

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



EVALUACIÓN POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS DE LA EMPRESA CALPRE S. A., PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR.

**TRABAJO DE GRADO REALIZADO
POR LOS BACHILLERES:
YETSIRET R. FIGUEROA C. Y
JORGE L. RAMOS B., PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLÍVAR, MARZO 2011

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado intitulado “Evaluación por medio de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) del proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S. A., Puerto Ordaz, estado Bolívar”, presentado por los bachilleres: **Yetsiret R. Figueroa C.** y **Jorge L. Ramos B.**, ha sido aprobado, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

| Nombre: | Firma: |
|------------------------------|--------|
| Profesora Marilín Arciniegas | |
| _____ | _____ |
| (Asesor) | |
| _____ | _____ |
| (Jurado) | |
| _____ | _____ |
| (Jurado) | |

Profesor Dafnis Echeverría
Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial

Ciudad Bolívar, Marzo de 2011.

DEDICATORIA

A *Dios*, por iluminarme el camino a seguir y haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A *mi Madre, Sofía Bogarin*, que ha sido un pilar fundamental en mí vida, digno de ejemplo de trabajo y constancia, que me ha brindado todo su apoyo para alcanzar mis metas y sueños, y ha estado allí cada día de mi vida, compartiendo los buenos y malos ratos desde el día en que nací. Te quiero madre, este triunfo es a gracias a tí.

A *mi Padre, Carlos Ramos*, por haberme guiado siempre por el buen camino, por sus consejos y deseo que saliera adelante, por su apoyo y amor brindado, gracias papá.

A *mis hermanos*, porque siempre he contado con ellos para todo, gracias por el apoyo y cariño que me han brindado y para que también ellos continúen superándose, este triunfo los comparto con ustedes.

A *mis familiares*, por ser parte de mi vida, por su apoyo, amor, colaboración, comprensión y consejos para que saliera adelante, por esa bonita unión que siempre hemos tenido como familia.

Jorge Ramos

DEDICATORIA

A *Dios Todopoderoso*, por darme la fuerza para seguir adelante, por protegerme a lo largo de mi vida y por darme la capacidad para lograr una de las metas más importantes de mi vida.

A mi mamá *Clara Vitdilia*, por estar siempre allí apoyándome y guiándome siempre. Gracias por tu confianza y dedicación... Te Quiero Muchísimo. A mi papá *Aníbal*, por brindarme su apoyo. A papá *Iván*, por el poco tiempo que estuviste a mi lado, estoy segura que te sentirías orgulloso de mí. Físicamente no te encuentras conmigo pero, espiritualmente vives en mi corazón, faltó mucho por conocernos. Nunca te olvidaré...

A mis hermanas *Yaine, Yusdelkis y Yolimar*, por acompañarme, ayudarme y por compartir este sueño conmigo.

A mis sobrinos queridos *Yoiner Alberto, Luis Alejandro, y Víctor* por estar cada momento alegrando mi vida. A mis primas *Gladimar y Gledys*, por que han estado presentes en los momentos compartidos.

A mi tutora *Profesora Marilín Arciniegas*, por orientarnos durante el desarrollo de nuestra investigación.

Yetsiret Figueroa

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, dar gracias a *Dios*, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

A mi madre *Sofía Bogarin*, que siempre me ha dado su apoyo incondicional en todo momento y a quien le debo todo en la vida, por todo el amor que siempre me has brindado, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad. De tí mama es éste triunfo. A mi padre *Carlos Ramos*, por su apoyo, por todo lo que me ha dado en la vida, por sus consejos, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mis hermanos *Juan, Andrés, Caroline y Richard*, por su comprensión, apoyo y por ser parte de mi vida. A Mis *tías*, por haberme brindado todo su apoyo durante toda mi vida, por sus sabios consejos y colaboración que me han ayudado ser la persona y el profesional que soy hoy en día, gracias... A Mis *primos y primas*, por estar siempre a mi lado, pendientes de mis estudios y por sus buenos deseos. A mi tutora académica profesora *Marilín Arciniegas*, por confiar en mí, y brindarme todo su apoyo, colaboración y dedicación para la realización de este trabajo. Gracias...!

Jorge Ramos

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por guiarme para alcanzar este sueño.

A mi mamá Clara Vitdilia, por el apoyo y compañía que has tenido a lo largo de mi vida y en especial en la culminación de mi carrera, este triunfo es tuyo porque gracias a ti logré alcanzarlo.

A mis sobrinos queridos *Yoiner Alberto, Luis Alejandro y Víctor*, llegaron a mi vida para darle mucha alegría. A mis *amigos*, por el buen equipo que integramos a lo largo de la carrera y por todos los momentos compartidos, que fueron muchos. A mi amigo y compañero *Jorge Ramos*, por el apoyo que nos hemos brindado mutuamente a lo largo de nuestra carrera, compartimos muchos momentos juntos y nunca los olvidaré.

A mi tutora Profesora *Marilín Arciniegas*, por dedicarnos el tiempo necesario, por guiarnos, por su apoyo y consejos profesionales en el desarrollo de este trabajo, nuestro trabajo. Muchísimas Gracias...

A mi tutora industrial *Milagros Román*, por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro trabajo en la empresa CALPRE S.A. A nuestra casa de estudio la *Universidad de Oriente Núcleo Bolívar*, por la formación profesional brindada. Gracias a Dios y a todos ustedes

Yetsiret Figueroa

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo general, evaluar por medio de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A. Puerto Ordaz, estado Bolívar. La población al igual que la muestra de ésta investigación estuvo conformada por los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de virolas (6 máquinas, equipos, materia prima y 4 empleados de mano de obra). La recolección de información se realizó a través de: observación directa, técnica que permitió visualizar el proceso de elaboración de virolas, lo cual ayudó a obtener la información en el mismo lugar donde ocurren los hechos; entrevistas estructuradas aplicadas directamente a los cuatro (4) empleados, mediante la cual se logró obtener datos e información de interés formulando preguntas estructuradas en base a los objetivos específicos, gracias a las respuestas obtenidas se recopiló parte de la información necesaria para el desarrollo del análisis. El análisis e interpretación de los datos obtenidos, se realizó: primeramente un diagnóstico de la situación actual del proceso de elaboración de virolas, luego se determinó por medio de un AMEF las fallas presentes en el proceso, posteriormente se priorizaron los modos de fallas identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR), se clasificaron las máquinas en función de su criticidad, para luego proponer las acciones que permitan, prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurran las fallas potenciales. Entre las conclusiones se tiene que: Se pudieron determinar cuatro (4) posibles causas principales que generan fallas al proceso de elaboración de virolas afectando así la productividad estas son materia prima, mano de obra, maquinaria y métodos. De acuerdo al NPR calculado se priorizaron tres (3) actividades del proceso que presentan fallas entre las cuales se encuentran el calandrado de virolas;, el troquelado de 45 TON y el ensamblaje interno de la aleta dentro del envoltorio. Para solucionar, reducir o prevenir estas fallas se elaboró una planificación de actividades de mantenimiento para las máquinas calandra de virola y el troquel de 45 TON que garanticen el buen funcionamiento de las mismas, y que contribuyan al mejoramiento del proceso y calidad del producto.

CONTENIDO

| | |
|----------------------------------------------|------|
| HOJA DE APROBACIÓN | II |
| DEDICATORIA | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| AGRADECIMIENTOS | VI |
| RESUMEN..... | VII |
| CONTENIDO | VIII |
| LISTA DE FIGURAS | XI |
| LISTA DE TABLAS | XII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 3 |
| SITUACIÓN A INVESTIGAR | 3 |
| 1.1 SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 6 |
| 1.2.1 <i>Objetivo general</i> | 6 |
| 1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> | 6 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 6 |
| 1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN | 7 |
| 1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 8 |
| CAPÍTULO II | 9 |
| GENERALIDADES | 9 |
| 2.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA | 9 |
| 2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA | 9 |
| 2.3 MISIÓN DE LA EMPRESA | 10 |
| 2.4 VISIÓN DE LA EMPRESA | 10 |
| 2.5 FUNCIONES DE LA EMPRESA | 11 |
| 2.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL | 11 |
| 2.6.1 <i>Gerente General</i> | 12 |
| 2.6.2 <i>Secretaria</i> | 13 |
| 2.6.3 <i>Jefe de taller</i> | 13 |
| 2.6.4 <i>Soldadores</i> | 14 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6.5 Ayudantes | 15 |
| 2.6.6 Supervisor de mantenimiento..... | 16 |
| 2.6.7 Supervisor de taller..... | 16 |
| 2.6.8 Servicios generales..... | 17 |
| CAPÍTULO III..... | 18 |
| MARCO TEÓRICO..... | 18 |
| 3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 3.2 BASES TEÓRICAS | 21 |
| 3.2.1 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)..... | 21 |
| 3.2.2 Análisis de criticidad (AC)..... | 42 |
| 3.2.3 Mantenimiento..... | 46 |
| 3.2.4 Diagrama de flujo de procesos | 55 |
| 3.2.5 Diagrama de Gantt..... | 56 |
| 3.2.6 Diagrama de causa y efecto | 57 |
| 3.2.7 Glosario de términos..... | 57 |
| CAPÍTULO IV..... | 61 |
| METODOLOGÍA DE TRABAJO..... | 61 |
| 4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 61 |
| 4.1.1 Investigación descriptiva | 61 |
| 4.1.2 Evaluación evaluativa..... | 62 |
| 4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 62 |
| 4.2.1 De campo..... | 62 |
| 4.2.2 Documental..... | 62 |
| 4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN | 63 |
| 4.3.1 Población | 63 |
| 4.3.2 Muestra | 63 |
| 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 64 |
| 4.4.1 Técnicas de recolección de datos..... | 64 |
| 4.4.2 Instrumentos de recolección de datos | 65 |
| 4.5 TÉCNICAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN | 66 |
| 4.5.1 Diagrama de Gantt..... | 66 |
| 4.5.2 Diagrama de flujo | 66 |
| 4.5.3 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)..... | 66 |
| 4.5.4 Diagrama causa – efecto | 67 |
| 4.5.5 Computación..... | 67 |
| 4.6 FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA..... | 67 |
| CAPÍTULO V..... | 70 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | 70 |
| 5.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 70 |
| 5.1.1 Descripción del proceso de elaboración de virolas | 70 |
| 5.1.2 Maquinarias y equipos utilizados | 73 |
| 5.1.3 Análisis de la situación actual de la empresa CALPRE S.A. | 74 |
| 5.1.4 Diagrama causa – efecto | 82 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2 DETERMINACIÓN POR MEDIO DE UN AMEF LAS FALLAS PRESENTES EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS DE LA EMPRESA CALPRE S.A. | 84 |
| 5.3 PRIORIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLAS IDENTIFICADOS DE ACUERDO AL NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NPR) O FRECUENCIA DE OCURRENCIA, GRAVEDAD, GRADO DE FACILIDAD PARA SU DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS EN FUNCIÓN DE SU CRITICIDAD..... | 100 |
| 5.3.1 <i>Clasificación de las máquinas en función de su criticidad</i> | 106 |
| 5.4 PROPUESTA DE LAS ACCIONES PARA PREVENIR, ELIMINAR O REDUCIR LA OPORTUNIDAD DE QUE OCURRAN LAS FALLAS POTENCIALES | 110 |
| 5.5 ELABORACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LAS FALLAS PRESENTE | 116 |
| 5.5.1 <i>Descripción de planificación de las actividades de mantenimiento</i> | 118 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 124 |
| CONCLUSIONES | 124 |
| RECOMENDACIONES..... | 126 |
| REFERENCIAS | 127 |
| APÉNDICES | 129 |
| APÉNDICE A | 129 |
| <i>Diagrama de flujo de proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A, Puerto Ordaz</i> | 129 |
| APÉNDICE B..... | 137 |
| <i>Planificación de las actividades de mantenimiento para la máquina troquel de 45 TON</i> | 137 |
| APÉNDICE C..... | 147 |
| <i>Fotografías de área de estudio</i> | 147 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA CALPRE, S.A. (GOOGLE EARTH, 2010). | 10 |
| FIGURA 2.2 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA. (CALPRE, S.A, 2010). | 11 |
| FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE AMEF. (HORACIO Y PEREIRA, 1995). | 32 |
| FIGURA 3.2 SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN EL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS. (HORACIO Y PEREIRA, 1995)..... | 56 |
| FIGURA 3.6 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO. (HORACIO Y PEREIRA, 1995). | 57 |
| FIGURA 4.1 FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.EXPLORACIÓN PRELIMINAR | 68 |
| FIGURA 5.1 APLICACIÓN DE AMEF EN LA ELABORACIÓN DE VIROLAS. | 75 |
| FIGURA 5.2 FALLAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS... .. | 75 |
| FIGURA 5.3 ELEMENTOS DEL PROCESO QUE HAN PRESENTADO FALLAS..... | 76 |
| FIGURA 5.4 COMPONENTES DE LA MAQUINARIAS QUE HAN GENERADO FALLAS DURANTE EL PROCESO..... | 77 |
| FIGURA 5.5 CAUSAS RESPECTO A LA MANO DE OBRA QUE GENERAN FALLAS EN EL PROCESO. | 78 |
| FIGURA 5.6 CAUSAS QUE OCASIONAN FALLAS EN LA MATERIA PRIMA. | 79 |
| FIGURA 5.7 CAUSAS EN LOS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN QUE OCASIONAN FALLAS EN EL PROCESO..... | 80 |
| FIGURA 5.8 ACTIVIDAD U OPERACIÓN REALIZADA NUEVAMENTE. | 80 |
| FIGURA 5.9 ACTIVIDAD U OPERACIÓN REALIZADA NUEVAMENTE. | 81 |
| FIGURA 5.10 NO EXISTE NINGUNA PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA REDUCIR O ELIMINAR LAS FALLAS. | 82 |
| FIGURA 5.11 DIAGRAMA CAUSA- EFECTO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS. | 83 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| TABLA 3.1 CUADRO DE GRAVEDAD. (HORACIO Y PEREIRA, 1995). | 36 |
| TABLA 3.2 CUADRO DE OCURRENCIA. (HORACIO Y PEREIRA, 1995)..... | 37 |
| TABLA 3.3 CUADRO DE DETECCIÓN. (HORACIO Y PEREIRA, 1995). | 38 |
| TABLA 3.4 ESCALA DE FRECUENCIA. (ZAMBRANO CARLOS, 2006). | 44 |
| TABLA 3.5 CLASIFICACIÓN DE LA SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS. (ZAMBRANO CARLOS, 2006). | 44 |
| TABLA 3.6 MATRIZ MODELADORA DEL RIESGO. RELACIÓN PROBABILIDAD/ CONSECUENCIA. (ZAMBRANO CARLOS, 2006)..... | 45 |
| TABLA 5.1 MÁQUINAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIOLAS. | 73 |
| TABLA 5.2 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIOLAS. | 74 |
| TABLA 5.3 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL (AMEF DE PROCESO)..... | 86 |
| TABLA 5.4 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL (AMEF DE PROCESO)..... | 102 |
| TABLA 5.5 MATRIZ DE CRITICIDAD PARA LAS MÁQUINAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIOLAS DE LA EMPRESA CALPRE S.A..... | 108 |
| TABLA 5.6 RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIOLAS DE LA EMPRESA CALPRE S.A EN FUNCIÓN DE SU CRITICIDAD..... | 110 |
| TABLA 5.7 ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA POTENCIAL (AMEF DE PROCESO)..... | 112 |
| TABLA 5.8 FRECUENCIA DE TRABAJO..... | 119 |
| TABLA 5.9 LOS RESULTADOS DE LA PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PARA LA MÁQUINA CALANDRA DE VIOLAS. | 120 |

INTRODUCCIÓN

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas potenciales, (AMEF), es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total. Es de gran importancia para la industria porque identifica los modos de falla de proceso, evalúa los efectos potenciales en el cliente, identifica las causas de los procesos de manufactura o ensamble e identifica las variables significativas del proceso para enfocar los controles para reducción de ocurrencia o detección en las condiciones de falla.

Por otra parte, CALPRE, S.A es una empresa de capital privado que fue creada en 1978, se encuentra ubicada en la zona industrial de Unare I, Puerto Ordaz, estado Bolívar, y se dedica principalmente a la fabricación de virolas y piezas metálicas a través de métodos óptimos que permitan suministrar y coordinar mano de obra, equipos, instalaciones, materiales acorde al uso, otorgando a los productos calidad, productividad y competitividad.

Cabe señalar que a partir del año 2009 se han venido presentado ciertas fallas que afectan la producción de virolas de la empresa, de acuerdo a esto y a que una de las funciones de la empresa CALPRE S.A es realizar estudios de métodos para eliminar las fallas que se presentan en el área de producción, se consideró necesario necesidad aplicar la técnica o método AMEF al proceso de elaboración de virolas de

la empresa, con el fin de identificar, corregir, minimizar o eliminar las fallas presentes en el proceso.

La investigación se estructura en cinco (5) capítulos. Capítulo I: Situación a investigar, describe el problema objeto de estudio, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación y el alcance de la investigación.

El Capítulo II: Generalidades, presenta información referente a la empresa CALPRE S.A como: reseña histórica, ubicación misión, visión y organigrama de la empresa entre otros.

El Capítulo III: Marco teórico, contempla la información teórica que sustenta la investigación desarrollada, antecedentes de trabajos relacionados con la investigación, bases teóricas, además se incluye un glosario de términos como complemento para mayor comprensión del tema.

El Capítulo IV, comprende la metodología utilizada para la realización de la investigación; incluye: el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra utilizada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, la descripción de los métodos empleados para el análisis de la información y los pasos requeridos para la elaboración del proyecto.

El Capítulo V, contiene el análisis e interpretación de los resultados obtenidos por la aplicación de los instrumentos y técnicas de recolección de datos. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación con el fin de justificar la importancia de la realización del estudio.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Situación objeto de estudio

CALPRE, S.A., es una empresa de capital privado que fue creada en 1978, comenzó con pequeños contratos, promociona a la compañía en el ámbito regional y posteriormente en el nacional, en los actuales momentos es la principal fabricante de virolas para envoltentes de electrodos de los hornos de ferrosilicio, están destinadas para la empresa FERROVEN y de calderas y casetas en todo el área del estado Bolívar. Cuenta con una superficie de 1386 m², la cual está estructurada por un área de elaboración de virolas, un área de elaboración de estructuras generales (calderas y casetas), un área administrativa y un área inhabilitada.

Con la experiencia acumulada en el área metal metálica del mercado han podido crear su propio espacio económico, obteniendo convenios y relaciones óptimas en la ciudad de Puerto Ordaz.

La empresa CALPRE, S.A en el área de elaboración de virolas cuenta con un personal de 4 empleados; un trabajador especializado que desempeña el cargo de jefe de taller y los otros 3 empleados capacitados en los cargos de ayudante, soldador y montador respectivamente, todos desempeñando un solo turno de trabajo.

El área de elaboración de virolas presenta una distribución por proceso y se divide en 4 etapas, estas son: Preparación de envoltentes, preparación de pletinas, preparación de aletas y ensamblaje de virolas.

La investigación realizada se llevo a cabo específicamente en el área de elaboración de virolas, donde se obtuvo información que para el año 2009 la máquina de calandrado que conforma parte del proceso presentó frecuentes fallas a causa de la calidad de la materia prima (láminas de acero A36 de 4,86 mts x 1,20 mts) que eran suministradas por la Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) debido a la dureza que presenta este material tuvo como consecuencias que ciertas piezas de la máquina presentaran fallas, entre estas piezas se encuentran, que los rebordes se dañaran generando defectos en los extremos de la lámina, los engranajes se atascaran, se partieran los ejes y rodamientos, lo que provocó la paralización de la máquina, y por ende el personal que la opera lo que trajo como consecuencia perdidas en la línea de producción en la empresa, cuando se presentan este tipo de fallas se les realiza un mantenimiento correctivo a la máquina.

Después de haber transcurrido cierto tiempo y observando las fallas que sufría el proceso de elaboración de virolas la empresa se vio en la necesidad de recurrir a la empresa FERROVEN para el suministro de la materia prima (laminas de acero A 569 de 4,86 mts x 1,20 mts) las cuales son provenientes de España, con el uso de dichas laminas comenzaron a disminuir las fallas en la máquina pero no en su totalidad y actualmente este es el material que se utiliza para el proceso.

Por otra parte se observó que existe un desempeño reducido del troquel de 45 Ton debido a que presenta deterioro físico de las parte de la máquina a causa de que tiene mucho tiempo en funcionamiento sin recibir ningún tipo de mantenimiento establecido, por lo tanto la capacidad de funcionamiento y la eficiencia es baja. Otro problema que se observó es en el ensamble de la aleta dentro del envolvente, la cual es realizada por medio de soldadura y en ciertas ocasiones se presentan desprendimiento de dicha aleta al ser trasladada al almacén de productos terminados, generando de esta manera pérdida de tiempo durante el proceso, ya que se tiene que

realizar nuevamente la soldadura con la finalidad de que no llegue con defectos al cliente.

De todo lo anterior expuesto, y de acuerdo con las observaciones realizadas se considera necesario ejecutar un análisis sistemático que contribuya a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto del producto como del proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el número de prioridad de riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

De esta manera se apoya no sólo al control de la calidad, sino al mejoramiento continuo del proceso. Si se identifican modos de fallas potenciales se deberán iniciar acciones de mejora para eliminar las causas o ir disminuyendo la ocurrencia en el proceso. Todo esto derivado del interés que se tiene en que el fallo no llegue al cliente, ya que traería como consecuencia molestias e insatisfacción a los mismos, perdiendo prestigio y confiabilidad.

Considerando los problemas anteriormente indicados surgen una serie de interrogantes:

¿Cuál es la situación actual presente en la empresa CALPRE S.A.?

¿Cuál es la prioridad de riesgo de los modos de fallas presentes en el proceso?.

¿Cómo priorizar los modos de fallas identificados en el proceso?.

¿Cómo prevenir las fallas potenciales en el proceso?.

¿Qué medidas se pueden tomar para corregir las fallas presentes en el proceso de producción?.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Evaluar por medio de un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar la situación actual de la empresa CALPRE S.A. ubicada en Puerto Ordaz, estado Bolívar.

2. Determinar por medio de un AMEF las posibles fallas que se puedan presentar en el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A

3. Priorizar los modos de fallas identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR) o frecuencia de ocurrencia, gravedad, grado de facilidad para su detección y clasificación de las máquinas en función de su criticidad.

4. Proponer las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla.

5. Proponer elaborar una planificación de actividades de mantenimiento en las fallas presente.

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se enfoca en evaluar por medio de un análisis de modo y efectos de falla el proceso de elaboración de virolas, debido a que se

presentan deficiencias en el proceso de la empresa. Aportando herramientas que permitan analizar la realidad y comparar distintas alternativas de acción posibles de modo que se puedan prevenir estas fallas, y que contribuyan al mejoramiento del proceso y de calidad del producto.

El objetivo de esta investigación es de evaluar las posibles fallas que se puedan presentar en el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A. Puerto Ordaz – Estado Bolívar, con el objetivo de colocar en el mercado un producto que no presente defectos y que ofrezca la más alta calidad y confiabilidad, por tal motivo en la presente investigación se expone un análisis de modo y efecto de falla.

Es necesario mencionar la importancia que tiene la realización de esta investigación para nosotros como estudiantes, no solo porque nos permitirá dar cumplimiento al último requisito para optar al título de Ingeniero Industrial, otorgado por la Universidad de Oriente, sino porque nos permitirá adquirir habilidades y poner en práctica los conocimientos adquiridos de ingeniería durante nuestra formación y encontrar soluciones a los posibles problemas que se puedan presentar.

1.4 Alcance de la investigación

El alcance de esta investigación permite proyectar un análisis y modo sobre efectos de fallas en el proceso de elaboración de virolas, utilizando para ello un estudio sistemático de las causas y consecuencias que puedan afectar a los elementos del sistema, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección que contribuyan a identificar y prevenir los modos de fallo.

1.5 Limitaciones de la investigación

La investigación no tuvo ningún tipo de limitación ya que toda la información necesaria para llevarla a cabo se obtuvo con mucha facilidad, se pudo tener el contacto directo con los elementos de la producción, se realizaron inspecciones visuales y el personal del área prestó apoyo en la parte técnica.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Reseña histórica de la empresa

CALPRE, S.A es una empresa de capital privado que fue creada en 1978, se encuentra ubicada en la calle Ventuari, sector I, Unare I, Puerto Ordaz - estado Bolívar, cuenta con una superficie de 1386 m², inició sus actividades con un área administrativa y dos galpones, de los cuales uno de ellos se dedicaba a la fabricación y montaje de piezas metálicas industriales y en el otro galpón a la fabricación de piezas como camisas de enfriamiento, codos, paneles en acero inoxidable para la empresa FERROVEN,

En los últimos cinco años se han dedicado principalmente a la fabricación de casetas, calderas y a la elaboración de las virolas para envolventes de los electrodos de los hornos de ferrosilicio que son destinadas a la empresa FERROVEN.

La empresa inicio sus actividades con 4 trabajadores y el dueño, actualmente cuenta con 7 trabajadores sólo en el área de producción. Con la experiencia acumulada en el área metal metálica del mercado han podido crear su propio espacio económico, obteniendo convenios y relaciones óptimas en la ciudad de Puerto Ordaz.

2.2 Ubicación geográfica de la empresa

La empresa CALPRE, S.A se encuentra ubicada en la zona industrial Unare I, Puerto Ordaz, estado Bolívar. (Figura 2.1).



Figura 2.1 Ubicación geográfica de la empresa CALPRE, S.A. (Google Earth, 2010).

2.3 Misión de la empresa

Fabricar piezas metálicas a través de métodos óptimos que permitan suministrar y coordinar mano de obra, equipos, instalaciones, materiales acorde al uso, otorgando a los productos calidad, productividad y competitividad.

2.4 Visión de la empresa

Innovar en los métodos de producción, para tener un alto nivel competitivo en el mercado tanto interno como externo.

2.5 Funciones de la empresa

1. Desarrollar y planificar la ejecución de fabricación y entrega acorde a tiempo estimado con los seguimientos de calidad en el proceso.
2. Garantizar la fabricación del producto acorde a las exigencias del cliente.
3. Realizar estudios de métodos para eliminar las fallas que se presentan en el área de producción.
4. Velar por el buen funcionamiento de los equipos.

2.6 Estructura organizacional

En la figura 2.2 se muestra como se encuentran las secciones del personal que labora en la empresa CALPRE S.A.

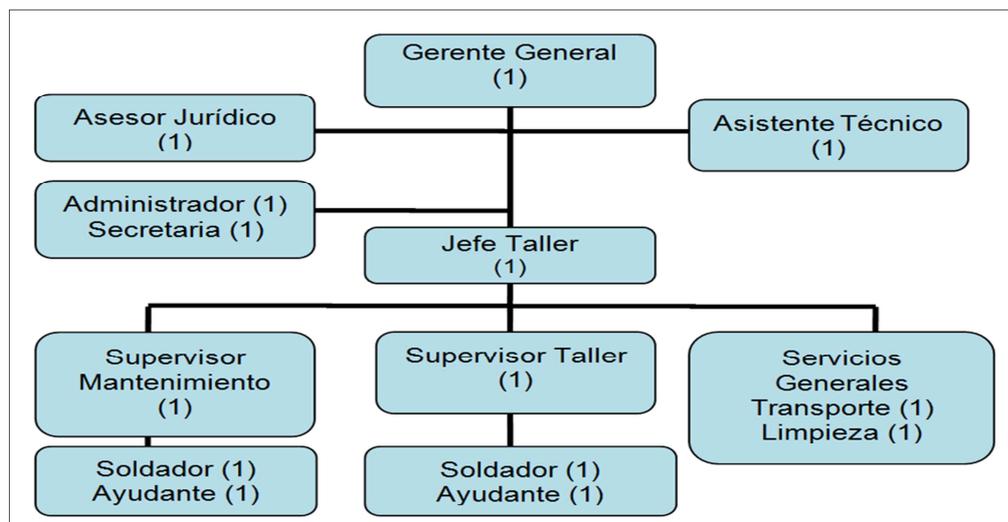


Figura 2.2 Organigrama de la empresa. (CALPRE, S.A, 2010).

2.6.1 Gerente General

Se encarga de planificar, coordinar y administrar las actividades de la empresa tanto en la administración como en la producción.

2.6.1.1 Funciones

- Definir las políticas y objetivo de calidad.

- Decidir con el debido asesoramiento las modificaciones a la organización estructural de la empresa, con el objeto de hacer factible el logro de las políticas de calidad de las mismas.

- Revisión del sistema de calidad.

- Revisión de contratos.

- Aprobación y distribución de documentos.

- Evaluar y seleccionar a los proveedores.

- Velar porque se realice las programaciones y ejecuciones de la producción de acuerdo a las realidades del mercado.

- Representar a la empresa en sus actividades externas.

- Desarrollar y mantener una eficiente relación y cooperación que sea justa y favorable para que exista una saludable armonía y un clima laboral óptimo.

2.6.2 Secretaria

Se encarga de mantener en orden las actividades correspondientes a la documentación de la empresa.

2.6.2.1 Funciones

- Transcribir la documentación.
- Archivar las órdenes de compra.
- Ordenar y archivar información.
- Recibir llamadas y tomar notas de los mensajes.
- Velar por el resguardo y mantenimiento de los equipos de oficina.
- Mantener discreción en la información confidencial.
- Ser atenta con los clientes.
- Archivar precio de los materiales de insumo.

2.6.3 Jefe de taller

Encargado de organizar y orientar al personal a su cargo, en cuanto a las distintas actividades relacionadas con el proceso de producción.

2.6.3.1 Funciones

- Llevar un control de los productos suministrados al cliente.
- Llevar un seguimiento de los procesos operativos.
- Llevar un control de permanencia del personal a su cargo.
- Velar porque se le dé un buen uso a los equipos y herramientas.
- Dar las instrucciones al personal del taller.

2.6.4 Soldadores

Efectúan trabajo de soldadura eléctrica en el proceso de fabricación o reparación de piezas.

2.6.4.1 Funciones

- Planificar detalladamente el procedimiento de trabajo observando las medidas de seguridad.
- Revisar y preparar los equipos, herramientas, instrumentos y demás materiales antes de comenzar el trabajo.
- Solicitar o buscar materiales, equipos y herramientas necesarios para la ejecución del trabajo previa autorización del supervisor.

- Verificar soldadura en el proceso de trabajo conjuntamente con el supervisor.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial.
- Conocer las propiedades y uso de los diferentes tipos de electrodos existente.

2.6.5 Ayudantes

Colaboran con los soldadores y armadores en la producción.

2.6.5.1 Funciones

- Llevar los equipos y herramientas al área donde se va a efectuar el trabajo.
- Mantener el área de trabajo limpia.
- Solicitar o buscar los materiales, equipos y herramientas necesarios para la ejecución de trabajo.
- Cortar la materia prima.
- Realizar las actividades de esmerilado.
- Realizar las actividades de taladrado.
- Realizar las actividades de pintado de piezas.
- Cumplir con las normas de higiene y seguridad industrial.

2.6.6 Supervisor de mantenimiento

Supervisa el mantenimiento preventivo o correctivo, coordina y controla las tareas del personal a su cargo, así como aplica los procedimientos establecidos para garantizar el perfecto estado y uso de las maquinarias y equipos de la empresa.

2.6.6.1 Funciones

- Coordina, supervisa y dirige las tareas que realizan los obreros.
- Estudia e interpreta planos de proyectos y los discute con el supervisor inmediato.
- Atiende directamente las órdenes de reparación y coordina la ejecución de las mismas.
- Estima costos, tiempo y materiales necesarios para la realización de los trabajos de mantenimiento.
- Revisa los trabajos realizados, a fin de dar cumplimiento con lo solicitado.
- Participa en la realización de trabajos complejos de mantenimiento.

2.6.7 Supervisor de taller

Cumple con los objetivos de producción, tanto en calidad, cantidad y tiempo, así como verifica el uso adecuado de las maquinarias y equipos asignados al personal.

2.6.7.1 Funciones

- Verificar asistencia del personal a su cargo.
- Recopilar información.
- Analizar el cumplimiento de las metas diarias.
- Tomar las medidas necesarias para cumplir con las metas de producción.
- Balancear las operaciones en las líneas de producción.
- Elaborar reportes de avance de corte e informar al gerente general de producción.
- Motivar a los operarios.
- Cumplir con las metas de producción diariamente.

2.6.8 Servicios generales

Son los que están conformados por transporte y limpieza.

2.6.8.1 Funciones

- Transportar materia prima y productos terminados
- Mantener limpia el área de trabajo

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de la investigación se refiere a los estudios previos: trabajos y tesis de grado, trabajos de ascenso, artículos e informes científicos relacionados con el tema del estudio planteado, es decir investigaciones relacionadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con la investigación. Al respecto Salkin, Neil señala que: “Los datos de la investigación a menudo se ponen en duda porque se derivan primordialmente de las observaciones de otras, sean las cartas, libros, observaciones directas u obras de arte”.

A continuación se resume la información contenida en algunos de ellos:

1. González, Marian. (2009). “ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE LA GRÚA LIEBHERR LTM 1140, ADSCRITA A LA SUPERINTENDENCIA DE MANEJO DE MINERAL UBICADA EN EL ÁREA DE PIE DE CERRO, CVG BAUXILUM PIJIGUAOS, ESTADO BOLÍVAR”. Realizó su trabajo de grado en la Universidad Gran Mariscal de Ayacucho. C.V.G Bauxilum presenta algunos inconvenientes en cuanto la baja disponibilidad de los equipos, entre estos a la Grúa Liebherr LTM 1140, esto ocasiona un gran impacto económico por la baja productividad y la gran cantidad de fallas. Esto debido algunos inconvenientes en cuanto al mantenimiento preventivo se refiere ya que los mismos no son cumplidos en su totalidad teniendo que recurrir a paradas no programadas por mantenimiento correctivo.

Ante esta situación surgió la necesidad de buscar nuevas alternativas de mantenimiento elevando así la productividad y reduciendo costos por pérdidas de producción, mediante la aplicación de un análisis de confiabilidad usando como estrategias el análisis de modo y efectos de falla (AMEF), se estudiaron las fallas más consecuentes y se elaboro un programa de mantenimiento, arrojando esto como resultado final la reducción de las fallas, la carga de trabajo de mantenimiento, sin reducir la disponibilidad del equipo, y conservando la confiabilidad del mismo.

2. Sosa Torres, Julio Antonio. (2008). “PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LOS MODOS EFECTO DE FALLAS Y CRITICIDAD DE UN TURBO COMPRESOR. CASO: PLANTA PRODUCTORA DE METANOL, MENTOR S.A”. El objetivo del presente trabajo es establecer acciones de mantenimiento que garanticen el funcionamiento del Turbo Compresor K-301 considerado por METOR S.A. como uno de los más importantes dentro de las etapas de producción de Metanol con la aplicación del Análisis de los Modos Efecto de Fallas y Criticidad AMEFC. Para lograr lo antes descrito se inicio con la definición del contexto operacional y la recopilación de los registros de fallas, para identificar aquellas que han afectado el funcionamiento del equipo y luego con la conformación del equipo natural de trabajo identificar los componentes a analizar para cada uno de los equipos.

Posteriormente se empleo el Análisis de los Modos Efectos de Falla y Criticidad, utilizando un formato diseñado por la empresa consultora inglesa The Woodhouse Parthership Ltd. Con la aplicación de este análisis se logro identificar un total de 25 fallas funcionales y 60 modos de fallas para los 16 componentes de la turbina mientras que para el compresor se obtuvieron un total de 11 fallas funcionales y 31 modos de fallas para los 7 componentes estudiados. Tomando en cuenta el tipo de consecuencia de cada falla y empleando el Árbol Lógico de Decisión del MCC Plus, se le asignó una tarea de mantenimiento para cada componente. Conocidas las

tareas propuestas por el AMEFC se procedió a la realización del programa de acciones de mantenimiento el cual generó un total de 68 acciones para la turbina y un total de 42 acciones para el compresor. Con la implementación de los programas de mantenimientos generados por el AMEFC se busca disminuir la ocurrencia de fallas en el equipo a fin de lograr los estándares requeridos por la organización.

3. Pacheco Barreiro, Hugo Andrés. (2009), “DISEÑO DE UN PLAN DE CALIDAD PARA UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA AMEF”. La empresa en la cual se realizó el estudio es una cadena de tiendas de autoservicio vinculada a la comercialización y distribución de productos de consumo hogareño y personal cuya actividad principal es la de realizar la venta al detalle, la presente tesis se desarrolló dentro del principal centro de distribución de esta empresa, la cual se encarga de suministrar productos a sus puntos de venta ubicados en la región costa del país.

En meses recientes se han evidenciado varios problemas operativos en el centro de distribución, tales como: daños a la mercadería, aumento de sobretiempos y errores humanos que ocasionan averías y reprocesos.

En respuesta a los diferentes problemas presentes en el centro de distribución se desarrolló un plan de mejoras sobre uno de sus procesos internos, basado en los principios planificación de calidad. En la primera parte de la tesis se realizó un diagnóstico preliminar para definir el proceso funcional con mayor cantidad de problemas de calidad utilizando la herramienta cualitativa de sumas ponderadas.

Luego, para desarrollar las actividades de jerarquización y control de problemas se utilizó la herramienta AMFE (análisis modal de fallos y efectos). Con ésta herramienta se investigó sistemáticamente los problemas más importantes del proceso

y sus causas. Finalmente se diseñaron acciones correctoras enfocadas a minimizar o eliminar las causas de los fallos que ocasionan mayor influencia negativa al proceso, para lo cual se elaboró un plan de mejoras donde se detallan los costos y beneficios de las soluciones propuestas y la factibilidad de su implantación.

4. Rojas, Jhonmay. (2010). “MEJORA BASADA EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA ELEVAR LA EFICIENCIA OPERATIVA DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA ESTACIÓN DE BAÑO I DE CVG VENALUM, PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR”. Para ello fue necesario realizar investigaciones e indagaciones no estructuradas, análisis de criticidad, diagrama de pareto y la realización de un análisis de modo y efectos de fallas para los equipos más críticos de la estación de baño I.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

3.2.1.1 Reseña histórica: La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejercito de la Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado "Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de Criticabilidad" y elaborado el 9 de Noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos. (Horacio y Pereira, 1995).

En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control. (Horacio y Pereira, 1995).

Posteriormente, en Febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas AMEF para su implementación en la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J - 1739.

Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors; este manual proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF. Actualmente, el AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices americanas y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas a nivel mundial. (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.1.2 Definición AMEF: Es una metodología de un equipo sistemáticamente dirigido que identifica los modos de falla potenciales en un sistema, producto u operación de manufactura / ensamble causadas por deficiencias en los procesos de diseño o manufactura / ensamble. También identifica características de diseño o de proceso críticas o significativas que requieren controles especiales para prevenir o detectar los modos de falla. AMEF es una herramienta utilizada para prevenir los problemas antes de que ocurran. Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

1. Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
2. Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema. Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
3. Analizar la confiabilidad del sistema.
4. Documentar el proceso.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

El AMFE se ha introducido en las actividades de mantenimiento industrial gracias al desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad o RCM -Reliability

Center Maintenance- que lo utiliza como una de sus herramientas básicas. En un principio se aplicó en el mantenimiento en el sector de aviación (Plan de mantenimiento en el Jumbo 747) y debido a su éxito, se difundió en el mantenimiento de plantas térmicas y centrales eléctricas. Hoy en día, el AMFE se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM). (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.1.3 Características del AMEF: Las siguientes características, facilitarán la comprensión de la naturaleza de esta metodología:

1. **Carácter preventivo:** El anticiparse a la ocurrencia del fallo en los productos/servicios o en los procesos permite actuar con carácter preventivo ante los posibles problemas, ayuda a que se mantenga la planificación en las etapas significativas en el diseño y procesos productivos. (Horacio y Pereira, 1995).

2. **Sistematización:** El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMEF asegura, prácticamente, que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas. El estudio por partes y ordenado de los elementos permite comprender a fondo el producto o el proceso, dando paso a la detección de errores coyunturales y no coyunturales, que pueden ser analizados para su pronta solución.

3. **Guía en la priorización:** La metodología del AMEF permite priorizar las acciones necesarias para anticiparse a los problemas dando criterios para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos. Además de anticiparse a los problemas, nos facilita identificar los problemas potenciales, lo que induce a la aplicación de soluciones prioritariamente a estos problemas que pueden estar ya existentes. (Horacio y Pereira, 1995).

4. Participación: La realización de un AMEF es un trabajo en equipo, que requiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas. Deben ser equipos multidisciplinarios, para atacar a los problemas desde cualquier perspectiva.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total.

3.2.1.4 Objetivos del AMEF: Los objetivos principales del AMEF son los siguientes:

1. Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto, y consecuencias importantes respecto a criterios como disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad. (Horacio y Pereira, 1995).
2. Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
3. Identificar las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial y precisar que cada modo de fallo dispone de los medios de detección previstos (detectores, ensayos o inspecciones periódicas).
4. Analizar la confiabilidad del sistema.
5. Documentar el proceso y evidenciar los fallos de modo común.

Al conocer los objetivos del Análisis Modal de Fallos y Efectos, durante su aplicación, los usuarios se pueden enfocar hacia el logro de estos, sin que hayan

desviaciones, de este modo concluir el análisis de una manera exitosa. (Horacio y Pereira, 1995).

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

3.2.1.5 Beneficios del AMEF: Los principales beneficios que se obtienen al aplicar este método son los siguientes:

- Potencia la atención y satisfacción al cliente.
- Potencia la comunicación entre los departamentos, logrando una efectiva interacción y el trabajo en equipo.
- Facilita el análisis de los productos y los procesos.
- Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos, servicios, maquinarias y procesos.
- Reduce los costos operativos.
- Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000, ya que comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que impregna este estándar.
- Mejora la imagen y competitividad de la compañía.

- Documentos y acciones de seguimiento tomadas para reducir los riesgos.

Vale mencionar que, la eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos. (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.1.6 Tipos de AMEF: Existen dos tipos de AMEF según en el marco de la gestión del proceso:

- AMEF de diseño: Sirve como herramienta de optimación para el diseño del producto o servicio. Consiste en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar el fallo posterior en producción. (Horacio y Pereira, 1995).

El AMEF es una herramienta previa de la calidad en la que:

1. Se hace un estudio de la factibilidad para ver si se es capaz de resolver el diseño dentro de los parámetros de fiabilidad establecidos.
2. Se realiza el diseño orientándolo hacia los materiales, compras, ensayos, producción, ya que los modos de fallo con ellos relacionados se tienen en cuenta en este tipo de AMEF.

El objeto de estudio de un AMEF de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición. Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

- AMEF de proceso: Enfocado al proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio. Sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones. Es el "Análisis de Modos y Efectos de Fallos" potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y, en cuanto de él dependa, la fiabilidad de las funciones del producto exigidos por el cliente. En el AMEF de proceso se analizan los fallos del producto derivados de los posibles fallos del proceso hasta su entrega al cliente. (Horacio y Pereira, 1995).

Se analizan, por tanto, los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso (materiales, equipo, mano de obra, métodos y entorno) y cómo éstos influyen en el producto resultante.

Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende sólo del AMEF de proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componen y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas. Sólo puede esperarse una fiabilidad óptima cuando se haya aplicado previamente un AMEF de diseño y un AMEF de proceso en proveedores externos e internos.

En general, los dos tipos de AMEF deben ser utilizados, en una secuencia lógica, durante el proceso global de planificación. Una vez realizado el AMEF de producto/servicio, este pondrá de manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos en aquel. Esto será el punto de partida para el análisis del proceso mediante un nuevo AMEF (AMEF de proceso). (Horacio y Pereira, 1995).

A veces no se puede modificar el producto/servicio ya que viene impuesto, pero se puede hacer uso de la herramienta durante el proceso de su fabricación. El proceso de realización es idéntico para los dos tipos mencionados.

3.2.1.7 Fallo: Este vocablo simplemente significa que un componente o un sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación. Los fallos con respecto a la especificación pueden presentarse en:

- Duración (ciclos).
- Dispersiones lineales (tolerancias).
- Cargas.
- Espesores.
- Acabado superficial.

3.2.1.8 Modo de fallo: Es la manera en que una pieza o sistema no satisface la especificación dada. El modo de fallo es la respuesta a la pregunta: ¿Cómo ha podido fallar el componente o el sistema?.

3.2.1.9 Clasificación de fallas: Las fallas se clasifican de la siguiente manera:

1. Las fallas catastróficas: Conduce a la alteración de la capacidad de trabajo. A esta falla corresponden la ruptura y el cortocircuito; las fracturas, deformaciones y atascamientos de las piezas mecánicas, etc.

2. Las fallas paramétricas: Son fallas parciales que conllevan a una degradación de la capacidad de trabajo, pero no a su interrupción total.

3. Las fallas como hechos casuales, pueden ser independientes o dependientes. Si la falla de un elemento cualquiera de un sistema no motiva la falla de otros elementos, este será un hecho o acontecimiento independiente. Si la falla de un elemento apareció o la probabilidad de su aparición ha cambiado con la falla de otros elementos, esta falla será un hecho dependiente. Análogamente se definen como dependiente o independiente las fallas de sistemas con respecto a las de otros sistemas. (Horacio y Pereira, 1995).

4. Las fallas repentinas (inesperadas): Aparecen como consecuencia de la variación brusca (catastrófica) de los parámetros fundamentales bajo la acción de factores casuales relacionados con defectos internos de los componentes, con la alteración de los regímenes de funcionamiento o las condiciones de trabajo, o bien con errores del personal de servicio, etc.

5. En las fallas graduales se observa la variación suave de los parámetros debido al envejecimiento y al desgaste de los elementos o de todo el sistema.

6. Las fallas estables son aquellas que se eliminan sólo con la reparación o con la regulación, o bien sustituyendo el elemento que fallo.

7. Las fallas temporales pueden desaparecer espontáneamente sin la intervención del personal de servicio debido a la desaparición de los motivos que la provocaron. Las causas de tales fallas frecuentemente son los regímenes y condiciones de trabajo anormales.

8. Las fallas de interrupción: Son las que se producen en el equipamiento en operación interrumpiendo su trabajo. Las fallas de bloqueo impiden el arranque o puesta en funcionamiento de sistemas o componentes sobre la demanda, es decir, bloquean la puesta en funcionamiento de sistemas que están a la espera.

9. Las fallas revelables: Son aquellas que se revelan al personal de operación inmediatamente después de su ocurrencia porque sus efectos se manifiestan directamente en los parámetros de funcionamiento de la instalación tecnológica o se detectan a través del sistema de control. Se trata de fallas de sistemas en funcionamiento, o a la espera con control de sus parámetros.

10. Las fallas ocultas no se relevan al personal de operación por ninguna vía en el momento de su ocurrencia, pero la condición de falla permanente está latente hasta ser descubierta por una prueba o sobre la demanda de operación del sistema en cuestión. Se trata por tanto, de fallas de sistemas que trabajan a la espera.

3.2.1.10 Proceso para la realización del AMEF: A continuación, en la figura 3.1 se muestran los pasos a seguir para la ejecución del AMEF:

De acuerdo al diagrama de flujo para el proceso de AMEF presentado anteriormente en la figura, el desarrollo de cada uno de sus pasos debe realizarse de la siguiente manera:

- Paso 1: Selección del grupo de trabajo: El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimientos del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMEF.

Se designará un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica del AMEF y, por tanto, sea capaz de guiar al equipo en su realización (Figura 3.1).

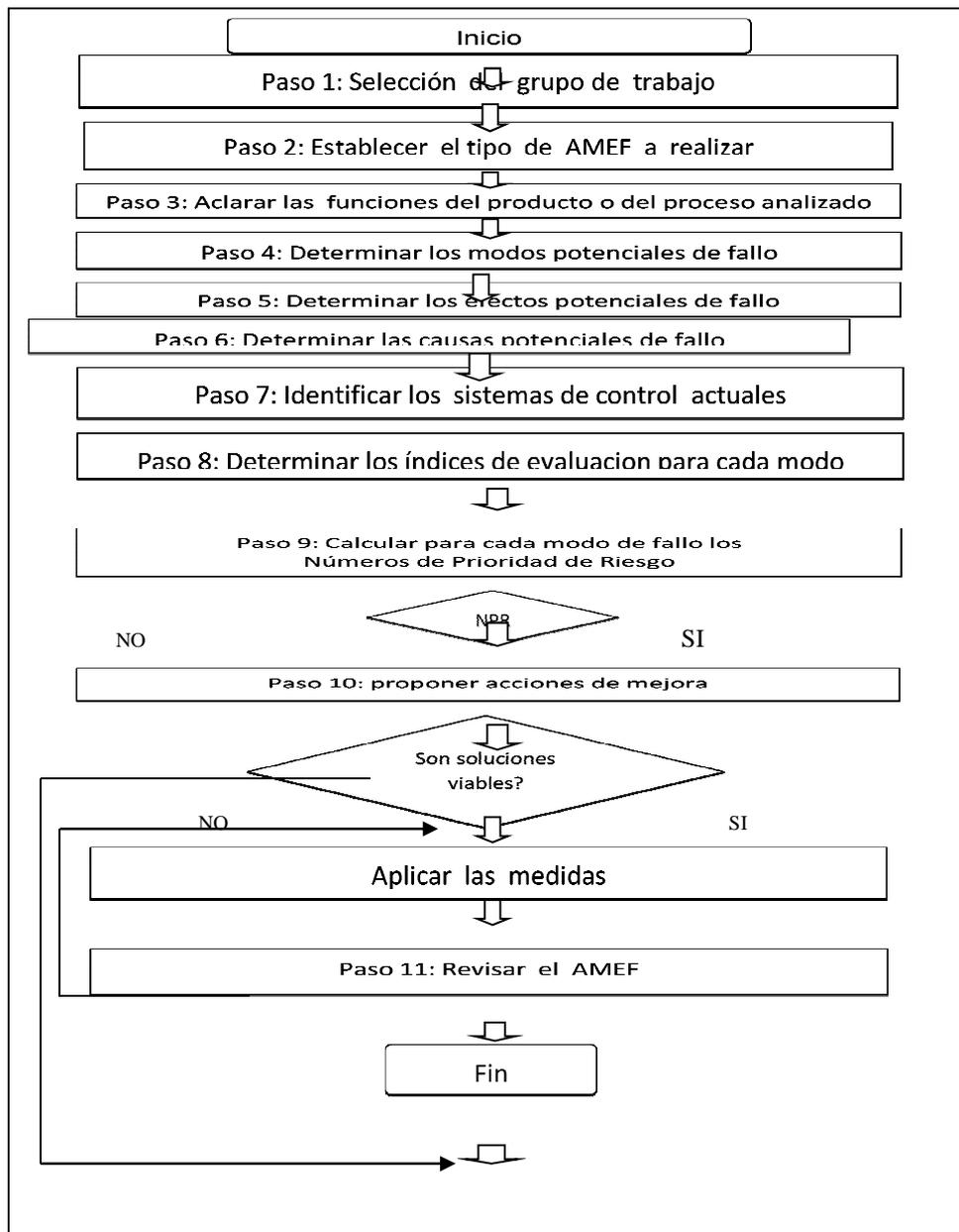


Figura 3.1 Diagrama de flujo para el proceso de AMEF. (Horacio y Pereira, 1995).

- Paso 2: Establecer el tipo de AMEF a realizar, su objeto y límites: Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación del AMEF.

El objeto del estudio no debería ser excesivamente amplio, recomendando su subdivisión y la realización de varios AMEF en caso contrario.

Para el cumplimiento de este paso se requiere un conocimiento básico, común a todos los integrantes del grupo, del objeto de estudio. En el caso de un AMEF de proceso, se recomienda la construcción de un diagrama de flujo que clarifique el mismo para todos los participantes.

- Paso 3: Aclarar las prestaciones o funciones del producto o del proceso analizado: Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los modos de fallo potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes. Se expresarán todas y cada una de forma clara y concisa y por escrito.

- Paso 4: Determinar los Modos Potenciales de Fallo: Para cada función definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles modos de fallo. Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea, por ejemplo:

AMEF anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.

Estudios de fiabilidad.

Datos y análisis sobre reclamos de clientes tanto internos como externos.

Los conocimientos de los expertos mediante la realización de tormentas de ideas o procesos lógicos de deducción.

En cualquier caso, se tendrá en cuenta que el uso del producto o proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán también los modos de fallo consecuencia del uso indebido.

- Paso 5: Determinar los Efectos Potenciales de Fallo: Para cada modo potencial de fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente. Al decir cliente, se refiere tanto al cliente externo como al interno. Cada modo de fallo puede tener varios efectos potenciales.

- Paso 6: Determinar las Causas Potenciales de Fallo: Para cada Modo de Fallo se identificarán todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas.

Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas Causa-Efecto, Diagramas de Relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

- Paso 7: Identificar sistemas de control actuales: En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el modo de fallo resultante.

Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similares al objeto de estudio.

- Paso 8: Determinar los índices de evaluación para cada Modo de Fallo: Existen tres (3) índices de evaluación:

Índice de gravedad (G): Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el cliente.

La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de gravedad", y que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones.

Cada una de las causas potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo índice de gravedad. En el caso de que una misma causa pueda contribuir a varios efectos distintos del mismo modo de fallo, se le asignará el índice de gravedad mayor. (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Cuadro de gravedad. (Horacio y Pereira, 1995).

| Criterio | Clasificación |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Irrazonable esperar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento del producto o servicio. Probablemente el cliente no podrá detectar el fallo. | 1 |
| Baja gravedad debido a la escasa importancia de las consecuencias del fallo, que causarían en el cliente un ligero descontento. | 2 3 |
| Moderada gravedad del fallo que causaría al cliente cierto descontento. Puede ocasionar retrabajos. | 4 5 6 |
| Alta clasificación de gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en el cliente un alto grado de insatisfacción sin llegar a incumplir la normativa sobre seguridad o quebrando las leyes. Requiere retrabajos mayores. | 7 8 |
| Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción del cliente, o puede llegar a suponer un riesgo para la seguridad o incumplimiento de la normativa. | 9 10 |

Índice de Ocurrencia (*O*): Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo por cada una de las causas potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia". Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles

actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa potencial del fallo. (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Cuadro de ocurrencia. (Horacio y Pereira, 1995).

| Criterio | Clasificación | Probabilidad |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjese el fallo. | 1 | 1/10.000 |
| Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un numero relativo bajo de fallos. | 2 | 1/5.000 |
| | 3 | 2/2.000 |
| Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones. | 4 | 1/1.000 |
| | 5 | 1/500 |
| | 6 | 1/200 |
| Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia | 7 | 1/100 |
| | 8 | 1/50 |
| Muy alta probabilidad de ocurrencia. Se produciría el fallo casi con total seguridad. | 9 | 1/20 |
| | 10 | 1/10 |

Índice de Detección (*D*): Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección". (Tabla 3.3)

Para determinar el índice D se supondrá que la causa de fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el modo de fallo resultante.

Los tres (3) índices anteriormente mencionados son independientes y para garantizar la homogeneidad de su evaluación, éstas serán realizadas por el mismo grupo de análisis.

Tabla 3.3 Cuadro de detección. (Horacio y Pereira, 1995).

| Criterio | Clasificación | Probabilidad |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles. | 1 | 1/10.000 |
| Baja probabilidad de que el defecto llegue al cliente ya que, de producirse sería detectado por los controles o en fases posteriores del proceso. | 2 | 1/5.000 |
| | 3 | 2/2.000 |
| Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. | 4 | 1/1.000 |
| | 5 | 1/500 |
| | 6 | 1/200 |
| Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes. | 7 | 1/100 |
| | 8 | 1/50 |
| Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. Este está latente y no se manifestaría en la fase de fabricación del producto. | 9 | 1/20 |
| | 10 | 1/10 |

- Paso 9: Calcular para cada Modo de Fallo Potencial los Números de Prioridad de Riesgo (NPR): Para cada causa potencial, de cada uno de los modos de fallo potenciales, se calculará el número de prioridad de riesgo multiplicando los Índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes.

$$\text{NPR} = \text{G} \cdot \text{O} \cdot \text{D} \quad (3.1)$$

Donde:

G = Gravedad

O = Ocurrencia

D = Detección

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1.000, correspondiendo a 1.000 el mayor potencial de riesgo. El resultado final de un AMEF es, por tanto, una lista de modos de fallo potenciales, sus efectos posibles y las causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el cliente.

- Paso 10. Proponer acciones de mejora: Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse acciones de mejora para reducirlos. Se fijarán, asimismo, los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones. Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras).

En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes). Finalmente, se registrarán las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adoptado.

- Paso 11. Revisar y seguir el AMEF: El AMEF se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los Índices de Gravedad, Ocurrencia y Detección y recalculando los Números de Prioridad de Riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las acciones de mejora.

3.2.1.11 Interpretación del AMEF

El AMEF es una herramienta útil para la priorización de los problemas potenciales, marcándonos mediante el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) la pauta a seguir en la búsqueda de acciones que optimicen el diseño de un producto/servicio o el proceso planificado para su obtención. Los puntos prioritarios en la actuación serán, (Horacio y Pereira, 1995):

- Aquellos en que el Número de Prioridad de Riesgo es elevado.
- Aquellos en que el Índice de Gravedad es muy elevado aunque el NPR se mantenga dentro de los límites normales.

Las acciones que surgen como consecuencia del análisis del resultado del AMEF pueden ser orientadas a:

- Reducir la gravedad de los Efectos del Modo de Fallo: Es un objetivo de carácter preventivo que requiere la revisión del producto/servicio. Es la solución más deseable pero, en general, la más complicada. Cualquier punto donde G sea alto debe llevar consigo un análisis pormenorizado para asegurarse de que el impacto no llega al cliente o usuario. (Horacio y Pereira, 1995).
- Reducir la probabilidad de Ocurrencia: Es un objetivo de carácter preventivo que puede ser el resultado de cambios en el producto/servicio o bien en el proceso de

producción o prestación. En el caso en que se produzca el fallo, aunque éste no llegue al cliente o su gravedad no sea alta, siempre se incurre en deficiencias que generan un aumento de costes de transformación.

- Aumentar la probabilidad de Detección: Es un objetivo de carácter correctivo y, en general, debe ser la última opción a desarrollar por el grupo de trabajo, ya que con ella no se atacan las causas del problema. Requiere la mejora del proceso de control existente.

3.2.1.12 El papel del AMEF en los sistemas de calidad: Se pueden considerar como los objetivos principales de cualquier sistema de calidad, la prevención y la solución de problemas.

Para la prevención de problemas los sistemas de calidad emplean el Despliegue de la Función Calidad (QFD), el Análisis del Árbol de Falla (FTA), el Análisis de Árbol de Falla Reverso (RFTA), la Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP) y el AMEF, éste último es empleado tanto de manera directa como indirecta a través de la APQP y del Diseño de Experimentos (DOE), el cual es un elemento importante para la prevención y la solución de problemas; en cuanto a ésta última los sistemas de calidad utilizan principalmente el mejoramiento Continuo, el Sistema Operativo de Calidad (QOS), las ocho disciplinas para la solución de problemas (8D) y el Plan de Control, cuya elaboración requiere directamente del AMEF, de herramientas de Control Estadístico de Proceso (SPC) y la consideración de las características especiales establecidas a través del AMEF. (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.1.13 Relación del AMEF con las normas ISO 9000: Las normas ISO 9000 solo definen directrices y modelos, no indican procedimientos a ser implementados ni las estrategias correspondientes que deberán ser definidas por cada empresa. (Horacio y Pereira, 1995).

La serie ISO 9000 es especialmente aplicable cuando es necesario comprobar al cliente, como requisito contractual, que están siendo considerados un conjunto de parámetros de calidad previamente establecidos. En estos casos, el cliente exige contractualmente la comprobación de la calidad, no sólo del proyecto de desarrollo.

Entre los requerimientos establecidos en la norma 9000:2000 se hace referencia al control de diseño y al control del proceso, en sus cláusulas se establece como requisito la verificación de los mismos incluyendo un análisis de fallas y de sus correspondientes efectos. Esta verificación debe confirmar que los datos resultantes del proyecto cumplen las exigencias establecidas, a través de actividades de control de proyecto, tales como la realización y registro del análisis crítico de proyecto. El AMEF puede ser considerado particularmente como uno de los métodos más útiles y eficientes para tal fin. (Horacio y Pereira, 1995).

Aunque es muy valioso como una técnica de advertencia temprana, la prueba definitiva viene dado por el uso del producto por parte del cliente. Sin embargo la experiencia de campo llega demasiado tarde, y es aquí donde resalta la importancia de que ésta sea precedida por el AMEF para que las empresas puedan simular el uso de sus productos y procesos en el campo de trabajo.

3.2.2 Análisis de criticidad (AC)

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de optimizar el proceso de asignación de

recursos (económicos, humanos y técnicos). El término “crítico” y la definición de criticidad pueden tener diferentes interpretaciones y van a depender del objetivo que se está tratando de jerarquizar. (Zambrano, Carlos. 2006).

Para aplicar AC se deben: definir los alcances y propósitos del análisis; establecer criterios de importancia y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección del sistema objeto del análisis.

El análisis se realiza vía tormenta de ideas en una reunión de trabajo con un grupo multidisciplinario entre los que se encuentran la línea supervisora y trabajadores de operaciones y mantenimiento, ingeniería de procesos o infraestructura, analista de mantenimiento (preventivo/predictivo), con la finalidad de unificar criterios y validar la información. (Zambrano, Carlos. 2006).

Generalmente los criterios establecidos para AC son: Seguridad, Ambiente, Producción, Costos de Operación, Costos de Mantenimiento, Frecuencia de Fallas y Tiempo Promedio para Reparar. (Zambrano, Carlos. 2006).

Con estos criterios, se genera un modelo de criticidad definido por:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad (3.2)$$

El riesgo se modela mediante una matriz en donde se exponen en el eje de las ordenadas las probabilidades de falla de cada uno de los equipos, mientras que en el eje de las abscisas se encuentra la severidad de las consecuencias. El objetivo final es determinar niveles de riesgo. Para determinar la matriz modeladora del riesgo se establecen rangos de escalas de frecuencia y una clasificación de la severidad de las consecuencias, una vez establecidos los niveles de probabilidad y de consecuencias se

procede a construir la matriz modeladora del riesgo (que se utiliza para determinar la criticidad), tal como se muestra en las tablas 3.4 - 3.6.

Tabla 3.4 Escala de frecuencia. (Zambrano Carlos, 2006).

| Escala | Tipo de Evento | Probabilidad |
|---------------|----------------------------|---------------------|
| 1 | Extremadamente improbable. | 1.10^{-6} |
| 2 | Improbable. | 2.10^{-5} |
| 3 | Algo Probable. | 4.10^{-4} |
| 4 | Probable. | 8.10^{-3} |
| 5 | Muy Probable. | 2.10^{-1} |

Tabla 3.5 Clasificación de la Severidad de las Consecuencias. (Zambrano Carlos, 2006).

| Nivel | Severidad de las Consecuencias |
|--------------|---------------------------------------|
| A | No severas |
| B | Poco Severas |
| C | Medianamente Severas |
| D | Severas |
| E | Muy Severas |

Tabla 3.6 Matriz Modeladora del Riesgo. Relación Probabilidad/ Consecuencia.
(Zambrano Carlos, 2006).

| MATRIZ DE CRITICIDAD | | CONSECUENCIA | | | | |
|----------------------|---|--------------|-------|-------|----------|----------|
| | | A | B | C | D | E |
| PROBABILIDAD | 5 | Medio | Alto | Alto | Muy alto | Muy alto |
| | 4 | Medio | Medio | Alto | Alto | Muy alto |
| | 3 | Bajo | Medio | Medio | Alto | Muy alto |
| | 2 | Bajo | Bajo | Medio | Alto | Alto |

3.2.2.1 Criticidad de los equipos: Son los equipos que al fallar pueden afectar la seguridad del personal, el entorno ambiental, provocar un paro de la producción o incrementar el costo de mantenimiento, especialmente si afecta a los clientes donde su objetivo es priorizar el esfuerzo de mantenimiento, enfocado a la satisfacción del cliente. Los criterios para analizar la criticidad pueden ser los siguientes: seguridad, medio ambiente, producción, costos, tiempos medio para reparar, frecuencia de falla y calidad. (Zambrano, Carlos. 2006).

- Importancia crítica A: un equipo no debe fallar, si este falla, habría que cerrar la planta, parte de la planta, o una línea de producción y ello ocasionaría una gran pérdida económica. Un equipo cuya falla ocasionaría daños corporales

(accidentes) a los empleados, tales como grúas, elevadores, montacargas. Un equipo cuya falla ocasionaría importantes daños ambientales (aceite, derrame de producto químico), etc.

- Importancia crítica B: Un equipo que no debería fallar, continua siendo un equipo importante, pero una avería en esa máquina no tendrá un fuerte impacto en la planta (equipo redundante disponible; una avería de poca duración tiene poco impacto sobre la producción).

- Importancia crítica C: Todo el resto, equipos que no se utilizan con frecuencia, etc. Índice de criticidad: a) Grave (ejemplo: parada de línea), b) Importante (ejemplo: disminución del ritmo productivo) y c) No importante o no afecta.

3.2.3 Mantenimiento

La labor del Departamento de Mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral. Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. Comprende todas aquellas actividades necesarias equipos e instalaciones en una condición particular condición. (Zambrano, Carlos. 2006).

3.2.3.1 Características del personal de mantenimiento: El personal que labora en el departamento de mantenimiento, se ha formado una imagen, como una persona tosca, uniforme sucio, lleno de grasa, mal hablado, lo cual ha traído como consecuencia problemas en la comunicación entre las áreas operativas y este departamento y un más concepto de la imagen generando poca confianza. (Zambrano, Carlos. 2006).

3.2.3.2 Objetivos del mantenimiento: En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos:

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

3.2.3.3 Finalidad del mantenimiento: Conservar la planta industrial con el equipo, los edificios, los servicios y las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectados con la capacidad y la calidad especificadas, pudiendo ser utilizados en condiciones de seguridad y economía de acuerdo a un nivel de ocupación y a un programa de uso definidos por los requerimientos de Producción. (Zambrano, Carlos. 2006).

3.2.3.4 Tipos de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo: Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. Se clasifica en:

No planificado: Es el mantenimiento de emergencia (reparación de roturas). Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado: Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

- Mantenimiento preventivo: Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de:

Prevenir la ocurrencia de fallas: Se conoce como Mantenimiento Preventivo Directo o Periódico -FTM (Fixed Time Maintenance) por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la Confiabilidad de los Equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados.

Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción: Está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos. También conocido como Mantenimiento Predictivo, Preventivo Indirecto o Mantenimiento por Condición -CBM (Condition Based Maintenance). A diferencia del Mantenimiento Preventivo Directo, que asume que los equipos e instalaciones siguen cierta clase de comportamiento estadístico.

El Mantenimiento predictivo: Verifica muy de cerca la operación de cada máquina operando en su entorno real. Sus beneficios son difíciles de cuantificar ya que no se dispone de métodos tipo para el cálculo de los beneficios o del valor derivado de su aplicación. Por ello, muchas empresas usan sistemas informales

basados en los costos evitados, indicándose que por cada dólar gastado en su empleo, se economizan 10 dólares en costos de mantenimiento. En realidad, ambos mantenimientos preventivos no están en competencia, por el contrario, el mantenimiento predictivo permite decidir cuándo hacer el preventivo.

- **Mantenimiento de mejora (DOM):** Consiste en modificaciones o agregados que se pueden hacer a los equipos, si ello constituye una ventaja técnica y/o económica y si permiten reducir, simplificar o eliminar operaciones de mantenimiento. (Zambrano, Carlos. 2006).

- **Mantenimiento de oportunidad:** Aprovechando la parada de los equipos por otros motivos y según la oportunidad calculada sobre bases estadísticas, técnicas y económicas, se procede a un mantenimiento programado de algunos componentes predeterminados de aquéllos. (Zambrano, Carlos. 2006).

- **Mantenimiento productivo total (T.P.M.):** Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".(Zambrano, Carlos. 2006).

3.2.3.5 Organización del mantenimiento: Dependiendo de la carga de mantenimiento, el tamaño de la planta, las destrezas de los trabajadores, etc. El mantenimiento se puede organizar por departamentos, por áreas o por forma centralizada. Una organización de mantenimiento puede ser de diversos tipos, pero en todos ellos aparecen los siguientes componentes:

- **Recursos:** Comprende personal, repuestos y herramientas, con un tamaño, composición, localización y movimientos determinados.

- Administración: Una estructura jerárquica con autoridad y responsabilidad que decida que trabajo se hará, y cuando y como debe llevarse a cabo.

- Planificación del trabajo y sistema de control: Un mecanismo para planificar y programar el trabajo, y garantizar la recuperación de la información necesaria para que el esfuerzo de mantenimiento se dirija a correctamente hacia el objetivo definido.

3.2.3.6 Actividades de organización del mantenimiento: La organización de un sistema de mantenimiento incluye lo siguiente:

- Diseño del trabajo: En lo que se refiere al mantenimiento, comprende el contenido de trabajo de cada tarea y determina el método que se va a utilizar, las herramientas especiales necesarias y los trabajadores calificados requeridos.

- Estándares de tiempo: Una vez que la tarea de mantenimiento ha pasado por la etapa de diseño, es básico estimar el tiempo necesario para completar el trabajo.

- Administración de proyectos: En el caso de las plantas grandes, las reparaciones generales de gran envergadura o el mantenimiento preventivo que se han planeado se lleva en forma periódica. Durante estos trabajos, toda la planta o parte de esta se para. Teniendo en mente la minimización del tiempo muerto, conviene planear y graficar el trabajo para hacer mejor el uso de los recursos.

3.2.3.7 Programa de mantenimiento: Es elaborado por el técnico o por un grupo de técnicos encargados de ejecutar y controlar el proceso de reparación, en este programa, se ordena en secuencia de trabajo todas las actividades de prueba, desmontaje de la instrumentación y dispositivos de control de la turbina, desmontaje de los guardapolvos, desmontaje de la insulación y todos los trabajos sucesivos de manera de organizar contra un tiempo de ejecución todas las actividades del mantenimiento. (Zambrano, Carlos. 2006).

Por lo tanto, la planeación y la programación de un trabajo requiere unas personas con cualidades como: pleno conocimiento de los métodos de producción empleada en toda la planta, suficiente experiencia que le permita estimar la mano de obra, los materiales y los equipos necesarios para llenar la orden de trabajo, excelentes habilidades de comunicación, conocimiento de las herramientas de planeación y programación. (Zambrano, Carlos. 2006).

3.2.3.8 Ejecución del mantenimiento: La ejecución contempla un conjunto de actividades que permite llevar con éxito las actividades previamente programadas, además de aquellas no programadas que son necesarias para corregir fallas imprevistas u otros problemas. (Zambrano, Carlos. 2006).

En la organización de mantenimiento deben existir relaciones entre la dependencia que solicita, la que planifica y la que ejecuta los trabajos, sin olvidar las relaciones con las dependencias que suministran los recursos humanos y materiales. El solicitante de un determinado correctivo siempre será el custodio del objeto de mantenimiento, el cual hará la respectiva solicitud cuando detecte una falla por sus propios medios o cuando los ejecutores de mantenimiento le hayan notificado que se ha producido alguna.

Las responsabilidades del planificador incluyen la elaboración del plan de mantenimiento, la revisión diaria del mismo con el fin de verificar las fechas programadas de los trabajos y abrir las respectivas órdenes, la notificación al custodio de las fechas de los trabajos programados.

Por su parte, el responsable de la ejecución debe programar y asignar los trabajos, asegurándose que solo se realicen los necesarios y en el menor tiempo posible; inspeccionar la ejecución y cierre de las ordenes de trabajo; reportar los recursos utilizados y las ordenes de trabajo pendientes.

3.2.3.9 Presupuesto de mantenimiento: El presupuesto de un departamento de mantenimiento debería constar de al menos 4 partidas: mano de obra, materiales, medios y herramientas y servicios contratados. Por supuesto, que puede haber subpartidas, otras divisiones.

- Mano de obra. El coste de personal es la suma de cinco (5) conceptos:

El importe bruto anual fijo recibido por cada uno de los trabajadores del departamento.

Primas, horas extraordinarias y cantidades cobradas en concepto de disponibilidad para trabajar o recibir llamadas (retenes).

Gasto de personal asociados a la mano de obra, como el transporte del personal hasta la planta (en algunos países y zonas este coste corre por cuenta del empresario) las dietas y gastos del personal desplazado, etc.

Costes de formación. Este apartado, para empresas con una gestión excelente y preocupada por el rendimiento y la motivación de su personal es una partida importante.

Los costes sociales obligatorios para la empresa, que son abonados directamente por la empresa a la administración.

- **Materiales:** Es la suma de todos los repuestos y consumibles necesarios durante el período que se pretende presupuestar. La diferencia entre unos y otros es básicamente la frecuencia de uso. Mientras los segundos se utilizan de forma continua, y no tienen por qué estar asociados a un equipo en particular, los primeros se utilizan en contadas ocasiones y sí están relacionados con un equipo en particular (en ocasiones con más de uno).

Repuestos: Estos pueden ser:

Repuestos normales: Se trata de equipos estándar, y puede ser adquirido a varios fabricantes, por lo que los precios suelen ser más competitivos.

Repuestos especiales: Suele ser una de las partidas más elevadas en un central de ciclo combinado. Son suministrados por el fabricante del equipo en exclusiva, que al no tener competencia, trabaja con márgenes de beneficios elevados.

Consumibles: Los consumibles más habituales son los siguientes:

Aceites y lubricantes.

Filtros de aire, tec.

Elementos de estanqueidad.

Diverso material de ferretería.

- Herramientas y medios técnicos: Es la suma del dinero que se prevé emplear en la reposición de herramienta y medios técnicos extraviados o deteriorados, o en la adquisición de nuevos medios. Se debe tener en cuenta que estos medios pueden ser comprados o alquilados. En general, los medios alquilados suelen ser medios que no se utilizan de forma continua en la planta, y que por lo tanto, la frecuencia de su uso desaconseja su adquisición.

- Asistencias externas: Los trabajos que habitualmente se contratan a empresas externas son los siguientes:

Mano de obra en puntas de trabajo a empresas generalistas, esta mano de obra adicional permite flexibilizar el personal de manera que el departamento pueda dimensionarse para una carga de trabajo determinada, y cubrir los momentos de mayor necesidad de mano de obra con personal externo.

Mano de obra contratada de forma continúa a empresas generalistas, habitualmente, junto a la nomina habitual hay personal de contratas para el trabajo habitual, lo que permite disminuir la nomina propia.

Mano de obra especializada, de fabricantes (incluidos gastos de desplazamiento), para mantenimiento correctivo o programado.

Trabajos en talleres externos (bobinado de motores, fabricación de piezas, etc.).

Servicios de mantenimiento que deban ser realizados por empresas que cumplan determinados requisitos legales, y que puedan emitir una certificación de haber realizado determinados trabajos.

Grandes revisiones, suele ser otra de las partidas más importantes del presupuesto. El presupuesto puede contener esta partida, o no contenerla y repartirla en sus diferentes conceptos (mano de obra, materiales, etc.)

3.2.4 Diagrama de flujo de procesos

Es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis, por ejemplo el tiempo necesario y la distancia recorrida. Sirve para las secuencias de un producto, un operario, una pieza. (Muther, Richard. 1981).

Un diagrama de flujo presenta información clara, ordenada y concisa de un proceso está formado por una serie de símbolos unidos por flechas cada símbolo representa una acción específica las flechas entre los símbolos representan el orden de realización de las acciones.

3.2.4.1 Simbología utilizada: La simbología utilizada para la elaboración de los diagramas de procesos son, (Figura 3.2).

| Actividad | Símbolo | Resultado |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Operación |  | Se produce o se realiza |
| Transporte |  | Se cambia de lugar o se mueve un objeto |
| Inspección |  | Se verifica la calidad o la cantidad de producto |
| Demora |  | Se interfiere o se retrasa el paso siguiente |
| Almacenaje |  | Se guarda p se protege el producto o los materiales |

Figura 3.2 Simbología utilizada en el diagrama de flujo de procesos. (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.5 Diagrama de Gantt

Es un diagrama o gráfica de barras que se usa cuando es necesario representar la ejecución o la producción total, ésta muestra la ocurrencia de actividades en paralelo o en serie en un determinado período de tiempo. Tienen por objeto controlar la ejecución simultánea de varias actividades que se realizan coordinadamente.

Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método más eficiente.

3.2.6 Diagrama de causa y efecto

El Diagrama de Causa y Efecto (o Espina de Pescado) es una técnica gráfica ampliamente utilizada, que permite apreciar con claridad las relaciones entre un tema o problema y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que él ocurra.

Construido con la apariencia de una espina de pescado, esta herramienta fue aplicada por primera vez en 1953, en el Japón, por el profesor de la Universidad de Tokio, Kaoru Ishikawa, para sintetizar las opiniones de los ingenieros de una fábrica, cuando discutían problemas de calidad. (Figura 3.6).

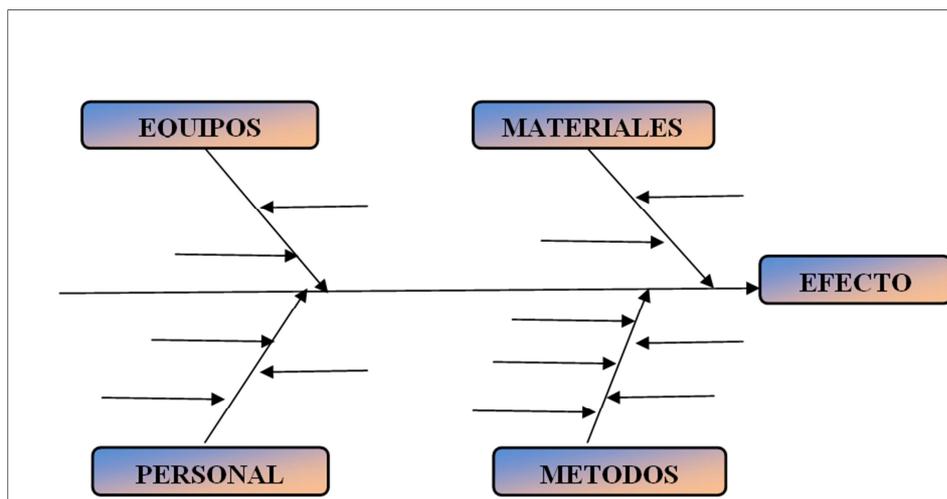


Figura 3.6 Diagrama Causa – Efecto. (Horacio y Pereira, 1995).

3.2.7 Glosario de términos

3.2.7.1 AMEF: Proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales.

3.2.7.2 AMEF de diseño: Sirve como herramienta de optimación para el diseño del producto o servicio.

3.2.7.3 AMEF de proceso: Sirve como herramienta de optimación antes de su traspaso a operaciones.

3.2.7.4 Aleta: Pieza metálica plana que se ensambla en la parte interna de la virola.

3.2.7.5 Calidad: Grado en el que un conjunto de características inherentes de un producto, proceso o sistema relacionado cumple con ciertos requisitos.

3.2.7.6 Calandra: Sirve para darle la forma de cilindro al cuerpo de las virolas.

3.2.7.7 Cizalla: Sirve para cortar piezas pequeñas.

3.2.7.8 Controles actuales: Son los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo.

3.2.7.9 Cortadora: Máquina que realiza corte a la lámina.

3.2.7.10 Cliente: Organización o persona que recibe un producto.

3.2.7.11 Defecto: incumplimiento de un requisito o asociado a un uso previsto o especificado.

3.2.7.12 Dobladora: Máquina usada para realizar dobléz de 90° a las láminas.

3.2.7.13 Envolvente: Elemento que asegura la protección de los electrodos en los hornos de ferrosilicio.

3.2.7.14 Esmeril: Sirve para reducir o cortar las láminas.

3.2.7.15 Falla: Daño que impide el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo.

3.2.7.16 Ferrosilicio: Aleación de hierro utilizado como agente que reacciona mejorando las propiedades del acero.

3.2.7.17 Grúa: máquina para elevar peso.

3.2.7.18 Índice de gravedad: Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo.

3.2.7.19 Índice de ocurrencia: Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo por cada una de las causas potenciales.

3.2.7.20 Índice de detección: Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo

3.2.7.21 Inspección: evaluación de la conformidad por medio de observación y dictamen, acompañada cuando sea apropiado por medición, ensayo / prueba o comparación con patrones.

3.2.7.22 Lámina: Porción de cualquier materia de amplia superficie y poco grosor.

3.2.7.23 Mantenimiento: Son todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo, equipo, máquina o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función.

3.2.7.24 Modo de fallo: Es la manera en que una pieza o sistema no satisface la especificación dada.

3.2.7.25 NPR: Es el número de prioridad de riesgo.

3.2.7.26 Pletina: Pieza metálica de forma rectangular y de espesor reducido.

3.2.7.27 Troquel: Máquina utilizada para perforar o cortar.

3.2.7.28 Verificación: confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

3.2.7.29 Virola: Cilindro metálico utilizado como envolvente de electrodos en los hornos industriales.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Para la realización de esta investigación fue necesario utilizar un conjunto de técnicas estratégicas y procedimientos que especifican la forma en que se efectuó el estudio, el informe responde a las modalidades del tipo de investigación, descriptiva, aplicada y con diseño de campo, apoyada con una observación directa y entrevista estructurada. Para el desarrollo de este proyecto fue necesario, varios tipos de investigación.

4.1.1 Investigación descriptiva

Esta investigación es de tipo descriptiva, porque trabaja sobre realidades de hechos y presenta una interpretación correcta de las fallas existentes en la empresa. Además se exponen claramente los problemas que se presentan en el proceso de elaboración de virolas y se efectuará un análisis de la situación actual considerando las bases teóricas establecidas, se pretende analizar los posibles fallos que se puedan presentar en el proceso.

Según Sampieri, R. (2003) expresa que: “La investigación descriptiva comprende la descripción, análisis e interpretación de la naturaleza actual. El enfoque se hace sobre una persona, grupo o cosa que conduce a funcionar en el presente. La investigación descriptiva sobre la realidad de hechos y su característica principal es de presentarnos una interpretación correcta”.

4.1.2 Evaluación evaluativa

Esta investigación es evaluativa, porque debido a que ésta se sustenta en la observación y evaluación de un proceso.

Según Hernández y Otros (2002) manifiesta que: “Es un proceso sistemático de obtención y análisis de información para examinar opciones de decisión referidas a fenómenos de comportamiento de un sistema, programa, proceso, modelo, metodología, entre otros”.

4.2 Diseño de la investigación

4.2.1 De campo

Por que se utilizaron estrategias que permitían conocer de manera directa la situación que confronta la empresa y el trabajo realizado se desarrolló donde se recolectó la información directamente del área de trabajo de elaboración de virola.

Sabino, C. (2002) comenta que: “Cuando la investigación se escoge directamente en la realidad que se investiga, el proceso se denomina investigación de campo, su objetivo es entonces, el estudio directo en el lugar de ocurrencia del fenómeno a estudiar”.

4.2.2 Documental

Porque la información o datos de diferentes fuentes se sustentan en el objeto del estudio. Según Leopoldo de la Fuente Silva.(2009) Estudiante de la Universidad Autónoma de Tamaulipas afirma que:

“Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, en documentos de cualquier especie. Como subtipos de esta investigación encontramos la investigación bibliográfica, la hemerográfica y la archivística; la primera se basa en la consulta de libros, la segunda en artículos o ensayos de revistas y periódicos, y la tercera en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etc.”

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

Según Sampieri, R. (2003) afirma que: “La población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones.”. Es decir, la población nos ayuda a determinar la totalidad del fenómeno de estudio de donde poseen características similares, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

La población de esta investigación está conformada por los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de virolas (6 máquinas, equipos, materia prima y 4 empleados de mano de obra).

4.3.2 Muestra

Según Sampieri, R. (2003) define la muestra como: “Una parte de la población, es decir, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo”.

La muestra de esta investigación está representada por el 100% de la población.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

A continuación, se definen las técnicas o instrumentos utilizados para la recolección de datos durante la investigación.

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

4.4.1.1 Observación directa: Por medio de esta técnica se logró visualizar el proceso de elaboración de virolas, lo cual ayuda a obtener la información en el mismo lugar donde ocurren los hechos, obteniéndose la información de fuentes primarias y secundarias aplicando para ello la entrevista que nos suministra datos ajustados a la realidad para su posterior análisis. Según Sampieri, R. (2003) plantea: “Que la observación directa consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la capacitación de la realidad que queremos estudiar”

4.4.1.2 Entrevista estructurada: A través de ella se logró obtener datos e información de interés, se visitó el taller central de la empresa CALPRE S.A. y se formularon preguntas estructuradas en base a los objetivos específicos al personal encargado de dicho taller, gracias a las respuestas obtenidas se recopiló parte de la información necesaria para el desarrollo del análisis.

Sabino, C. (2002) comenta: “Que consiste en una interacción entre dos o más personas, una de las cuales (investigador) formula determinadas preguntas relativas al tema”

4.4.1.3 Revisión bibliográfica: Se utilizaron diferentes textos para obtener información que nos permitieron recopilar datos de mucha importancia, facilitando e incrementando este estudio, también visitando páginas en internet referidas al objetivo general de nuestra tesis.

Según Sabino, C. (2002) expresa que: “Se entiende por resumen bibliográfico el estudio de problema con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo principalmente en trabajos previos, información y datos de divulgación por medios impresos, audiovisuales o electrónicos, la originalidad del estudio se reflejó en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y en general el pensamiento del autor”.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Cronómetro: para la medición de los tiempos y operaciones.

Cámara Digital: para la obtención de imágenes.

Cuaderno y lápiz: se utilizaron para registrar la información obtenida y para anotar datos recopilados de otras fuentes (libros, manuales, etc.).

Computadora: utilizada para recolectar información proveniente de Internet.

4.5 Técnicas de ingeniería industrial utilizadas en la investigación

4.5.1 Diagrama de Gantt

Es una herramienta que le permite al usuario modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Pero también es un buen medio de comunicación entre las diversas personas involucradas en el proyecto.

4.5.2 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de los pasos que seguimos para realizar un proceso; partiendo de una entrada, y después de realizar una serie de acciones, llegamos a una salida definición.

Un diagrama de flujo presenta información clara, ordenada y concisa de un proceso está formado por una serie de símbolos unidos por flechas cada símbolo representa una acción específica las flechas entre los símbolos representan el orden de realización de las acciones.

4.5.3 Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

Es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.

4.5.4 Diagrama causa – efecto

Se elabora para elevar el nivel de comprensión de un problema. Proporciona una descripción de las causas probables de un problema y su interrelación. Lo cual facilita su análisis y discusión. Puede utilizarse como herramienta para representar propuesta de solución de problemas. Cabe destacar que el diagrama causa efecto no resuelve el problema, solo detecta las causas del mismo.

4.5.5 Computación

Se utilizaron los programas Word, Excel, Power Point y Visión.

4.6 Flujograma de la metodología

Se realizó un flujograma de la metodología de trabajo, con el fin de realizar las actividades de manera ordenada y de esta manera darle respuesta a los objetivos planteados. (Figura 4.1).

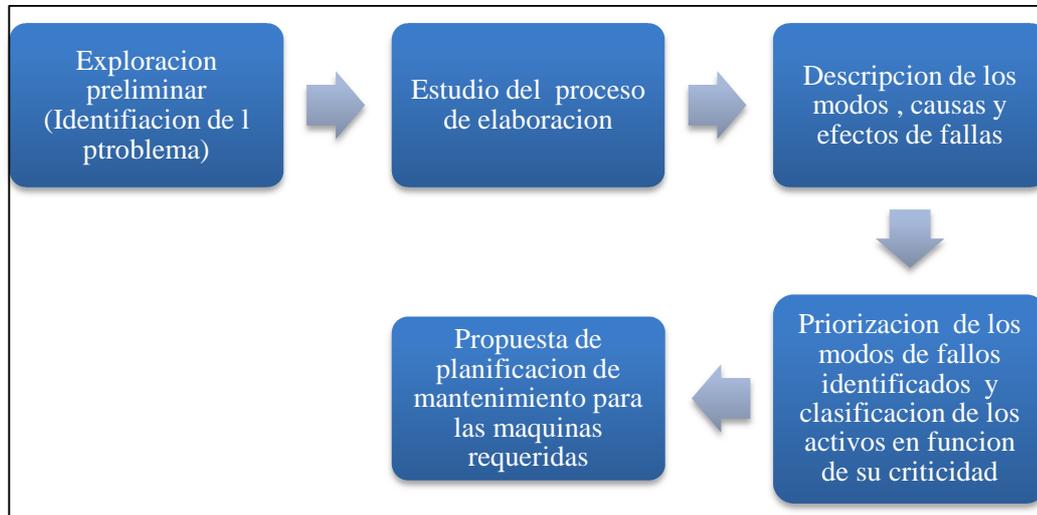


Figura 4.1 Flujograma de la metodología de la investigación. Exploración preliminar

Esta fase comprende las visitas realizadas a la Empresa CALPRE S.A, con el objeto de tener un primer acercamiento con el fenómeno estudiado y posteriormente realizar la identificación de los problemas del mismo. .

Estudio del proceso de elaboración de virolas

En esta etapa se identificaron todas las actividades, transportes, verificaciones y almacenajes que forman parte del proceso de elaboración de virolas

Descripción de los modos y efectos de falla

Mediante un análisis de modos y efectos de falla, se describirán los modos de fallas del proceso de elaboración de virolas, las causas que generan estos fallos y el impacto (efecto) y la frecuencia con que ocurren.

Priorización de los modos de fallos identificados y clasificación de activos

En esta fase se priorizaron los modos de fallos identificados de acuerdo el Numero de Prioridad de Riesgo (NPR) en cuanto a su ocurrencia, detección y gravedad del fallo, se clasificaron los activos que forman parte del proceso de elaboración de virolas en función de su criticidad.

Propuesta de planificación de mantenimiento

Una vez clasificados los activos en función de su criticidad se establecieron planificaciones de actividades de mantenimiento con la finalidad de disminuir, prevenir los fallos presentados en los activos priorizados.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Diagnóstico de la situación actual

La investigación llevada a cabo tiene por finalidad detectar las fallas y problemas más relevantes en el área proceso de elaboración de virolas, este análisis se realizó para analizar las actividades en las cuales había más deficiencia, Para poder llevar a cabo este análisis se procedió a emplear varias técnicas de ingeniería industrial tales como: el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF), diagrama de flujo en el cual se refleja la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, y los almacenamientos que ocurren durante el proceso. Incluye, además, la información que se considera deseable para el análisis de las fallas presentes, y el diagrama causa efecto. Para aplicar estas técnicas se tomo en cuenta la opinión de los operadores y el jefe de taller, la observación directa y entrevista estructurada. También se buscó información en los archivos de la empresa.

5.1.1 Descripción del proceso de elaboración de virolas

El proceso se inicia con unas medidas establecidas para envoltentes de 4,86 x 1,20 mts, aletas 2,54 x 1,20 mts y pletinas de 6m x 80 mm x 6mm , proveniente de Ferroven, las cuales son almacenadas en el área central de la instalación.

Se toma una lámina para la preparación del envoltente. posteriormente se toma una segunda lámina, seguidamente se procede a unir por medio de soldadura, realizada por un operario (en un tiempo de 10 minutos aproximadamente), el cual conforma el cuerpo de la virola.

Luego es trasladada hasta la máquina de calandrado, es desmontada del puente grúa para ser colocada sobre la máquina, se procede a medir el cuerpo de la virola para ver si cumple con las medidas requeridas, si cumple el proceso continúa, en caso de no cumplir se esmerila (esmeril de 7 pulgadas), para ajustarla a la medida requerida. Posteriormente se verifica que esté posicionada correctamente antes de encender la máquina, si está correcta continúa el proceso, sino se adapta a la posición correcta.

Seguidamente la máquina es encendida y arrastra el cuerpo de virola por uno de los extremos para que pueda tomar forma de envolvente (cilindro), luego es colocado para ser soldado internamente, posteriormente es colocado sobre una estructura metálica con rodillo para ser soldado externamente (la preparación del envolvente dura alrededor de 25 minutos aproximadamente). Se toma el envolvente de la estructura y es trasladado hasta colocarlo en el sujetador de virolas (molde cilíndrico).

Finalizado el proceso anterior se procede a la preparación de la pletina que se une a un extremo de la aleta. Se toma una pieza (pletina) y es trasladada por un operario hasta colocarla en la parte interior de la máquina (cizalla), se verifica que la pieza esté colocada correctamente, en caso de que no esté, se ajusta a la posición indicada y si está el proceso continúa, luego se sujeta por un extremo y se desliza hasta llegar a la medida indicada. Posteriormente se corta y se retira la pletina de la máquina, es trasladada y colocada sobre la estructura metálica para ser utilizada en el proceso de elaboración de aleta. Seguidamente se procede a la preparación de la aleta, se toma una lámina desde su lugar de almacenamiento y es trasladada hasta la máquina cortadora (guillotina), y es colocada en la máquina debajo de la cuchilla, verificando que la misma esté posicionada correctamente antes de encender la máquina, en caso de no estar, se ubica en la posición correcta y si está el proceso continúa, se sujeta la lámina por ambos extremos y

se desliza hasta la medida requerida, luego se procede activar la máquina por medio de un pedal, cortando dicha lámina (aleta), realizando este corte en un tiempo de 2 minutos aproximadamente.

Posteriormente dicha aleta es trasladada hasta la máquina de troquelado exterior, es colocada en la parte interna del troquel, se enciende la máquina y se activa presionando el pedal, realizando un primer corte externo en un extremo, luego se voltea la aleta para realizar un segundo corte en el otro extremo.

La aleta es tomada por un operario y trasladada hasta la máquina de troquelado interior, es colocada sobre la máquina verificando que esté colocada correctamente antes de encender la máquina, en caso de que no esté, se adapta a la posición correcta y si está continúa el proceso, deslizándola hasta llegar a la distancia requerida, se procede a perforar los nuevos huecos (tiempo de perforación 17 segundos), luego se retira la aleta del troquel, la cual es trasladada colocada sobre una estructura metálica, en donde se toma la pletina y se realiza una unión, soldando la pletina a un borde de la aleta..

Finalizada la unión de la pletina a la aleta, es retirada de la estructura metálica y es trasladada hasta la máquina dobladora de láminas, luego es colocada en la máquina, verificando la correcta posición de la aleta, en caso de que no esté, se adapta a la posición correcta y si está, continúa el proceso, se enciende la máquina y con el pie derecho se activa el pedal que realiza el doblado de 90° al borde contrario que fue soldada la pletina.

Luego se retira la aleta de la máquina y es trasladada hasta la máquina sujetadora de virola donde se coloca la aleta en forma transversal dentro del envolvente, asegurándose que esté posicionada correctamente y si no lo está, se ajusta con un martillo hasta llegar a la posición correcta y si lo está el proceso

continúa, se sujeta el envolvente con la llave palanca de seguridad, luego se procede a soldar la aleta en la parte interna del envolvente.

Finalizado este proceso, la virola es tomada del sujetador (molde cilíndrico), y es trasladada hasta el almacenamiento de productos terminados, donde se almacenan en espera de su pronto despacho. El diagrama de flujo de proceso se muestra en el Apéndice A.

5.1.2 Maquinarias y equipos utilizados

A continuación en las tablas 5.1 y 5.2 se muestran las maquinas y equipos utilizados en el proceso de elaboración de virolas.

Tabla 5.1 Máquinas utilizadas en el proceso de elaboración de virolas.

| Máquina | Descripción |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Calandra de Virolas | Sirve para darle la forma de cilindro al cuerpo de las virolas |
| Cortadora de lámina | De hasta 5 mm marca GATTI 441; Corta las láminas para las aletas de virolas. |
| Cortadora de Pletinas (cizalla) | Marca GAIRO MI-8; sirve para cortar piezas pequeñas. |
| Dobladora | Es usada para realizar dobléz de 90° a las láminas. |
| Máquina | Descripción |
| Máquina sujeta virolas | Sujeta el envolvente para soldar las aletas y así obtener las virolas. |
| Troquel de 35 TON | Marca OMEC; es utilizada como perforadora de Huecos Rectangulares Externos – Aletas de Virolas. |
| Troquel de 45 TON | Marca OMEC; se utiliza como perforadora de Huecos Rectangulares internos – Aletas de Virolas |

Tabla 5.2 Equipos utilizados en el proceso de elaboración de virolas.

| Equipos | Descripción |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Esmeril | Sirve para reducir o cortar las láminas |
| Máquina de soldar | Es utilizada para soldar. |
| Puente grúa de 5 TON | Se utiliza para el traslado y levantamiento del material. |

5.1.3 Análisis de la situación actual de la empresa CALPRE S.A.

Para la recopilación de información se utilizaron entrevistas estructuradas con el fin de obtener opiniones de los trabajadores del área de producción de virolas de la empresa CALPRE S.A., dichas entrevistas fueron aplicadas a los 4 trabajadores, con el fin de analizar las posibles causas que afecten la eficiencia del proceso y tomar las acciones necesarias para mejorar su funcionamiento y disminuir las deficiencias presentes, permitiendo de esta forma tener una base sobre la cual elaborar una planificación de actividades de mantenimiento.

Las preguntas guardan relación directa con el trabajo y enuncia lo siguiente:

1. ¿Se ha aplicado anteriormente un AMEF en el proceso de elaboración de virolas?.

El 100% de los entrevistados manifestaron que no se he aplicado el AMEF en proceso. Estos resultados comprueban que no se ha aplicado este método en la empresa. (Figura 5.1).

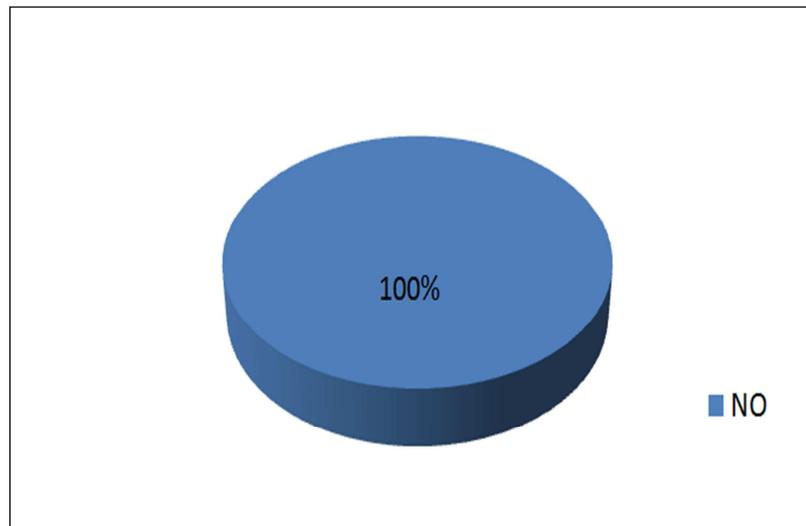


Figura 5.1 Aplicación de AMEF en la elaboración de virolas.

2. ¿Se han presentado fallas en el proceso de elaboración de virolas?.

El 100 % de los entrevistados consideran que si se han presentados distintas fallas en el proceso. Este resultado manifiesta que se han presentados diferentes fallas que afectan la productividad de la empresa. (Figura 5.2).

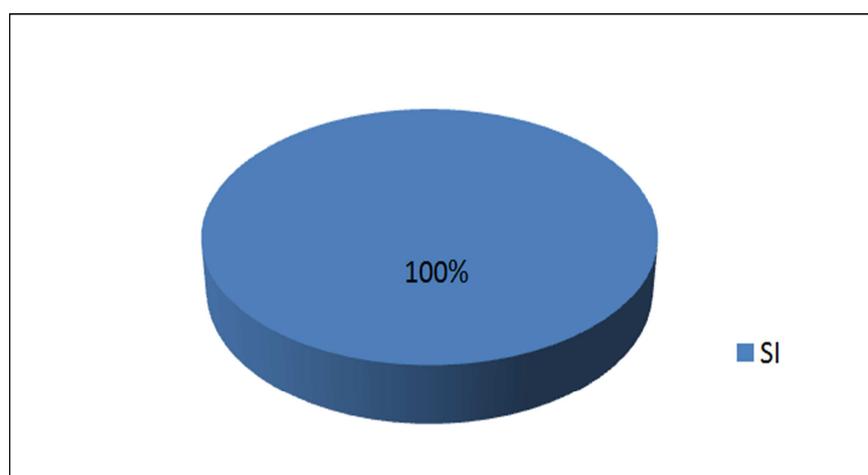


Figura 5.2 Fallas en el proceso de elaboración de virolas.

3. ¿En qué elementos del proceso se han presentado fallas?.

El 47% de los entrevistados consideran que las maquinarias son el principal elemento que genera fallas en el proceso, posteriormente el 26% que constituye la mano de obra, el 15% se refiere a la materia prima y el 12% que está representado por los métodos del proceso. De acuerdo a estos resultados reflejados se puede apreciar los elementos en los cuales se han generados fallas tales como; maquinarias, materia prima, mano de obra y métodos siendo la maquinaria el principal elemento de fallas. (Figura 5.3).

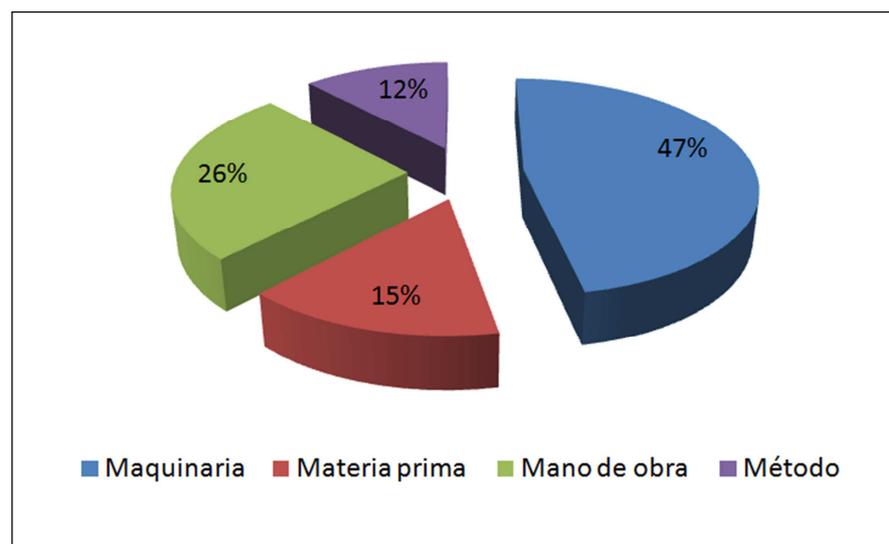


Figura 5.3 Elementos del proceso que han presentado fallas.

4. ¿En las maquinarias cuales son los componentes que han generado fallas durante el proceso?.

El 34% representa el deterioro físico de las cuchillas de corte ocasionando deficiencias en el desempeño del troquel de 45 TON, existe una igualdad de porcentaje de 23% entre los engranajes, ejes y rodamientos, en el cual los engranajes

se atascan y los ejes y rodamientos se parten, por último el 20% que constituyen a los rebordes dañados. Estos resultados indican los componentes específicos de las máquinas que presentan fallas. (Figura 5.4).

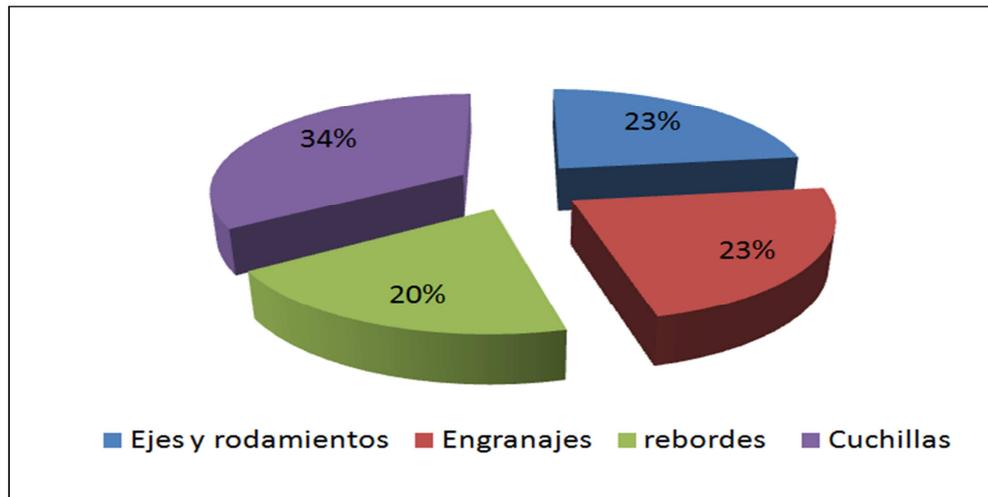


Figura 5.4 Componentes de la maquinarias que han generado fallas durante el proceso.

5. ¿Cuáles son las causas respecto a la mano de obra que generan fallas en el proceso?.

El 38% representa la manipulación inadecuada de las maquinarias y equipos por parte de los operarios, el 33% y el 29% indican la falta de capacitación y la poca experiencia que presentan respectivamente de los operarios. Con estos resultados se manifiesta que las fallas presentes se deben a la falta de conocimiento y capacitación por parte de los operarios. (Figura 5.5).



Figura 5.5 Causas respecto a la mano de obra que generan fallas en el proceso.

6. ¿Cuáles son las causas que ocasionan fallas en la materia prima?.

El 51% de los entrevistados consideran como causa de las fallas en la materia prima es su mala calidad y el 49% manifiesta la dureza de las láminas generando de esta manera fallas en la operación de calandrado de virolas. De acuerdo a estos resultados se observa que entre las dos causas de fallas no existe mucha diferencia de porcentajes. (Figura 5.6).

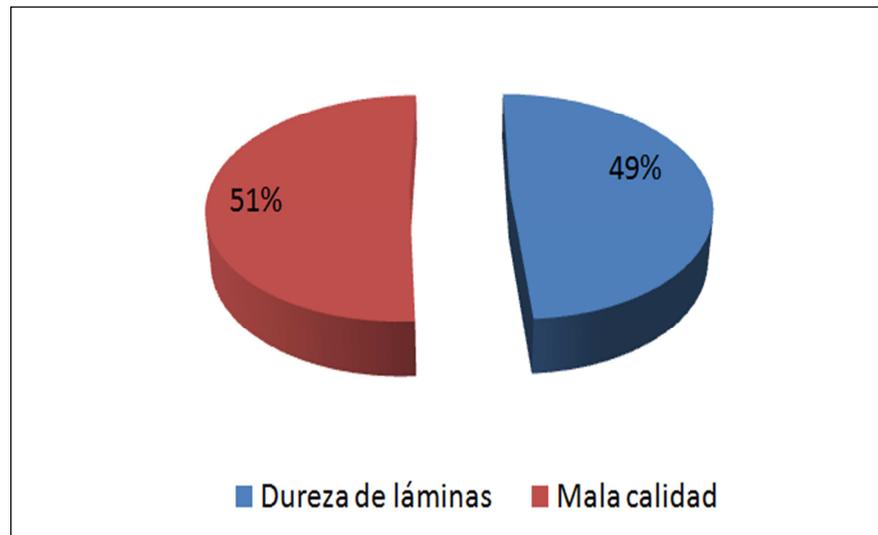


Figura 5.6 Causas que ocasionan fallas en la materia prima.

7. ¿En los métodos de producción cuales son las causas que ocasionan fallas en el proceso?.

El 66% de los entrevistados consideran que la falta de mantenimiento es una de las causas de fallas en el proceso y el 34% indican la soldadura inadecuada debido al desprendimiento de aletas dentro del envolvente. Estos resultados arrojan que la falta de mantenimiento es principal causa de fallas debido a que solo se aplica el mantenimiento correctivo y con respecto a la soldadura se generan fallas debido a su inadecuada realización. (Figura 5.7).

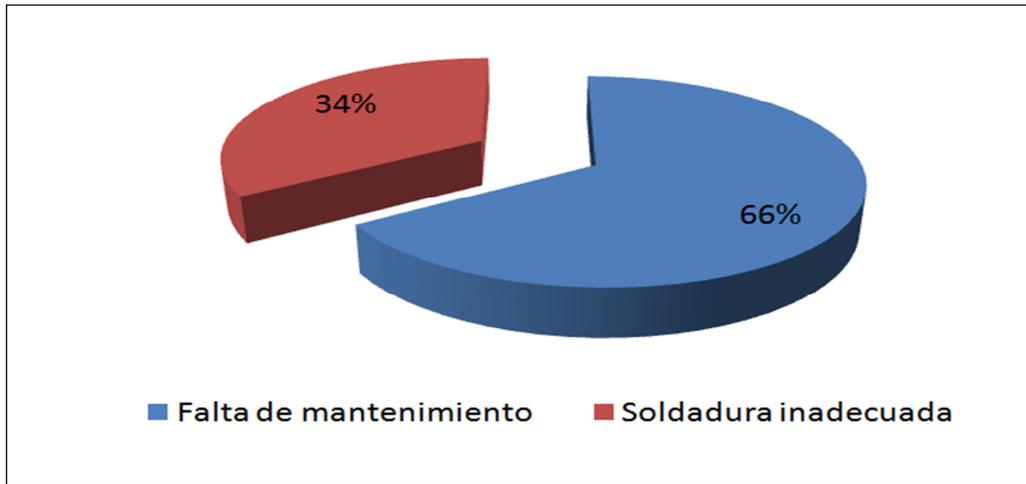


Figura 5.7 Causas en los métodos de producción que ocasionan fallas en el proceso.

8. ¿Alguna actividad u operación se ha tenido que realizar nuevamente?.

El 100% de los entrevistados manifiestan que si se ha tenido que realizar nuevamente la operación. De acuerdo a estos resultados se ha tenido que realizar nuevamente la operación o actividad bien sea a causa de mala realización o falta de capacitación. (Figura 5.8).

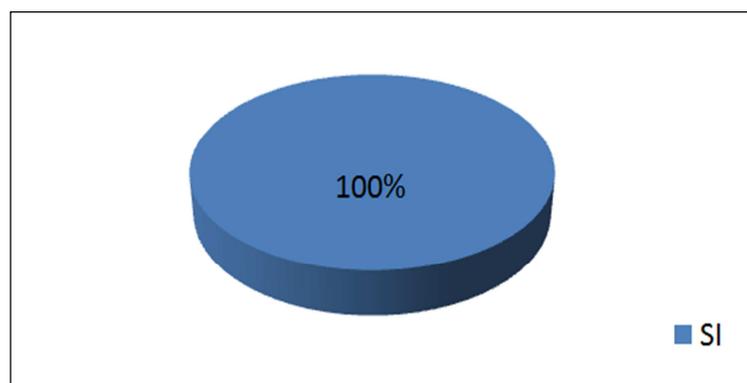


Figura 5.8 Actividad u operación realizada nuevamente.

9. ¿Qué actividad u operación se ha tenido que realizar nuevamente?

El 100% de los entrevistados consideran que han tenido que realizar nuevamente la operación o actividad. Estos resultados señalan que se han realizado nuevamente soldaduras internas debido a que se ha presentado desprendimientos de la aleta dentro del envolvente. (Figura 5.9).



Figura 5.9 Actividad u operación realizada nuevamente.

10. ¿La empresa cuenta con una planificación de actividades de mantenimiento para reducir o eliminar las fallas que se han presentados?

El 100% de los entrevistados alegan que no existe una planificación de mantenimiento, solo realizan el mantenimiento correctivo cuando se presenta la falla. (Figura 5.10).

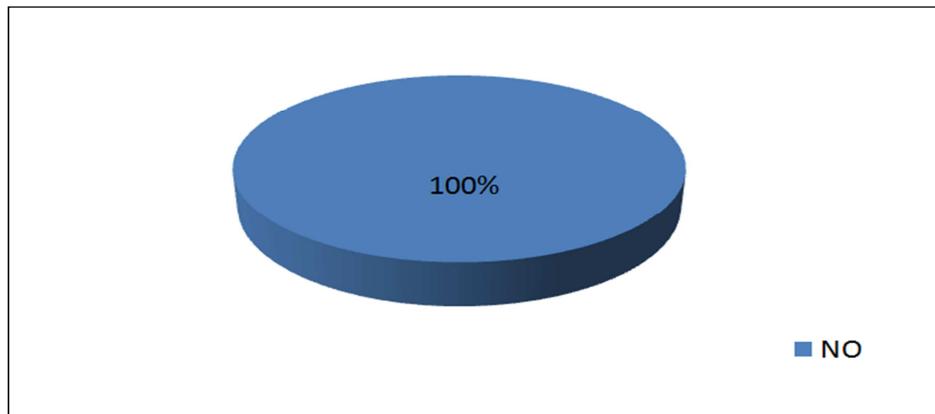


Figura 5.10 No existe ninguna planificación de actividades de mantenimiento para reducir o eliminar las fallas.

5.1.4 Diagrama causa – efecto

Los resultados que se presentan en la figura 5.11, se mencionan las diferentes fallas o problemas que existen en el área de producción de la empresa CALPRE S.A, las categorías o causas principales de este diagrama están constituidas por la materia prima, mano de obra, maquinarias y métodos

Respecto a la categoría de materia prima que están representadas por las laminas de acero, han originado fallas en el proceso debido a la dureza y mala calidad de la misma, ya que al pasar a la operación de calandrado de virola ocasiona daños a ciertos componentes de la máquina generando paralización de la misma y por ende de la producción. En relación a la mano de obra las causas que ocasionan ciertas fallas están representadas por la falta de capacitación y experiencia para manipular las máquinas o equipos de producción y otras actividades del proceso.

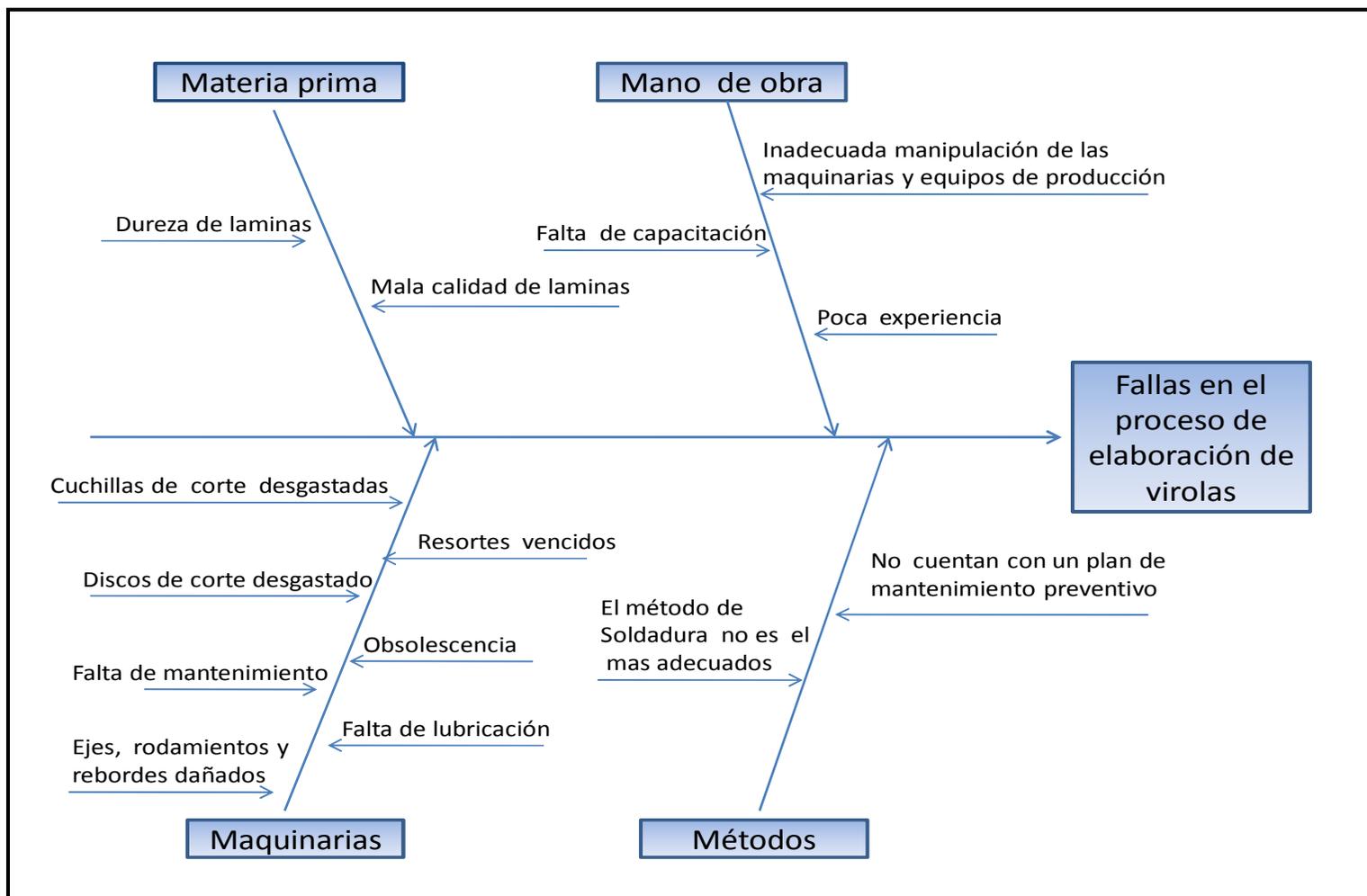


Figura 5.11 Diagrama causa- efecto del proceso de elaboración de virolas.

Por otra parte la categoría que representa mayores fallas en la producción es la maquinaria a causa de que algunos componentes de las mismas están dañados o deteriorados bien sea por falta de lubricación o mantenimiento, y por último está la categoría métodos que está constituida por falta de planes de mantenimiento a las maquinarias que serian algunas de las causas básicas que generan fallas en el proceso al igual que el método de soldadura empleado.

Con este análisis se puede establecer las posibles soluciones para eliminar o prever las fallas del proceso, de acuerdo a la observación directa y los resultados arrojados en las entrevistas estructuradas las causas de estas fallas se deben a la falta de mantenimiento y deterioro físico de troquel de 45 TON, los engranajes de la calandra de virola se atascan y los ejes y rodamientos se parten, los rebordes dañados y no se le realiza ningún tipo de mantenimiento a la máquina, con respecto al ensamblé interno de la alerta dentro del envolvente la causa de esta falla es originada por la mala soldadura que se realiza para hacer la unión.

5.2 Determinación por medio de un AMEF las fallas presentes en el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A.

En el desarrollo de este objetivo se tomaron en cuenta todas las actividades que forman parte del proceso de elaboración de virolas desde el almacenamiento de la materia prima hasta el ensamblaje interno de aleta dentro del envolvente.

Para llevar a cabo el análisis de las actividades se comenzó con la enumeración del AMEF a realizar que en este caso es el número 1, debido a que no se había aplicado esta técnica anteriormente en la empresa, la información que se obtuvo para realizar este análisis fue suministrada por la persona responsable del proceso que es el jefe de taller del área en estudio y demás empleados que laboran en la empresa. Una vez obtenida la información necesaria se procedió a describir las actividades del

proceso de fabricación y sus respectivas funciones, determinando de esta manera los diferentes modos de fallos, efectos y las causas para cada modo de fallo.

Este análisis va dirigido a identificar y prevenir los diferentes modos de fallo del proceso de elaboración de virolas con la finalidad de corregirlos o disminuirlos, estableciendo las acciones correctoras necesarias para prevención del fallo o detección del mismo evitando así fallas en el proceso y consecuentemente en el producto. De acuerdo al análisis realizado en el proceso se determinaron ciertas fallas que afectan la productividad de la empresa, los cuales se muestran a continuación en la tabla 5.3.

Con el desarrollo de este objetivo se obtuvo la determinación de las fallas presentes por medio del AMEF, mediante este análisis de modo y efecto de fallas y de acuerdo a la información obtenida realizadas por las entrevistas al personal se describieron de manera detallada los modos de fallas de cada actividad del proceso obteniendo para cada modo de falla su respectivo efecto de la falla y su causa, para así clasificar las fallas por orden de importancia, esto permitirá establecer las acciones preventivas o correctoras necesarias para la prevención de las fallas o la detección de las mismas.

El proceso de elaboración de virolas consta de catorce actividades entre las cuales se tiene: Almacenamiento de laminas de 4,86x1,25x2,5mm, soldaduras de laminas de 4,86 (2 laminas), esmerilado de laminas, soldadura de envolventes, calandrado de virolas, almacenamiento de pletinas (6mx80mmx6mm), preparación de pletinas, almacenamiento de laminas de(2,54x1,20mts), corte de laminas para aletas, troquelado exterior de aleta, troquelado interior de aletas, soldar pletinas en aletas, doblar aletas y ensamblaje interno de aleta dentro del envolvente. Cabe destacar que para la determinación del AMEF se aplica a los posibles fallos que pueden ocurrir en los diferentes elementos del proceso.

Tabla 5.3 Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF de Proceso).

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF de Proceso) | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | PÁGINA | 1 | DE | 7 | | | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | 15/ 09/ 2010 | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control del proceso actuales | Ocurriencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurriencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Almacenamiento de laminas de 4,86x1,25x2,5 mm | Almacenar laminas en el área central de producción | Deje de funcionar el puente grúa | No realizar el almacenamiento de laminas en el área central de producción | El puente grúa presente avería Fallas en corriente eléctrica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soldaduras de laminas de 4,86 (2 laminas) | Unir por medio de soldadura las dos laminas que forman el envoltorio | Rotura de laminas soldadas Desprendimiento de laminas soldadas | No puede enviarse a la operación siguiente Realizar soldadura nuevamente | Mala calidad de los electrodos Los electrodos se encuentren almacenados bajo humedad | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF de Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------------|----------|----------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | | PÁGINA | 2 | DE | 7 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | | FECHA DE ELABORACION | 15/09/2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Esmerilado de laminas | Ajustar la lamina a la medida requerida | No se esmerila correctamente la lamina No enciende el esmeril | No cumple con las medidas requeridas No se realiza la operación | Inadecuada manipulación del equipo Degaste del disco de corte del esmeril Fallas en el esmeril | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Soldadura de envoltentes | Unión de ambos extremos de la lamina por medio de soldadura | Rotura de laminas soldadas Desprendimiento de la unión del envoltente | Apariencia insatisfactoria del envoltente Producto defectuosos | Mala calidad del material Mala realización de soldadura | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|-----------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | PÁGINA | 3 | DE | 7 | | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Calandrado de virolas | Arrastra la lamina para darle forma de envoltente | No arrastre la lamina Defectos en los bordes de la lamina | Paralización del proceso Producto defectuoso | Mala calidad de la materia prima Los ejes y rodamientos de la máquina se partan Falta de lubricación de los engranajes Los rebordes de la máquina se dañen | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------|----------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | | PÁGINA | 4 | DE | 7 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencia l(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsabl e y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Accione s recomen-dadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Almacenamiento de pletinas (6mx80mmx6m) | Almacenar pletinas | Deje de funcionar el puente grúa Rotura de la faja que contiene las pletinas | No se realiza el almacenamiento de las pletinas al lado derecho del área de producción Desprendimiento de la carga | Falla en la corriente eléctrica Exceso de la carga Deterioro de la faja | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación de pletinas | Corte de la pletina | No se realiza el corte | No se obtiene la operación | Desgaste de la cuchilla de corte | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|-----------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | PÁGINA | 5 | DE | 7 | | | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | 15 / 09 / 2010 | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FUGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Almacenamiento de laminas de (2,54x1,20 mts) | Almacenar laminas en el lado izquierdo del área de producción | El motor del puente grúa no funciona Falla en el gancho de la grúa | No se realiza el almacenamiento de las láminas No se puede realizar la carga | Falla interna del motor Falla alimentación del motor Rotura por gritas | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corte de laminas para aletas | Cortar la lamina | No se realice el corte a la medida requerida | Se obtiene lamina defectuosa | Desgaste de la cuchilla de corte Falla del pedal que se activa para realizar el corte | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | | PÁGINA | 6 | DE | 7 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Troquelado exterior de aleta | Realizar cortes externos a la aleta en ambos extremos | La máquina no enciende | No se realiza la operación de corte | Fallas en la corriente eléctrica | | | | | | | | | | | | | | | |
| Troquelado interior de aletas | Realiza la perforación de huecos en la aleta | Desempeño reducido del troquel de 45 TON | La capacidad de funcionamiento y la eficiencia de la máquina es baja | Deterioro físico de las partes de la máquina Falta de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | |

Continuación Tabla 5.3.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | | PÁGINA | 7 | DE | 7 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

5.3 Priorización de los modos de fallas identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR) o frecuencia de ocurrencia, gravedad, grado de facilidad para su detección y clasificación de las máquinas en función de su criticidad

La prioridad del problema o avería para esta investigación, se obtiene a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de los valores de ocurrencia, gravedad y detección en donde la ocurrencia es que tan frecuente está proyectada la causa específica y pueda ocurrir, esta se estima en una escala del 1 al 10 con base a una tabla de ocurrencia, con respecto a la gravedad esta evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo y se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de gravedad y la detección evalúa para cada causa la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante y se evalúa en una escala del 1 al 10 en base a una tabla de detección.

En esta investigación se considero la prioridad de alto riesgo al NPR mayor a 100, el cual resulta de multiplicar la ocurrencia por la gravedad y la detección, una vez que este se ha determinado y arroja un valor mayor a 100 se realiza una evaluación selectiva para implantar mejoras específicas.

Con respecto a la máquina de calandrado se presentan dos modos de falla, para el primero se considero un índice de ocurrencia de 9 debido a su probabilidad se produce el fallo con seguridad, esta máquina presenta problemas en la parte de los engranajes, los ejes, rodamientos y en lo que respecta a la materia prima la dureza de la misma, las cuales estas fallas producen la paralización total de dicha máquina, además se considero un índice de gravedad de 9 el cual significa que la falla ocurre con advertencia y el peligro de paralización que representa para la máquina y un índice de detección de 3 el cual se asume que el fallo ha ocurrido y es detectado por el personal que opera la máquina. Para el segundo modo de fallo que es el defecto en

los bordes de la lámina, se considero un índice de ocurrencia de 5 el cual significa que han presentado fallas ocasionales, un índice de gravedad de 9 por generar defectos en el borde de la lámina y un índice de detección de 4 por que el defecto es visible.

Referente al troquel de 45 TON muestra como modo de fallo un desempeño reducido, al cual se le asigno un índice de ocurrencia de 8 debido a que los fallos se presentan con frecuencia, un índice de gravedad de 9 porque ocasiona retrasos en el proceso y un índice de detección de 3 ya que las fallas serian detectadas por los operarios que manipulan la máquina.

En relación a la actividad del ensamblaje interno por medio de soldadura de la aleta dentro del envoltente, el modo de fallo es el desprendimiento de aletas, considerando un índice de ocurrencia de 6 debido a que esta falla se presenta esporádicamente, un índice de gravedad de 8 porque al producirse el desprendimiento de la aleta tienen que realizar la soldadura nuevamente retrasando así el proceso y un índice de detección de 3 ya que de generarse el fallo seria detectado a tiempo antes de llegar con defectos al cliente.

A continuación en la tabla 5.4 se presenta la priorización de las fallas de acuerdo a su prioridad de riesgo (NPR).

Tabla 5.4 Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso).

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | PÁGINA | | 1 | DE | 2 | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad |

Continuación Tabla 5.4.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|----------------|----------|----------------------------------------------------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | | PÁGINA | 2 | DE | 2 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | | FECHA DE ELABORACION | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|---|---|---|------------|--|--|--|--|--|--|
| Troquelado interior de aletas | Realiza la perforación de huecos en la aleta | Desempeño reducido del troquel de 45 TON | La capacidad de funcionamiento y la eficiencia de la maquina es baja | Deterioro físico de las partes de la máquina Falta de mantenimiento | No existe | 8 | 9 | 3 | 216 | | | | | | |
| Ensamblaje interno de aleta dentro del envoltente | Unión por medio de soldadura de aleta dentro del envoltente | Desprendimiento de la aletas | Defectos en el producto | Mala soldadura | Soldar nuevamente | 6 | 8 | 3 | 144 | | | | | | |

Desarrollado este objetivo se puede deducir que existen tres partes o etapas del proceso que presentan fallas, las cuales su atención y solución de las mismas son prioritarias para llevarse a cabo el buen funcionamiento del proceso de elaboración de virolas, estas etapas están priorizadas de acuerdo a su Numero de Prioridad de Riesgo (NPR) en primer lugar con dos modos de fallas y de 243 y 180 NPR respectivamente la etapa de calandrado de virola causando la paralización del proceso y defectos en los bordes de la lámina.

En segundo lugar la etapa del troquelado interior de aletas con un modo de falla y de 216 de NPR originando el desempeño reducido de la máquina y por ende de la actividad y en tercer lugar la etapa del ensamblaje interno de la aleta dentro del envoltorio con un modo de fallo con un índice de 144 NPR lo que genera defectos en el producto y pérdida de tiempo al tener que realizar nuevamente la operación.

Al priorizar estos modos de fallos se proceden a establecer las acciones de mejora bien sea para prevenirlos, eliminarlos o reducir la oportunidad de que ocurran los fallos, para así mejorar la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos, del servicio, de las maquinarias y el proceso.

5.3.1 Clasificación de las máquinas en función de su criticidad

Para clasificar las máquinas que son utilizadas en el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A, en función de su criticidad se determinará empleando la matriz modeladora de riesgos, también conocida como matriz de criticidad.

Esta matriz está compuesta por dos ejes; el primer eje corresponde al de las ordenadas que muestran las probabilidades en una escala del 1 al 5 de las fallas de las máquinas que forman parte del proceso, mientras que en el segundo eje

corresponde al de las abscisas donde se muestra la severidad de las consecuencias que generan las fallas en las máquinas las cuales están representadas escala de la A hasta la E.

Las máquinas a las cuales se le va a determinar su criticidad son la calandra de virolas, el troquel de 45 TON, troquel de 35 TON, cortadora de láminas, la cizalla y la dobladora. Al determinar la criticidad de estas máquinas, se podrá establecer de una manera más eficiente, las estrategias y las actividades de mantenimiento de tipo, preventivo, correctivo o detectivo que mantengan en buen funcionamiento cada uno de las mismas. En la tabla 5.5 se observan los resultados obtenidos después de aplicar el análisis de criticidad a las máquinas que forman parte del proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A.

Tabla 5.5 Matriz de criticidad para las máquinas del proceso de elaboración de violas de la empresa CALPRE S.A.

| MATRIZ DE CRITICIDAD | | | CONSECUENCIA | | | | |
|----------------------|---------------------|----------|--------------|-------|-------|----------|----------|
| | | | A | B | C | D | E |
| PROBABILIDAD | CALANDRA DE VIROLA | 5 | Medio | Alto | Alto | Muy alto | Muy alto |
| | TROQUEL DE 45 TON | 4 | Medio | Medio | Alto | Alto | Muy alto |
| | TOQUEL DE 35 TON | 3 | Bajo | Medio | Medio | Alto | Muy alto |
| | CIZALLA | | | | | | |
| | DOBLADORA | | | | | | |
| | CORTADORA DE LAMINA | | | | | | |
| | | 2 | Bajo | Bajo | Medio | Alto | Alto |
| | 1 | Muy bajo | Bajo | Medio | Medio | Alto | |

Fuente: Matriz de criticidad aplicada a las máquinas que forman parte del proceso de elaboración de violas de la empresa CALPRE S.A, Puerto Ordaz. Año 2010.

De acuerdo al impacto (efecto) que se generaría de cada uno de los modos de fallos de las máquinas se procedió a otorgarle un nivel de criticidad que determina la clasificación de las máquinas en función de la misma estableciendo así un orden de prioridades de mantenimiento para las maquinas que lo requieran. Los niveles de criticidad son los siguientes:

Con respecto a la máquina calandra de virola se estableció un nivel de probabilidad de 5 debido a que esta máquina ha venido presentando constante fallas a partir del año 2009 y un nivel de severidad E porque genera una consecuencia muy rigurosa que es la paralización de la máquina y por ende de la actividad, ubicando de esta manera a la máquina en un nivel de criticidad muy alto.

En relación al troquel de 45 TON se le asignó un nivel de probabilidad de 4, ya que es probable que esta máquina presente fallas debido a su deterioro físico y un nivel de severidad de consecuencia C porque el desempeño de la misma es reducido, colocando esta máquina en un nivel de criticidad alto.

En relación a las máquinas troquel de 35 TON, cizalla, dobladora y cortadora de láminas se les estipuló un nivel de probabilidad 3 por la razón de que es poco probable que presenten fallas y un nivel de severidad de A que no acarrearían consecuencias severas.

En la tabla 5.6 refleja la clasificación de las máquinas de acuerdo a su criticidad resultando en primer lugar con una criticidad muy alta la máquina calandra de virolas, posteriormente el troquel de 45 TON con una criticidad alta y por último las máquinas troquel de 35 TON, cizalla, dobladora y cortadora de lámina con un nivel de criticidad bajo.

Tabla 5.6 Resumen de la clasificación de las máquinas del proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A en función de su criticidad.

| MAQUINAS | CRITICIDAD |
|------------------------|-------------------|
| CALANDRA DE VIROLA | MUY ALTA |
| TROQUEL DE 45 TON | ALTA |
| TROQUEL DE 35 TON | BAJA |
| CIZALLA | |
| DODLABORA | |
| CORTADORA DE LAMINA | |

Determinadas las criticidades de estas máquinas, el paso siguiente sería priorizar las actividades de mantenimiento que mantengan en buen funcionamiento cada una de las mismas.

5.4 Propuesta de las acciones para prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurran las fallas potenciales

En esta investigación una vez que los modos de falla han sido ordenados por su NPR se establecen acciones de mejora para prevenir, reducir o eliminar las fallas presentes, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto, reducir la probabilidad de ocurrencia y aumentar la probabilidad de detección. Las acciones

van dirigidas a los NPR más altos. Finalmente, se registran las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adoptado, el responsable del proceso debe asegurarse que las acciones recomendadas sean implantadas.

Con respecto a la máquina de calandrado de virola las acciones recomendadas es realizar un mantenimiento preventivo cada tres meses, realizar cambios de ejes y rodamientos cuando estén deteriorados o dañados, lubricación periódica de los engranajes y cambios de rebordes cuando se dañen.

Por otra parte se propone realizar cambios de las partes del troquel interior de 45 TON que presentan deterioró y realizar mantenimiento preventivo cada tres meses.

Para el ensamblaje interno de aleta dentro del envolvente mediante la soldadura, se recomienda realizar la soldadura por resistencia empleando el método de soldadura por resaltes para evitar así el desprendimiento de la aleta del envolvente.

Con la aplicación de todas las acciones recomendadas se pueden prevenir estas fallas y la paralización del proceso garantizando el buen funcionamiento de las máquinas y contribuyendo de esta manera al mejoramiento del proceso y de la calidad del producto. (Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso).

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|------------|----------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | | PÁGINA | | 1 | DE | 2 | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | | FECHA DE ELABORACION | | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCINIEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsible y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---|---|---|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---|---|---|-----------|
| Calandrado de virolas | Arrastra la lamina para darle forma de envoltente | No arrastre la lamina | Paralización del proceso | Mala calidad de la materia prima Los ejes y rodamientos de la máquina se partan Falta de lubricación de los engranajes | Reparación de las partes de la maquina | 9 | 9 | 3 | 243 | Realizar mantenimiento preventivo a la máquina cada tres meses Cambios de ejes y rodamientos Lubricación periódica de los engranajes Realizar mantenimiento a los rebordes | Implantarlo recomendado | 2 | 9 | 3 | 54 |
| | | Defectos en los bordes de la lamina | Producto defectuoso | Los rebordes de la máquina se dañen | | 5 | 9 | 4 | 180 | | Implantarlo recomendado | 3 | 9 | 3 | 81 |

Continuación Tabla 5.7.

| Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF DE Proceso) | | | | | | | AMEF Número | | 1 | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| DESCRIPCIÓN | NOMBRE DEL PROCESO: Elaboración de virolas | | | | | PÁGINA | 2 | DE | 2 | | | | | | |
| | RESPONSABLE DEL PROCESO: JEFE DE TALLER | | | FECHA DE ELABORACION | 15 / 09 / 2010 | | PREPARADO POR: YETSIRET FIGUEROA JORGE RAMOS | | | | | | | | |
| | EQUIPO DE TRABAJO : YETSIRET FIGUEROA, JORGE RAMOS | | | | | REVISADO POR: MARILIN ARCNEGAS MILAGROS ROMAN | | | | | | | | | |
| Descripción de la parte o proceso | Función de la Parte o proceso | Modo de Falla Potencial | Efectos potenciales de la falla | Causa(s) Potencial(es) / Mecanismo De falla | Situación actual | | | | | Responsable y fecha objetivo de cierre (para la acción recomendada) | Evaluación de mejoras | | | | |
| | | | | | Control es del proceso actuales | Ocurrencia | Gravedad | Detección | NPR | | Acciones recomendadas | Acciones tomadas | Ocurrencia | Gravedad | Detección |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|---|---|---|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------|---|---|---|-----------|
| Troquelado interior de aletas | Realiza la perforación de huecos en la aleta | Desempeño reducido del troquel de 45 TON | La capacidad de funciona miento y la eficiencia de la maquina es baja | Deterioro físico de las partes de la máquina Falta de mantenimiento | No existe | 8 | 9 | 3 | 216 | Cambios de las partes de la maquina que presentan deterioro y realizar mantenimiento preventivo cada tres meses | | Implantando lo recomendado | 3 | 9 | 2 | 54 |
| Ensamblaje interno de aleta dentro del envoltente | Unión por medio de soldadura de aleta dentro del envoltente | Desprendimiento de la aletas | Defectos en el producto | Mala soldadura | Soldar nuevamente | 6 | 8 | 3 | 144 | Se recomienda realizar la soldadura por resistencia empleando el método de soldadura por resalte | | Implantando lo recomendado | 2 | 8 | 2 | 32 |

Una vez desarrollado los objetivos donde se analizaron los modos de fallas, efecto y causa del proceso de elaboración de virolas y después de haber priorizado las fallas de acuerdo a su NPR se procedió a la implantación de las acciones recomendadas para cada modo de falla priorizado y se estableció el responsable y la fecha límite para la implantación de dichas acciones.

Al implantar las acciones recomendadas se busca eliminar o disminuir la ocurrencia de la causa del modo de falla, reducir la gravedad del modo de falla e incrementar la probabilidad de detección. Una vez realizadas las acciones correctivas o preventivas, se recalcula el grado de ocurrencia, severidad, detección y el NPR. El AMEF se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los Índices de Gravedad, Ocurrencia y Detección y recalculando los Números de Prioridad de Riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las acciones de mejora.

5.5 Elaboración de la planificación de actividades de mantenimiento en las fallas presente

El desarrollo de este objetivo permite llevar a cabo las actividades de mantenimiento de las fallas presentes en algunos componentes de las máquinas; calandra de virolas y el troquel de 45 TON, la elaboración de una planificación de mantenimiento se realiza con el objetivo de eliminar o reducir las fallas presentes prolongando su estado optimo operacional, para que no se paralicen las maquinas, ni la línea de producción y no ocasionar gastos innecesario a la empresa.

La planificación de mantenimiento ha sido elaborada para evitar los fallos posibles, eso quiere decir que para elaborar una buena planificación de actividades de mantenimiento fue necesario realizar un detallado análisis de fallos de todas las actividades que componen el proceso. Luego de realizar dicho análisis se procedió a

indagar las partes de la máquina de la calandra y entre ellas tenemos los engranajes los cuales son rueda o cilindro dentado empleado para transmitir un movimiento giratorio o alternativo desde una parte de la máquina a otra y el cual se planteó limpieza y lubricación de engranajes cada tres meses y cambios anual, para el eje se indicó realizar una verificación del mismo y se propuso realizar cambios de ejes, en cuanto a él rodamiento que es el que produce movimiento a la lámina que se coloque sobre este y se mueve sobre el cual se apoya se sugirió realizarle una inspección para chequear su temperatura de operación, el ruido y del lubricante sugiriendo para ello su respectiva limpieza, lubricación cada tres meses y realizar cambios de los mismo anual y para los rebordes se indicó realizar una verificación para observar la posición de ambos rebordes en la cual se propuso la limpieza de rebordes, alinearlos correctamente cada tres meses y el cambios anual.

Otra máquina que presenta problemas periódicos y la cual se analizó es el troquel de 45 TON iniciando con la inspección de las partes del troquel, luego por la verificación del estado de resorte del pedal de la máquina sugiriendo cambio de resorte, se inspeccionó el estado físico del eje y se planteó el cambio del mismo, la inspección de las cuchillas de corte de la máquina la cual se propuso la limpieza, afilado de cuchillas y el cambios anual de cuchillas, también se inspeccionó los tornillos del embolo las cuales se planteó cambios de tornillos, se inspeccionó el poste matriz superior indicando la limpieza y lubricación del mismo, inspección del poste matriz inferior la cual se propuso limpieza y lubricación del poste matriz inferior, se inspeccionó el embolo de la máquina que requiere su respectiva limpieza y lubricación. Inspección de los casquillos del poste matriz se planteo realizar la limpieza de los casquillos y se recomienda el cambio anual, se realizó la inspección del sistema polea-correa el cual requiere de cambio de poleas y correas y se inspeccionó el motor recomendando su respectiva limpieza. Cabe destacar que algunas partes de la máquina presentan desperfecto el cual genera deficiencias en el proceso.

5.5.1 Descripción de planificación de las actividades de mantenimiento

Contiene las actividades de mantenimiento que se deben realizar con cada máquina, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización intempestiva de una o varias máquinas. Estas actividades se obtienen de los manuales de los fabricantes y de la experiencia de los trabajadores, tienen una duración anual o bienal, según se vaya comprobando su grado de eficiencia y aplicabilidad, el responsable de realizar las actividades de mantenimiento es el jefe de taller, esta planificación muestra la descripción de las actividades de las máquinas las cuales presentan fallas y contiene: Nombre de la empresa, nombre de la máquina, número de actividades, actividad que se debe realizar, frecuencia de trabajo y los materiales o repuestos.

En la primera columna se colocan materiales o repuestos números en forma correlativa a cada actividad. En la siguiente columna se listan las actividades de mantenimiento, seguidas de la frecuencia de trabajo y de los materiales o repuestos indispensables para ejecutar dicha actividad.

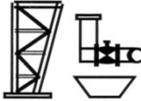
La frecuencia de trabajo describe la periodicidad con que se deben realizar dichas actividades. Para esto se adopta la simbología con la que se suelen representar los periodos de intervención. (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Frecuencia de trabajo.

| | |
|-----------|---------------------------------------------|
| H | Actividad que se desarrolla cada hora |
| D | Actividad que se desarrolla diariamente |
| S | Actividad que se desarrolla semanalmente |
| Q | Actividad que se desarrolla quincenalmente |
| M | Actividad que se desarrolla mensualmente |
| 2M | Actividad que se desarrolla cada dos meses |
| 3M | Actividad que se desarrolla cada tres meses |
| 6M | Actividad que se desarrolla cada seis meses |
| A | Actividad que se desarrolla anualmente |
| 3A | Actividad que se desarrolla cada tres años |

Los resultados de la planificación de actividades de mantenimiento para la máquina calandra de virolas se muestran a continuación en la tabla 5.9.

Tabla 5.9 Los resultados de la planificación de actividades de mantenimiento para la máquina calandra de virolas.

|  CALPRE, S.A. <small>CALDERERIA TUBERIA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTURARI-ZONA INDUSTRIAL UMARE 1 TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small> | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A | | | |
| PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | | | |
| Objetivo: Minimizar las fallas presentes de la Calandra de Virolas | | | |
| Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina. | | | |
| Nombre de máquina: CALANDRA DE VIROLAS Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 1 | Inspección de la máquina, especialmente en los engranajes, ejes, rodamientos y rebordes. | 6M | |
| 2 | Limpieza de engranajes | 3M | Brocha, cepillos, disolventes |
| 3 | Lubricación de engranajes | 3M | Aceites de minerales puros |
| 4 | Cambios de engranajes | A | Engranajes de rueda dentada |
| 5 | Verificación del estado físico de los ejes | 6M | |

| | | | |
|---|-----------------|---|---------------------|
| 6 | Cambios de ejes | A | Ejes de transmisión |
|---|-----------------|---|---------------------|

Continuacion Tabla 5.9.

| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|
| 7 | Verificación de la correcta posición de los ejes | 6M | Elementos de medición (metro) |
| 8 | Inspección de los rodamientos; chequeo del ruido, temperatura de operación y del lubricante | 3M | |
| 9 | Limpieza de los rodamientos | 3M | Disolvente adecuado (gasolina de lavado, cepillo o pincel) |
| 10 | Lubricación de los rodamientos | 3M | Grasa |
| 11 | Reemplazos de rodamientos | A | Rodamientos de bolas de contacto angular |
| 12 | Verificación de la posición de ambos rebordes | 6M | Lija. |
| 13 | Limpieza de rebordes | 3M | Vernier, metro |
| 14 | Alinear correctamente los rebordes | 3M | Rebordes cilíndricos |
| 15 | | A | |

| | | | |
|--|---------------------|--|--|
| | Cambios de rebordes | | |
|--|---------------------|--|--|

Los resultados de la planificación de actividades de mantenimiento del troquel de 45 TON se muestran en el Apéndice B.

La planificación de actividades de mantenimiento se rige por la planificación de la producción, para la elaboración de esta planificación se analizaron actividades considerándose de importancia para la buena planificación de las actividades propuestas, cualquier actividad de mantenimiento que se planifica dará mejores resultados con menos esfuerzos y costos si se planifica cuidadosamente.

Toda planificación debe basarse en hechos; en cuanto más hechos se tienen, más fácil y más fiable será la planificación. El desarrollo de este objetivo se fundamenta en establecer una planificación de actividades de mantenimiento para el proceso de elaboración de virolas tomando en cuenta la máquina de calandrado y el troquel de 45 TON los cuales en estas máquinas se encuentran fallas en algunas de sus partes, considerando para esas partes sus respectivas inspecciones, limpiezas, lubricaciones, y cambios cuando sea necesario. A través de esta planificación se puede lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, además de garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida, para impedir que las máquinas sean retiradas de la producción mucho antes de haber alcanzado su periodo normal de vida.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Una vez finalizado el análisis de modo y efecto de fallas en el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A, Puerto Ordaz, Estado Bolívar, y en base al análisis de los resultados obtenidos se formulan las siguientes conclusiones:

- El proceso de elaboración de virolas está representado por cuatro etapas: 1. Preparación de pletinas, 2. Preparación de aletas, 3. Preparación de envolvente y 4. Ensamble de virolas.

- El 100% de los entrevistados manifestaron que no se ha aplicado la técnica del AMEF al proceso de elaboración de virolas de la empresa, igualmente acotaron que existe fallas en el proceso.

- El proceso está conformado por 14 actividades de las cuales se determinaron 21 modos de fallos posibles con sus respectivas causas y efectos.

- Se determinó que el 47% de los entrevistados consideran que las maquinarias son el principal elemento que genera fallas en el proceso, posteriormente el 26% que constituye la mano de obra, el 15% se refiere a la materia prima y el 12% que está representado por los métodos del proceso.

- Se determinaron las posibles causas principales que generan fallas al proceso de elaboración de virolas afectando así la productividad estas son, en la materia prima: dureza de las láminas y mala calidad de las mismas; en la maquinaria: deterioro físico, desgaste y rotura de algunos componentes de las maquinas y falta de lubricación; en los métodos: falta de mantenimiento y métodos no apropiados; mano de obra: falta de capacitación y experiencia.

- De acuerdo al NPR más elevado calculado se priorizaron tres (3) actividades del proceso que presentan fallas, entre las cuales se encuentran en primer lugar con un NPR de 243 el calandrado de virolas; arrastra la lámina para darle forma de envolvente, en segundo lugar con un NPR de 216 el troquel de 45 TON; perforación interna de los nueve huecos (9) de la aleta y por ultimo con un NPR de 144 el ensamblaje interno de la aleta dentro del envolvente; por medio de la unión de soldadura.

- Se estableció una clasificación de las máquinas que forman parte del proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A en función de su criticidad, resultado la máquina de calandrado con una criticidad muy alta, el troquel de 45 TON con criticidad alta y las maquinas restantes con una criticidad baja.

- Durante el proceso de investigación una de las soluciones para resolver la problemática presentada a las máquinas calandra de virolas y troquel de 45 TON, fue elaborar una planificación de actividades de mantenimiento preventivo a dichas maquinas con el fin de optimizar su nivel de funcionamiento y con ello alargar la vida útil de las mismas.

- La planificación de mantenimiento para la máquina de calandrado consta de 15 actividades y de 28 para del troquel de 45 TON, estas actividades están

representadas por verificaciones, inspecciones, limpiezas, lubricaciones y cambios de algunos componentes de las máquinas.

Recomendaciones

Las recomendaciones que se muestran a continuación van dirigidas al área de producción de elaboración de virolas de la Empresa CALPRE .S.A, Puerto Ordaz.

- Se recomienda la implantación y ejecución de la propuesta.
- Es necesario instruir al personal sobre la realización de cada una de las actividades del proceso de elaboración de virolas.
- Evaluar y poner en práctica lo más pronto posible la planificación propuesta para incrementar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas que le garantice a la organización brindar productos de calidad.
- La planificación de actividades de mantenimiento debe ser supervisada cuando se incorporen piezas nuevas a las máquinas ya mencionadas.
- Llevar el control de las actividades a la hora de ejecutar la planificación de mantenimiento.
- Registrar cada una de las actividades ejecutadas de mantenimiento a las maquinas especificas en el historial de dichas máquinas, de manera que pueda ser utilizada posteriormente esa información.
- Las herramientas aplicadas en este estudio deben extenderse a los demás procesos de la empresa CALPRE S.A para instituir una mejor cultura de calidad en la empresa.

REFERENCIAS

De la Fuente Silva, Leopoldo.(2009) **“DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN”** 10 de Abril de 2010, [www.uatapuntas.com].

González, Marian (2009) **“ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE LA GRÚA LIEBHERR LTM 1140, ADSCRITA A LA SUPERINTENDENCIA DE MANEJO DE MINERAL UBICADA EN EL ÁREA DE PIE DE CERRO, CVG BAUXILUM PIJIGUAOS, ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo de grado Universidad Gran Mariscal de Ayacucho, Facultad de Ingeniería. P. 102.

Helman Horacio y Pereira Paulo. (1995) **“MANUAL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF)**. Ford Motor Company. [www.fmeca.com].

Muther, Richard. (1981) **“DISTRIBUCIÓN EN PLANTA”** 10 de Abril de 2010, Cuarta edición. España, Editorial Hispno Europea. Biblioteca de Dirección, Organización y Administración de Empresas. Técnicas de Organización Industrial.

Pacheco Barreiro, Hugo Andrés (2009), **“DISEÑO DE UN PLAN DE CALIDAD PARA UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA TÉCNICA AMEF.** Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui. [www.biblioteca@anz.udo.edu.ve].

Rojas, Jhonmay. (2010). **“MEJORA BASADA EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA ELEVAR LA EFICIENCIA OPERATIVA DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DE LA ESTACIÓN DE BAÑO I DE CVG VENALUM, PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR”**. Trabajo de grado Universidad Gran Mariscal de Ayacucho.

Sabino, Carlos (2002). **EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN** Editorial Panapo, Caracas, P. 216.

Sampieri, Roberto (2003). **“METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”** Cuarta edición. Editorial Mc Graw Hill.

Sosa, Torres, Julio, Antonio. (2008). **“PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO BASADAS EN EL ANÁLISIS DE LOS MODOS EFECTO DE FALLAS Y CRITICIDAD DE UN TURBO COMPRESOR. CASO: PLANTA PRODUCTORA DE METANOL, MENTOR S.A.** Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui. Trabajo de grado no publicado

Zambrano, Carlos. (2006) **ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y CONFIABILIDAD EN LOS EQUIPOS.** 14 de Octubre de 2010. [www.biblioteca@anz.udo.edu.ve]

APÉNDICES

APÉNDICE A

Diagrama de flujo de proceso de elaboración de virolas de la empresa
CALPRE S.A, Puerto Ordaz

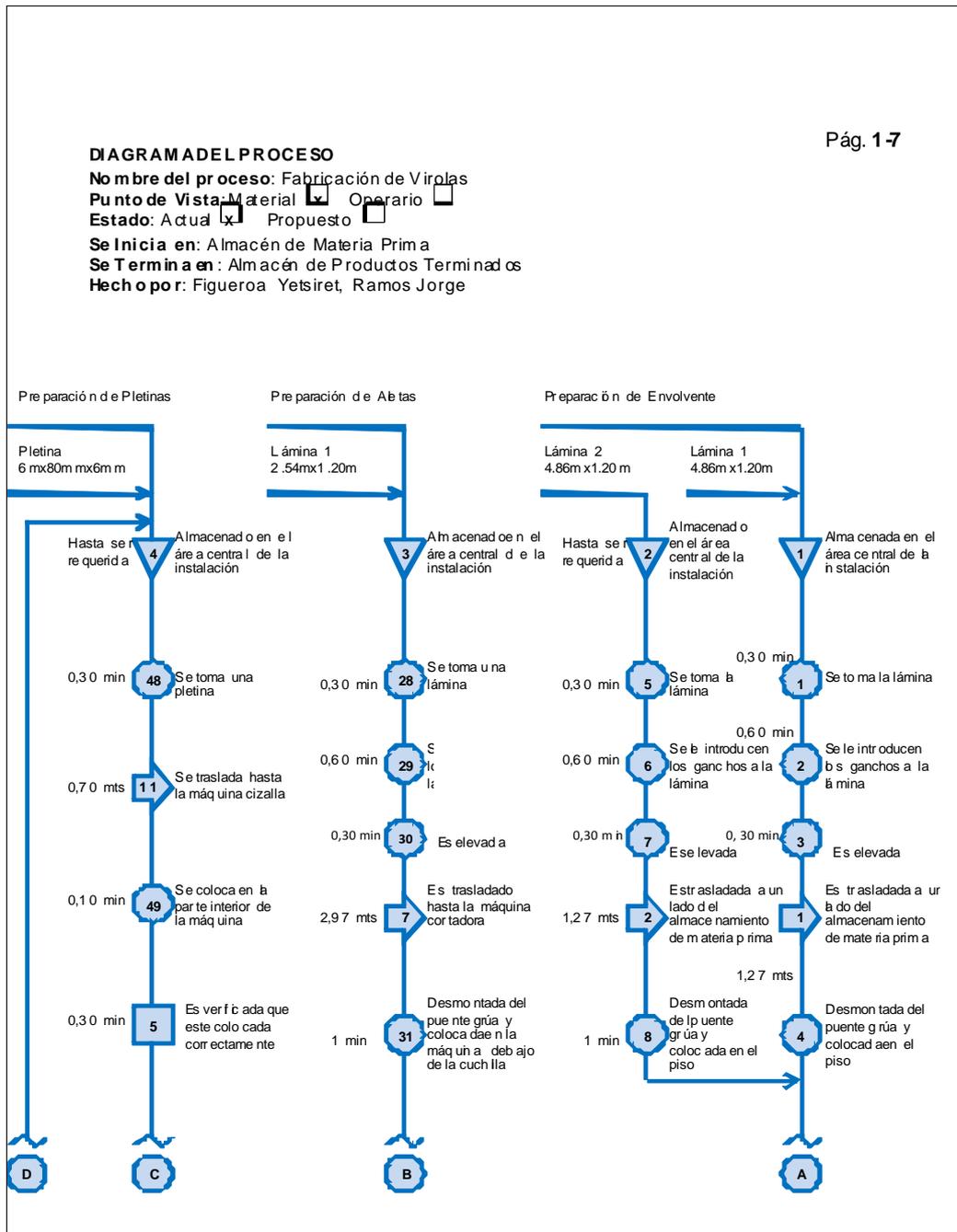
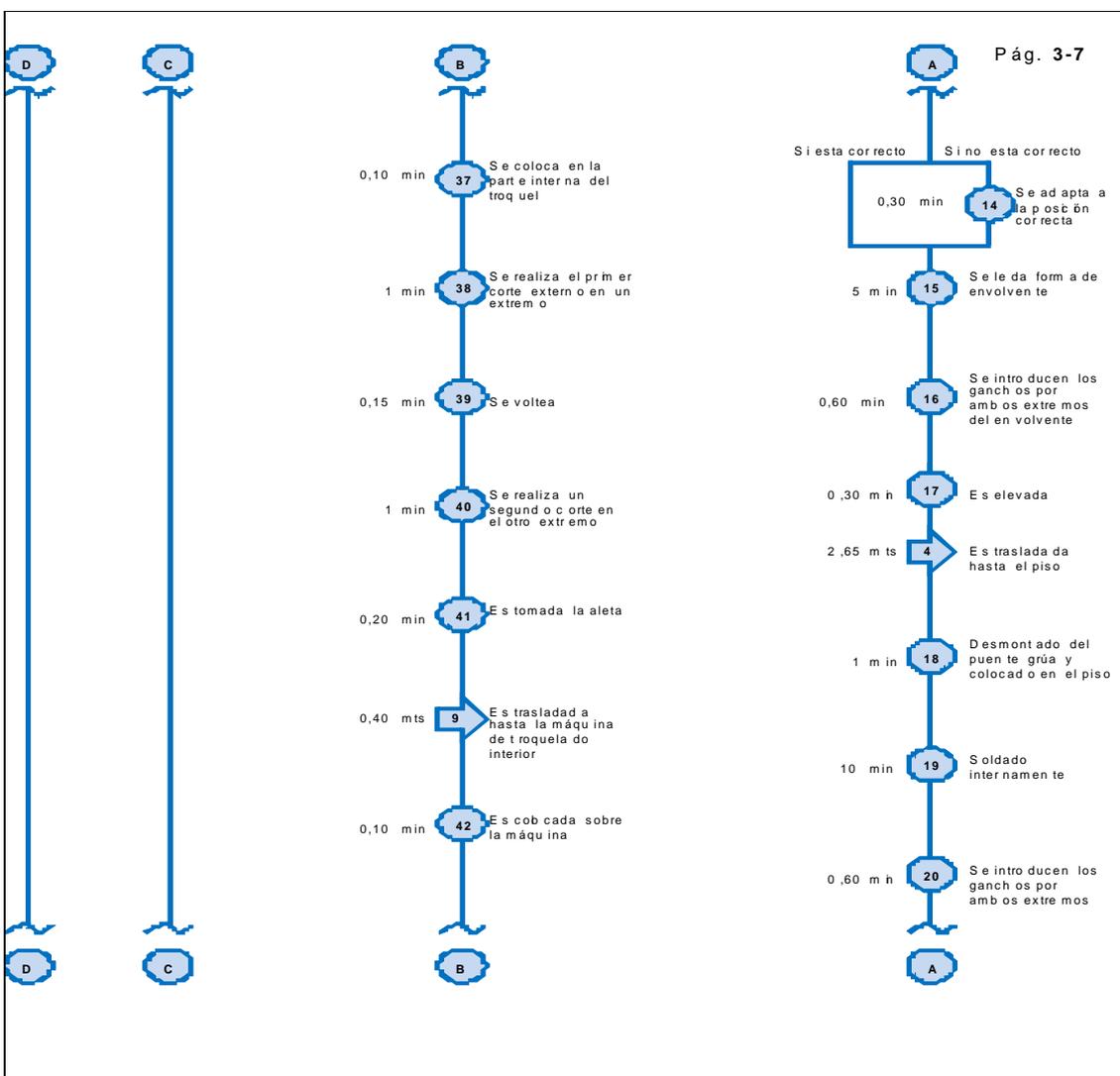


Figura A.1 Diagrama de Proceso.

Continuación Figura A.1.

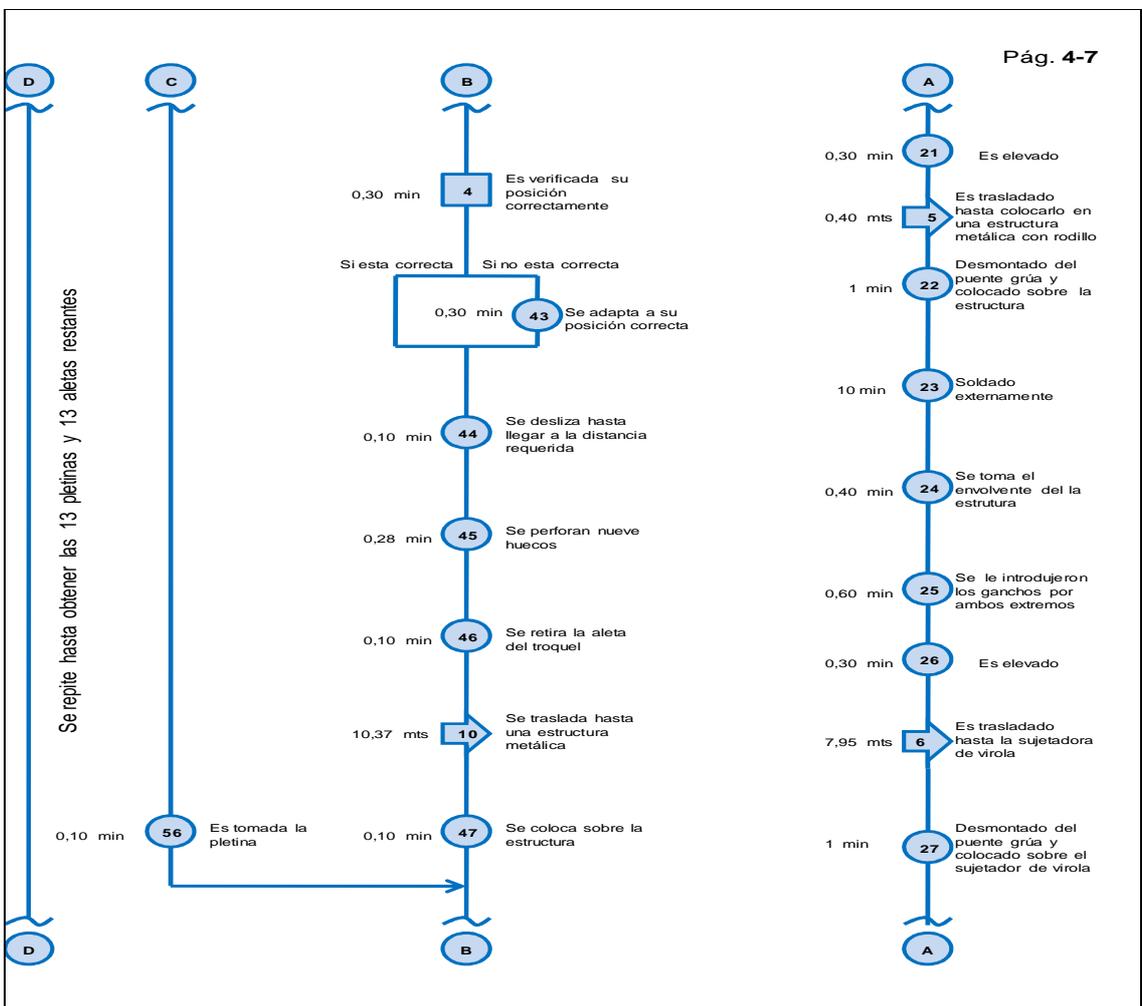
DIAGRAMA DEL PROCESO
Nombre del proceso: Fabricación de Virolas
Punto de Vista: Material x Operario
Estado: Actual x Propuesto
Se Inicia en: Almacén de Materia Prima
Se Termina en: Almacén de Productos

Hecho por: Figueroa Yetsiret, Ramos Jorge



Continuación Figura A.1.

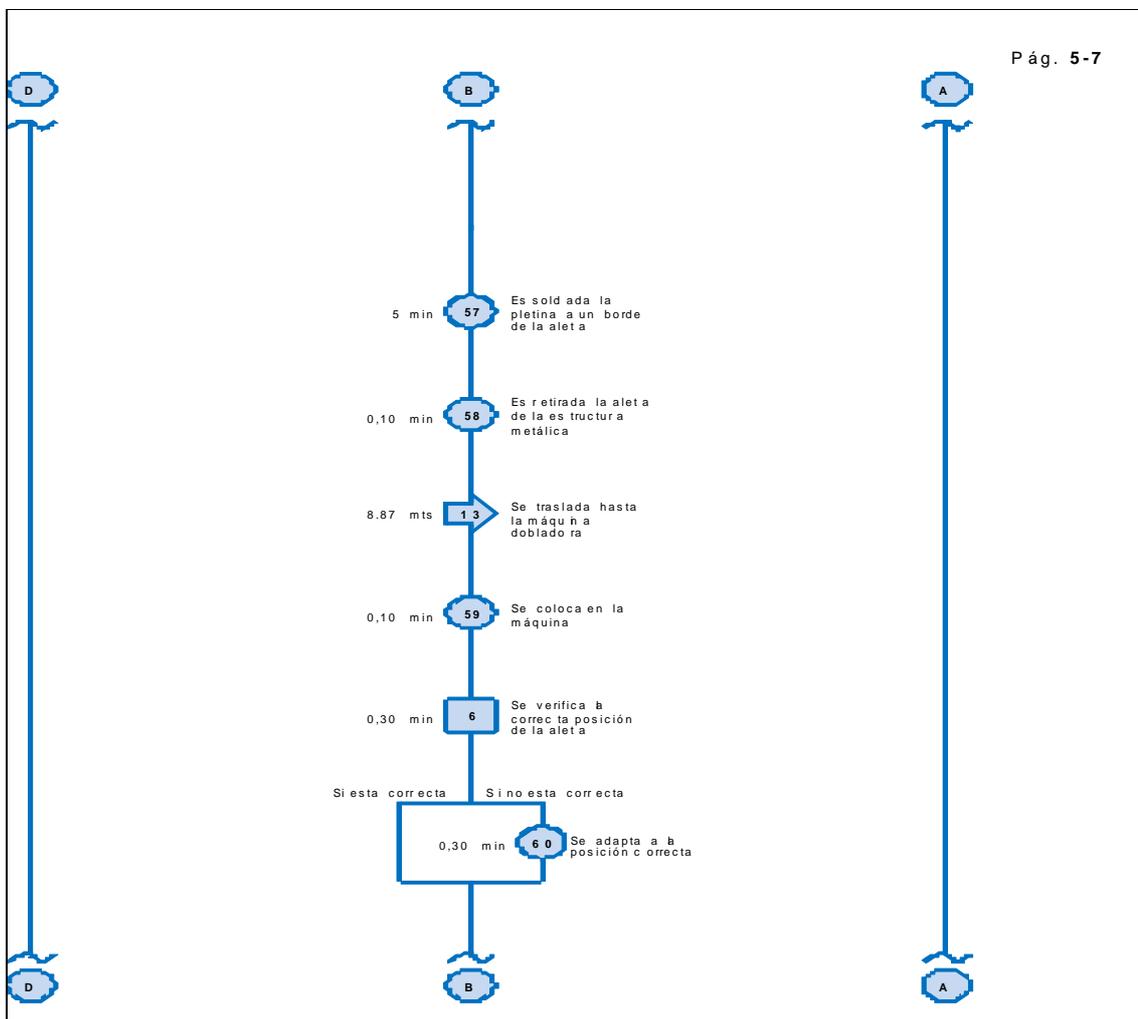
DIAGRAMA DEL PROCESO
Nombre del proceso: Fabricación de Virolas
Punto de Vista: Material x Operario
Estado: Actual x Propuesto
Se Inicia en: Almacén de Materia Prima
Se Termina en: Almacén de Productos Terminados
Hecho por: Figueroa Yetsiret, Ramos Jorge



Continuación Figura A.1.

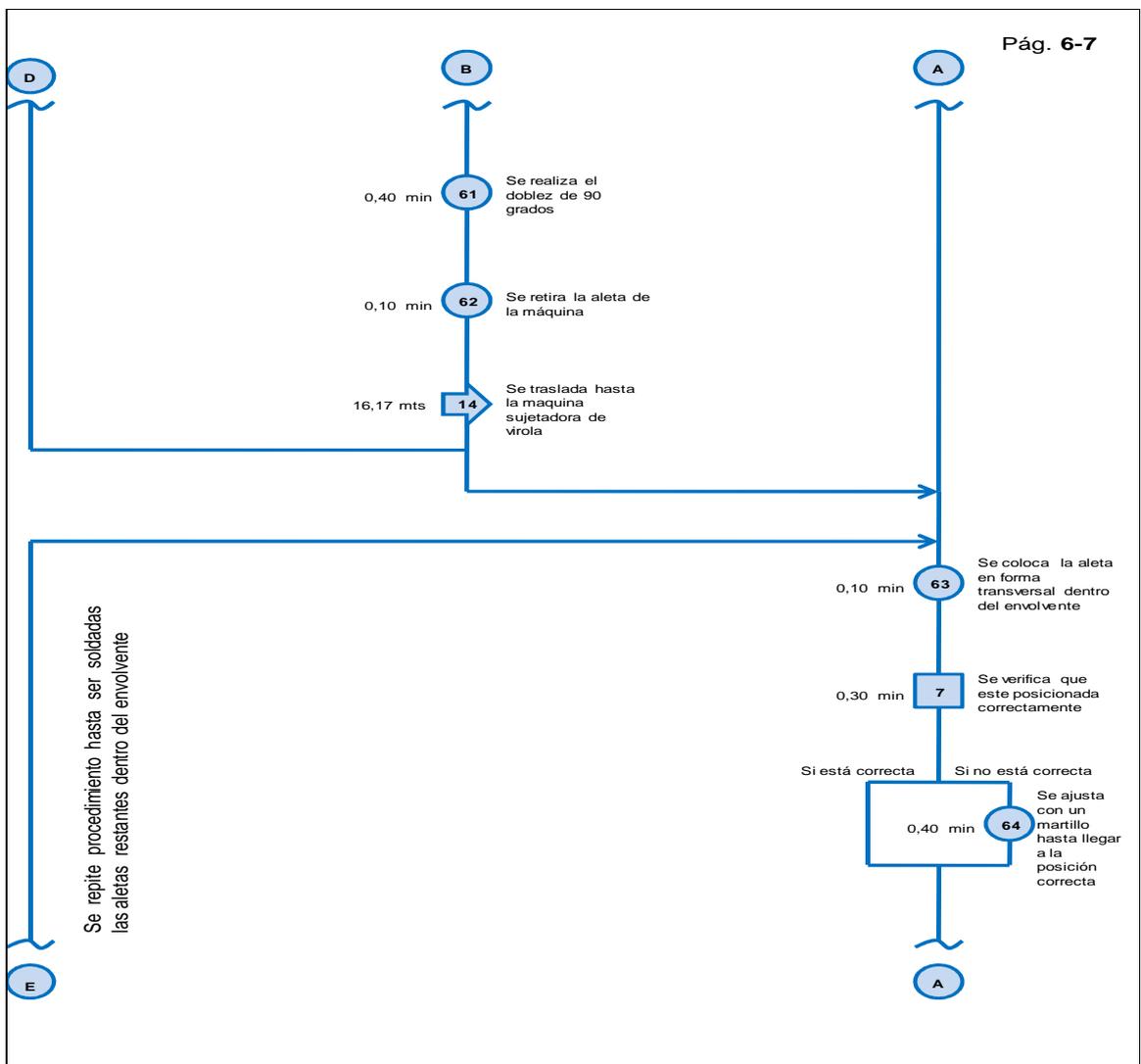
DIAGRAMA DEL PROCESO
Nombre del proceso: Fabricación de Virolas
Punto de Vista: Material x Operario
Estado: Actual x Propuesto
Se Inicia en: Almacén de Materia Prima
Se Termina en: Almacén de Productos

Hecho por: Figueroa Yetsiret, Ramos Jorge



Continuación Figura A.1.

DIAGRAMA DEL PROCESO
Nombre del proceso: Fabricación de Virolas
Punto de Vista: Material x Operario
Estado: Actual x Propuesto
Se Inicia en: Almacén de Materia Prima
Se Termina en: Almacén de Productos



Continuación Figura A.1.

DIAGRAMA DEL PROCESO

Nombre del proceso: Fabricación de Virolas

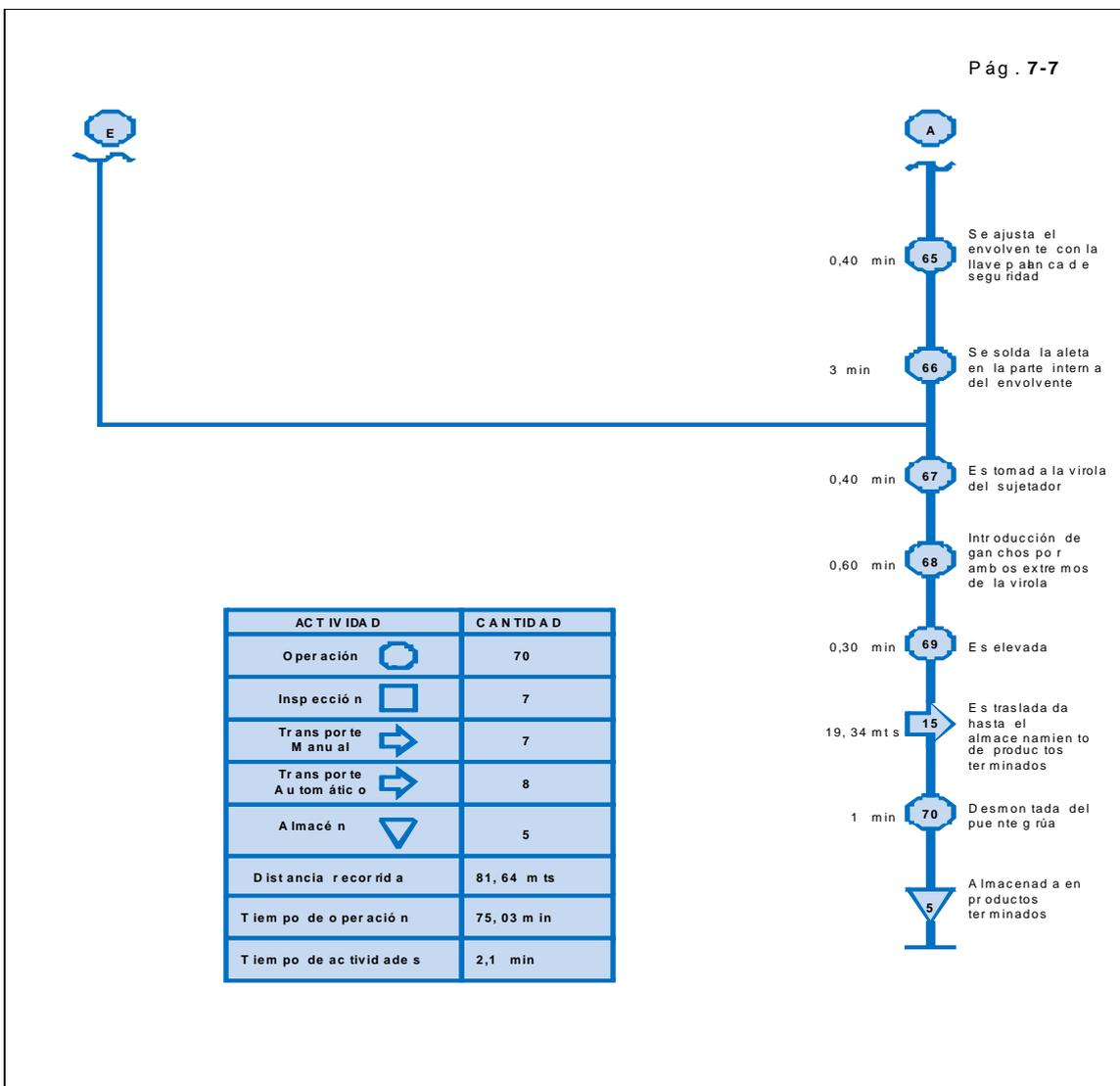
Punto de Vista: Material x Operario

Estado: Actual x Propuesto

Se Inicia en: Almacén de Materia Prima

Se Termina en: Almacén de Productos

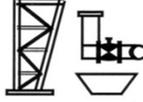
Hecho por: Figueroa Yetsiret, Ramos Jorge



APÉNDICE B

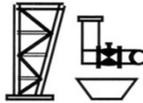
Planificación de las actividades de mantenimiento para la máquina troquel de
45 TON

Tabla B.1 Planificación de actividades de mantenimiento de 45 TON.

| <p>NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A</p> | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
|  <p>CALPRE, S.A. <small>CALDERERÍA TUBERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTURRI-SONA INDUSTRIAL UNARE I TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small></p> | | | |
| <p>PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO</p> | | | |
| <p>Objetivo: Minimizar las fallas presentes del Troquel de 45 TON</p> <p>Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina.</p> | | | |
| <p>Nombre de máquina: TROQUEL 45 TON Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller</p> | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 1 | Inspección de todas las partes del troquel | 6M | |
| 2 | Verificación el estado del resorte del pedal de la máquina | 6M | |
| 3 | Cambio del resorte del pedal | 6M | Resorte de compresión |
| 4 | Inspección del estado físico del eje | 6AM | |
| 5 | Cambio de ejes. | A | Ejes de transmisión |
| 6 | Inspección de las cuchillas de corte de la máquina | 6AM | |

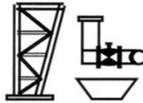
| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

Continuación Tabla B.1.

|  CALPRE, S.A. <small>CALDERERÍA TUBERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTUARI-ZONA INDUSTRIAL UNARE I TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small> | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A | | | |
| PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | | | |
| Objetivo: Minimizar las fallas presentes del Troquel de 45 TON | | | |
| Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina. | | | |
| Nombre de máquina: TROQUEL 45 TON Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 7 | Limpieza de cuchillas | 3M | Disolvente, brocha, paño y lija |
| 8 | Afilado de cuchillas | 3M | Esmeril |
| 9 | Cambios de cuchillas | A | Cuchillas de corte |
| 10 | Inspección de tornillos del embolo | 6AM | |

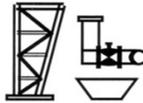
| | | | |
|----|--------------------------------------|-----|-------------------------------|
| 11 | Cambios de tornillos del embolo. | A | Tornillos de cabeza hexagonal |
| 12 | Inspección del poste matriz superior | 6AM | |

Continuación Tabla B.1.

|  CALPRE, S.A. <small>CALDERERÍA TUBERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTUARI-ZONA INDUSTRIAL UNARE I TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small> | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A | | | |
| PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | | | |
| Objetivo: Minimizar las fallas presentes del Troquel de 45 TON | | | |
| Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina. | | | |
| Nombre de máquina: TROQUEL 45 TON Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 13 | Limpieza del poste matriz superior | 3M | Disolvente, paños y pincel |
| 14 | Lubricación del poste matriz superior | 3M | Grasa |
| 15 | Inspección del poste matriz inferior | 6AM | |
| 16 | Limpieza del poste matriz inferior | 3AM | Disolvente, paños y pincel |

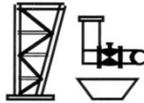
| | | | |
|----|---------------------------------------|-----|-------|
| 17 | Lubricación del poste matriz inferior | 3AM | Grasa |
| 18 | Inspección del embolo de la maquina | 6AM | |

Continuación Tabla B.1.

|  CALPRE, S.A. <small>CALDERERÍA TUBERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTUARI-ZONA INDUSTRIAL UNARE I TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small> | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A | | | |
| PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | | | |
| Objetivo: Minimizar las fallas presentes del Troquel de 45 TON | | | |
| Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina. | | | |
| Nombre de máquina: TROQUEL 45 TON Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 19 | Limpieza del embolo | 3M | Disolvente, paños, brocha, |
| 20 | Lubricación del embolo | 3M | pincel |
| 21 | | 6AM | Grasa |
| 22 | Inspección de los casquillos del poste matriz | 3M | Disolvente y paños |
| | Limpieza de los casquillos del poste matriz | | |

| | | | |
|----|-------------------------------------------|----|------------------------|
| 23 | Cambio de los casquillos del poste matriz | A | Casquillos cilíndricos |
| 24 | Inspección del sistema polea-correa | 6M | |

Continuación Tabla B.1.

|  CALPRE, S.A. <small>CALDERERÍA TUBERÍA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CALLE VENTUARI-ZONA INDUSTRIAL UNARE I TELEFONO 0286-9514090 9524738 FAX 0286 9520039</small> | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------|
| NOMBRE DE LA EMPRESA: CALPRE, S.A | | | |
| PLANIFICACION DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO | | | |
| Objetivo: Minimizar las fallas presentes del Troquel de 45 TON | | | |
| Alcance Lograr reducir los factores de desgaste, deterioro y rotura, garantizar el buen funcionamiento durante todos los años de vida útil de la máquina. | | | |
| Nombre de máquina: TROQUEL 45 TON Ejecutor y responsable de las actividades de mantenimiento: Jefe de taller | | | |
| Número de Actividad | Actividad que se debe realizar | Frecuencia de trabajo | Materiales o repuestos |
| 25 | Cambio de poleas | A | Polea acanalada |
| 26 | Cambio de correas | 6M | Correa acanalada |
| 27 | Inspección del motor | 6AM | |
| 28 | Limpieza del motor | 3M | Brocha pequeña |

APÉNDICE C

Fotografías de área de estudio



Figura C.1 Almacén de materia prima (láminas de acero.)



Figura C.2 Puente grúa 5 Ton.

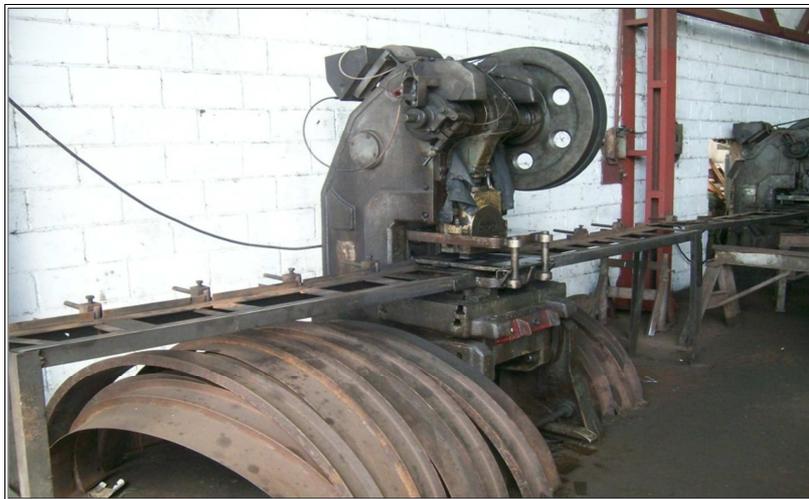


Figura C.3 Troquel 45 Ton.



Figura C.4 Cortadora de lámina 5mm.



Figura C.5 Calandra de Virolas.



Figura C.6 Sujeta Virolas.



Figura C.7 Virola.



Figura C.8 Almacén de productos terminados (Virolas).



Figura C.9 Parte interna de la Virola.



Figura C.10 Máquina de soldar.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

| | |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título | EVALUACIÓN POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DE MODO Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF) DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIROLAS DE LA EMPRESA CALPRE S. A., PUERTO ORDAZ, ESTADO BOLÍVAR. |
| Subtítulo | |

Autor(es)

| Apellidos y Nombres | Código CVLAC / e-mail | |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Ramos B., Jorge L. | CVLAC | 18160339 |
| | e-mail | Jorgeramos55@hotmail.com |
| | e-mail | |
| Figuroa C., Yetsiret R. | CVLAC | 17382188 |
| | e-mail | Yetsiret12@hotmail.com |
| | e-mail | |

Palabras o frases claves:

| |
|-----------------------------|
| AMEF |
| NPR |
| VIROLA |
| MODO DE FALLO |
| INDICE DE OCURRENCIA |
| INDICE DE DETECCION |
| INDICE DE GRAVEDAD |

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

| Área | Subárea |
|----------------------------------------------|------------------------|
| Departamento de Ingeniería Industrial | Ing. Industrial |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Resumen (abstract): La investigación tuvo como objetivo general, evaluar por medio de un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), el proceso de elaboración de virolas de la empresa CALPRE S.A. Puerto Ordaz, estado Bolívar. La población al igual que la muestra de ésta investigación estuvo conformada por los elementos que intervienen en el proceso de elaboración de virolas (6 máquinas, equipos, materia prima y 4 empleados de mano de obra). El análisis e interpretación de los datos obtenidos, se realizó: primeramente un diagnóstico de la situación actual del proceso de elaboración de virolas, luego se determinó por medio de un AMEF las fallas presentes en el proceso, posteriormente se priorizaron los modos de fallas identificados de acuerdo al número de prioridad de riesgo (NPR), se clasificaron las máquinas en función de su criticidad, para luego proponer las acciones que permitan, prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurran las fallas potenciales. Entre las conclusiones se tiene que: Se pudieron determinar cuatro (4) posibles causas principales que generan fallas al proceso de elaboración de virolas afectando así la productividad estas son materia prima, mano de obra, maquinaria y métodos. De acuerdo al NPR calculado se priorizaron tres (3) actividades del proceso que presentan fallas entre las cuales se encuentran el calandrado de virolas;, el troquelado de 45 TON y el ensamblaje interno de la aleta dentro del envoltorio. Para solucionar, reducir o prevenir estas fallas se elaboró una planificación de actividades de mantenimiento para las máquinas calandra de virola y el troquel de 45 TON que garanticen el buen funcionamiento de las mismas, y que contribuyan al mejoramiento del proceso y calidad del producto.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

| Apellidos y Nombres | ROL / Código CVLAC / e-mail | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Marilin, Arciniegas | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input type="checkbox"/> | TU <input checked="" type="checkbox"/> | JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | e-mail | | | | |
| Lizzeth, Páez | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input type="checkbox"/> | TU <input type="checkbox"/> | JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | e-mail | | | | |
| Mauyori, Estanga | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input type="checkbox"/> | TU <input type="checkbox"/> | JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | e-mail | | | | |

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

| | | |
|-------------|-----------|-----------|
| 2011 | 03 | 17 |
|-------------|-----------|-----------|

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

| Nombre de archivo | Tipo MIME |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Tesis-Evaluacion por medio de un análisis de modo y efectos de fallas.doc | Application/msword |

Alcance:

Espacial: Empresa CALPRE S.A, Puerto Ordaz, (Opcional)
Estado Bolívar

Temporal: 5 años (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Industrial

Nivel Asociado con el Trabajo: Ingeniería

Área de Estudio: Departamento de Industrial

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”

Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1



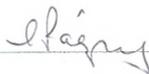
AUTOR 2

AUTOR 3

AUTOR 4



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:

