

PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO GERENCIAL DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE B & V
ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.

GERMAN ALDANA VALENCIA
JAVIER ALEXANDER HERNANDEZ ALDANA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANTADER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO GERENCIAL DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE B & V
ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.

GERMAN ALDANA VALENCIA
JAVIER ALEXANDER HERNANDEZ ALDANA

Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Juan Carlos Valencia Correa
Administrador de Sistemas
Master en Dirección Estratégica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANTADER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2014

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
1. CONTEXTUALIZACIÓN.	15
1.1 DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LA ORGANIZACIÓN.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
2. MANTENIMIENTO.....	19
2.1 DEFINICIÓN SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES.....	19
2.1.1 Norma Francesa AFNOR NF X 60-010.....	19
2.1.2 Norma Británica BS 3811.....	20
2.1.3 Norma militar norteamericana MIL - STD - 721 C.....	20
2.1.4 Organización Europea de Mantenimiento.....	20
2.1.5 Sociedad de Ingeniería del Mantenimiento de Australia (MESA).....	20
3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	21
3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO.....	21
3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PROGRAMADO.....	22
4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	23
4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN EL TIEMPO O EN EL USO.	23
4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN LAS CONDICIONES.	24
5. CRITICIDAD	25
6. PLANEACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.....	27
6.1 PLANEACION.....	27
6.2 PROGRAMACION.....	28
6.2.1 Técnicas de programación.....	30
7. INDICADORES DE GESTION.....	35
7.1 DISPONIBILIDAD.....	35
7.1.1 Parámetros de disponibilidad.....	36
7.2 MANTENIBILIDAD.....	37
7.3 CONFIABILIDAD	38
8. ESTRATEGIAS PARA STOCK DE REPUESTOS.....	39

8.1 PARAMETROS A CONTROLAR EN LA GESTION Y MANEJOS DE INVENTARIOS.....	39
8.1.1 Costos.....	40
8.1.2 Nivel de servicio.....	41
8.2 CATEGORIZACIÓN DE LAS DIFERENTES REFERENCIA DE UN INVENTARIO.....	41
8.2.1 Método push.....	42
8.2.2 Método pull.....	44
8.2.3 Método de inventario de colaboración (CPFR).....	45
8.3 CLASIFICACION ABC.....	46
9 MODELO ACTUAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO.....	47
9.1 ORGANIGRAMA.....	48
9.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	49
9.3 EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.....	52
9.4 EJECUCION DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	55
9.5 CRITICIDAD.....	57
9.6 INDICADORES DE GESTION.....	57
10 PROPUESTA PARA DESARROLLO MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	58
10.1 ORGANIGRAMA.....	59
10.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA COMPAÑÍA.....	62
10.3 PLANEACION Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO.....	71
10.4 INDICADORES DE GESTION.....	71
10.4.1 Disponibilidad.....	71
10.4.2 Mantenibilidad.....	72
10.4.3 Confiabilidad.....	75
10.5 PLAN PRE-OPERACIONAL DE EQUIPOS.....	75
10.6 IMPLEMENTAR SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.....	79
10.7 CAPACITACIÓN AL PERSONAL.....	79
10.8 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA EL STOCK DE REPUESTOS.....	80
10.8.1 Propuesta.....	81
11 CONCLUSIONES.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Planta de Producción.	16
Figura 2. Cubierta Estadio Hernán Ramírez Villegas.....	16
Figura 3. Pabellones 18- 23 Corferias.	17
Figura 4. Diagrama de Gantt	30
Figura 5. Notación del CPM.....	32
Figura 6. Densidad de la probabilidad para la función Beta.....	33
Figura 7. Costos de inventario.	40
Figura 8. Organigrama de mantenimiento.	48
Figura 9. Mantenimientos programados y ejecutados 2013.	52
Figura 10. Reporte de mantenimiento.....	54
Figura 11. Control diario de ejecución de mantenimiento preventivo y correctivo.	55
Figura 12. Solicitud de mantenimiento correctivo.	56
Figura 13. Organigrama propuesto.	59
Figura 14 Compresor Holman.....	66
Figura 15. Planta Eléctrica.	66
Figura 16. Taladradora Automática.....	67
Figura 17. Punzonadora de Angulares.	67
Figura 18. Punzonadora de Placas.....	68
Figura 19. Tren de Granallado.	68
Figura 20. Formato inspecciones diarias	70
Figura 21. Formato pre operacional de maquinaria.	77
Figura 22. Formato pre operacional de equipos.	78
Figura 23. Formato pre operacional de herramienta eléctrica.	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores ponderados para cálculo de Matriz de criticidad.	26
Tabla 2. Matriz de Criticidad.	26
Tabla 3. Parámetros de disponibilidad.....	36
Tabla 4. Programa anual de mantenimiento.	50
Tabla 5. Mantenimientos preventivos ejecutados.	51
Tabla 6. Análisis de Criticidad de los equipos de B & V Estructuras.....	63
Tabla 7. Formato de parámetros de indicadores de gestión.....	73
Tabla 8. Formato reporte de mantenimiento.....	74
Tabla 9. Formato de inventarios	82

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.*

AUTORES: GERMAN ALDANA VALENCIA, JAVIER ALEXANDER HERNANDEZ ALDANA.**

PALABRAS CLAVES: Modelo, Mantenimiento, Correctivo, Preventivo, Planeación, Programación, Criticidad, Indicadores de gestión

DESCRIPCION: Con esta monografía se propone mejorar el sistema de mantenimiento preventivo estructurado en B&V ESTRUCTURAS METALICAS LTDA, ya que el plan rutinario establecido no se está cumpliendo por varios motivos como son, falta de organización documental, capacitación de personal, seguimiento a diligenciamiento de los formatos, falta de personal para realizar las tareas correspondientes a los mantenimientos etc. Por lo tanto está generando demoras en los procesos de la compañía. Llevando así a no cumplir con los indicadores y expectativas económicas propuestos en el año.

Para el desarrollo del proyecto se hizo una revisión del modelo actual del plan de mantenimiento, donde se evidenciaron los principales problemas de incumplimiento de los indicadores. Se revisaron las carpetas de archivos de los formatos donde se evidencio que no se estaban diligenciando, se verificó la carga de trabajo de cada uno de los integrantes del área de mantenimiento, donde se verificó que no eran suficientes para desarrollar el plan programado.

Después de analizar la información, se decide realizar un plan de mejoramiento del mantenimiento programado o preventivo actual, donde se propone implementar un software de mantenimiento el cual permitirá organizar y llevar control de los mantenimientos, también se propone diseñar un nuevo organigrama el cual implica tener más personal en la planta para dar cumplimiento a los mantenimiento programados, cumpliendo con estándares de calidad, y seguridad. Todo esto será posible con el programa de capacitación y entrenamiento propuesto en el desarrollo de la monografía.

La presente monografía, muestra después de analizar el programa de mantenimiento actual , que se debe implementar un nuevo modelo ya que no se está cumpliendo con los indicadores de mantenimiento del año, llevando así a no tener la producción necesaria que satisfaga las necesidades de los clientes.

* Monografía.

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Master Juan Carlos Valencia Correa.

SUMMARY

TITLE: PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF A MAINTAENANCE MANAGEMENTY PREVENTIVE MODEL FOR THE MACHINERY OF "B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA."*

AUTHORS: GERMAN ALDANA VALENCIA, JAVIER ALEXANDER HERNANDEZ ALDANA.**

KEY WORDS: Model, Maintenance, Corrective, Preventive, Criticality, Planning, Scheduling, Criticity, key performance indicator.

DESCRIPTION: With this monograph we propose to improve the preventive maintenance system in B&V ESTRUCTURAS METALICAS LTDA, since the established routine plan is not being fulfilled due different factors which include the lack of documental organization, personal capacitation, forms follow-up control, lack of personal preforming maintenance tasks, etc. Therefore, the processes of the company are suffering delays, which, in turn, lead to the impossibility to meet the indicators and expectations set for the year.

For the development of the project we made a revision of the current maintenance model, where the non-compliance indicators became evident. File folders were reviewed and it was established that they were not being completed. The workload of each of the members of the maintenance group was revised and it was concluded that they were not enough to fulfill the scheduled program.

After analyzing the information, it was decided to create an improved version of the current scheduled/preventive maintenance plan, where we propose to implement a maintenance software which will allow the organization and control of maintenance the creation of a new organization chart, which implies the need to increase the amount of workers in the plant in order to be able to carry on with the scheduled maintenances, and therefore, complying with the quality and safety standards. All of this will be possible with the capacitation program and coaching proposed in this paper.

The present document shows, after analyzing the current maintenance program that a new model should be implemented since the yearly maintenance indications are not being meat, which leads to a deficient production which does not satisfy the clients' needs.

* Monograph.

** Facultad de ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Master Juan Carlos Valencia Correa.

INTRODUCCION

B & V Estructuras Metálicas Ltda. Es una empresa con 35 años de experiencia en el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, obras civiles y acabados arquitectónicos; su planta de producción se encuentra ubicada en el municipio de Tenjo Cundinamarca, sector Siberia.

Para el proceso de producción B&V estructuras se encuentra dividido en tres secciones principales: Primera sección. Corte y preparado de materiales, allí se encuentra máquinas de alta tecnología como son; punzonadoras, taladradoras, robots, cizallas, dobladoras. Segunda sección. Armado, en esta sección se reciben los materiales procesados para ensamble, allí encontramos equipos de soldadura (MIG, revestida, arco sumergido), herramientas menores tales como pulidoras y equipos de oxicorte. Tercera sección. Pintura y embalaje, para dar terminado al producto la empresa cuenta con un compresor de tornillo de 30 HP y un tren de granallado y pintura, los cuales podrían convertirse en equipos críticos debido a la falta de equipos de respaldo y de la difícil consecución de repuestos.

Actualmente la empresa cuenta con un programa de mantenimiento para los equipos del proceso, el cual se define anualmente, sin embargo por falta de recursos o por falta de una buena planificación este programa no se cumple, dejando así a la deriva el mantenimiento de los equipos, reflejándose este descuido en un alto número de mantenimientos de tipo correctivo para los equipos y en varias ocasiones en paros de las máquinas de hasta más de 1 mes por espera de repuestos afectando no solo la producción sino la imagen de la empresa ya que esto indirectamente afecta los indicadores de gestión de la compañía.

Se considera necesario mejorar el plan actual de mantenimiento preventivo, creando un proceso gerencial que permita realizar mantenimientos realmente

necesarios para llegar a alcanzar un proceso eficiente, conservando así la funcionalidad de los equipos.

1. CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 DESCRIPCIÓN GLOBAL DE LA ORGANIZACIÓN.

B & V Estructuras Metálicas Ltda, cuenta con una única planta de producción (Figura 1), ubicada en la Autopista Medellín Round Point De Siberia 600 mts, Via Funza en el municipio de Tenjo Cundinamarca, sobre la sabana de Bogotá. La planta cuenta con un área de producción aproximada de 5580 m² y dos patios de pre ensamblado de 1600 m², y tiene una capacidad de producción de 250 Ton/mes.

Actualmente la empresa cuenta con un talento humano de aproximadamente 50 personas en planta y 20 en montajes, sin embargo los puestos laborales fluctúan constantemente de acuerdo a la demanda laboral actual. B & V Estructuras Metálicas Ltda se encuentra certificada por la ISO 9001 versión 2008 y a la fecha 14 de Septiembre de 2013 se encuentra implementando el plan de HSE buscando ser una de las empresas pioneras en este sector de la industria Colombiana en implementar este sistema.

B & V Estructuras Metálicas Ltda, es una empresa familiar catalogada como mediana industria, que se dedica al diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, obras civiles y acabados arquitectónicos; cuenta con una experiencia de más de 25 años en los cuales se han realizado trabajos de gran posicionamiento tales como Cubierta estadio Hernán Ramírez Villegas, Pereira, Colombia (Figura 2); Pabellones 18- 23 Corferias, Bogotá, Colombia (Figura 3), entre otras.

Figura 1. Ubicación Planta de Producción.



Fuente: Google Earth

Figura 2. Cubierta Estadio Hernán Ramírez Villegas.



Fuente: www.bvestructurasmetalicas.com.co

Figura 3. Pabellones 18- 23 Corferias.



Fuente: www.bvestructurasmetalicas.com.co

B & V Estructuras Metálicas Ltda, busca estandarizar varios de sus productos por lo cual invierte en maquinaria que le permita esa estandarización y a su vez seguir atendiendo el mercado no estandarizado, el cual es comúnmente manejado por las pequeñas y medianas empresas (PYMES); la adquisición de estos nuevos equipos y su mantenibilidad requieren de una gran atención ya que estos son los pilares para entrar a competir en grandes mercados; estos cambios toman bastantes años y es por eso que el mantener los equipos operativos y confiables está ligado con el deseo de la junta directiva de esta empresa la cual es posicionarse en el mercado internacional donde hay grandes compañías con procesos más elaborados.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivo general

Elaborar un modelo gerencial enfocado en mantenimiento preventivo para la maquinaria de B&V Estructuras Metálicas LTDA.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar los registros del historial de mantenimiento de los equipos existentes.
- Implementar formatos de inspección y evaluación de satisfacción de condiciones operativas para el inicio de operación de los equipos.
- Identificar y desarrollar un análisis de los equipos críticos involucrados en el proceso.
- Evaluar y mejorar el plan de mantenimiento actual.
- Diseño de un plan estratégico para consecución de repuestos de equipos críticos.
- Crear un organigrama estructural del departamento de mantenimiento y definir las funciones del personal.

2. MANTENIMIENTO.

Aun cuando hoy en día existen definiciones de mantenimiento según diferentes normas, en muchas industrias el termino mantenimiento hace referencia a invertir dinero en el cuidado y la presentación de un bien (maquina, infraestructura, software, etc.), incluso se considera que su finalidad es alargar la vida útil de los equipos; sin embargo; según Duffuaa¹, el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Por consiguiente el mantenimiento busca que las maquinas se mantengan en condiciones funcionales y operativas durante el periodo de vida para el cuales fueron diseñadas.

2.1 DEFINICIÓN SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES.

“Según las normas de algunos países industrializados se define el mantenimiento como”².

2.1.1 Norma Francesa AFNOR NF X 60-010.

Dice que es “El conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o a una situación tal que pueda asegurar un servicio determinado”

¹ DUFFUA, Salih O. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. Mexico D.F. Mexico: Editorial Limusa S.A., 2000. p. 29.

² GRAMSCH SANJINÉS, Ernesto R. Manual de la Gestión del Mantenimiento Industrial. Santiago. Chile: Consultores en Ingeniería de Mantenimiento,2003. p. 4-5.

2.1.2 Norma Británica BS 3811.

Dice que es “La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida”. Indica además que la función requerida puede ser definida como una condición dada.

2.1.3 Norma militar norteamericana MIL - STD - 721 C.

Dice que son “Todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a él”.

2.1.4 Organización Europea de Mantenimiento.

Dice que es “La función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos”.

2.1.5 Sociedad de Ingeniería del Mantenimiento de Australia (MESA).

Dice que son: “Las decisiones de ingeniería y las acciones asociadas necesarias y suficientes para lograr la optimización de una capacidad especificada”.

3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo o de emergencia como lo denominan algunos autores, ha estado presente en la sociedad desde la aparición del primer invento hecho por el hombre, ya que desde ese momento siempre se esperaba a que el elemento perdiera su funcionalidad para repararlo, sin embargo de acuerdo a varios textos de mantenimiento la etapa del mantenimiento correctivo se ubica en la primera etapa de la generación de la evolución del mantenimiento, etapa comprendida desde el inicio de la revolución industrial (principios del siglo XIX) hasta la primera guerra mundial (1918); este tipo de mantenimiento era realizado normalmente por los operarios de las máquinas y no existían departamentos de mantenimiento como tal.

“Se entiende por mantenimiento correctivo la corrección de las averías o fallas, cuando éstas se presentan. Es la habitual reparación tras una avería que obligó a detener la instalación o máquina afectada por el fallo”.³ Este tipo de mantenimiento por lo general requiere la atención inmediata de su falla y no permite tener una gran planeación ya que es un mantenimiento no planeado.

A continuación mencionaremos dos enfoques del mantenimiento correctivo que nos sugiere el autor García⁴, el mantenimiento correctivo programado y el no programado.

3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMADO.

Este tipo de mantenimiento permite que se le pueda atender la falla al equipo realizando una pequeña programación y planificación de recursos, esto quiere decir que el tener el equipo en fallo no es tan crítico para producción o su nivel de criticidad es baja y por ende se puede esperar a tener los recursos necesarios que

³ GARCIA, Santiago. Mantenimiento Correctivo – Organización y Gestión de la reparación de Averías. Madrid. España: Renovetec, 2009.p.5.

⁴ Idem. p. 7

supone la corrección de la falla como el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PROGRAMADO.

Este tipo de mantenimiento requiere la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, esta decisión suele estar marcada por la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa.

4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo empieza a conocerse en la década de los 50, conocida como la segunda generación de la tecnología del mantenimiento, durante esta época se empiezan a crear sistemas de planificación, sistemas de control y revisiones programadas; buscando así evitar paros en la línea de producción generados por fallas intempestivas en las máquinas.

“Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta de 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”⁵.

Según el libro sistemas de mantenimiento, planeación y control; el mantenimiento preventivo se basa en el tiempo o en el uso, o en las condiciones.

4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN EL TIEMPO O EN EL USO.

“El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Puede realizarse con base en el uso o las condiciones del equipo el mantenimiento preventivo con base en el uso o en el tiempo se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido. Requiere un alto nivel de planeación. Las rutinas específicas que se realizan son conocidas, así como a sus frecuencias. En la

⁵ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Facultad de ingenierías Fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander. 2012. 11 p.

determinación de la frecuencia generalmente se necesita conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo”⁶.

4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO CON BASE EN LAS CONDICIONES.

“Este mantenimiento preventivo se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo. La condición del equipo se determina vigilando los parámetros claves del equipo cuyos valores se ven afectados por la condición de este. A esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo”⁷.

⁶ DUFFAA, Salih O.; RAOUF, A y CAMPBELL, Jhon Dixon. Mantenimiento Preventivo Planeación y Control. Mexico D.F, Editorial Limusa. 2000. 33 p.

⁷ Op. Cit, GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, p.11.

5. CRITICIDAD

La criticidad es una metodología que busca la jerarquización y/o priorización de los sistemas, instalaciones, equipos y elementos de los equipos en el proceso de producción o servicio, la finalidad de esta metodología es que por medio de esa priorización se tomen decisiones más acertadas que ayuden a los departamentos de mantenimiento a enfocar sus esfuerzos y recursos en actividades que mantengan la confiabilidad de estas máquinas o sistemas.

La fórmula genérica de criticidad está dada por:

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Consecuencia} \quad (1)$$

Donde la consecuencia se define como:

$$\text{Consecuencia} = ((\text{Impacto Operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto.} + \text{Impacto HSE}) \quad (2)$$

La criticidad en un equipo es clasificada en:

- Crítica (C):
- Medio Crítica (MC):
- No Crítico (NC):

Tabla 1. Valores ponderados para cálculo de Matriz de criticidad.

FRECUENCIA DE FALLAS EN 1 AÑO		COSTO DE MANTENIMIENTO	
Pobre-Mayor a 15 fallas	4	Mayor o igual a 3.000.000	4
Promedio 5 a 15 fallas	3	Entre 1.000.000 y 3.000.000	2
Buena 1 a 5	2	Inferior a 1.000.000	1
Excelente menos de 1	1		
IMPACTO OPERACIONAL		IMPACTO HSE	
Para inmediata de planta/o producción	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7	afecta el ambiente/ instalaciones	7
Impacta en niveles de producción o calidad	4	afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operación producción	1	Provoca daños menores (ambiente-seguridad sin violar normas)	3
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		No provoca ningún tipo de daño	1
No existe opción de producción y no hay función de repuestos	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacén	2		
Función de repuesto disponible	1		

Una vez desarrollada la formula, se procede a ubicar el equipo en la matriz de criticidad.

Tabla 2. Matriz de Criticidad.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

6. PLANEACION Y PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO

Para tener éxito en la ejecución de cualquier trabajo y mucho más en el área de mantenimiento que es la que nos interesa es importante tener muy clara la planeación de las actividades y la programación de las mismas, para así poder alcanzar el objetivo de cada labor que desarrollamos día a día.

La planeación es la etapa antecesora de la programación y es allí donde se analiza la situación actual, se establecen los objetivos de la actividad y se crean estrategias para lograr nuestro objetivo.

La programación es la etapa donde establecemos las prioridades de forma organizada, y donde ubicamos cada actividad que se necesite desarrollar de acuerdo a una secuencia lógica, en esta etapa de programación definimos recurso, responsabilidades fechas y horas de cada trabajo.

Concretando un poco más este tema de planeación y programación nos podemos apoyar en el autor Duffaa en su texto Mantenimiento Preventivo Planeación y Control define la planeación como el proceso mediante el cual se determinan los elementos necesarios para realizar una tarea, antes del momento en que se inicie el trabajo. Y la programación tiene que ver con la hora o el momento específico y el establecimiento de fases o etapas de los trabajos planeados junto con las órdenes para efectuar el trabajo, su monitoreo, control y reporte de su avance.⁸

6.1 PLANEACION.⁹

La planeación en el contexto de mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requerido para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las

⁸ Op. Cit, DUFFAA, Salih O.; RAOUF, A y CAMPBELL, Jhon Dixon. p.191

⁹ Ibid p.193

funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos dibujos necesarios, la hoja de planeación de la mano de obra, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo. En consecuencia, un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir los siguientes pasos:

1. Determinar el contenido de trabajo.
2. Desarrollar un plan de trabajo. Este comprende la secuencia de actividades en el trabajo y el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.
3. Establecer el tamaño de la cuadrilla para el trabajo.
4. Planear y solicitar las partes y los materiales.
5. Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtenerlos.
6. Asignar a los trabajadores con las destrezas apropiadas.
7. Revisar los procedimientos de seguridad.
8. Establecer prioridades (de emergencia, urgente, de rutina y programado) para todo el trabajo de mantenimiento.
9. Asignar cuentas de costos.
10. Completar las órdenes de trabajo.
11. Revisar los trabajos pendientes y desarrollar los planes para su control.
12. Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronóstico.

6.2 PROGRAMACION.

La programación es el proceso donde se le asignan los recursos a cada tarea que se tiene prevista desarrollar, la programación se puede dividir en tres niveles¹⁰ dependiendo de qué tan largos y complejos sean los proyectos.

¹⁰ DUFFAA, Salih O.; RAOUF, A y CAMPBELL, Jhon Dixon. Mantenimiento Preventivo Planeación y Control. Mexico D.F, Editorial Limusa. 2000. 199 p.

El primer nivel está comprendido en un periodo de 1 año a 3 meses, este es denominado como un programa de largo plazo o maestro.

El segundo nivel se ubica en un intervalo de tiempo de una semana, y es denominado programa semanal.

El ultimo nivel el programa diario, el cual cubre las actividades diarias que se tiene que cumplir.

El programa a largo plazo es diseñado a partir de los trabajos de mantenimiento pendiente, existente, mantenimientos preventivos y mantenimientos preventivos de emergencia anticipados. En esta programación se puede identificar los repuestos necesarios y elementos necesarios para cada servicio. Este tipo de programación está sujeto a revisión y actualización continua para reflejar cambios en los planes y trabajos realizados.

Por otro lado el programa semanal es creado a partir del programa maestro, sin embargo el programador tendrá que ajustar este programa incluyendo los trabajos que no se hayan realizado y determinado la prioridad de cada servicio dependiendo del resultado que le haya arrojado la técnica de programación que utilice.

El programa diario nace a partir del programa semanal y es realizado el día anterior del programado, sin embargo se ve un poco afectado por el mantenimiento correctivo que se genera día a día.

6.2.1 Técnicas de programación.¹¹

El objetivo final de la programación es construir una gráfica de tiempo que muestre el tiempo de inicio y terminación para cada trabajo (actividad).

La primera herramienta de programación que se conoció fue la gráfica de Gantt, Figura 4, creada por Henry L. Gantt durante la segunda guerra mundial.

Duffuaa (2002), señala que la gráfica de Gantt es una gráfica de barras que especifica el momento de inicio y terminación de cada actividad es una escala de tiempo horizontal. Su principal desventaja es que no muestra las interdependencias entre los diferentes trabajos.

Figura 4. Diagrama de Gantt



Fuente: <http://jmolina72.blogspot.com/>

Actualmente existen dos métodos muy conocidos para el planteamiento y programación de proyectos.

¹¹ GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Facultad de ingenierías fisicomecanicas, Universidad Industrial de Santander. 2012. 11 p.

Estos métodos son el de ruta crítica (CPM) y la técnica para revisión y evaluación de proyectos (PERT). Estas dos metodologías están basadas sustancialmente en los mismos conceptos, aunque representan algunas diferencias fundamentales. Primero, fueron desarrollados originalmente, los métodos PERT estuvieron basados en estimaciones probabilísticas de la duración de actividades, lo cual dio por resultado una ruta probabilística a través de una red de actividades, y un tiempo probabilista de terminación del proyecto. Los métodos CPM, por su parte, suponen tiempo de actividades constantes o deterministas.

6.2.1.1 Método CPM o ruta crítica.¹²

El objetivo de esta metodología es determinar la duración de un proyecto, concibiendo éste como una cadena de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada.

Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica.

Etapas de CPM

Para utilizar el método CPM o de Ruta Crítica se necesita seguir los siguientes pasos:

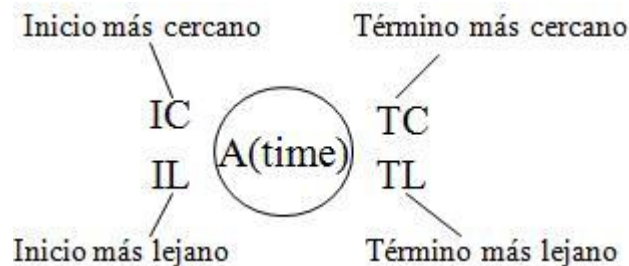
1. Definir el proyecto con todas sus actividades o partes principales.
2. Establecer relaciones entre las actividades. Decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
3. Dibujar un diagrama conectando las diferentes actividades en base a sus relaciones de precedencia.

¹² CPM (Critical Path Method) o Método de la Ruta Crítica, Investigación de Operaciones, [Anónimo].

4. Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
5. Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (Ruta Crítica).
6. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

Por simplicidad y para facilitar la representación de cada actividad, frecuentemente se utiliza la siguiente notación (Figura 5):

Figura 5. Notación del CPM



Fuente: <http://www.investigaciondeoperaciones.net/cpm.html>

Dónde:

IC : Inicio más cercano, es decir, lo más pronto que puede comenzar la actividad.

TC : Término más cercano, es decir, lo más pronto que puede terminar la actividad.

IL : Inicio más lejano, es decir, lo más tarde que puede comenzar la actividad sin retrasar el término del proyecto.

TL : Término más lejano, es decir, lo más tarde que puede terminar la actividad sin retrasar el término del proyecto.

Adicionalmente se define el término Holgura para cada actividad que consiste en el tiempo máximo que se puede retrasar el comienzo de una actividad sin que esto

retrase la finalización del proyecto. La holgura de una actividad se puede obtener con la siguiente fórmula:

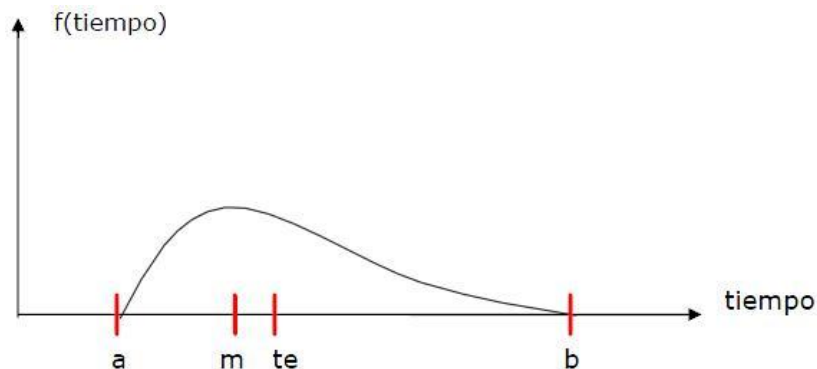
$$\text{Holgura} = \text{IL} - \text{IC} = \text{TL} - \text{TC} \quad (3)$$

6.2.1.2 Evaluación de proyectos (PERT)¹³.

El método PERT (Program Evaluation and Review Technique) es una metodología que a diferencia de CPM permite manejar la incertidumbre en el tiempo de finalización de las actividades.

En este sentido el tiempo de ejecución de las actividades es obteniendo a través de la estimación de 3 escenarios posibles: optimista (a), normal (m) y pesimista (b). El tiempo (aleatorio) que requiere cada actividad está asociado a una función probabilística beta, que ha demostrado ser la que mejor modela la distribución del tiempo de duración de una actividad. A continuación se presenta un gráfico Figura 6 que muestra la función de densidad de probabilidad para la función beta, la cual tiene una asimetría positiva

Figura 6. Densidad de la probabilidad para la función Beta.



Fuente: <http://www.investigaciondeoperaciones.net/pert.html>

Luego, el tiempo esperado (te) y la varianza asociada a cada actividad se obtienen a través de las siguientes fórmulas:

¹³ Idem, <http://www.investigaciondeoperaciones.net/pert.html>

$$te = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \frac{(b-a)^2}{36} \quad (5)$$

7. INDICADORES DE GESTION

Todas las actividades pueden medirse con parámetros que enfocados a la toma de decisiones son señales para monitorear la gestión, así se asegura que las actividades vayan en el sentido correcto y permiten evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades. Estas señales son conocidas como indicadores de gestión.

Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.¹⁴

Es importante para cualquier compañía tener actualizados los indicadores de gestión ya que estos nos permitirán controlar y evaluar los procesos, llevando así a comparar el desempeño y la productividad de los equipos.

7.1 DISPONIBILIDAD.

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 periodo. El objetivo más importante del mantenimiento 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 periodo de tiempo dado.

14 PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Los indicadores de gestión. [online] [Medellin, Colombia],[citado 3 de Noviembre de 2014], Disponible en internet: www.escolme.edu.co/.../gestion.../contenido_u3.pdf

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.¹⁵

Es importante para cualquier empresa tener un porcentaje alto de cumplimiento de disponibilidad de los equipos y poder cumplirlo para lograr mantener la funcionalidad máxima de los equipos y así poder tener más producción, generando ganancias para la compañía.

7.1.1 Parámetros de disponibilidad

Para determinar el índice de disponibilidad se desarrolla la Ecuación 6, empleándose los siguientes parámetros mostrados en la tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de disponibilidad

TBD	Tiempo bruto disponible.tiempo total del periodo de evaluacion
TPP	Tiempo de paradas programadas
TOP	Tiempo de operacion programado.es el tiempo requerido =TBD-TPP
TFS	Tiempo fuera de servicio por paradas no programadas
TEO	Tiempo del equipo en operacion .tiempo en funcionamiento =TOP-TFS
TEA=TPP	Tiempo que el equipo esta apagado pero listo para operar =TDE-TEO
TDE	Tiempo disponible del equipo =TBD-TFS
NO	Número de veces que el equipo estuvo operando
NP	Número de veces que el equipo estuvo en paradas no programadas
TPEF	Tiempo promedio entre fallas
TPPR	Tiempo promedio para reparar
ID	Índice de disponibilidad ,factor de disponibilidad o simplemente DISPONIBILIDAD

Fuente: Carlos Pinilla, Principios de mantenimiento

$$ID = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR} \quad (6) , \text{Donde}$$

¹⁵ BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Facultad de ingenierías fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander. 2011. 154 p.

$$TPEF = \frac{\sum_1^{NO} TEO}{NO} \quad (7)$$

$$TPPR = \frac{\sum_1^{NO} TFS}{NP} \quad (8)$$

DONDE,

$$TEO = TOP - TFS$$

$$TOP = TDB - TPP$$

7.2 MANTENIBILIDAD

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

La mantenibilidad se caracteriza por el TPPR “tiempo promedio para reparar”, ecuación 8. Que es el tiempo requerido para colocar el equipo nuevamente en condiciones de operación después de las fallas, este depende de numerosos factores entre ellos.

- Características de diseño del equipo, su modularidad, estandarización y facilidad de acceso a las partes propensas a falla.
- De la organización y eficiencia de las dependencias de mantenimiento.
- De la destreza de los técnicos de mantenimiento.
- Del equipo humano de mantenimiento disponible.
- De las políticas de mantenimiento, en la empresa.

- De la disponibilidad de equipos para la realización de las pruebas requeridas en el diagnóstico de la falla.

7.3 CONFIABILIDAD

La confiabilidad puede definirse como la probabilidad de que un equipo no falle en servicio durante un periodo de tiempo dado. El tiempo promedio entre fallas (TPEF), ecuación 7. Es un indicativo de la confiabilidad, entre más alto sea el TPEF, mayor es la confiabilidad.

Solamente puede hablarse de confiabilidad cuando, el equipo opere satisfactoriamente dentro de unos límites dados de funcionamiento y durante un periodo de tiempo determinado.

8. ESTRATEGIAS PARA STOCK DE REPUESTOS¹⁶

Los inventarios son almacenamientos de materias primas, repuestos, insumos, productos en proceso o bienes terminados que aparecen a lo largo de la cadena productiva o del proceso logístico de una empresa.

La existencia de inventarios se justifica desde dos hechos posibles:

- La velocidad de demanda es más alta que la producción o aprovisionamiento.
- El tiempo de transporte o de distancia entre el punto de fabricación o comercialización de productos y el punto donde se consumen o donde se requieren para ser usados, son muy grandes.

Los problemas más complejos en el tema de los inventarios, son cuando no están o hay faltantes de referencias utilizadas o cuando hay exceso de estas. El primero genera demoras en los proceso ya que se debe esperar un tiempo en la consecución de la referencia y el segundo puede llegar a generar pérdidas ya que si el insumo no rota constantemente genera exceso de inventario convirtiéndose en referencias obsoletas llevando a disminuir la rentabilidad.

8.1 PARAMETROS A CONTROLAR EN LA GESTION Y MANEJOS DE INVENTARIOS.

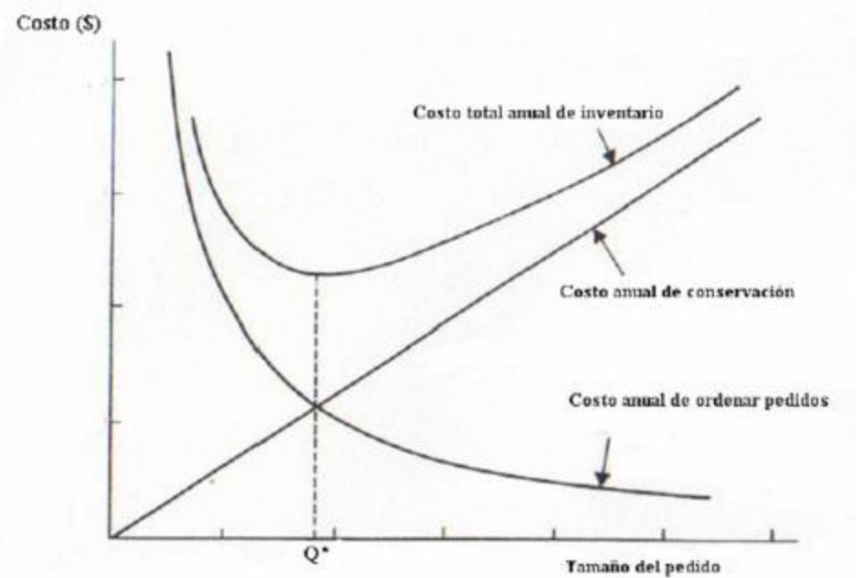
Los dos parámetros básicos a controlar en la gestión y manejo de inventarios son los costos y el nivel de servicio que se le otorga al cliente.

¹⁶ MORA GUTIERREZ, Alberto. Pronósticos de demandas e Inventarios. Medellin.AMG,2012.262-265p.

8.1.1 Costos.

Los principales rubros asociados a los inventarios y a su óptica desde pronósticos son: de pedir, de sostener el inventario, y el costo de oportunidad por agotados en las referencias. (Figura 7)

Figura 7. Costos de inventario.



8.1.1.1 Costos por pedir.

Esta cifra se asocia al mismo hecho de solicitar al proveedor o al fabricante una cantidad definida de referencias, para ser entregadas en un determinado tiempo con especificaciones técnicas y de calidad dadas, esto conlleva costos como: procesamiento del pedido, comunicaciones, elaboración de la documentación, etc.

8.1.1.2 Costos de sostener.

El mantenimiento en si del inventario conlleva una serie de costos asociados como, renta o alquiler del espacio físico volumétrico que se ocupa, costo financiero del valor total de la mercancía almacenada en promedio, costos de seguros e impuestos relacionados con el valor y volumen del inventario que se maneja y costos por obsolescencia.

8.1.1.3 Costos de agotar.

Normalmente la falta de materia prima o productos, cuando estos se demandan y por consecuencia no se pueden entregar a quien los solicita, conlleva a varios costos extras como son: costo de incumplimiento a los clientes, y el costo de pedidos extras o pendientes.

8.1.2 Nivel de servicio.

El segundo gran objetivo de los inventarios es mantener una disponibilidad suficiente de referencia y volúmenes , que logren satisfacer la demanda que se requiere periódicamente , se calcula a partir de las probabilidades de disponibilidad de cada una de las referencias posibles que en forma habitual pide el cliente. Ecuación (9).

$$Nivel\ de\ Servicio = 100 \frac{Cantidad\ no\ entregada\ por\ periodo}{demanda\ total\ del\ periodo} \quad (9)$$

8.2 CATEGORIZACIÓN DE LAS DIFERENTES REFERENCIA DE UN INVENTARIO.

Las formas más tradicionales de manejar los distintos productos de inventarios, son Push y Pull, existen diferencias importantes entre ella, las cuales se irán evidenciado en el desarrollo del capítulo.

Aparece una tercera opción que son los métodos de inventarios de colaboración (CPFR), que se basa en la integración temporal de proveedores y/o fabricantes y/o distribuidores para hacer una planeación conjunta de las necesidades de inventarios de toda la cadena productiva basados en pronósticos de referencia relevantes, este se puede considerar una combinación de push y pull.

8.2.1 Método push.

En el método push los lotes de los pedidos a los proveedores son mayores a los requerimientos, o la capacidad de fabricación de piezas excede la capacidad solicitado el poder adquisitivo es superior a la necesidad, en cualquiera de los eventos anteriores se debe hacer una reasignación de las cantidades a solicitar por referencia, la cual se logra siguiendo los siguientes pasos.

- Estimar la demanda para el siguiente periodo, mediante la técnica de series temporales.
- Calcular el error entre el pronóstico del mes actual y su demanda real.
- Determinar los requisitos netos por referencia que se obtienen de adicionar el pronóstico del periodo siguiente al error de pronóstico del mes anterior.
- Asignar las cantidades a solicitar por cada referencia para el siguiente periodo a partir de excesos.

El método PUSH, se recomienda usar cuando los productos que se ofrecen en el Mercado son poco diferenciados de los demás productos y cuando hay baja demanda de los productos ya que permite tener bajas cantidades de inventarios.

8.2.1.1 Estimación de cantidad de pedido en las referencias PUSH.

En la ecuación 10. Se calcula la cantidad óptima a pedir, con el mínimo costo para reponer inventarios.

$$\text{Costo total de pedir} = \frac{D}{Q} * S + \frac{I * C * Q}{2}, \text{ DONDE (10)}$$

TC: costo total pertinente anual en unidades monetarias (u.m).

Q: tamaño del pedido a realizar para reponer el inventario deseado, de la referencia requerida.

D: demanda anual del artículo en reposición, el cual sucede a una tasa promedio conocida o que se puede pronosticar con series temporales.

S: costo de adquirir, es el costo de lanzar un pedido, en unidades monetarias por pedido.

C: costo de una unidad del artículo en estudio, también se define como el valor de una unidad de la referencia en reposición.

I: costo de manejo de las referencia en bodega o almacenes.

El termino D/Q es el número de veces que se colocan pedidos de esa referencia en un año.

La expresión $Q/2$ representa la cantidad promedio del inventario disponible de la referencia en reposición.

Derivando la ecuación 10, se busca optimizar el valor para determinar la cantidad optima Q a pedir, queda. Ecuación 11

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} \quad (11)$$

El numero optimo pedidos por año es. Ecuación 12.

$$N = \frac{D}{Q} \quad (12)$$

La ecuación 13, hace referencia a el tiempo optimo entre pedidos.

$$T = \frac{Q}{D}, \text{ dado en unidades de tiempo de años} \quad (13)$$

En síntesis los volúmenes a pedir en PUSH por asignación, deben ser como mínimos iguales o superiores, al volumen estimado a solicitar por el Sistema de Q optimo (en función de los costos).

8.2.2 Método pull.

En los artículos PULL el control de inventarios se hace a partir del tipo de demanda especial, que se da en el caso particular. A tal efecto se presentan a continuación, algunos casos especiales de ellos.

8.2.2.1 Demanda una sola vez en el tiempo.

Esta situación se presenta cuando se solicita un lote de productos a gran escala, por ejemplo perfiles en aluminio que se utilizan en ventanas y puertas, fabricante de vidrios para una urbanización, repuestos que son únicos y no sirven en otros equipos. Es importante tener en cuenta que no deben quedar remanentes que se pierdan.

En el desarrollo de la ecuación 14, Se estiman las cantidades únicas a pedir.

$$\text{cantidad unica a pedir} = Q * = P + Z + Sd, \text{ donde} \quad (14)$$

P: pronóstico calculado de demanda total.

Sd: desviación estándar de lo hasta ahora demandado.

La ecuación 15, Nos muestra La probabilidad que permite estimar Z de la distribución normal se da como.

$$\text{Probabilidad} = \frac{\text{utilidad unitaria}}{\text{utilidad unitaria} + \text{perdida unitaria}}, \text{ donde} \quad (15)$$

Utilidad unitaria = venta (o costo total) – precio unitario de adquisición

Perdida unitaria= precio adquisición unitario del proveedor – costo de salvamento

8.2.2.2 Demanda muchas veces en el tiempo, con entrega inmediata

Cuando la demanda es continua en el tiempo, es conocida y los reaprovisionamientos se pueden conseguir de una manera instantánea, por

proveedores locales o cuando se posee fabricación directa. Los costos totales se obtienen a partir de la Ecuación 11, descrita anteriormente.

8.2.2.3 Demanda muchas veces en el tiempo, con entrega no inmediata

Cuando la entrega no se hace en forma instantánea en demanda conocida y continua, si no que requiere de un tiempo de espera (lead time), el pedido debe lanzarse a un nivel NPE (nivel pedido en espera) del inventario de tal manera que el volumen que existe, sea suficiente para atender la demanda durante el tiempo que transcurre entre el instante en que se lanza el pedido y el momento en que este llega. Ecuación 16.

$$NPE = \text{Demandas en unidades de tiempo} \times \text{tiempo de espera (lead time)} \quad (16)$$

8.2.2.4 Demanda continua, entrega no inmediata y velocidad de producción mayor a demanda

Cuando el Sistema de producción trabaja en simultaneo con la demanda y es mayor que esta última, se tiene un factor de multiplicación que afecta el volumen NPE. ecuación 17, en el tiempo entre que se lanza el pedido y las referencias que se solicitan están disponibles.

$$NPE \text{ ajustado} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} * \sqrt{\frac{\text{Produccion}}{\text{Produccion} - \text{Demanda}}} \quad (17)$$

8.2.3 Método de inventario de colaboración (CPFR)

Los sistemas CPFR se fundamentan en cambios y mejoras de los procedimientos tradicionales, basados ahora en un Sistema logístico (colectivo) de los distintos socios, con lo cual se pueden obtener costos mucho más bajos, en toda la cadena de abastecimiento. Permiten elevar el nivel de servicio al cliente y sobretodo, se logra trabajar en todo su dimensión con base en pronósticos de demanda.

8.3 CLASIFICACION ABC

Una vez se selecciona la forma de manejar el Sistema de inventarios, mediante su categorización PUSH, PULL O CPFR, en cada una de ellas se debe jerarquizar mediante la metodología de la clasificación ABC.

El principio ABC jerarquiza los productos o insumos acorde a la cantidad de unidades usadas y al precio de las mismas, el concepto económico que representa el consumo durante un periodo de tiempo es el concepto más importante para definir la categoría A,B,o C , de cada ítem o materia prima.

Para clasificación ABC de inventarios se plantea la ecuación 18.

$$\text{apoyo logístico} = A = \frac{X*(1-Y)}{(Y-X)} \quad \text{Donde,} \quad (18)$$

Y= porcentaje acumulado de la cantidad monetaria anual. Y se calcula según ecuación 19.

$$Y = \frac{X*(1+A)}{(A+X)} = \frac{1+A}{1+A/x} \quad (19)$$

X= porcentaje acumulado de artículos. Y se calcula según ecuación 20.

$$X = \frac{A*(Y-1)}{(1-Y)} \quad (20)$$

Una vez se evalúa A y se encuentra que es muy disímil en las diferentes referencias, se puede concluir que no hay una política de jerarquización y de prioridad en el manejo de inventario.

9 MODELO ACTUAL DEL AREA DE MANTENIMIENTO.

El área de mantenimiento está compuesto básicamente por un jefe de mantenimiento y un auxiliar de mantenimiento; el jefe de mantenimiento es el encargado de cotizar y comprar la maquinaria, herramienta y repuestos que se requieran para las máquinas de la empresa, adicionalmente es el encargado de crear las hojas de vida de los equipos, planear los mantenimientos y de archivar los reportes en la carpeta de cada máquina; el auxiliar es el encargado de ejecutar el programa de mantenimiento y de atender los mantenimiento correctivos.

Las hojas de vida de las maquinas son diligenciadas en un formato Excel que posteriormente es impreso y llevado a una carpeta AZ donde a través del tiempo se le irán adjuntando los reportes de mantenimiento que se le realicen al equipo.

En la zona de mantenimiento se manejan esencialmente dos formatos, uno que corresponde a la solicitud de mantenimiento correctivo, el cual debe ser diligenciado por los operarios y otro que corresponde al reporte del mantenimiento realizado a los equipos que debe diligenciar el auxiliar de mantenimiento; estos dos formatos posteriormente se adjuntan a la hoja de vida de la máquina y son archivados en un folder. El auxiliar de mantenimiento también cuenta con una copia impresa del programa anual de mantenimiento para guiarse en la ejecución de los mantenimientos preventivos sin embargo esta muchas veces es refundida o desechada por deterioro.

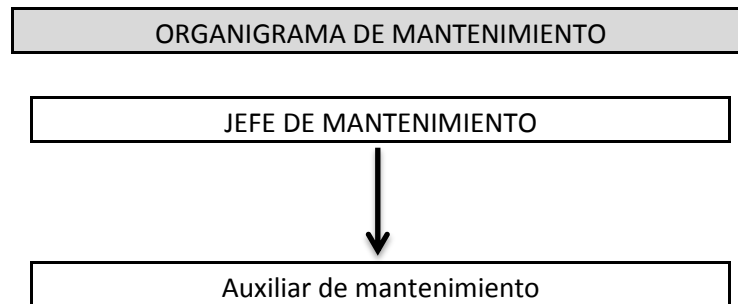
Semanal o mensualmente todos los reportes de los trabajos realizados en la zona de mantenimiento son actualizados en el programa anual para ir llevando un record de la ejecución de mantenimiento realizados.

Desafortunadamente después de archivados los reportes no muy frecuentemente son consultados ya que la búsqueda de algún detalle específico de algún

mantenimiento realizado anteriormente es demorado y tedioso. Es por esto que los mantenimientos se realizan de memoria sin importar que se le había hecho en el pasado al equipo.

9.1 ORGANIGRAMA.

Figura 8. Organigrama de mantenimiento.



Las funciones del personal en este esquema organizacional son:

- Programar el mantenimiento de los equipos y las herramientas. (Jefe de mantenimiento)
- Elaborar y mantener actualizadas las fichas técnicas de las maquinas (Jefe de mantenimiento).
- Ejecutar el mantenimiento Preventivo según la programación (Jefe de mantenimiento y auxiliar).
- Ejecutar el mantenimiento Correctivo según las solicitudes entregadas (Jefe de mantenimiento y auxiliar).
- Diligenciar el reporte de mantenimiento a diario donde describa las actividades realizadas (Jefe de mantenimiento).
- Registrar las recomendaciones a tener en cuenta en los mantenimientos preventivos (Jefe de mantenimiento y auxiliar).
- Realizar los cambios de herramental a las máquinas que lo requieren, tales como cizallas y punzonadoras (Jefe de mantenimiento y auxiliar).

- Cotizar y evaluar posibles proveedores de mantenimiento especializado, realizar compras de máquinas y herramientas y seguimiento a los proveedores (Jefe de mantenimiento).
- Presentar informes y llevar estadística de la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo (Jefe de mantenimiento).

Como se puede apreciar este grupo de dos personas; jefe de mantenimiento y auxiliar de mantenimiento, deben cumplir funciones mecánicas, eléctricas, electromecánicas y de tipo administrativo, lo cual conlleva a incumplir en varias de sus actividades, pero esencialmente en los mantenimientos preventivos.

9.2 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

La Tabla 4 muestra la programación de mantenimiento anual, la cual se realiza a finales del mes de Diciembre y se basa esencialmente en rutinas de inspección y cambio de elementos según lo aconsejen los manuales de operación de los equipos, sin embargo la mayoría de estas frecuencias han sido modificadas de acuerdo a nuestra experiencia y a los hallazgos tenidos en cada revisión.

Esta programación trata de agrupar el mantenimiento en 3 grupos, el primero son las herramientas eléctricas (estas comprenden taladros, pulidoras, llaves de impacto y demás herramienta eléctrica), el segundo grupo son los equipos de soldadura y de corte, y el tercer grupo los equipos automáticos (Taladro y punzonadoras CNC, dobladora, robot, cizalla) el resto de equipos como vehículos, puentes grúa y demás maquinas o herramientas son distribuidas a lo largo del año junto con estos grupos; la finalidad de esta agrupación es que se trate de tener una mejor ejecución del programa, esta metodología facilita que el auxiliar de mantenimiento se mentalice a que durante ese mes van a estar enfocado haciendo mantenimiento a solo herramienta eléctrica por ejemplo y no a otros equipo. En programaciones realizadas antes del 2013 se podían encontrar varios

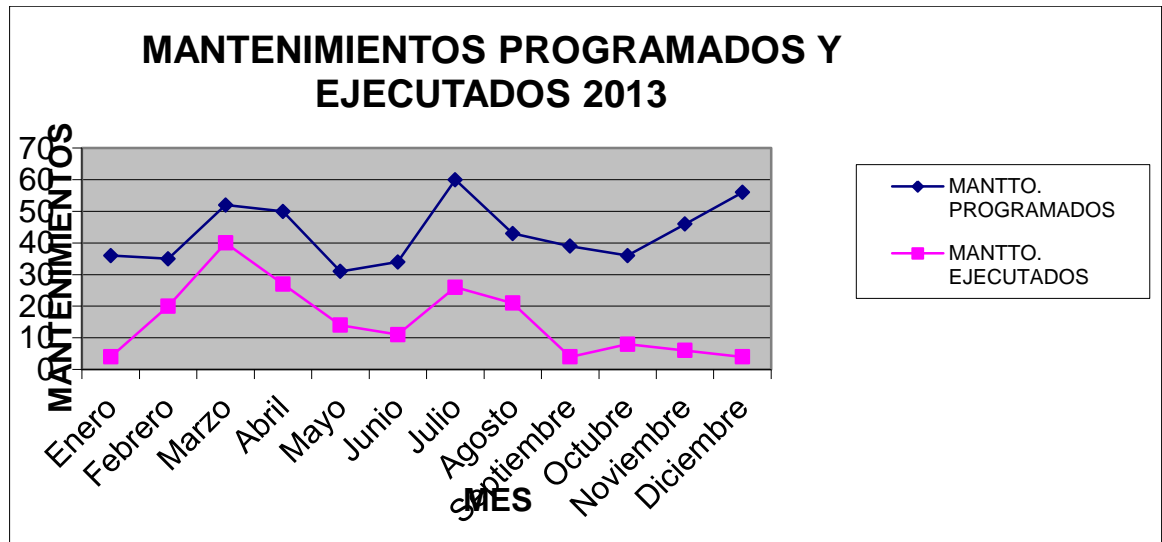
La Tabla 5 nos muestra la relación de la cantidad de los mantenimientos programados en el mes contra los ejecutados, mostrándonos el porcentaje de efectividad obtenido en cada periodo.

Tabla 5. Mantenimientos preventivos ejecutados.

MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS			
MES	MANTTO. PROGRAMADOS	MANTTO. EJECUTADOS	% EFECTIVIDAD
Enero	36	4	11.1%
Febrero	35	20	57.1%
Marzo	52	40	76.9%
Abril	50	27	54.0%
Mayo	31	14	45.2%
Junio	34	11	32.4%
Julio	60	26	43.3%
Agosto	43	21	48.8%
Septiembre	39	4	10.3%
Octubre	36	8	22.2%
Noviembre	46	6	13.0%
Diciembre	56	4	7.1%

La Figura 9 muestra el comportamiento de los mantenimientos de esta empresa, allí se puede apreciar los mantenimiento programados vs los ejecutados, como se puede ver nunca llegan al 100% de lo programado e incluso muy pocos meses sobre pasan el 50% de lo planeado.

Figura 9. Mantenimientos programados y ejecutados 2013.



9.3 EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.

Para la ejecución del mantenimiento preventivo en la actualidad se cuenta con una copia del programa de mantenimiento anual, Tabla 4 en el taller de servicios, con este formato el auxiliar y el jefe de mantenimiento se guía para la ejecución de los trabajos; siguiente a esto se ubica el equipo y se procede a realizar la intervención de este, la cual se debe registrar en el formato “Reporte de mantenimiento” Figura 1010, luego de llenar el reporte, la ejecución de este mismo mantenimiento se debe diligenciar en la copia del programa de mantenimiento anual.

La ejecución del programa se hace aleatoriamente y en los momentos o espacios que se tengan libres por parte del personal, buscando ejecutarlos en el mes que se programaron, si los mantenimientos no se realizan estos se dejarán como no ejecutados y se trataría de ejecutarlos en el próximo mes que le corresponda algún tipo de mantenimiento, en varias ocasiones estos mantenimientos pueden pasar dos o tres periodos sin ser ejecutados lo cual normalmente desencadenan en trabajos de tipo correctivo.

Al finalizar el mes todos los reportes son tomados por el jefe de mantenimiento quien los registra digitalmente en el formato Figura 1111 “Control diario de mantenimiento preventivo y correctivo”, posteriormente los formatos son adjuntados en las carpetas correspondientes a la hoja de vida de cada equipo.

Entre las herramientas que más tiempo toman en ser reparadas encontramos las herramientas eléctricas, equipos de soldadura y compresores portátiles, ya que son equipos que normalmente requieren bastante tiempo para reparación y que adicionalmente poco se le presta atención ya que no afectan en gran proporción la producción de la empresa; por otro lado equipos de izaje como los puente grúas, de corte como la cizalla, de punzonado como los equipos CNC, siempre reciben una respuesta inmediata por parte de todo el personal de mantenimiento y normalmente cuenta con algún repuesto en almacén, lo cual permite que se pueda restablecer su funcionalidad en tiempos muy cortos.

Figura 12. Solicitud de mantenimiento correctivo.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.		SOLICITUD DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO			CODIGO F PPD 003 05	
					Nº _____	
FECHA	HORA	GRUPO	PROCESO	MAQUINA Y/O EQUIPO		REF.
NOMBRE DEL OPERARIO				TURNO		
NOMBRE DEL OPERARIO				TURNO		
DIAGNÓSTICO INICIAL:						
FALLA	ELECTRICA	<input type="checkbox"/>	MECÁNICA	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>
VºBº Jefe de Planta		Recibido Supervisor		Operario		Nombre Recibido MTTO.

Fuente: Sistema de Gestión de calidad de B & V Estructuras metálicas Ltda

9.5 CRITICIDAD.

Actualmente la compañía no cuenta con un estudio de criticidad para sus equipos, En área de mantenimiento se definen como equipos críticos todos los equipos nuevos que llegan a la empresa. Sin embargo estos al pasar del tiempo se olvidan y se les presta atención cada vez que se tiene un mantenimiento correctivo.

9.6 INDICADORES DE GESTION.

El área de mantenimiento no maneja indicadores ya que no son solicitados por ninguna otra área de la empresa ni sus formatos están diseñados para este tipo de información.

Con el ánimo de empezar a mejorar el departamento de mantenimiento empezó a implementar como indicador la relación entre los mantenimientos preventivos programados y los mantenimiento ejecutados, sin embargo los datos nunca hacen parte de una retroalimentación con el personal.

10 PROPUESTA PARA DESARROLLO MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Tradicionalmente, las organizaciones están en la búsqueda constante de la mejora de sus procesos y en la reducción de sus costos operativos, dicha búsqueda ha sido el impulso del surgimiento de nuevos métodos, técnicas, herramientas y demás aspectos que a lo largo del tiempo han sido adoptados por diversas empresas debido a los resultados históricos evidenciados de su aplicación.

Es de vital importancia para una compañía realizar un plan de mantenimiento preventivo, donde por medio de este se asegure o se cumpla en un porcentaje bastante alto, la funcionalidad y el desempeño de las maquinas buscando tener mayor producción y bajando costos en mantenimientos correctivos.

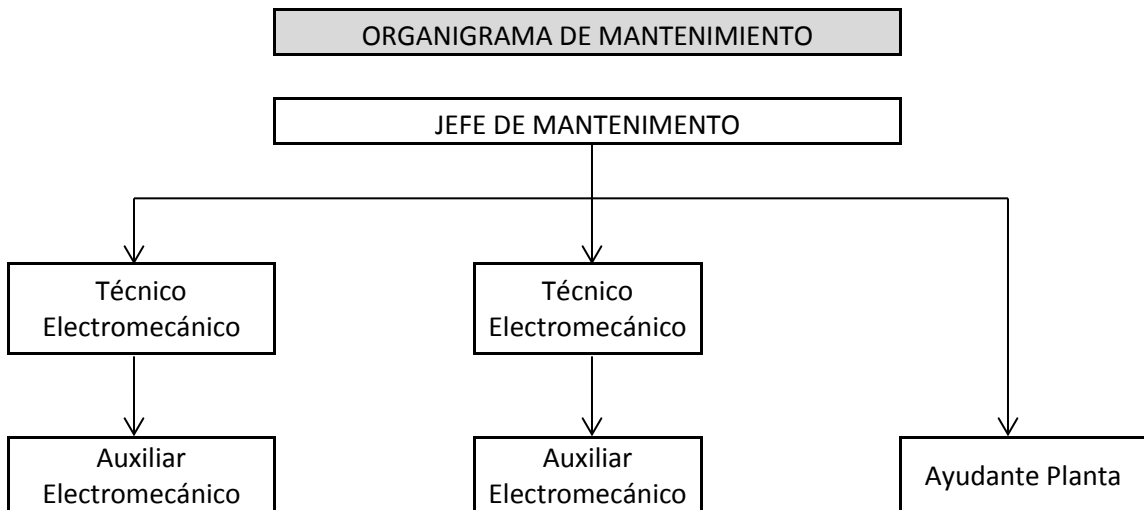
Actualmente el plan de mantenimiento preventivo realizado en la compañía B&V ESTRUCTURA METALICAS, muestra falencia tanto en control de ejecuciones de trabajo, como en la aplicación de rutinas de mantenimiento preventivo dándonos resultados muy bajos en cuanto a cumplimiento de rutinas programadas.

Después de evaluar el programa de mantenimiento actual, se toma la determinación de proponer un plan de mantenimiento preventivo, el cual será analizado y evaluado por la Gerencia de la compañía.

10.1 ORGANIGRAMA.

Es importante para cualquier compañía contar con personal suficiente y altamente calificado para realizar un trabajo específico. Para ello se propone un organigrama de mantenimiento Figura 1313, el cual se propone con el fin de cumplir con los indicadores de mantenimientos preventivos programados en el mes, y reducir los mantenimientos correctivos, logrando así, aumentar la confiabilidad y funcionabilidad del equipo generando mayor producción y rentabilidad.

Figura 13. Organigrama propuesto.



A continuación se relacionan las principales responsabilidades del departamento de ingeniería de mantenimiento.¹⁷

1. Proporcionar todas las seguridades para que no se presenten paros durante las operaciones de producción.
2. Mantener el equipo en su máximo de eficiencia de operación.
3. Reducir al mínimo el costo de mantenimiento, que esté de acuerdo con las especificaciones establecidas.

¹⁷ BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Facultad de ingenierías fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander. 2011. 40 p.

4. Investigar continuamente las causas y remedios de los paros de emergencia.
5. Disponer de una fuerza de trabajo adecuada y adiestrada que cuente con el equipo y herramientas requeridas y que este correctamente supervisada.
6. Organizar y desarrollar programas para el adiestramiento del personal al servicio de mantenimiento, a todos los niveles.
7. Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
8. Dirigir los grupos para llevar adelante el trabajo asignado en tal forma que se desarrolle con seguridad y eficiencia y de acuerdo con los requerimientos de calidad.
9. Conocer todos los proyectos bajo consideración o ejecución que eventualmente se puede convertir en parte de la planta.
10. Establecer y mantener los registros e informes de todo el equipo para proporcionar al departamento de contabilidad toda la información requerida de acuerdo con las prácticas de la compañía.

Funciones.

Jefe de mantenimiento:

- Programar el mantenimiento de los equipos y las herramientas.
- Elaborar y mantener actualizadas las fichas técnicas de las maquinas.
- Establecer los topes de mantenimiento predictivo.
- Dar el visto bueno a las requisiciones de pedidos de materiales y repuestos.
- Resumir el balance general de costos de mantenimiento y establecer el porcentaje de mantenimiento preventivo ejecutado.
- Diligenciar el reporte de mantenimiento a diario donde describa las actividades realizadas.
- Fijar los periodos de vacaciones para el personal de mantenimiento.
- Velar por la correcta utilización del equipo necesitado en las operaciones de mantenimiento.

- Velar por el cumplimiento de HSE.
- Registrar las recomendaciones a tener en cuenta en los mantenimientos preventivos.
- Cotizar y evaluar posibles proveedores de mantenimiento especializado, realizar compras de máquinas y herramientas y seguimiento a los proveedores.
- Presentar informes y llevar estadística de la gestión del mantenimiento preventivo y correctivo

Técnico electromecánico:

- Encargado de ejecutar los mantenimientos programados y no programados, en los tiempos establecidos por el jefe de mantenimiento.
- Realizar los informes de los trabajos realizados.
- Registrar las recomendaciones a tener en cuenta en los mantenimientos preventivos.
- Trabajar cumpliendo con las normas de seguridad y estándares de calidad.
- Reportar cualquier anomalía que se presente dentro del trabajo.
- Velar por su seguridad y la seguridad de las demás personas de equipo de trabajo.

Auxiliar electromecánico.

- Apoyar en todas las actividades de mantenimiento al técnico.
- Realizar inspecciones diarias de los equipos.
- Velar por su seguridad y por la seguridad de las personas del equipo de trabajo.
- Reportar cualquier anomalía que se presente dentro de la compañía.
- Trabajar cumpliendo con todas las normas de seguridad y estándares de calidad

Ayudante de planta:

- Realizar labores de reparaciones tales como, cambio de lámparas, remodelación de planta, arreglos básicos de oficina y demás requerimientos solicitados en la compañía.
- Reportar cualquier anomalía que se presente dentro de la compañía.
- Velar por su seguridad y por los demás miembros del equipo.
- Trabajar cumpliendo con todas las normas de seguridad y estándares de calidad.

10.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DE LA COMPAÑÍA.

La siguiente tabla muestra los equipos en forma resumida, ya que se omitió la duplicidad de las máquinas y herramientas, esto básicamente lo que quiere decir es que el estudio de criticidad no se lo hacemos a las 32 máquinas de soldadura si no a una sola.

Los valores dados a cada ítem de ponderación fueron diligenciados junto al personal de mantenimiento y el registro histórico que se tienen de los mantenimientos correctivos de las máquinas y herramientas, la consecuencia y la criticidad fue hallada a través de la ecuación 1 y 2 mencionadas en el capítulo 5 Criticidad.

Tabla 6. Análisis de Criticidad de los equipos de B & V Estructuras.

ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE FALLA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MANTENIMIENTO	IMPACTO HSE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
1	12	Compresor Tornado	3	10	1	1	1	12	36
2	15	Compresor COMPAIR HOLMAN 400-125 scn-pk-323	2	10	4	2	1	43	86
3	18	Cortadora Universal GAIRU	1	1	2	1	1	4	4
4	36	Equipo de soldadura LINCOLN DC 600 Mig	4	1	1	1	1	3	12
5	41	Equipo de soldadura LINCOLN R3-R400 Revestida	2	1	1	1	1	3	6
6	51	Equipo de Corte por Plasma CEBORA 70	2	1	4	1	1	6	12
7	77	Esmeril con motor SIEMENS de 2HP	2	1	4	1	1	6	12
8	79	Malacate eléctrico con moto reductor DA-902 de HP 5.5	1	7	4	1	3	32	32
9	85	Moto generador LINCOLN motor DIESEL PERKINS (400amp)	1	4	4	1	1	18	18
10	86	Motortool BOSCH GGS27 L	4	1	1	1	1	3	12
11	93	Pantógrafo SILHOUETTE 1000	2	4	4	1	3	20	40
12	94	Planta eléctrica LEORY SOMER 130 KWA 220V	1	10	4	2	3	45	45
13	95	Polipasto eléctrico Modelo ESO-50-S marca KITO.	4	7	2	1	3	18	72
14	97	Prensa hidráulica con motor DELCROSA	1	1	1	1	1	3	3
15	118	Pulidora BOSCH modelo GWS-20-180 P27	3	4	1	1	1	6	18
16	133	Roscadora RIDGID 535	2	4	4	1	1	18	36
17	139	Taladro de árbol MATER BROCHE	2	1	4	1	3	8	16
18	143	Taladro magnético MILWAUKEE 4297-1	3	4	1	1	1	6	18
19	146	Taladro manual BOSCH modelo GBM 16-2	2	1	2	1	1	4	8

20	156	Tortuga para corte de lámina VICTOR	2	4	2	1	1	10	20
21	158	Tronzadora Motor 3.6 HP Siemens 1LA7-094	2	4	2	1	1	10	20
22	165	Maquina taladradora FICEP 1101 DX	3	7	4	2	1	31	93
23	166	Robot de soldadura KUKA KRL6	2	4	4	4	1	21	42
24	167	Camión Kodiak 300 modelo 93 (trailer cap. 10 ton)	3	4	2	2	6	16	48
25	202	Tracto camión FREIGHTLINER	2	7	2	2	6	22	44
26	204	Motobomba HF-42	2	1	4	1	3	8	16
27	205	Compresor de aire de dos pistones	2	4	1	1	1	6	12
28	207	Cizalla Punzonadora Geka Hydracop SD55	2	1	2	1	1	4	8
29	211	Dobladora ERMARK	3	4	4	1	1	18	54
30	212	Tractor Arco sumergido NA-3N	2	7	2	1	1	16	32
31	214	Taladro Makita HR4040C Serie 8789	2	1	2	1	1	4	8
32	223	Cizalla ERMARK	4	4	1	1	1	6	24
33	224	Sierra Mecánica S-10N	3	4	2	1	1	10	30
34	230	Compresor UB-50 SFM (Robot Plasma)	2	4	2	1	1	10	20
35	232	Robot de soldadura KUKA KR 16L	2	4	4	4	1	21	42
36	233	Equipo de soldadura CEBORA CR 52	3	4	4	2	1	19	57
37	234	Equipo de corte por plasma Pro 162	3	4	4	2	1	19	57
38	235	Equipo de soldadura CEBORA CR 52	3	4	4	2	1	19	57
39	259	Tractor automático Gullo Moggy GM 03-300	1	4	4	1	1	18	18
40	275	Sierra Mecanica S-4633SA	3	4	2	1	1	10	30
41	284	Tracto camión INTERNATIONAL	2	7	2	2	6	22	44
42	289	Centro de mecanizado CNC para angulares Ficep A162	3	7	4	2	1	31	93

43	306	Máquina de Punzonado de platinas Ficep P51	3	7	4	2	1	31	93
44	307	Llave de impacto Milwaukee serial 239CD11240480	2	4	2	1	1	10	20
47	310	Taladro magnético MILWAUKEE 4297-1	3	4	2	1	1	10	30
49	312	Atornillador 1/4" Milwaukee ref:6790-20	1	1	2	1	1	4	4
50	315	Biseladora Gullco KBM-18	1	4	4	1	1	18	18
51	316	Tren de granallado pintura GW1500	2	7	4	2	5	35	70
52	317	SIERRA SIN FÍN 1000 mm	2	4	4	1	1	18	36
53	318	Equipo de pintura airless triton	1	4	2	1	1	10	10
54	319	Equipo de pintura airless NX 70 GRACO	1	4	2	2	1	11	11

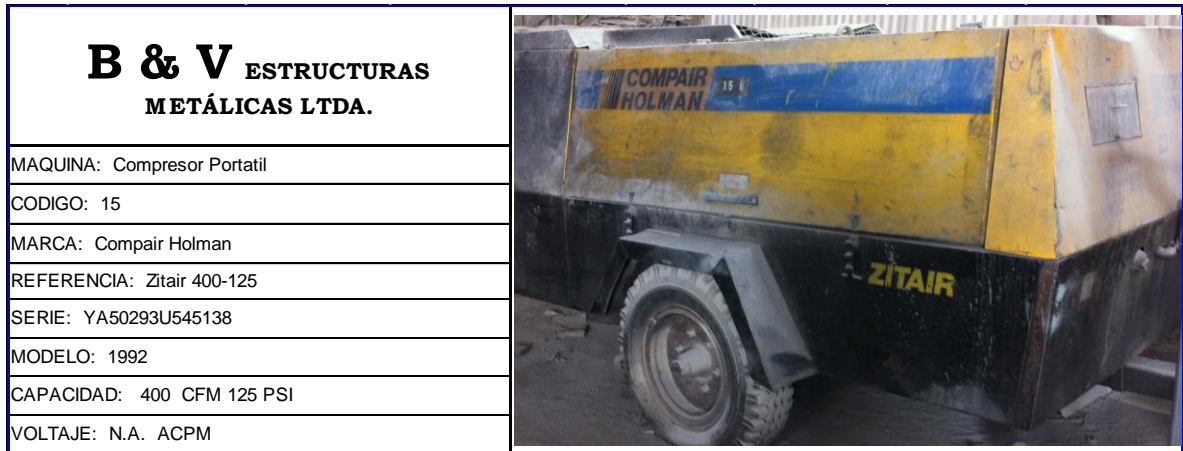
	CRITICO
	MEDIO CRITICO
	NO CRITICO

Después de realizar este análisis de criticidad se pudo determinar que la empresa cuenta con 6 equipos críticos que podrían entorpecer significativamente la producción si alguno de estos falla o si el paro es demasiado largo.

Al ser una empresa que no tiene producción en serie el nivel de automatización se centraliza en la zona de preparación de materiales, y la velocidad de producción de estos equipos es la suficientemente alta como para tener producto terminado en stock permitiendo así que la zona de armado y soldadura pueda continuar sus labores sin verse afectado por reparaciones en tiempos cortos.

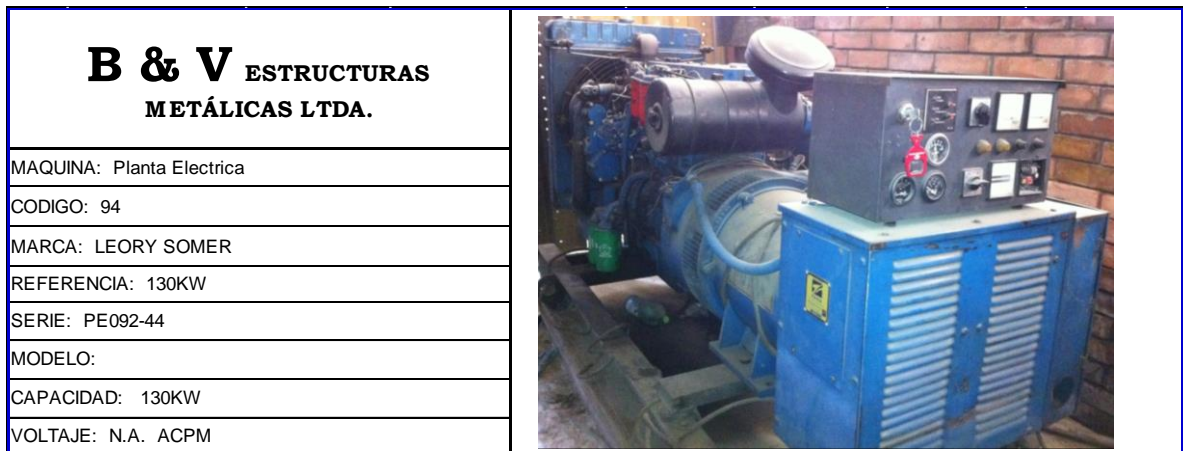
El compresor de la figura 14 es un equipo que solo se usa cuando se tienen cortes de suministro de energía, es por esto que este equipo es denominado como un backup, sin embargo no entra en línea automáticamente cuando se presenta algún fallo energético.

Figura 14 Compresor Holman



La planta eléctrica (figura 15) con que cuenta la empresa no tiene la capacidad necesaria para suplir el 100% de la capacidad de carga energética que la empresa demanda, sin embargo es un equipo de gran importancia ya que en momentos de corte energético esta cubre áreas muy claves como preparación de materiales y las oficinas administrativas.


Figura 15. Planta Eléctrica.



Dada la tendencia en el mundo estructurero hacia las uniones pernadas este equipo es de vital ayuda, ya que perfora de forma automática las vigas y placas

que se le programen, si este equipo (figura 16) falla por un tiempo prolongado la empresa no se paraliza pero si se vuelve demasiado lenta e imprecisa, ya que se retrocedería a tecnologías antiguas como el marcado y centro punteado manual y posteriormente a perforar con equipos manuales.

Figura 16. Taladradora Automática.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	
MAQUINA: Taladradora Automatica	
CODIGO: 165	
MARCA: Ficep	
REFERENCIA: Victory 11 1101 DX	
SERIE: 30113	
MODELO: 2007	
CAPACIDAD: 40 ϕ mm	
VOLTAJE: 440V	

Estos equipos de punzonado (figura 17 y 18) y de taladrado (figura 16) cuenta con la particularidad de no tener representación en Colombia cosa que los hace más críticos ya que los tiempos de entrega de repuestos en Colombia es de aproximadamente 6 días hábiles.

Figura 17. Punzonadora de Angulares.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	
MAQUINA: Punzonadora de Angulos	
CODIGO: 289	
MARCA: Ficep	
REFERENCIA: A 162	
SERIE: 32338	
MODELO: 2010	
CAPACIDAD: 650 KN	
VOLTAJE: 440V 22KW	

Figura 18. Punzonadora de Placas.


B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	
MAQUINA: Punzonadora Platinas CNC	
CODIGO: 306	
MARCA: FICEP	
REFERENCIA: P51	
SERIE: 33107	
MODELO: 2012	
CAPACIDAD: 800 KN.	
VOLTAJE: 400 V 13KW	

Figura 19. Tren de Granallado.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	
MAQUINA: Tren de Granallado Y Pintura	
CODIGO: 316	
MARCA: Gietart	
REFERENCIA: GV1500-GK1500-GN1500	
SERIE: 800.000086 100.40 800.10062 2437720001	
MODELO: 2004	
CAPACIDAD: 1500 x 500	
VOLTAJE: 400 V 50 Hz	

Como se sabe la planta de personal en el área de mantenimiento de esta empresa es muy baja y el conseguir técnicos y personal calificado puede tardar algunos meses sin contar que este sea aprobado por parte de la gerencia; se propone que la prioridad de ejecución de mantenimientos preventivos programados en el formato de la tabla 4 siempre sean estos equipos con la finalidad de que la productividad de la compañía no se vea afectada por daños en estos; adicionalmente proponemos un formato (figura 20) para que se registren diariamente las condiciones operacionales de cada máquina, este formato incluye

un campo de control por horas (horómetro) el cual deberá ser instalado en los equipos en los que no se cuente con este sistema, de este modo se podrá controlar las horas de trabajo real de cada máquina para así poder optimizar el programa general de mantenimiento, dicho formato deberá ser diligenciado por algún auxiliar de mantenimiento o por el técnico.

Adicionalmente a los equipos críticos en el formato (figura 20) se incluyeron otras máquinas que se encuentran en nivel medio de criticidad y por eso esta ruta de inspección es de bastante utilidad para mantenerlos en ese nivel y no dejar que en algún momento su criticidad pase a un nivel alto.

Figura 20. Formato inspecciones diarias

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.		INSPECCIONES DIARIAS					FECHA INICIAL: DD - DD / M / A		FECHA FINAL: DD - DD / M / A	
		EQUIPO	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Observacion
		Horometro								
Planta electrica		Aceite Motor								
Codigo: 94		Refrigerante								
		Combustible								
Sin Fin Julihuang H		Horometro								
Codigo: 318		Aceite Hidra								
		Horometro								
Cizalla HGD 3100-16		Aceite Hidra								
Codigo: 223		Engrase								
		Amperaje								
Ficep Victory 11		Horometro								
Codigo: 165		Aceite Hidra								
		Engrase								
Ficep A162		Horometro								
Codigo: 289		Aceite Hidra								
		Grasa								
Granalladora GW1500		Horometro								
Codigo: 316		Amperaje								
Tren Pintura GV1500		Horometro								
Codigo: 317		Amperaje								
		Horometro								
Compresor ABAC		Aceite Hidra								
Codigo: 16		T. Correas								
		Amperaje								
		Horometro								
Compresor Tornado		Aceite Hidra								
Codigo: 12		T. Correas								
		Amperaje								
Compresor Sullair		Horometro								
Codigo: 11		Aceite Hidra								
		Amperaje								
		Horometro								
Compresor Compair		Aceite Hidra								
Codigo: 10		T. Correas								
		Amperaje								
		Horometro								
		Aceite Hidra								
Compresor Holman		Aceite Motor								
Codigo: 15		Refrigerante								
		Combustible								
		T. Correas								
		Horometro								
Dobladora CNC HAP		Aceite Hidra								
Codigo: 211		Engrase								
		Amperaje								
Sin Fin S-10N		Horometro								
Codigo: 224		Aceite Hidra								
		Aceite Motor								
		Engrase								
Sin Fin S-4633SA		Horometro								
Codigo: 275		Aceite Hidra								
		Aceite Motor								
		Engrase								
Ficep P51		Horometro								
Codigo: 306		Aceite Hidra								
		Grasa								

10.3 PLANEACION Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO.

En B & V Estructuras Metálicas Ltda no se ejecutan grandes proyectos por parte del área de mantenimiento, sin embargo si se evidencia que constantemente se compran equipos que requieren algunos acondicionamientos como espacio, servicio eléctrico, neumático, hidráulico y otros recursos para su funcionamiento, por esto es sugerido que el jefe de mantenimiento y sus técnicos se reúnan para que entre todos puedan identificar las necesidades y recursos que se van a necesitar para estas instalaciones.

Posteriormente a esta reunión el Jefe de mantenimiento debe completar esa planeación y empezar de inmediato la programación de este trabajo con el fin de asignar las tareas y recursos a las personas indicadas.

10.4 INDICADORES DE GESTION.

Anqué el indicador de efectividad en la ejecución de mantenimientos preventivos programados es muy útil para saber cómo va la meta propuesta para el mes, no es más que un indicador que determina si se está atrasado o si va a aun buen ritmo en la ejecución de estos.

Con el fin de poder conocer más a fondo los equipos y herramientas de la empresa es prudente por lo menos implementar los indicadores mundiales de mantenimiento.

- Disponibilidad.
- Mantenibilidad.
- Confiabilidad.

10.4.1 Disponibilidad.

Para el cálculo de la disponibilidad de los equipos de la empresa se sugiera diligenciar el formato (tabla7), allí se deberá registrar por parte del operario del

equipo los tiempos TBD, TPP, TFS, NO, NP, los cuales son descritos en la parte inferior del formato.

Posteriormente al diligenciamiento de este formato los datos tendrán que ser llevados al jefe de mantenimiento para que sea calculada la disponibilidad del equipo.

10.4.2 Mantenibilidad.

Aunque el formato (tabla 7) contiene una columna para el diligenciamiento de las paradas programadas (TPP) no es claro si estas son por mantenimiento o por algún otro tipo de paro, por otra parte el registro de TFS (tiempo de las averías o daños) se presta para ser manipulado ya que el lapso de tiempo entre la falla y la atención puede ser muy largo a causa de demoras en el reporte o en la atención del servicio, por esto se propone una modificación en el formato de reporte de mantenimiento (figura 10), dando la inclusión de una casilla donde se reporte el tiempo de la reparación (tabla 8) y se elimine el de costos, ya que estos no se manejan a nivel operativo si no a nivel gerencial.

10.4.3 Confiabilidad.

Para calcular la confiabilidad de los equipos nos apoyamos en el Formato de parámetros de indicadores de gestión (tabla 7), el cual permite hallar el promedio de los tiempos fuera de servicio por paradas no programadas (TFS) y el número de veces que el equipo estuvo operando.

10.5 PLAN PRE-OPERACIONAL DE EQUIPOS.

Es importante antes de comenzar la operación de los equipos realizar un chequeo general de este por parte del operario siguiendo los planes pre operacionales entregados por el jefe de mantenimiento, ello con el fin de verificar las condiciones del equipo antes de la operación.

Actualmente en B&V ESTRUCTURAS METALICAS, no se cuenta con un plan pre-operacional de equipos, solo se tiene un formato de inspección el cual no es diligenciado por los operarios, por lo tanto no se lleva un registro de esto.

Es importante para implementar un programa pre-operacional concientizar a todos los operarios de las maquinas sobre la importancia de realizar estas inspecciones, ya que se puede tener un programa pero si el personal no es consciente de esto no obtendremos excelentes resultados.

Programa Pre-Operacional de equipos.

- Capacitación, sobre la importancia de realizar la inspección antes de la operación.
- Capacitación en las actividades propias de inspección que debe realizar cada operador.
- Implementación de un nuevos formatos para el uso de maquinaria (figura 21), equipos (figura 22) y herramienta eléctrica (figura 23), los cuales serán

entregados a cada operador para su registro diario, este formato será revisado por el ingeniero de mantenimiento cada semana.

- El formato será entregado al inicio de la semana a cada operador, por parte del ingeniero de mantenimiento.
- Capacitación acerca del manejo del formato, como llenarlo adecuadamente.
- El formato se compone por dos partes; inspecciones a realizar y inspecciones realizadas; el primero estará a cargo del ingeniero de mantenimiento y el segundo de los operarios.
- Si en la inspección se registra alguna anomalía, se debe reportar inmediatamente al ingeniero de mantenimiento.

Figura 21. Formato pre operacional de maquinaria.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	FORMATO PREOPERACIONAL DE USO DE MAQUINAS. (CONTROL SEMANAL)					FECHA: DD - DD / M / A					
						Nombre de la maquina:					
						Código de la maquina:					
I. DIARIO											
					Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1. Limpieza de las áreas de contacto de los rieles											
2. Limpieza de polvo y piedras o arenas acumuladas en la maquina											
3. Desengranar los piñones y mover los carros hasta el límite.											
4. Inspección y limpieza de las boquillas.											
5. Lubricación de herramientas.											
6. Goteo o escapes de aceite en los cilindros.											
7. Verificación del estado de las cuchillas y punzones.											
8. Verificación del centro del punzón y la matriz.											
Nota: Marque con un √ si el ítem se encuentra funcionando bien o con una X si este presenta alguna falla. Encaso que alguno de los ítems no cumpla para la maquina escriba N.A.					Firma						
					Nombre						
II. CADA TRES DÍAS											
					Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1. Engrase de las guías de la cortina porta punzón.											
2. Engrase de las areas marcadas de la maquina (Mq GEKA)											
3. Lubricacion de rieles de desplazamiento											
Nota: Marque con un √ cuando el ítem se cumpla. Encaso que alguno de los ítems no cumpla para la maquina escriba N.A.					Firma						
					Nombre						
IV. SEMANAL											
					Día	Observaciones					
1. Engrase tuerca de translación del sensor de posición											
2. Verificacion del nivel del aceite hidráulico.											
3. Desajuste en tornillería											
4. Escape de aceite en conexiones.											
5. Desajuste en los switch limitadores.											
6. Ajuste de tornillos de las herramientas.											
Nota: Ingrese en la casilla el dia que se realizó el mantenimiento. Encaso que alguno de los ítems no cumpla para la maquina escriba N.A.					Firma						
					Nombre						
V. OBSERVACIONES											

Figura 22. Formato pre operacional de equipos.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	FORMATO PREOPERACIONAL DE EQUIPOS. (Control Semanal)						FECHA: DD - DD / M / A						
							Nombre de la maquina:						
							Código de la maquina:						
I. DIARIO													
							Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1. Estado del cable de acometida													
2. Estado de la clavija del equipo													
3. Ajuste de bornes (positivo-negativo)													
4. Estado de la manguera de gas.													
5. Estado del regulador													
Nota: Marque con un √ si el ítem se encuentra funcionando bien o con una X si este presenta alguna falla. Encaso que alguno de los ítems no cumpla para la maquina escriba N.A.							Firma						
							Nombre						
V. OBSERVACIONES													

Figura 23. Formato pre operacional de herramienta eléctrica.

B & V ESTRUCTURAS METÁLICAS LTDA.	FORMATO PREOPERACIONAL DE HERRAMIENTA ELECTRICA. (Control Semanal)						FECHA: DD - DD / M / A						
							Nombre de la maquina:						
							Código de la maquina:						
I. DIARIO													
							Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	
1. Estado del cable de acometida													
2. Estado de la clavija del equipo													
3. Estado de tuerca de ajuste de disco o del mandril													
4. Elemento de proteccion.													
5. Estado llaves para ajuste de herramienta													
Nota: Marque con un √ si el ítem se encuentra funcionando bien o con una X si este presenta alguna falla. Encaso que alguno de los ítems no cumpla para la maquina escriba N.A.							Firma						
							Nombre						
V. OBSERVACIONES													

10.6 IMPLEMENTAR SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.

Los programas de gestión del mantenimiento han sido una gran ayuda para el desarrollo de la industria, ya que permiten llevar un control de mantenimiento programado de cualquier proceso.

Es importante para B&V ESTRUCTURAS METALICAS, implementar un programa de gestión de mantenimiento que permita controlar las actividades programadas (preventivos) y no programadas (correctivos).

La importancia de implementar el software de mantenimiento en B&V ESTRUCTURAS METALICAS radica en:

- No se tiene un programa definido donde se listen todas las actividades de mantenimiento preventivo.
- Se deben generar órdenes de mantenimientos diarias y ser comunicadas a los técnicos.
- Dar cumplimiento a las actividades programadas en el mes.
- Se debe tener control sobre las horas hombre empleadas en cada equipo.
- Se debe tener registro de hora de inicio y fin de actividades.
- Se debe dejar reporte detallado de actividades realizadas en el equipo.
- Reducir los mantenimientos correctivos, evitando fallas inesperadas.
- Reducir costos por fallos inesperados.
- Reducir paradas de procesos.
- Aumentar rentabilidad de la compañía.

10.7 CAPACITACIÓN AL PERSONAL.

Es importante para cualquier empresa que el personal que ejecute una actividad esté capacitado para realizarla, esto permitirá realizar los trabajos de forma eficiente, cumpliendo con los estándares de calidad y normas de seguridad.

Uno de los problemas presentados en B&V ESTRUCTURAS METALICAS, es que cualquier persona realiza cualquier tipo de actividad, poniendo en riesgo la integridad tanto de la persona, como la confiabilidad del equipo.

Por esto es importante proponer un plan de capacitación integral con temas de formación en áreas técnicas propias de las actividades que cada técnico y ayudante deban desempeñar. Los temas deben hacer énfasis en áreas; mecánica, eléctrica, electromecánica y HSE.

Con las capacitaciones se busca; en el área técnica, elevar o perfeccionar el conocimiento del personal involucrado en el mantenimiento y reparación de los equipos, con el fin de que las actividades se desarrollen con el máximo nivel técnico posible y de una manera segura; y en el área de HSE se busca, mitigar los riesgos potenciales en el desarrollo de cada actividad de mantenimiento, control y prevención en salud pública y cumplimiento a cada uno de los programas de vigilancia epidemiológica.

10.8 PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA EL STOCK DE REPUESTOS.

Es importante para cualquier compañía tener un control de los bienes o insumos que tengan a disposición, esto permitirá tener claridad y una mejor organización de los productos. En muchos casos cuando no se tiene control de los inventarios se puede llevar a la compañía a una crisis económica, ya que solo se generan órdenes de compra y los productos en almacén no salen o no son utilizados llevando a deterioros o hasta pérdidas de los insumos.

Actualmente en B&V ESTRUCTURAS METALICAS LTDA, no se cuenta con un método que categorice los inventarios, ya que no existe un plan estructurado que permita llevar control sobre lo que se tiene y lo que se necesita. El problema principal actual es que las maquinas que se muestran como críticas en el análisis realizado son importadas por lo tanto la consecución de los repuestos es crítica ya

que hay que realizarla con tiempo y al no haber control sobre el consumo de repuestos conlleva a paros de producción por falta de un accesorio de un equipo.

10.8.1 Propuesta.

En B&V ESTRUCTURAS METALICAS LTDA, es importante implementar un plan de mejora para el control de los inventarios ya que es vital en el proceso de producción tener los repuestos necesarios de las máquinas para atender cualquier problema o fallo.

Al ser B&V ESTRUCTURAS METALICAS LTDA, una compañía con equipos importados, con repuestos que no se consiguen en el mercado nacional se propone implementar el método demanda muchas veces en el tiempo, con entrega no inmediata derivado del sistema PULL, ya que con este sistema se controlan las cantidades de repuestos o insumos que se requieran pedir y así mismo se tiene control sobre el tiempo de espera (lead time) de estos aplicando los conceptos de NPE (nivel pedido en espera), para así lograr cero vacíos de insumos en el almacén y generar paros en producción. Después de aplicar el sistema PULL se debe aplicar el principio ABC ya que este nos indica y nos jerarquiza los repuestos o insumos de acuerdo a la cantidad de unidades usadas y a los precios de la misma.

Para llevar registros y control sobre los repuestos o insumos que entran y salen se propone el siguiente formato (tabla 9).

11 CONCLUSIONES.

- Después de analizar los registros pudimos evidenciar la carencia de una buena planeación, programación y ejecución de mantenimientos; reafirmado que era necesario la implementación de un modelo gerencial que permitiera tomar decisiones más asertivas.
- Es de vital importancia que siempre quede registrado por parte de los operarios las condiciones operacionales y el estado de los equipos antes de iniciar operación, de este modo tanto la empresa como el operario se hacen responsables de daños o accidentes.
- La aplicación de un modelo de criticidad nos lleva a tomar decisiones más asertivas para atacar los retrasos de producción que surgen por fallos en los equipos.
- Se encontró que el departamento de mantenimiento realiza mantenimientos preventivos sobre equipos no críticos, dejando a un lado los equipos con mayor grado de importancia en el proceso.
- Para B&V ESTRUCTURAS METALICAS es de gran importancia implementar un modelo de mantenimiento preventivo que le permita establecer rutinas y frecuencia para un óptimo funcionamiento de sus equipos.
- Después de analizar las teorías de inventarios se determinó que la más apropiada para la compañía es el método demanda muchas veces en el tiempo, con entrega no inmediata, derivado del sistema PULL.

- Al implementar los indicadores de gestión se evita que otros procesos de la compañía justifiquen sus demoras en la ejecución de los trabajos.
- Con la implementación de un nuevo organigrama y la delegación de las funciones según el perfil del personal se busca cumplir con el desarrollo de los mantenimientos preventivos.
- La falta de un software de mantenimiento hace que las planeaciones de estos no se diseñe óptimamente ya que no se tiene la facilidad para acceder a la información puntual de cada equipo.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Facultad de ingenierías fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander. 2011.pg 40, 154.

CPM (Critical Path Method) o Método de la Ruta Crítica, Investigación de Operaciones, [Anónimo].

DUFFUA, Salih O. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. Mexico D.F. Mexico: Editorial Limusa S.A., 2000. pg 29, 33,191,193,199

GARCIA, Santiago. Mantenimiento Correctivo – Organización y Gestión de la reparación de Averías. Madrid. España: Renovetec, 2009.p.5-7

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: Facultad de ingenierías fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander. 2012. 11 p.

GRAMSCH SANJINÉS, Ernesto R. Manual de la Gestión del Mantenimiento Industrial. Santiago. Chile: Consultores en Ingeniería de Mantenimiento,2003. p.4-5.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Pronósticos de demandas e Inventarios. Medellin.AMG,2012. 262-265p.

PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Los indicadores de gestión. [online] [Medellin, Colombia],[citado 3 de Noviembre de 2014], Disponible en internet: www.escolme.edu.co/.../gestion.../contenido_u3.pdf