de las ponderaciones, se muestra en siguiente tabla, tomando como ejemplo el equipo TMY-01 correspondiente a la Trituradora de mandíbulas.

Ponderación de criticidad para el equipo Trituradora de mandíbulas

EQUIPO: Trituradora de mandíbulas	
CODIGO: TMY-01 LINEA: yeso	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto sobre la producción	F
Tiempo promedio para repara	1
Costo de reparación [COP]	10
Impacto ambiental	5
Impacto en salud y seguridad personal	5

Fuente: Autores del proyecto

Con F= 1;

El valor de criticidad de este equipo corresponde a:

Criticidad = 21;

A continuación se presenta de forma resumida los resultados de criticidad obtenidos para cada uno de los equipos evaluados en el proceso.

Resultados de ponderación de criticidad

Código del equipo	Nombre del equipo	Puntaje de criticidad
TMY-01	Trituradora de mandíbulas	24
HRY-01	1er horno rotatorio de secado	27
MPY-01	1er Molino pulverizador	32
BEY-01	1ra banda elevadora	38
VFY-01	1er Ventilador de filtrado	35,01
HRY-02	2do horno rotatorio de secado	17
BEY-02	2do banda elevadora	38
MPY-02	2do molino pulverizador	30,8
VFY-02	2do ventilador para el filtrado	8,15
CMC-01	Conjunto Molino (cal)	435
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado (cal)	78
CCC-01	Conjunto de mangas y Cicron (cal)	23,5
CML-01	Conjunto Molino (caolín)	204
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado (caolín)	56
CCL-01	Conjunto de mangas y Cicron (caolín)	24

Fuente: Autores del proyecto

	Línea de producción de Yeso
	Línea de producción de Cal
	Línea de producción de Caolín

Con la finalidad de establecer los equipos críticos para la planta de producción utilizando este método de análisis, es necesario tomar los valores de frecuencia y consecuencia utilizados para encontrar el resultado de criticidad según la ecuación que se planteó anteriormente para este cálculo, luego procedemos a ubicarlos en la matriz de criticidad igualmente como se desarrolló en el capítulo 4.

Recordando los niveles o áreas de criticidad establecidos anteriormente como:

Área de Sistemas No Críticos (NC): son los equipos que en el caso de fallar no repercutirán de manera importante en el proceso productivo.

Área de sistemas Medianamente Críticos (MC): son los equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería.

Área de Sistemas Críticos (C): son los equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

La siguiente tabla muestra los valores de frecuencia y consecuencia para cada uno de las maquinas evaluadas en el proceso de criticidad.

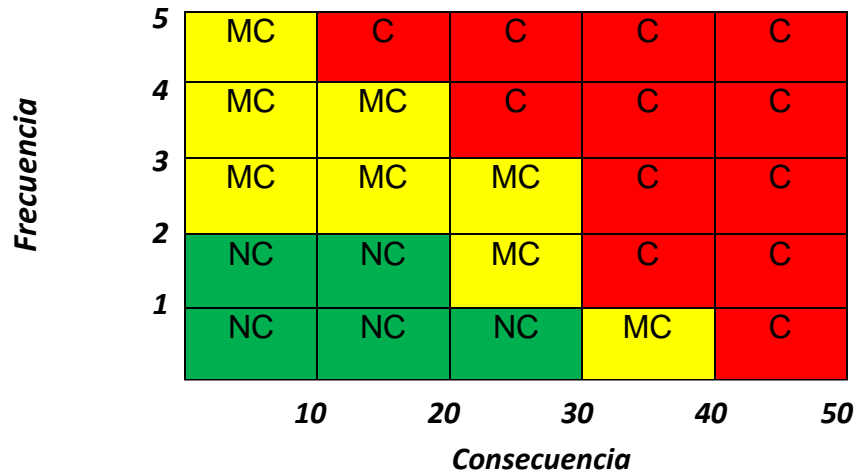
Matriz de criticidad

Código	Consecuencia	Frecuencia
TMY-01	24	1
HRY-01	27	1
MPY-01	16	2
BEY-01	19	2
VFY-01	35,01	1
HRY-02	17	1
BEY-02	19	2
MPY-02	15,4	2
VFY-02	8,15	1
CMC-01	87	5
CVC-01	39	2
CCC-01	23,5	1
CML-01	87	4
CVL-01	31	2
CCL-01	25	1

Fuente: Autores del proyecto

Al igual que en el análisis de criticidad planteado en el capítulo 4, se utilizara nuevamente la matriz de jerarquización de las zonas críticas para identificar los quipos utilizando este método de análisis.

Matriz de criticidad



Fuente: Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas²⁰

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los equipos evaluados en el proceso y analizados en la matriz de criticidad en su jerarquía correspondiente.

Clasificación crítica de los equipos evaluados con base en base en la jerarquización de la matriz de criticidad para la empresa INYESA LTDA.

CODIGO	EQUIPOS	CLASSIFICACION
CMC-01	Conjunto Molino	Equipos Críticos
CML-01	Conjunto Molino	
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado	
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado	
VFY-01	1er Ventilador de filtrado	Equipos Medianamente Críticos

²⁰ **MONCADA DELGADO, Davian Augusto, et al.** Seminario de investigación en metodologías de análisis de fallas. Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicomecánica. Escuela de ingeniería Mecánica, 2009. p113.

MPY-01	1er Molino pulverizador	Equipos No Críticos
BEY-01	1ra banda elevadora	
BEY-02	2do banda elevadora	
MPY-02	2do molino pulverizador	
HRY-01	1er horno rotatorio de secado	
CCL-01	Conjunto de mangas y Cicron	
TMY-01	Conjunto de mangas y Cicron	
HRY-02	Trituradora de mandíbulas	
CCC-01	2do horno rotatorio de secado	
VFY-02	Conjunto de mangas y Cicron	
	2do ventilador para el filtrado	




Fuente: Autores del proyecto.

La tabla que se presenta a continuación, muestra de forma explícita la zona correspondiente de criticidad, ya sea crítica, medianamente crítica o no crítica, según sea el caso para cada equipo evaluado en este proceso.

Criticidad de equipos

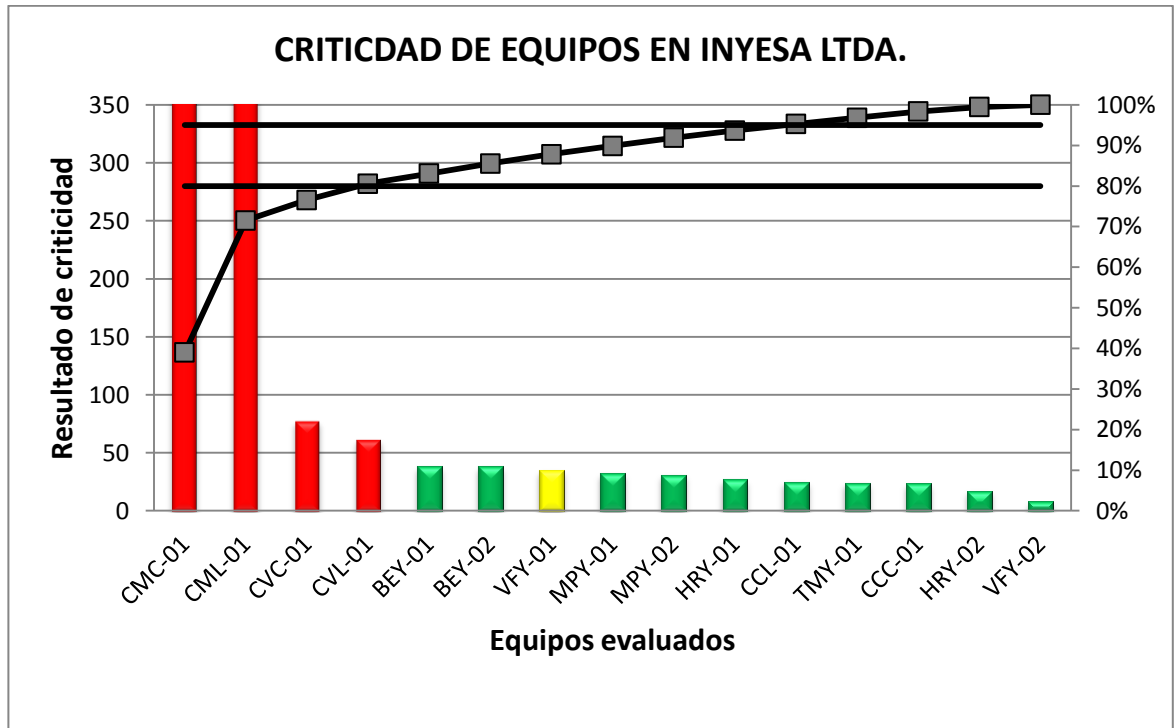
Código del equipo	Nombre del equipo
CMC-01	Conjunto Molino (cal)
CML-01	Conjunto Molino (caolín)
CVC-01	Conjunto ventilador para filtrado (cal)
CVL-01	Conjunto ventilador para filtrado (caolín)
VFY-01	1er Ventilador de filtrado
MPY-01	1er Molino pulverizador
BEY-01	1ra banda elevadora
BEY-02	2do banda elevadora
MPY-02	2do molino pulverizador
HRY-01	1er horno rotatorio de secado
CCGL-01	Conjunto de mangas y Cicron (caolín)
TMY-01	Trituradora de mandíbulas
HRY-02	2do horno rotatorio de secado
CCC-01	Conjunto de mangas y Cicron (cal)
VFY-02	2do ventilador para el filtrado

Fuente: Autores del proyecto

-  equipos criticos
-  equipos medianamente criticos
-  equipos no criticos

La siguiente figura muestra en forma de barras los valores de las ponderaciones de resultados de criticidad, con motivo de tener una visualización grafica de los resultados.

Resultados de criticidad de los equipos en la planta de producción

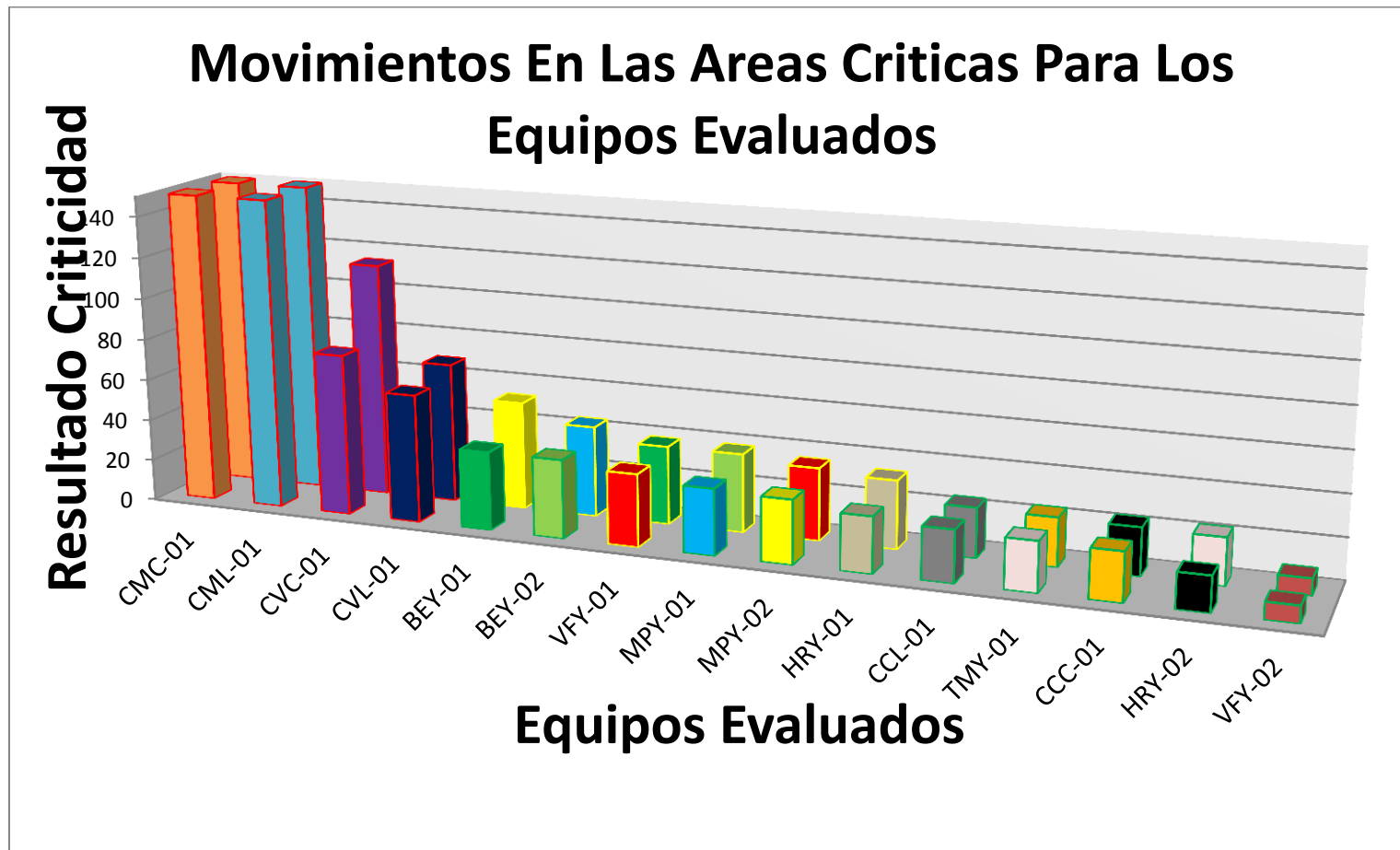


Fuente: Autores del proyecto.

De esta forma se visualizan los equipos que presentan una mayor importancia dentro la empresa y el cual se deben tener en cuenta como una prioridad alta, con el fin de mantener la producción en un nivel máximo, este resultado es utilizando el análisis de criticidad omitiendo el concepto de impacto energético para la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.

A continuación se presentan los movimientos que los equipos tuvieron dentro de las áreas de criticidad al realizar las comparaciones cuando se utiliza o no, el concepto de impacto energético en la matriz de criticidad variando el resultado de las ponderaciones obtenidas, utilizando los dos métodos planteados anteriormente.

Comparación de los resultados de criticidad en los equipos en la planta de producción cuando se incluye o no, el concepto de impacto energético



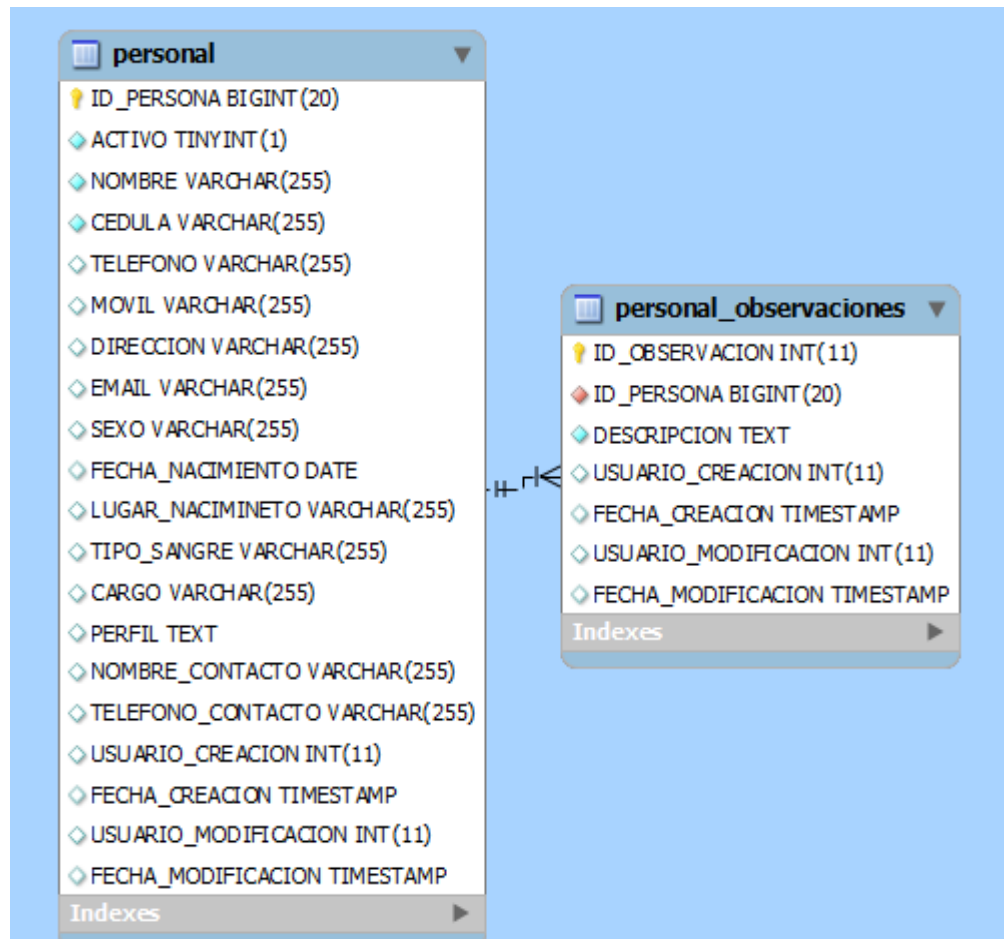
Fuente: Autores del proyecto

En la figura anterior, se visualiza los movimientos que presentó cada uno de los equipos en el análisis y estudio de criticidad, se ilustran entonces, las respectivas ponderaciones de las dos matrices utilizadas en el estudio, haciendo una comparación de los equipos evaluados, en las columnas delanteras de la figura se muestran los resultados para el estudio de criticidad omitiendo el concepto de impacto energético, en las columnas posteriores se presenta el resultado del estudio incluyendo el análisis del impacto energético, y haciendo una breve identificación por colores para observar su movimiento en el diagrama de ponderaciones, aclarando que existe una identificación en las áreas de ubicación visualizando el contorno en el cual se encuentra cada columna, estos colores varían entre rojo para el crítico, amarillo para el medianamente crítico y verde para el no crítico, los nombre de los equipos que se enlistan son de la columna delantera que ayudan a la identificación junto con los colores, luego de tener ubicado el equipo por nombre y color procedemos a identificarlo en la columna posterior y visualizar el cambio que tuvo en el aspecto de criticidad . Dada esta situación vale la pena aclara que al no incluir el concepto del impacto energético se está omitiendo la importancia que presentan algunos equipos en la planta de producción, registrando una variación o movimiento dentro de las zonas de medianamente críticos a los no críticos, el cual pueden generar consecuencias perjudiciales para el sostenimiento y manutención de cada equipo en cuestión dentro de la planta de producción de la empresa Inyesa Ltda.

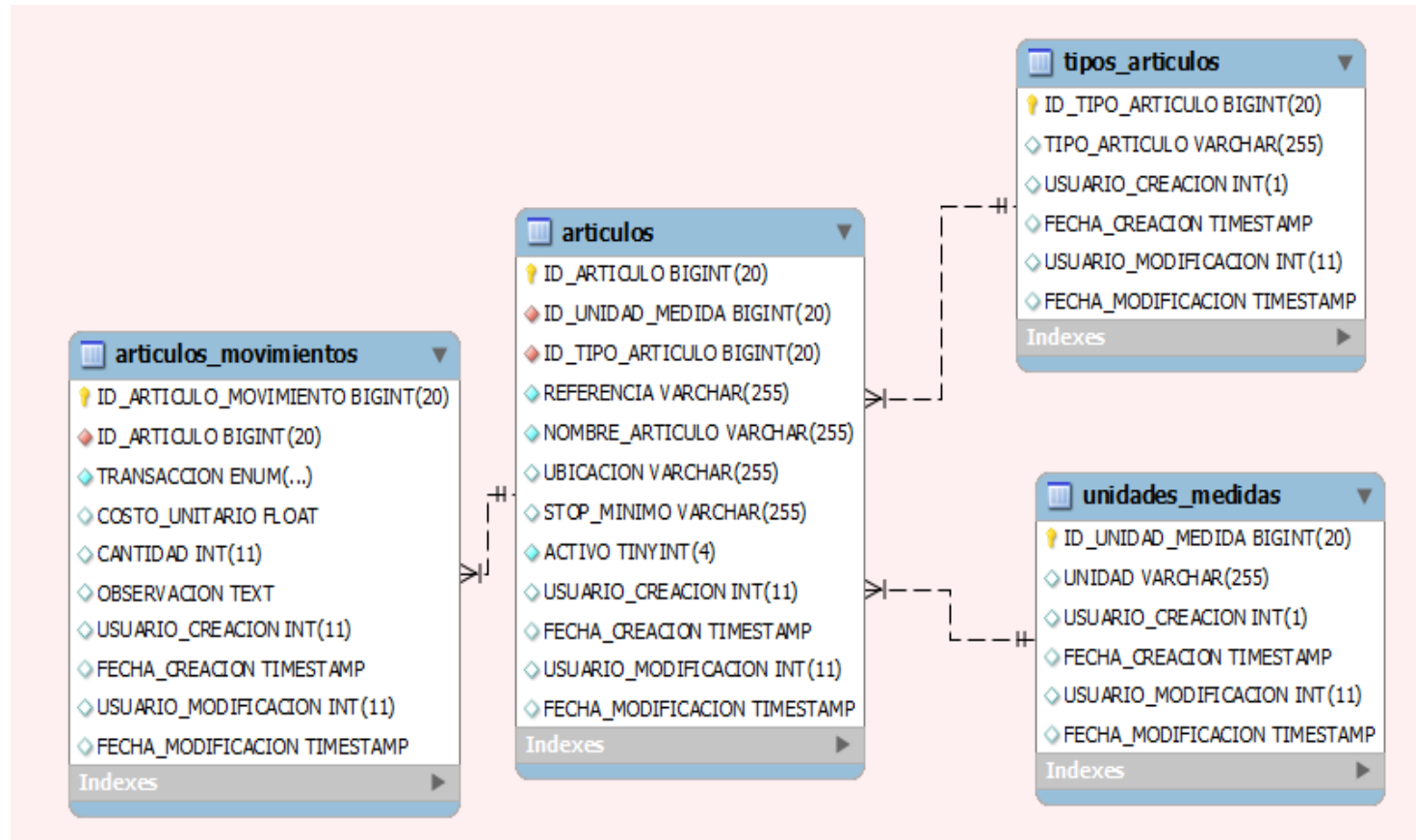
ANEXO B.

Diagrama entidad-relación de la base de datos

D.E.R. PERSONAL



D.E.R. ARTICULOS



D.E.R. LÍNEA DE PRODUCCIÓN

