

CENTRO : FABRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS – VILLA CLARA -CUBA

ING. ROLANDO GUERRA RAMIREZ

TÍTULO: Diagnóstico del mantenimiento de equipos en la Fábrica de Fusibles y Desconectivos de Villa Clara.

PALABRAS CLAVES: FIABILIDAD, MANTENIMIENTO A EQUIPOS, INDICADORES PARA EVULUAR EL MANTENIMIENTO

RESUMEN

La investigación fue realizada en la UEB Fábrica de Fusibles y Desconectivos perteneciente a la Empresa de Producciones Electromecánicas. La misma aborda los conceptos más utilizados en el mantenimiento preventivo planificado y la importancia de estos.

Se describe la situación actual y conveniencia del proceso de mantenimiento y a partir de la contradicción existente entre los objetivos de este proceso y los indicadores utilizados para medir la eficacia del mismo, se propone el uso de nuevos objetivos e indicadores.

A partir de la importancia que tiene para la producción y calidad del producto insignia de la organización, el eslabón **fusible de media tensión tipo K**, se realiza el estudio de fiabilidad al torno automático A20B, con el objetivo de pronosticar con mayor exactitud el momento exacto en que debe realizarse el mantenimiento preventivo, y permitiendo que estos estudios se generalicen al resto del equipamiento instalado.

Para realizar el estudio de fiabilidad se utilizó el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| Introducción | 3 |
| Desarrollo | 5 |
| 1. Análisis teórico | 5 |
| 2. Diagnostico sobre el tema de investigación y aplicación de propuestas de solución | 10 |
| 2.1 Indicadores a utilizar en la medición de la eficacia del proceso de mantenimiento a equipos para proceso | 10 |
| 2.2 Estudio de fiabilidad del torno automático A20B | 13 |
| Conclusiones | 21 |
| Recomendaciones | 22 |
| Bibliografía | 23 |
| Anexos | 24 |

INTRODUCCIÓN

La UEB Fábrica de Fusibles y Desconectivos fue creada en enero del año 2000 por la Empresa de Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos (GEYSEL) y desde el 1 de abril de 2007 pertenece a la Empresa de Producciones Electromecánicas (EPEM) del Ministerio de la Industria Básica (MINBAS).

En el [anexo 1](#) se muestra la estructura organizativa, la cual cuenta con siete departamentos, un laboratorio de calibración de contadores de energía eléctrica y ensayos eléctricos, y seis brigadas de trabajo vinculadas directamente a la producción.

Su objeto social es la producción y comercialización de forma mayorista de componentes electrotécnicos y electromecánicos, así como la prestación de servicios de calibración y pruebas eléctricas a componentes electrotécnicos a las entidades de la Unión Eléctrica.

Entre sus principales productos se encuentran el eslabón fusible de media tensión tipo K para 15 kV y 34 kV, los cortacircuitos de expulsión (drop out), los seccionadores monopolares y tripolares, las cadenas de prueba, los guardacabos, la calibración de contadores de energía eléctrica, el ensamblaje de luminarias de alumbrado público y de gabinetes para contadores de energía eléctrica (ver [anexo 2](#)), y sus principales clientes lo constituyen las Organizaciones Básicas Eléctricas (OBE) de las catorce provincias del país y el municipio especial Isla de la Juventud.

La organización tiene implementado y certificado un sistema integrado de gestión que incluye el sistema de gestión de la calidad en base a la norma NC-ISO 9001:2008, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en base a la norma NC 18001:2005 y el sistema de gestión ambiental en base a la norma NC-ISO 14001:2004. Tiene además acreditado el Laboratorio de Calibración de Contadores de Energía Eléctrica en base a la norma NC-ISO/IEC 17025:2006 y trabaja en el diseño, implementación e integración de los requisitos de la norma NC 3001:2007 (Sistema de Gestión Integrada de Capital Humano) al sistema integrado de gestión, así como en la certificación de sus principales productos y la acreditación del Laboratorio de Ensayos Eléctricos. Dentro de este sistema integrado de gestión, la organización tiene como política *satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, preservar el medio ambiente y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.*

La misión de la organización es *producir y comercializar de forma mayorista componentes electrotécnicos y electromecánicos competitivos, que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes nacionales, para mejorar las redes eléctricas, utilizando para ello un recurso humano altamente capacitado y profesional lo que permite la mejora continua de sus procesos y crear las condiciones para la inserción en el mercado internacional*; mientras que su visión es *ser una organización reconocida por su liderazgo y competitividad empresarial, con tecnología de vanguardia y un recurso humano de excelencia, con sentido de pertenencia, motivado y calificado que diversifique e integre productos de calidad con una gestión que se anticipe y adapte al cambio, aprenda de la experiencia e innove permanentemente*.

Para ayudar a consolidar la política, la misión y la visión de la organización, existen dentro del sistema integrado de gestión implementado varios procesos estratégicos, claves y de apoyo. Dentro de los procesos de apoyo se encuentra el proceso de gestión de mantenimiento de equipos para proceso, el cual se encuentra documentado a través de a ficha de proceso *FD-Pr_{4.1}70 06 Gestión de mantenimiento de equipos para proceso* (Revisión 4) y del procedimiento general *FD-PG_{6.3} 70 01 Mantenimiento y conservación de equipos* (Revisión 3).

Este proceso tiene como objetivos cumplir al 100 % el plan de mantenimiento y garantizar un 90 % de disponibilidad de equipos aptos para el proceso de producción, mientras que el procedimiento establece las acciones a seguir para lograr, mediante una conservación y mantenimiento correctos, asegurar la continuidad de la capacidad del proceso, alargar la vida útil del equipamiento y lograr mantener la conformidad con los requisitos del producto.

Sin embargo la planificación anual de los mantenimientos a cada una de las maquinas herramientas instaladas se realiza sin tener en cuenta la fiabilidad de los mismos, lo que en ocasiones provoca fallas imprevistas, aumento de los tiempos de fallo y gastos adicionales debido a la realización de mantenimientos no planificados o imprevistos.

Es por ello que la realización de un estudio de fiabilidad en una de las máquinas herramientas de mayor impacto productivo permitirá generalizar dicho resultado en el resto del equipamiento instalado, disminuir los fallos imprevistos, el tiempo de parada por fallos y los gastos del mantenimiento.

DESARROLLO

1. Análisis teórico

La realización de los mantenimientos una vez que el equipo ha sido retirado de la producción no garantiza la continuidad de los procesos productivos, es por ello que se hace necesario planificar los mantenimientos teniendo en cuenta la capacidad de los equipos y el tiempo de ocurrencia de fallos o averías.

Esta necesidad permitió la creación de métodos de mantenimiento encaminado a procurar que los equipos destinados a la producción se conserven en buen estado y garanticen la capacidad productiva de las organizaciones, lo que dio origen al Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), el cual comprende entre otras las siguientes actividades:

- planificación de actividades preventivas y control de su realización;
- determinación del tipo de mantenimiento y su descripción;
- determinación de la complejidad de cada mantenimiento según el tipo de equipo;
- organización de las brigadas de mantenimiento;
- utilización de diferentes métodos para la realización de los mantenimientos con el empleo de técnicas progresivas que permitan la restauración de las piezas gastadas;
- organización del abastecimiento material al servicio del mantenimiento;
- organización del control de los mantenimientos; y
- la introducción de reglas para la explotación y mantenimiento de los equipos.

Los trabajos preventivos planificados son aquellos que tienen por objeto evitar el desgaste o deterioro prematuro de los medios de producción y son planificados por periodos adecuados de tiempo, llamados *ciclos de mantenimiento* en los cuales se establece la secuencia ordenada de trabajos a realizar.

Dentro del mantenimiento preventivo planificado se encuentran el servicio diario del equipo, los trabajos periódicos, las revisiones (R), las reparaciones pequeñas (P), las reparaciones medianas (M), las reparaciones generales (G) y las reparaciones imprevistas (I).

El *servicio diario al equipo* tiene como objeto comprobar el estado del equipo, de los mecanismos de dirección, de los elementos de lubricación y refrigeración, así como comprobar el cumplimiento de las normas de trabajo por el obrero.

Los *trabajos periódicos* son realizados por personal capacitado al efecto según un plan previamente elaborado para los equipos que así lo requieran.

Las *revisiones* se realizan con el fin de comprobar el estado de los equipos, la eliminación de desperfectos pequeños y la determinación del volumen de trabajo sujetos a cumplimientos durante la reparación inmediata planificada.

Las *reparaciones pequeñas* son un tipo de reparación planificada durante la cual se realiza el cambio o restauración de las piezas gastadas y la regulación de los mecanismos, garantizando una explotación normal de los equipos hasta la siguiente reparación planificada. El costo de las reparaciones pequeñas debe ser inferior al 5 % del valor de adquisición del equipo.

Las *reparaciones medianas* son aquella durante la cual se produce el desarme parcial del equipo y su costo total se encuentra entre un 5 % y un 15 % del valor de adquisición del equipo.

La *reparación general* es el conjunto de trabajos durante el cual se realiza el desarme completo del equipo, el cambio de todas las piezas bases y otras piezas y conjuntos, la regulación y prueba de los equipos bajo carga. Este tipo de reparación constituye una renovación y debe devolver al equipo no menos del 90 % de su efectividad original, por tanto su costo es superior al 15 % del valor de adquisición del equipo y siempre se considera como una inversión.

Las *reparaciones imprevistas* se realizan cuando ocurren fallos o averías (roturas) imprevistas, por lo que este tipo de reparación pueden ser de diferentes magnitudes, llegando en casos especiales a la reparación total del equipo.

La realización de un buen mantenimiento preventivo planificado puede minimizar la ocurrencia de fallos o averías imprevistas.

El sistema de mantenimiento preventivo planificado esta determinado por tres factores:

1. el ciclo de reparación;
2. el grado de complejidad; y

3. las normas de trabajo por unidad de complejidad.

El ciclo de reparación (T) es el tiempo de trabajo de un equipo entre dos reparaciones generales, determinados para cada uno de los equipos en función del tipo de producción, los materiales que elabora y el peso del equipo, y se determina como:

$$T = A \times B_N \times B_Y \times B_T \times B_M$$

donde A es la duración teórica del ciclo, B_N es el coeficiente que tiene en cuenta el tipo de producción, B_M es el coeficiente que considera el tipo de material, B_Y es el coeficiente que considera las condiciones de explotación y B_T el coeficiente que considera el peso del equipo.

También se determinan el periodo inter reparaciones (t) que no es más que el tiempo de trabajo del equipo entre dos reparaciones planificadas medias (N_M) y/o pequeñas (N_P), y el periodo inter operaciones (t_o) que es el tiempo de trabajo del equipo entre dos revisiones, o entre una revisión (N_R) y una reparación.

$$t = \frac{T}{N_M + N_P + 1}$$

$$t_o = \frac{T}{N_M + N_P + N_R + 1}$$

El mantenimiento preventivo planificado se realiza en la organización a partir del procedimiento general *FD-PG_{6.3} 70 01 Mantenimiento y conservación de equipos* (Revisión 3) el cual tiene como objetivo *establecer las acciones a seguir para lograr, mediante una conservación y mantenimiento correcto, asegurar la continuidad de la capacidad del proceso, alargar la vida útil del equipamiento y lograr mantener la conformidad con los requisitos del producto.*

Este procedimiento establece las responsabilidades del personal directivo clave y sirve como instrumento básico de gestión del proceso *FD-Pr_{4.1}70 06 Gestión de mantenimiento de equipos para proceso* (Revisión 4).

El procedimiento declara el uso del mantenimiento preventivo planificado y la realización de inspecciones previas a los equipos con el objetivo de solucionar posibles fallos en los mismos; dividiendo la actividad de mantenimiento en cuatro etapas, planificación, ejecución, registro y control, y análisis.

La planificación se realiza de acuerdo a las inspecciones realizadas al equipamiento con el objetivo de evitar la ocurrencia de roturas imprevistas, incluyendo las inspecciones, el plan anual de mantenimiento, el plan de piezas de repuesto y el plan de conservación.

El procedimiento establece que la inspección se realiza de acuerdo al estado técnico del equipo y/o a su nivel de compromiso con el plan de producción previsto; que la primera inspección comienza con una revisión donde se incluye la limpieza del equipo, se observan las piezas defectuosas o con posibles defectos y se planifica el mantenimiento en base a ello (fecha, órdenes de elaboración de piezas, etc., inmediatas o futuras).

Establece además la metodología para la elaboración del *Plan anual de mantenimiento* (ver anexo 3) en el cual se elige el tipo de reparación o servicio en dependencia de los resultados de la inspección realizada, de acuerdo a los defectos encontrados.

El *Plan de piezas de repuestos* se elabora a partir de las necesidades que se identifican a través de las órdenes de trabajo (ver anexo 4) teniendo en cuenta el tipo y complejidad del mantenimiento a realizar y el *Plan de conservación* se elabora para aquellos equipos sin carga de trabajo, pendientes a montaje, baja, almacenados, vendidos o en reparación, cuyo periodo sin funcionamiento es mayor a tres meses. También se elabora el *Plan de lubricación* y la *Tarjeta de lubricación* (ver anexo 5).

El Jefe de Mantenimiento cuenta, para cada equipo, con una carpeta donde se recoge la historia técnica del mismo, e incluyen entre otros:

- a) los datos técnicos del equipo;
- b) el ciclo de reparación según el plan de mantenimiento preventivo;
- c) el esquema y estudio de lubricación; y
- d) las órdenes de trabajo de los mantenimientos realizados al equipo.

Administrativamente, la organización provee al proceso de mantenimiento de un presupuesto, el cual es aprobado en función de los acápites establecidos para la actividad de mantenimiento (ver anexo 6). A pesar de no ser suficiente, este presupuesto garantiza las necesidades fundamentales del proceso de mantenimiento si tenemos en cuenta que nuestros equipos son muy viejos y que algunos presentan

obsolescencia tecnológica, sin embargo el déficit mayor está en el tiempo que se necesita para la adquisición de los recursos solicitados.

En la organización todo el proceso de mantenimiento se encuentra documentado y se mide su eficacia a partir de dos indicadores, el % de cumplimiento del plan de mantenimiento y el % de disponibilidad de equipos aptos para el proceso de producción.

En la ficha de procesos se establece que la medición de la eficacia se realizará trimestralmente, y se considera eficaz si logra un 90 % o más de cumplimiento del plan de mantenimiento y un 95 % o más de disponibilidad de equipos.

Sin embargo, los objetivos definidos del proceso establecen que el plan de mantenimiento debe cumplirse al 100 % y la disponibilidad de equipos aptos para el proceso de producción debe ser de un 90 %, lo cual se contradice, pues puede cumplirse el % de disponibilidad y sin embargo no ser eficaz el proceso, o puede no cumplirse al 100 % el plan de mantenimiento y sin embargo ser eficaz el proceso.

No solo resulta inadecuada la manera en que se mide la eficacia del proceso, sino que los indicadores que se utilizan no son los que mejor ilustran la eficacia del proceso, en su lugar debe medirse por ejemplo, la disponibilidad real promedio, la efectividad promedio del mantenimiento, y el costo promedio del mantenimiento.

Otro aspecto de vital importancia para el proceso de mantenimiento radica en que, a pesar de la existencia de un procedimiento documentado y de un plan anual de mantenimiento preventivo, así como del conocimiento de los tiempo transcurridos entre mantenimientos, no existe un estudio de fiabilidad de los equipos que permita pronosticar con mayor exactitud el momento exacto en que debe realizarse el mantenimiento preventivo.

A partir de los problemas encontrados en el proceso de mantenimiento es que se propone la revisión total del procedimiento documentado *FD-PG_{6.3} 70 01 Mantenimiento y conservación de equipos* (Revisión 3), de la ficha de proceso *FD-Pr_{4.1} 70 06 Gestión de mantenimiento de equipos para proceso* (Revisión 4) y se plantea la necesidad de realizar un estudio de fiabilidad de los equipos para proceso instalados en la organización.

2. Diagnostico sobre el tema de investigación y aplicación de propuesta de solución

2.1 Indicadores a utilizar en la medición de la eficacia del proceso de mantenimiento a equipos para proceso

A partir de la contradicción existente entre los objetivos del proceso de mantenimiento y los indicadores utilizados para medir la eficacia del mismo, y dado que los mismos no miden con exactitud la eficacia del proceso, se propuso definir como nuevos objetivos e indicadores los siguientes:

2.1.1 Cumplimiento del plan de mantenimiento (P_M)

Objetivo: Lograr un 100 % de cumplimiento del plan de mantenimiento.

Forma de cálculo:

$$P_M = \frac{M_R}{M_P} \times 100 \%$$

donde:

M_R representa el número total de mantenimientos realizados; y

M_P el número total de mantenimientos planificados.

Indicadores para la medición:

- Si $P_M \geq 100$ el indicador es evaluado de BIEN.
- Si $90 \leq P_M < 100$ el indicador es evaluado de REGULAR.
- Si $P_M < 90$ el indicador es evaluado MAL.

2.1.2 Disponibilidad real promedio (\bar{D}_R)

Objetivo: Lograr un 90 % o más de disponibilidad real promedio del equipamiento instalado.

Forma de cálculo:

$$\bar{D}_R = \frac{1}{n} \times \left(\sum_{i=1}^n D_{Ri} \right) \times 100 \%$$

donde D_R es la disponibilidad real y se determina como:

$$D_R = \frac{T_{RS} \times P_P}{T_{RS} \times P_P + T_{RM} \times C_P}$$

donde:

T_{RS} es el tiempo real de servicio;

T_{RM} es el tiempo real del mantenimiento;

P_P es la producción planificada; y

C_P es la capacidad de producción.

Indicadores para la medición:

- Si $\bar{D}_R \geq 90\%$ el indicador es evaluado de BIEN.
- Si $75\% \leq \bar{D}_R < 90\%$ el indicador es evaluado de REGULAR.
- Si $\bar{D}_R < 75\%$ el indicador es evaluado de MAL.

2.1.3 Efectividad promedio del mantenimiento (\bar{E}_M)

Objetivo: Lograr un 90 % o más de efectividad promedio del mantenimiento realizado.

Forma de cálculo:

$$\bar{E}_M = \frac{1}{n} \times \left(\sum_{i=1}^n E_{M_i} \right) \times 100\%$$

donde:

n es el número de mantenimientos realizados; y

E_{M_i} es la efectividad de cada mantenimiento realizado la cual se determina como:

$$E_M = \frac{T_{SCPR} \times P_{RPT}}{T_{RS} \times P_P + (T_{RM} - T_{PNIM}) \times C_{PNPT}}$$

donde:

T_{SCPR} es el tiempo de servicio a una capacidad de producción real;

T_{RS} es el tiempo real de servicio;

T_{RM} es el tiempo real del mantenimiento;

P_{RPT} es la producción real;

P_p es la producción planificada; y

C_{PNPT} es la capacidad de producción nominal.

Indicadores para la medición:

- Si $\overline{EVM} \geq 90\%$ el indicador es evaluado de BIEN.
- Si $75\% \leq \overline{EVM} < 90\%$ el indicador es evaluado de REGULAR.
- Si $\overline{EVM} < 75\%$ el indicador es evaluado de MAL.

2.1.4 Costo promedio del mantenimiento ($\overline{C_M}$)

Objetivo: Lograr un 90 % o más de costo promedio del mantenimiento realizado.

Forma de cálculo:

$$\overline{C_M} = \frac{1}{n} \times \left(\sum_{i=1}^n C_{M_i} \right) \times 100 \%$$

donde C_{M_i} es el costo de cada mantenimiento realizado y se determina como:

$$C_M = \frac{G_M}{V_{PR}} + \frac{T_{RM}}{T_{RT}} \times C_{UP}$$

donde:

G_M es el gasto de mantenimiento;

V_{PR} es el valor de la producción realizada;

T_{RM} es el tiempo real del mantenimiento;

T_{RT} es el tiempo real trabajado; y

C_{UP} es el costo unitario de producción.

Indicadores para la medición:

- Si $\overline{EVM} \geq 90\%$ el indicador es evaluado de BIEN.
- Si $75\% \leq \overline{EVM} < 90\%$ el indicador es evaluado de REGULAR.
- Si $\overline{EVM} < 75\%$ el indicador es evaluado de MAL.

2.2 Estudio de fiabilidad del torno automático A20B

La no existencia de un procedimiento que determine la fiabilidad de los equipos utilizados para el proceso de producción, hace que el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo se vea afectado por fallas e interrupciones imprevistas, lo que deteriora el indicador de disponibilidad y a la vez el cumplimiento del plan de mantenimiento.

Es por ello que se realizó un estudio de factibilidad con el objetivo de pronosticar con mayor exactitud el momento exacto en que debe realizarse el mantenimiento preventivo.

2.2.1 Selección del equipo para el estudio de fiabilidad

La organización posee 42 equipos instalados que forman parte del proceso productivo, sin embargo no todos tienen la misma importancia dentro del mismo debido fundamentalmente al volumen de producción y al tiempo de explotación, aspectos que difieren considerablemente en muchos casos.

Por tanto fue necesario realizar el estudio de fiabilidad en un equipo que resultará de vital importancia en el volumen de producción y que su incidencia en la calidad del producto fuese elevada.

El listado de los equipos con su grado de complejidad mecánico (RM) y eléctrico (RE) se muestran a continuación.

| No. | Equipos | Cantidad | RM | RE |
|----------|------------------------------|----------|-------------|------------|
| 1. | Torno Harrison | 1 | 111,0 | 7,0 |
| 2. | Torno 15 AA | 2 | 5,5 | 2,0 |
| 3 | Torno automático A12 | 1 | 15,5 | 2,5 |
| 4 | Torno automático A20B | 1 | 15,5 | 2,5 |
| 5 | Torno 16E16K | 1 | 11,0 | 7,0 |
| 6 | Torno 1B118 | 1 | 11,5 | 4,5 |
| 7 | Torno A40C | 1 | 15,5 | 2,5 |
| 8 | Torno Hller CE460 | 2 | 15,5 | 2,5 |
| 9 | Fresadora SAJO | 1 | 10,5 | 6,0 |
| 10 | Fresadora GT12-1 | 1 | 15,0 | 7,5 |
| 11 | Fresadora TOZ | 1 | 10,5 | 6,0 |

| No. | Equipos | Cantidad | RM | RE |
|-----|-------------------------------|----------|-----|-----|
| 12 | Electro esmeriladora E 308 | 3 | 1,5 | 0,5 |
| 13 | Afiladora US2305 | 1 | 4,0 | 3,0 |
| 14 | Rectificadora cilíndrica RMS2 | 1 | 8,0 | 7,0 |
| 15 | Rectificadora plana MPS450 | 1 | 8,0 | 7,0 |
| 16 | Taladros de mesa B1304 | 3 | 3,0 | 1,0 |
| 17 | Taladro de columna | 2 | 3,0 | 1,0 |
| 18 | Segueta mecánica 8B72 | 1 | 4,0 | 2,0 |
| 19 | Cizalla eléctrica AA3316 | 2 | 8,0 | 5,5 |
| 20 | Prensa de 6 T DP10HS | 3 | 4,0 | 6,0 |
| 21 | Prensa de 8 T DP10-HS | 1 | 4,0 | 6,0 |
| 22 | Prensa 16 T | 2 | 7,0 | 7,0 |
| 23 | Prensa de 100 T | 1 | 7,0 | 7,0 |
| 24 | Prensa de 40 T | 2 | 7,0 | 7,0 |
| 25 | Prensa de 4 TDP2HS | 1 | 3,0 | 1,0 |
| 26 | Prensa de 6,3 T | 1 | 4,0 | 6,0 |
| 27 | Cizalla Pullman | 2 | 8,0 | 2,5 |
| 28 | Máquina cortar alambre | 1 | 2,0 | 1,0 |
| 29 | Sierra para cortar tubo | 1 | 3,0 | 1,0 |
| 30 | Equipo soldar | 1 | 1,0 | 3,0 |

Tabla # 1 Listado de los equipos para proceso.

A partir de la importancia que tiene para la producción y calidad del eslabón fusible de media tensión tipo K, por su complejidad y la elevada explotación a que ha sido sometido durante años, y por ser el equipo que más afectaciones por avería presenta en la organización, se decidió realizar el estudio de fiabilidad al el torno automático A20B. A continuación se muestra dos fotos del torno automático A20B.



Foto # 1 Vista del mecanismo principal del torno automático A20B.



Foto # 2 Vista general del torno automático A20B.

Las características fundamentales del torno automático A20B son:

- Denominación: Torno automático
- Modelo: A20B
- País de origen: Checoslovaquia
- Año de fabricación: 1975
- Año de instalación: 1975
- Número de inventario: 19907
- Revoluciones por minuto: 1720 rpm
- Consumo: 4 kW
- Peso: 1250 kg
- Grado de complejidad mecánicos; 15,5
- Grado de complejidad eléctricos; 2,5
- Tensión de alimentación: 220 V
- Frecuencia de la tensión de alimentación: 60 Hz

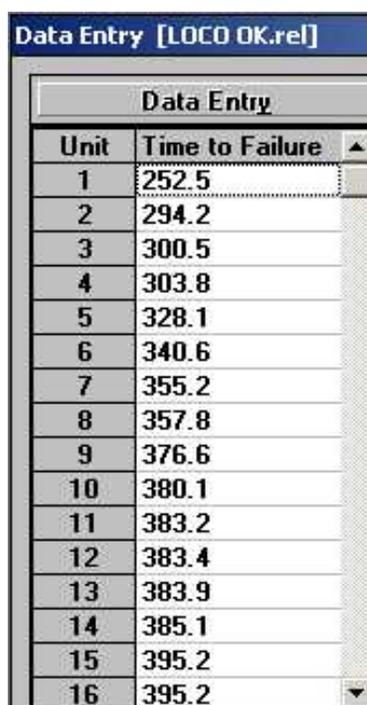
2.2.2 Selección del método y de los datos de entrada para el estudio de fiabilidad

Para realizar el estudio de fiabilidad se utilizó el paquete estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

La selección de los datos de entrada para el estudio de fiabilidad se realizó a partir de los datos que aparecen en la carpeta del equipo, donde se recogen las roturas presentadas y los trabajos realizados.

Los datos utilizados (figura 1) se corresponden con el tiempo transcurrido entre fallas desde junio del 2006 hasta diciembre del 2009 y se consideran que siguen una distribución normal.

Para determinar la distribución que mejor se ajusta a los datos de entrada, asumimos como hipótesis nula H_0 que la distribución utilizada indica el nivel de coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada, por lo que si el nivel de significación es menor que 0,05 rechazamos H_0 y concluiremos que dicha distribución no indica la coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada, mientras que si el nivel de significación es mayor que 0,05 aceptamos H_0 y concluiremos que dicha distribución sí indica la coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada.



| Data Entry [LOCO OK.rel] | |
|--------------------------|-------------------|
| Data Entry | |
| Unit | Time to Failure ▲ |
| 1 | 252.5 |
| 2 | 294.2 |
| 3 | 300.5 |
| 4 | 303.8 |
| 5 | 328.1 |
| 6 | 340.6 |
| 7 | 355.2 |
| 8 | 357.8 |
| 9 | 376.6 |
| 10 | 380.1 |
| 11 | 383.2 |
| 12 | 383.4 |
| 13 | 383.9 |
| 14 | 385.1 |
| 15 | 395.2 |
| 16 | 395.2 |

Figura # 1 Tiempos transcurridos entre fallas desde junio del 2006 hasta diciembre del 2009 en el turno automático A20B.

2.2.3 Selección del modelo óptimo para el estudio de fiabilidad

Considerando que los datos de entrada representan una muestra continua, se utilizaron los estadísticos Chi-cuadrado y Kolmogorov-Smirnov. Estos estadísticos indican el nivel de coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada, y el nivel de confianza que puede tener en que los datos han sido producidos por la función de distribución. Para cada una de estas estadísticas, cuanto menor sea el valor, mejor es el ajuste.

Al realizar los cálculos utilizando las distribuciones Exponencial y Weibull se comprobó que las mismas no se ajustaban a la hipótesis planteada, la cual se cumplió al utilizar la distribución Lognormal (figura 2). Todos los cálculos se realizaron para un intervalo de confianza del 90 % .

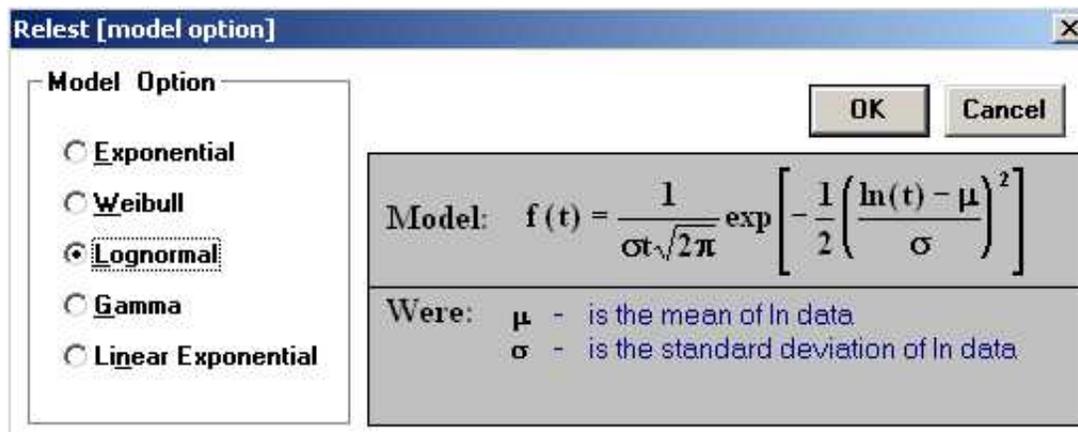


Figura # 2 Modelo utilizado para determinar el nivel de coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada.

La distribución Lognormal es aplicable además ya que:

- representa la evolución con el tiempo de la tasa de fallos, o sea, la probabilidad de que un componente que ha funcionado hasta el instante t , falle entre t y $t + \Delta t$. En este caso la variable independiente de la distribución es el tiempo;
- permite fijar tiempos de reparación de componentes, siendo también en este caso el tiempo la variable independiente de la distribución; y
- describe la dispersión de las tasas de fallo de componentes, ocasionada por diferentes orígenes de los datos, distintas condiciones de operación, entorno, bancos de datos diferentes, etc. En este caso la variable independiente de la distribución es la tasa de fallos.

En la tabla 2 y figura 3 se muestran los resultados de los cálculos.

| Distribución | Chi-cuadrado | | Kolmogorov-Smirnov | |
|------------------|--------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| | χ^2 | Nivel de significación | Dn | Nivel de significación |
| Exponencial | 114,01 | 0,000 1 | 0,500 58 | 0,000 1 |
| Weibull | 7,57 | 0,022 7 | 0,195 14 | 0,044 5 |
| Lognormal | 5,24 | 0,072 7 | 0,190 97 | 0,054 2 |

Tabla # 2 Resultados para cada una de las distribuciones utilizadas.

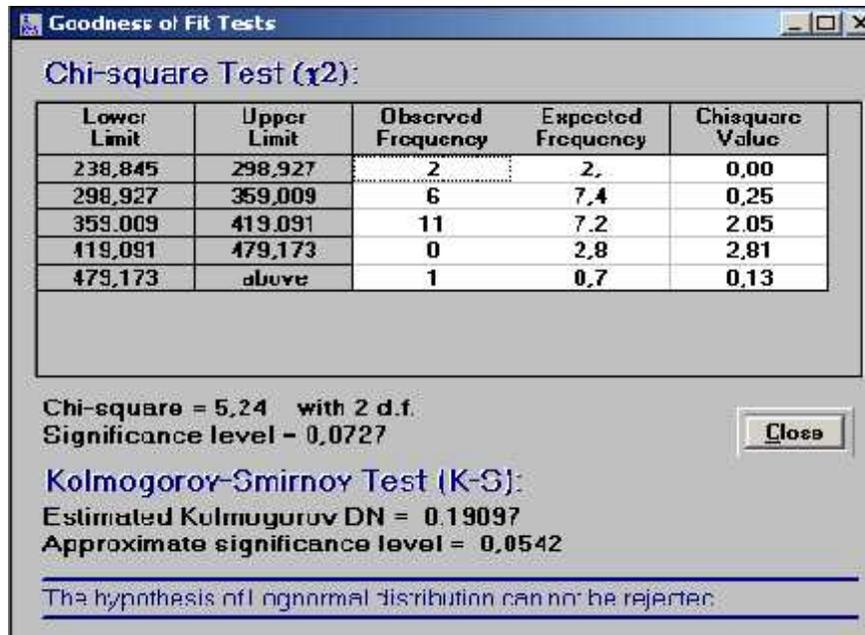


Figura # 3 Resultado obtenido al aplicar la distribución Lognormal.

En las figuras 4 y 5 aparecen los gráficos de frecuencia, obtenidos.

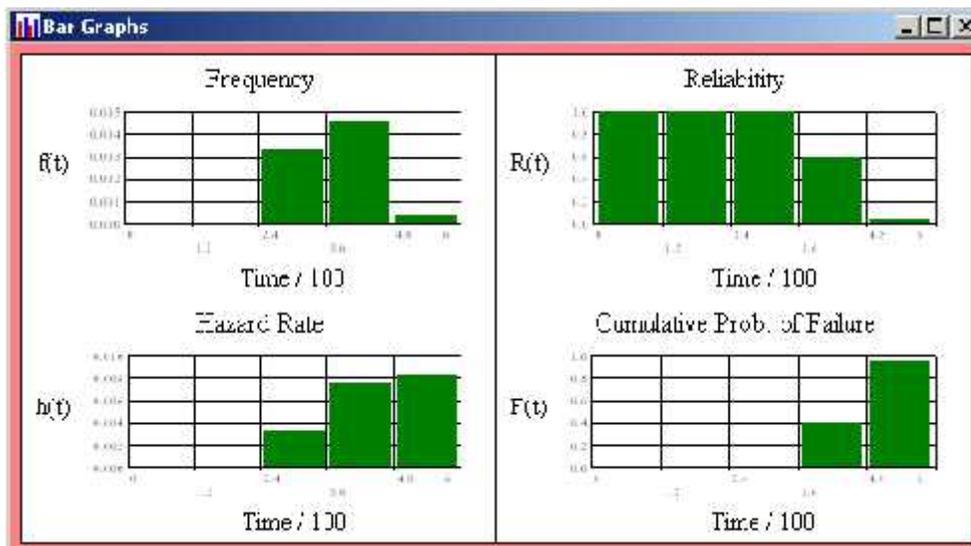


Figura # 4 Resultado expresado en forma de barras.

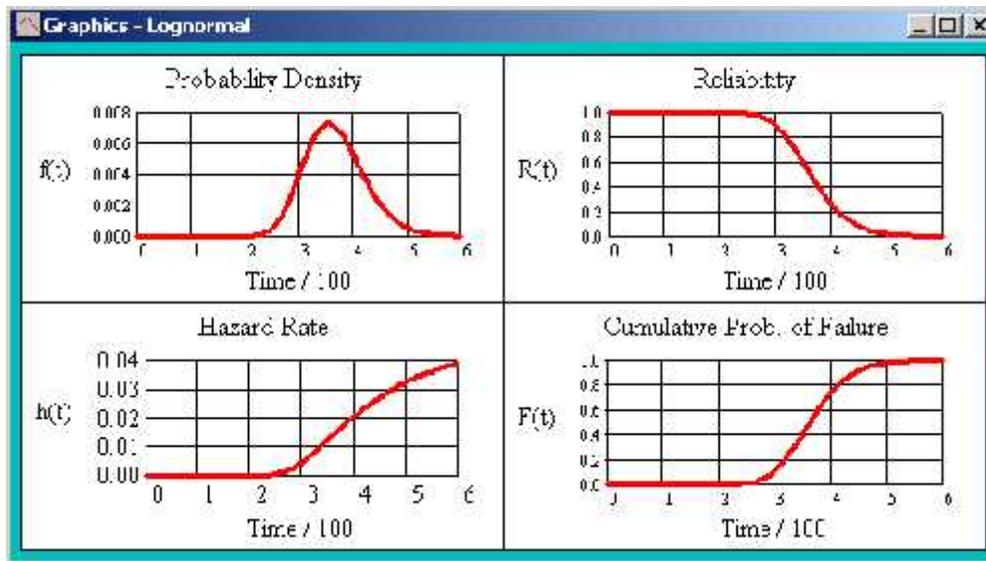


Figura # 5 Resultado expresado en forma continua.

Los tiempos estimados de fallo para diferentes niveles de probabilidad, asumiendo un intervalo de confianza del 90 % se muestran en la siguiente figura 6.

| Required Reliability | Estimated Time |
|----------------------|----------------|
| 99% | 255,278 |
| 95% | 283,158 |
| 90% | 299,25 |
| 75% | 328,216 |
| 50% | 363,653 |
| 25% | 402,916 |
| 10% | 441,916 |
| 5% | 467,032 |
| 1% | 518,038 |

Figura # 6 Tiempos estimados de fallo para diferentes niveles de probabilidad.

Un estimado del tiempo entre fallas para un determinado intervalo de confianza o la probabilidad de fallo para una determinada cantidad de horas puede conocerse a partir de utilizar la herramienta que se muestra en siguiente figura 7.

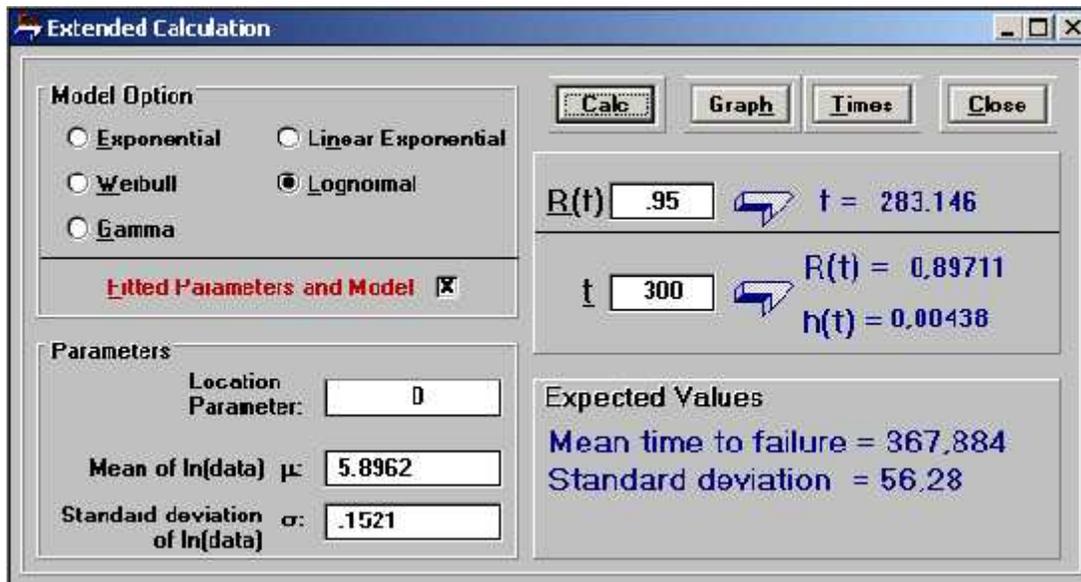


Figura # 7 Estimado del tiempo entre fallas para un determinado intervalo de confianza.

En este caso si escogemos un intervalo de confianza del 95 % tendremos que el tiempo entre fallas debe ser de 283,146 horas, mientras que para 300 horas la probabilidad de que ocurra un fallo es del 89,7 % .

A partir de este resultado se estableció que el tiempo mínimo entre mantenimientos preventivos planificados para el torno automático es de 280 horas.

Conclusiones

1. Los indicadores establecidos para la medición de la eficacia del proceso de mantenimiento no daban respuesta a los objetivos de dicho proceso.
2. Medir trimestralmente el % de cumplimiento del plan de mantenimiento y el % de disponibilidad de equipos para proceso no garantiza el cumplimiento de los objetivos del proceso de mantenimiento pues hace demasiado largo el tiempo para la toma de decisiones.
3. Establecer los periodos de mantenimiento sin realizar un estudio de fiabilidad del equipamiento no garantiza el % de disponibilidad de equipos e impide el cumplimiento del plan anual de mantenimiento preventivo.

Recomendaciones

1. Revisar totalmente la ficha de procesos y el procedimiento del proceso de mantenimiento, de manera que se puedan utilizar los indicadores definidos en esta investigación en el menor tiempo posible.
2. Realizar mensualmente la medición de los indicadores de eficacia del proceso de mantenimiento.
3. Generalizar el estudio de fiabilidad realizado al torno automático A20B a todos los equipos y maquinas herramientas que intervienen en el proceso productivo para determinar el tiempo optimo de realización de los mantenimientos preventivos planificados.

Bibliografía

- 1- Almeida Luis - Modelos Mixtos del Mantenimiento
- 2- Fernández Jorge; Matos Julio; Prin Raúl - Sistema de Mantenimiento preventivo Planificado
- 3- NC- ISO 9001 – 2008
- 4- Gránela Hugo R -Excelencia en Mantenimiento y Confiabilidad

Anexo 1. Estructura organizativa de la UEB Fábrica de Fusibles y Desconectivos



Anexo 2. Principales productos de la UEB Fábrica de Fusibles y Desconectivos



Anexo 3. Plan anal de mantenimiento

|  Empresa de Producciones Electromecánicas | FABRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS Plan Anual de MPP | | | | | | | | | | | FD-PG _{6.3} 7001 A2 | | |
|--|---|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|---|----|------------------------------|---|---------------|
| | MAQUINAS | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | OBSERVACIONES |
| Torno Harrison | | | R1 | | | | | | | | | P1 | | |
| Torno 15 AA | | P3 | | | | | | | | | | R5 | | |
| Torno 16 E 16 K | | | P3 | | | | | | | | | R5 | | |
| Torno automático A12 | | | | | | | | | | | | | | |
| Torno automático A20 | | | | | | | R4 | | | | | | | |
| Torno automático A40 | | | | | | | R4 | | G | | | | | |
| Torno automático A-12 | | P1 | | | | | | | R2 | | | | | |
| Torno automático IB118 | | | P3 | | | | | | | | | R5 | | |
| Fresadora SAJO | | M1 | | | | | | | | | | | | |
| Fresadora TOZ | | R4 | | | | | | | | | | | | |
| Fresadora GT-12 | | M1 | | | | | | | | | | | | |
| Afiladora US 2305 | | | | | | | M1 | | | | | | | |
| Rectificadora plana | | | | | | R6 | | | | | | | | |
| Esmeriladora 1 | | | | | | | | M1 | | | | | | |
| Esmeriladora 2 | | | | | | | | | M1 | | | | | |
| Esmeriladora 3 | | | | | | | | | M1 | | | | | |
| Rectificadora cilíndrica | | | | | | R6 | | | | | | | | |
| Segueta mecánica | | | | | | | | | | | | M1 | | |
| Prensa 6 ton | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Prensa 8 ton | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Prensa 16 ton | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Prensa 40 ton | R1 | | | | R2 | | | | P1 | | | | | |
| Prensa 40 ton PM | | | | R8 | | | | P4 | | | | R8 | | |
| Prensa 100 ton | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Prensa 16 ton | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Prensa 6 ton Blis (1) | | | M2 | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | |
| Prensa 6 ton Blis (2) | | | M2 | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | |
| Prensa 4 ton Blis | | | R13 | | | R14 | | | P5 | | | R15 | | |
| Cizalla Pullman P5 | | | | R7 | | | | | | | R8 | | | |
| Cizalla Pullman criolla | | | | R7 | | | | | | | R8 | | | |
| Cizalla eléctrica AA3316 | | | | | | | | P2 | | | | | | |
| Cizalla eléctrica NA3314G | | | | | P1 | | | | | | | R2 | | |
| Maquina de cortar alambre | | | R7 | | | | | R8 | R5 | | | | | |
| Máquina de cortar tubos | | | R4 | | | | | | | | | | | |
| Compresores | | R1 | | | | | | | | | | P1 | | |
| Taladro de columna U22508 | | | R7 | | | | | R8 | | | | | | |
| Taladro de columna 6M2512 | | | | | M1 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|----|----|--|--|--|--|--|----|--|--|--|
| Taladro de mesa 1 | | | M1 | | | | | | | | | |
| Taladro de mesa 2 | | | M1 | | | | | | | | | |
| Taladro de mesa 3 | | | M1 | | | | | | | | | |
| Torno Hller CE460 | | R1 | | | | | | | P1 | | | |
| Taladro Hller | | | R1 | | | | | | P1 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 1 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 2 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 3 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 4 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 5 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 6 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 7 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 8 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 9 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 10 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 11 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 12 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 13 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado de oficina 14 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado tecnológico 1 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado tecnológico 2 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado tecnológico 3 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado tecnológico 4 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |
| Aire acondicionado tecnológico 5 | | | R1 | | | | | | R2 | | | |

Elaborado
 Rolando Guerra Ramírez
 Grupo de Programación

Aprobado
 Orestes Bermúdez Rodríguez
 Director

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|---|-----------------|---|--------------------------------|---|-----------|---|----|-----------|----|
| EQUIPO: TORNO A40C | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPCION DEL PLAN DE MPP | | | | | | | | | | | | |
| GRADOS DE COMPLEJIDAD: | | | | RM: 15,5 | | DURACION EN HORAS: | | | | | | |
| | | | | RE: 2,5 | | | | | | | | |
| ESTADIA PARA LAS REPARACIONES | | | | | | DEL CICLO: 20 160 | | | | | | |
| R: 0,93 | | M: 20,15 | | | | INTEROPERACIONES: 1650 | | | | | | |
| P: 4,65 | | G: 34,1 | | | | INTERREPARACIONES: 3360 | | | | | | |
| ESTRUCTURA DEL CICLO DE REPARACION: G-R1-P1-R2-P2-R3-M1-R4-P3-R5-P4-R6-G | | | | | | | | | | | | |
| Año/Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 2006 | | | | | | | | R4 | | | | |
| 2007 | | | | | | P3 | | | | | | |
| 2008 | | | | R5 | | | | | | | | |
| 2009 | | P4 | | | | | | | | | R6 | |
| 2010 | | | | | | | | G | | | | |

| | | | | | |
|--|-----------|-----------------------------------|--|---|----------------------------|
| PG-6,3 70 01.A6 | | MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BÁSICA | | | |
| T.D | | Orden de Trabajo No. 63 | | | |
| Fecha de Emisión 8-7-10 | | Fecha de Terminación 8-7-10 | | Nombre de la Fábrica Fábrica de Fusibles y Desconectivos | |
| Denominación del Equipo Torno automático | | Modelo del Equipo V.110 | | Dpto. o Sección Magnum 10 | |
| TIPO DE TRABAJO: R <input checked="" type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> PLANIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> IMPREVISTO <input type="checkbox"/> | | | | | |
| TALLERES O BRIGADAS | MAQUINADO | ELÉCTRICO | <input checked="" type="checkbox"/> MECÁNICO | <input checked="" type="checkbox"/> SOLDADURA | MANTENIMIENTO CONSTRUCTIVO |
| Planificación del MPP. | Plan | Fecha de Ejecución | Laboriosidad | Hombres | Horas de Paradas |
| | Real | 8-7-10 | 7 | 7 | 7 |
| INSTRUCCIONES DE TRABAJO A REALIZAR: Revisar el exterior de la maquina para ver si esta lista para el uso, revisar la caja de velocidad y de avance Revisar el motor eléctrico y la caja eléctrica Limpiarla en general de la maquina. | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO: Se reviso el exterior de la maquina para ver si esta lista para el uso, se reviso la caja de velocidad y de avance estando lista para el uso Se reviso el motor eléctrico estando en buen estado, se limpiaron todos los contactos de la maquina y se apretaron todos los tornillos Se limpio la maquina en general | | | | | |
| PIEZAS SUSTITUIDAS (x) | | | PIEZAS DE SUSTITUCIÓN (xx) | | |

Anexo 5. Plan de lubricación y Tarjeta de lubricación

|  Empresa de Producciones Electromecánicas | FABRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS | | | | | | | | | | | FD-PG _{6.3} 7001 A7-1 | |
|--|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------------------------|---------------|
| | Plan de lubricación | | | | | | | | | | | | |
| MAQUINAS | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | OBSERVACIONES |
| Torno Harrison | | | x | | | x | | | x | | | x | |
| Torno 15 AA | | | | x | | | | x | | | | x | |
| Torno 16 E 16K | | | x | | | x | | | x | | | x | |
| Torno automático A12 | x | | | | | x | | | | | x | | |
| Torno automático A20 | | x | | x | | x | | x | | x | | X | |
| Torno automático A 40 C | X | | x | | x | | x | | x | | x | | |
| Torno automático A-12 | | | | | | | | | | | | | |
| Torno automático IB118 | x | | x | | x | | x | | x | | x | | |
| Fresadora SAJO | | | x | | | x | | | x | | | x | |
| Fresadora TOZ | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Rectificadora cilíndrica | | | x | | | | x | | | | x | | |
| Rectificadora plana | | | | x | | | | x | | | | x | |
| Rectificadora cilíndrica | | | | | | | | | | | | | |
| Afiladora US 2305 | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Segueta mecánica | x | | | | x | | | | x | | | | |
| Prensa 6 ton | | | x | | | | x | | | | | x | |
| Prensa 8 to | | x | | | x | | | x | | | | x | |
| Prensa 16 tn | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Prensa 40 ton | x | | x | | x | | x | | x | | x | | |
| Prensa 40 ton PM | | | | x | | | | x | | | | x | |
| Prensa 100 ton | | x | | | x | | | x | | | | x | |
| Prensa 16 ton | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Prensa 6 ton Blis (1) | | x | | | x | | | x | | | | x | |
| Prensa 6 ton Blis (2) | | x | | | x | | | x | | | | x | |
| Prensa 4 ton Blis | | | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Cizalla Pullman P5 | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Cizalla Pullman | | x | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Cizalla eléctrica AA3316 | | x | | | | x | | | | x | | | |
| Cizalla eléctrica NA3314G | | x | | | | x | | | | x | | | |
| Maquina de cortar alambre | | | | x | | x | | x | | x | | x | |
| Compresores | | | x | | | x | | | x | | | x | |

Nota: Solo se incluyen los equipos que requieren lubricación.

Elaborado
 Rolando Guerra Ramírez
 Grupo de Programación

Aprobado
 Orestes Bermúdez Rodríguez
 Director



Fabrica de Fusibles y Desconectivos
Tarjeta de Lubricación

FD-PG_{8.3} 70 01.A8

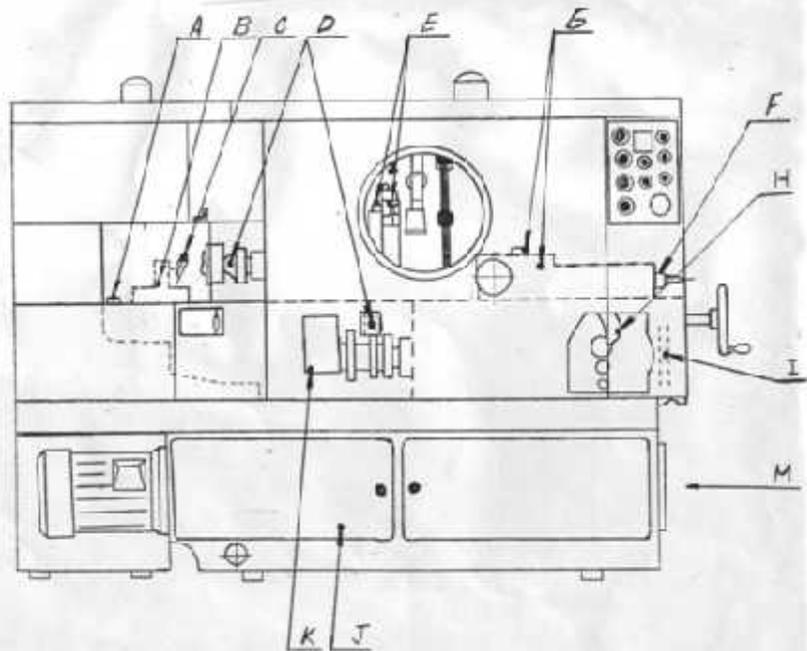
AREA: *Maquinado* No.

EQUIPO: *torno Aut. 1740C*

| Partes Lubricadas | Lubricante | Fecha | Operario |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| | | 2008 | |
| Caja de Dep. de Lubric. | Acet. circ. 68 | Enero | <i>pl</i> |
| Reduct. vsillo | " " 220 | | |
| " | " | Marzo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Mayo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Julio | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Septiem. | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| Caja de Dep. de Lubric. | Acet. circ. 68 | Noviembre | <i>pl</i> |
| Reduct. vsillo | Acet. circ. 220 | | |
| ----- 2009 ----- | | | |
| Caja de Dep. Lubricación | Acet. circ. 68 | Enero | <i>pl</i> |
| Reducto vsillo | " " 220 | Enero | |
| " | " | Marzo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Mayo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Julio | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Sep. | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Noviem | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| ----- 2010 ----- | | | |
| Caja de Dep. Lubricación | Acet. circ. 68 | Enero | <i>pl</i> |
| Reductor del vsillo | " " 220 | | |
| " | " | Marzo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Mayo | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | Julio | <i>pl</i> |
| " | " | | |
| " | " | sept. | <i>pl</i> |
| " | " | | |

| Tareas Asignadas Area | | |
|-----------------------|------------|----------|
| A. | Desarrollo | 14-18-20 |
| B. | " | " |
| C. | " | " |
| D. | " | " |
| E. | " | " |
| F. | " | 14-16 |
| G. | " | 12 |
| H. | " | 22 |
| I. | " | 24 |
| J. | " | 20 |
| K. | " | " |

El trabajo es de 100%



Anexo 6. Presupuesto de ingresos y gastos en divisas para la actividad de mantenimiento a equipos para proceso

| MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA | | | |
|--|--|-----------------|-------------|
| PRESUPUESTO DE INGRESOS Y GASTOS EN DIVISAS TOTAL | | | |
| GRUPO: | | UNE | |
| ENTIDAD: | | UNION ELECTRICA | |
| Acápites del presupuesto | | NEC | PLAN |
| CODIGO | NOMBRE | 2009 | 2009 |
| 20000000 | DESTINOS | 17 260,5 | 4 746,8 |
| 20500000 | Inversiones | 4 220,5 | 170,0 |
| 20850000 | Portadores Energéticos | 0,0 | 76,2 |
| 20900000 | Otros destinos | 13 040,0 | 4 500,6 |
| 20900001 | Gastos de Atención al hombre | 41,9 | 36,7 |
| 20906990 | Total Estimulación en Divisas | 47,1 | 40,4 |
| 20906000 | Estimulación en divisas | 47,1 | 40,4 |
| 20918000 | Consumo Productivo | 12 140,0 | 4 329,6 |
| 20918002 | Materias Primas y Materiales | 11 840,0 | 4 080,0 |
| | De ello: Pago por gasto de agua | 0,0 | 0,0 |
| | Productos de Aseo | 1,2 | 1,0 |
| 20918003 | Mantenimiento | 300,0 | 249,6 |
| | Mantenimiento con medios propios | 120,0 | 124,8 |
| | Otras Reparaciones Generales | 120,0 | 124,8 |
| 20987000 | Servicios recibidos de residentes | 86,0 | 34,5 |
| 20999999 | Otros destinos no nominalizados | 701,0 | 59,4 |
| 30075000 | Gastos propios | 12 699,8 | 4 576,8 |