

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE
MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD
EN LA EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY
COMPANY S.A.C. PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

EVER CASTILLO RAMIREZ

Chiclayo 13 de septiembre del 2017

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO BASADO EN LA CONFIABILIDAD EN
LA EMPRESA FABRICATION TECHNOLOGY
COMPANY S.A.C. PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD”**

POR:

EVER CASTILLO RAMIREZ

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para
optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Ing. Edwin Arturo Juarez Marchena
PRESIDENTE**

**Ing. Joselito Sánchez Pérez
SECRETARIO**

**Mgrt. Alejandro Segundo Vera Lázaro
ASESOR**

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y salud para continuar y lograr mis objetivos.

A mi familia, por su amor, paciencia, sacrificio y por ser mi motivación constante.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Alejandro Vera Lázaro, Ing. Joselito Sánchez Pérez, Ing. Edwin Juarez Marchena miembros de mi jurado por orientarme en desarrollar la tesis y a la empresa por su apoyo en cuanto a la información para realizar este trabajo.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo lleva como título “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Confiabilidad en la Empresa Fabrication Technology Company S.A.C. para la Mejora de la Productividad”, analizando los indicadores de productividad y de mantenimiento. Así mismo utilizando herramientas necesarias para las posibles mejoras reduciendo costos de producción y de mantenimiento.

Autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
PRESENTACIÓN	V
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	17
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	17
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.2.1. Mantenimiento.....	20
2.2.2. Confiabilidad.....	21
2.2.2.1. Características del RCM.....	21
2.2.2.2. Objetivo del RCM	21
2.2.3. Confiabilidad.....	22
2.2.3.1. Tasa de Fallos del Producto (Fr).....	22
2.2.3.2. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF).....	23
2.2.3.3. Tiempo Medio Para Restaurar (MTTR)	23
2.2.3.4. Herramientas de la Confiabilidad	24
2.2.3.5. Preguntas básicas del Proceso RCM.....	24
2.2.3.6. Diagrama de decisiones	26
2.2.4. EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS	29
2.2.4.1. Clasificación de la Efectividad Global de los Equipos.....	29
2.2.5. PRODUCTIVIDAD	29
2.2.5.1. Indicadores de Productividad	30
2.2.5.2. Factores que restringen la productividad	30
2.2.5.3. Criterios para Analizar la Productividad.....	31
2.2.6. INDICADORES DE MANTENIMIENO	31
2.2.7. DIAGRAMA ISHIKAWA	32
2.2.8. DIAGRAMA DE PARETO	33
III. RESULTADOS	34

3.1.	DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	34
3.1.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	34
3.1.2.	DATOS	34
3.1.3.	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	34
3.1.4.	PRINCIPALES PROVEEDORES	34
3.1.5.	PRINCIPALES CLIENTES	35
3.1.6.	PRINCIPALES PRODUCTOS	35
3.1.7.	PRESENTACIÓN DE LA BOCINA	35
3.1.8.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.....	35
3.1.9.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRODUCTO BOCINA	35
3.1.10.	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO BOCINAS	37
3.1.11.	DIAGRAMA DE OPERACIONES DE LA BOCINA.....	38
3.1.12.	MAQUINARÍA DE LA EMPRESA FABRICACIÓN TECHNOLOGY COMPANY S.A.C.	39
3.1.12.1.	Datos de equipos de la empresa Fabrication Technology Company S.A.C.	40
3.1.13.	ANÁLISIS DE LAS CAUSAS Y PROBLEMAS EN LA DE PRODUCCIÓN DE BOCINAS	45
3.1.14.	DIAGRAMA DE PARETO	49
3.1.15.	CLASIFICACIÓN DE MAQUINARIA SEGÚN TIPO DE FALLAS, HORAS DE PARADA Y COSTO MANTENIMIENTO.	50
3.1.15.1.	Horas de parada por máquina a causa de fallas.....	50
3.1.15.2.	Máquina torno revolver 1	51
3.1.15.2.1.	Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 1	51
3.1.15.2.2.	Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 1.....	53
3.1.15.2.3.	Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 1	54
3.1.15.2.4.	Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 1	55

3.1.15.3. Máquina torno revolver 2	56
3.1.15.3.1. Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 2	56
3.1.15.3.2. Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 2.....	58
3.1.15.3.3. Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 2	59
3.1.15.3.4. Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 2	60
3.1.15.4. Máquina torno revolver 3	61
3.1.15.4.1. Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 3	61
3.1.15.4.2. Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 3	63
3.1.15.4.3. Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 3	64
3.1.15.4.4. Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 3	65
3.1.16. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	65
3.2. CONTROL DE PRODUCCIÓN Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES	67
3.2.1. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	67
3.2.1.1. Control de producción de la Máquina Torno Revolver 1	67
3.2.1.2. Control de Producción de la Máquina Torno Revolver 2.....	68
3.2.1.3. Control de Producción de la Máquina Torno Revolver 3.....	69
3.2.2. DETERMINACIÓN INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	70
3.2.2.1. Productividad respecto a mano de obra (horas- hombre).....	70
3.2.2.2. Productividad - Eficiencias de las máquinas.....	72
3.2.3. DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	75
3.2.3.1. Indicadores de productividad del Torno Revolver 1	75
3.2.3.2. Indicadores de productividad del Torno Revolver 2	81
3.2.3.3. Indicadores de productividad del Torno Revolver 3	87
3.2.4. Determinación de los Indicadores de mantenimiento y efectividad global de los equipos.....	92
3.3. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	106

3.3.1.	DIAGRAMA DE DECISIÓN	106
3.3.2.	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS DEL TORNO REVOLVER 1, 2 Y 3.....	108
3.3.3.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	112
3.3.3.1.	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO	113
3.3.4.	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GESTIÓN DE REPUESTO Y MANTENIMIENTO.....	114
3.3.4.1.	DISEÑO DE LA PINZA METÁLICA DE ACERO VCL.....	116
3.3.5.	NORMATIVA	119
3.3.5.1.	Procedimiento de mantenimiento	120
3.3.6.	INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD FUTUROS	122
3.3.6.1.	Indicadores de productividad con la mejora	122
3.3.6.2.	Indicadores futuros de mantenimiento.....	124
3.4.	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	131
3.4.1.	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO SEMESTRAL.....	131
3.4.2.	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA ANUAL	134
3.4.2.1.	Costos del plan de mantenimiento	134
3.4.2.2.	Beneficios esperados	136
IV.	CONCLUSIONES	139
V.	BIBLIOGRAFÍA	140
VI.	ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Hoja de Decisiones.....	26
Tabla 2: Maquinaria de la Empresa	39
Tabla 3: Ficha Técnica ME-TR-01	40
Tabla 4: Ficha Técnica ME-TR-02	41
Tabla 5: Ficha Técnica ME-TR-03	42
Tabla 6: Ficha Técnica ME-PME-01	43
Tabla 7: Ficha Técnica ME-LAM-01	44
Tabla 8:Relación causa - Efecto del Torno Revolver	45
Tabla 9: Relación causa - efecto del Torno Revolver	46
Tabla 10: Relación causa - efecto del Torno Revolver	47
Tabla 11: Clasificación de fallas de la máquina Torno Revolver 1 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.....	51
Tabla 12: Costo de Mantenimiento para fabricar una pinza	53
Tabla 13: Cantidad que deja de producir y dinero no percibido a causa de fallas en la Máquina Torno Revolver 1 en el mes de mayo 2014 hasta abril 2015	55
Tabla 14: Clasificación de fallas de la máquina Torno Revolver 2 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.....	56
Tabla 15: Cantidad que deja de producir y dinero no percibido a causa de fallas en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015	60
Tabla 16: Clasificación de fallas de la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.....	61
Tabla 17: Cantidad que deja de producir y el dinero no percibido a causa de las fallas en mayo 2014 - abril 2015	65
Tabla 18: Estimación de puntajes para el análisis de criticidad	66
Tabla 19: Resultados del análisis de criticidad.....	66
Tabla 20: Control de Producción de la máquina Torno Revolver 1 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.....	67
Tabla 21: Control de la producción de Torno Revolver 2 en el periodo Mayo 2014 hasta abril 2015.....	68
Tabla 22: Control de la producción del Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.....	69
Tabla 23: Datos de Productividad.....	70
Tabla 24: Productividad respecto a las horas hombre de la Máquina Torno Revolver 1 en el período mayo 2014 hasta abril del 2015	70
Tabla 25: Productividad respecto horas hombre de la máquina Torno Revolver 2 en el período mayo 2014 hasta abril 2015	71
Tabla 26: Productividad respecto horas hombre de la Máquina Torno Revolver 3 en el período mayo 2014 hasta abril 2015	71
Tabla 27: Productividad Respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 1 en el período mayo 2014 hasta abril del 2015	72
Tabla 28: Productividad respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo mayo 2014 hasta diciembre 2015	73
Tabla 29: Productividad respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta diciembre 2015	74

Tabla 30: Descripción de los Costos de Producción de la Máquina Torno Revolver 1 en el periodo noviembre 2014 hasta abril del 2015	75
Tabla 31: Comparación de Productividad en el Torno Revolver 1 en el periodo Noviembre 2014 hasta abril del 2015.....	76
Tabla 32: Descripción de costos de Producción en la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo Noviembre 2014 hasta abril del 2015.....	81
Tabla 33: Comparación de productividad en la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo noviembre 2014 hasta Abril del 2015.....	82
Tabla 34: Descripción de los costos de Producción en la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo Noviembre hasta abril del 2015.....	87
Tabla 35: Comparación de Productividad en el Periodo Noviembre 2014 hasta Abril del 2015	88
Tabla 36: Resumen de Indicadores de Mantenimiento y Efectividad global de los Equipos	93
Tabla 37: Indicadores de Mantenimiento y efectividad global de los Equipos en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015	93
Tabla 38: Diagrama de decisión del Torno 1- ME –TR -01.	106
Tabla 39: Diagrama de decisión del Torno Revolver 2.....	107
Tabla 40: Diagrama de decisión del Torno Revolver 3.....	108
Tabla 41: Análisis de Modo de Falla del Torno Revolver 1 y 2	109
Tabla 42: Análisis de Modo de Falla del Torno Revolver 3	111
Tabla 43: Plan de Mantenimiento.....	112
Tabla 44: Plan de Mantenimiento.....	112
Tabla 45: Cronograma de Mantenimiento.....	113
Tabla 46: Procedimiento para la Gestión de Mantenimiento.....	114
Tabla 47: Costos para Fabricar una Pinza con la Nueva Propuesta	118
Tabla 48: Indicadores de Productividad en el periodo Noviembre del 2014 hasta Abril del 2015	122
Tabla 49: Indicadores de Productividad en el período Noviembre del 2015 hasta abril del 2016	122
Tabla 50: Comparación e Indicadores de Productividad de la Máquina Torno Revolver 2	123
Tabla 51: Indicadores de Productividad en el Periodo Noviembre del 2014 hasta Abril	123
Tabla 52: Costos de Mantenimiento en el Periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.	132
Tabla 53: Impacto de Costos actuales de Mantenimiento en el Periodo noviembre del 2014 hasta abril del 2015.....	132
Tabla 54: Costos del sistema Propuesto en el Periodo noviembre del 2015 hasta abril del 2016.....	133
Tabla 55: Costos cuantificables para implementación del proyecto.....	134
Tabla 56: Costos de Materiales y Repuestos para el Plan de Mantenimiento de las máquinas	135
Tabla 57: Tiempo anual en Actividades del Plan de Mantenimiento	136
Tabla 58: Tiempo Total anual del Plan de Mantenimiento de las Máquinas	137
Tabla 59: Comparación del Mantenimiento en el Periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015 y el periodo Noviembre 2015 hasta Octubre del 2016.....	137
Tabla 60: Ingreso anual por el Plan de Mantenimiento RCM.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Relación de MTBF y MTTR.....	23
Figura 2: Diagrama de Decisión.....	28
Figura 3: Diagrama Ishikawa.....	33
Figura 4: Diagrama de Pareto.....	33
Figura 5: Organigrama de la empresa	34
Figura 6: Bocinas de 22 mm	35
Figura 7: Diagrama Ishikawa desgaste de pinza Torno Revolver.	48
Figura 8: Diagrama de Pareto.....	49
Figura 9: Horas de parada por máquina a causa de fallas en el periodo Mayo 214 hasta Abril del 2015.....	50
Figura 10: Tipos de fallas en la Máquina Torno revolver ME - TR - 01 en el periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.	52
Figura 11: Costos Total de mantenimiento de la Máquina Torno Revolver ME -TR-01 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.	53
Figura 12: Costo de mantenimiento por tipo de falla en el Torno Revolver ME -TR -01 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles).....	54
Figura 13: Tipos de fallas en la Máquina ME -TR -02 en el periodo Mayo 2014 hasta abril del 2015.....	57
Figura 14: Costos de mantenimiento de la máquina Torno Revolver ME -TR-02 en el periodo Mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles)	58
Figura 15: Costo de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina Torno Revolver ME-TR-03 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles).....	59
Figura 16: Tipos de fallas en la máquina Torno Revolver ME -TR-03 en el periodo mayo 2014 hasta Abril del 2015	62
Figura 17: Costos de Mantenimiento de la máquina Torno Revolver ME -TR -03 en el periodo Mayo del 2014 hasta abril del 2015 (soles).	63
Figura 18: Costo de mantenimiento por tipo de falla de la Máquina Torno Revolver ME -TR-03 en el periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.	64
Figura 19: Indicadores de Mantenimiento en el mes de mayo 2014.....	94
Figura 20: Indicadores de mantenimiento en el mes de Junio 2014.	95
Figura 21: Indicadores de mantenimiento en el mes de Julio 2014.	96
Figura 22: Indicadores de mantenimiento en el mes de Agosto del 2014.....	97
Figura 23: Indicadores de mantenimiento en el mes de septiembre del 2014.....	98
Figura 24: Indicadores de mantenimiento en el mes de octubre del 2014.	99
Figura 25: Indicadores de mantenimiento en el mes de Noviembre del 2014.....	100
Figura 26: Indicadores de mantenimiento en el mes de Diciembre del 2014.....	101
Figura 27: Indicadores de mantenimiento en el mes de Enero del 2015.	102
Figura 28: Indicadores de mantenimiento en el mes de Marzo del 2015.	104
Figura 29: Indicadores de mantenimiento en el mes de abril del 2015.	105
Figura 30: Diseño de disco de embrague acero VCL.	116
Figura 31: Diseño de la pieza acero VCL.	117
Figura 32: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Noviembre del 2015.	124
Figura 33: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Diciembre del 2015.	

.....	125
Figura 34: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Enero del 2016.....	126
Figura 35: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de febrero del 2016. ...	127
Figura 36: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Marzo del 2016.....	128
Figura 37: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Abril del 2016.....	129
Figura 38: Comparación de horas de falla antes y después de la mejora de la maquina Torno Revolver 1.....	130
Figura 39: Comparación de horas de falla antes y después de la mejora de la maquina Torno Revolver 2.....	131

RESUMEN

Este presente trabajo describe la elaboración del plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en la empresa Fabrication Technology Company S.A.C. para la mejora de la productividad. Se realizó el Diagnostico de mantenimiento y ocurrencia de averías en los procesos metalmecánica analizando los puntos críticos que originan el fallo de los equipos determinando las causas principales del problema, afectando a la producción con una parada de 921 horas totales anuales así mismo se propuso calcular los indicadores de productividad y de mantenimiento.

Identificando los factores que limitan la producción y evaluando los indicadores se propuso un plan de mantenimiento preventivo basado en la Confiabilidad, para ello se realizó el análisis de modo de falla, hoja de decisión, diagrama de Pareto y diagrama Ishikawa.

Finalmente se realizó un análisis costo beneficio de la propuesta dada, dando un resultado favorable, logrando disminuir los tiempos de falla en un 75% y generando un costo beneficio de 1,32, lo cual indica que por cada sol invertido se ganaría 0,32 nuevos soles.

PALABRAS CLAVES

Confiabilidad, Mantenimiento preventivo, falla, productividad.

ABSTRACT

This paper describes the preparation of the preventive maintenance plan based on reliability in the company Metalmechanical Fabrication Technology Company S.A.C. for the improvement of productivity. The maintenance diagnosis and occurrence of failures in the metalmechanical processes were analyzed analyzing the critical points that cause the failure of the equipment, determining the main causes of the problem, affecting the production with a stop of 921 total annual hours indicators of productivity and maintenance.

Identifying the factors that limit production and evaluating the indicators, a preventive maintenance plan based on Reliability was proposed. Failure mode analysis, Decision sheet, Pareto diagram, Ishikawa diagram were performed.

Finally, a cost benefit analysis of the given proposal was made, giving a favorable result, achieving a 75% failure time and generating a cost benefit of 1.32, which indicates that for each invested sun, it would earn 0.32 new Suns.

KEYWORDS

Reliability, Preventive maintenance, failure, productivity.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la idea general de mantenimiento ha cambiado debido a múltiples factores como aumento de la mecanización y de la complejidad de la maquinaria, nuevas tecnologías y de un nuevo enfoque de la organización de mantenimiento.

Para planear un mantenimiento preventivo con organización y eficacia, es necesario conocer los equipos y sus características de instalaciones de planta.

El mantenimiento preventivo es además un proceso planificado, estructurado y controlado de tareas de mantenimiento.

Fabrication Technology Company S.A.C es una empresa del sector manufacturero dedicada a la fabricación de piezas para moto y moto taxis, piezas metálicas como bocinas, carretos, pines, ejes de carretos, trapecios, entre otros.

El mantenimiento que aplica la empresa es correctivo, ya que se espera que se presente la avería para su reparación. En caso de sufrir una ruptura o desgaste de piezas en el Torno Revolver se procede a elaborar la pieza correspondiente, las fallas más frecuentes son el desgaste de pinzas y discos de embrague.

La presente investigación tiene como objetivo general Proponer un plan de Mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad en la empresa Fabrication Technology Company S.A.C para la mejora de la productividad, Para ello se formularon objetivos específicos como diagnosticar el proceso de mantenimiento actual y ocurrencias de averías en los procesos metalmecánicas analizando los puntos críticos que originan el fallo de los equipos, proponer indicadores de productividad a su vez elaborar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad y un nuevo diseño de la pinza metálica. Por último, realizar un análisis costo beneficio de la propuesta.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Otero, A. (2010) “Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad” en una planta endulzadora de gas. Busca identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales o complementarias. Mediante las diferentes metodologías de identificación de peligros, empleadas como parte del proceso de evaluación de riesgos, tales como: Estudios de peligro y operabilidad, Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, por sus siglas en inglés, Failure Mode and Effect Analysis), Listas de verificación, Árboles de falla, Árboles de eventos, etc.

Dentro de las mencionadas metodologías de identificación de peligros, el Análisis de Modos de Falla y Efectos, AMFE (FMEA, por sus siglas en inglés), en combinación con una calificación o jerarquización del grado de criticidad del riesgo, es normalmente empleada para la planeación del mantenimiento centrado en confiabilidad, ya que nos permite lograr un entendimiento global del sistema, así como del funcionamiento y la forma en la que pueden presentarse las fallas de los equipos que componen este sistema. Las acciones de recomendación derivadas de un FMECA o AMFEC quedan definidas como acciones o tareas de mantenimiento. Lo que permite diseñar una estrategia completa de mantenimiento aplicando criterios de riesgo para cada activo o equipo considerado en la evaluación, para de esta forma poder evaluar el impacto del plan de mantenimiento en el riesgo de la instalación, así como también, asegurar que el plan de mantenimiento es aplicado en los equipos que representan un mayor riesgo para las personas, medio ambiente, producción e instalación.

El presente trabajo propone e ilustra la aplicación de la metodología del FMECA o AMFEC en el marco de la gestión del mantenimiento, específicamente en la etapa de la planeación del mantenimiento, empleando los conceptos de riesgo y confiabilidad. El caso de aplicación de la metodología es para una Planta Endulzadora de Gas

Cabe mencionar que, en este trabajo, no se pretende ilustrar o mencionar las tareas de mantenimiento identificadas, sino más bien, el análisis de los modos de falla, que es la clave en todo el proceso. Se cabe concluir de Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad (FMECA o AMFEC), es el cuello de botella en el proceso de planeación del mantenimiento, por lo que se debe entender claramente y aplicar por personal con suficiente experiencia.

Sols, A. y Romero, F. (2011), “Equipos y productos robustos y fiables: el análisis de mantenimiento centrado en la fiabilidad” El enfoque tradicional al diseño no ha garantizado que los objetivos perseguidos fueran alcanzados, en parte debido a los fallos excesivos de los equipos, tanto por deficiencias en su diseño, como por la ineficacia de sus planes de mantenimiento.

Los análisis relacionados con la fiabilidad son básicamente el Análisis de Modos de Fallos, su Criticidad y sus Efectos (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, FMECA), el Análisis de Árboles de Fallos (Fault Tree Analysis, FTA) y el análisis de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (ReliabilityCentered Maintenance, RCM). Los resultados del FMECA y del FTA se fusionan para producir una única lista ordenada y priorizada de modos de fallo que el equipo o producto podría tener con la actual configuración de diseño (arquitectura del sistema y características de sus elementos). De esa relación ordenada y priorizada se someterán al resto de análisis el porcentaje de esos modos de fallo que se haya definido previamente, en el Plan de Gestión de Ingeniería de Sistemas, dependiendo de la aplicación, naturaleza y criticidad de aplicación del equipo o producto. Esos modos de fallo se someten al análisis RCM, que persigue tres objetivos en riguroso orden: 1. Modificar el diseño para que el modo de fallo considerado ya no pueda darse. 2. Si el rediseño no es técnica o económicamente viable, identificar la tarea de mantenimiento preventivo que evite que el modo de fallo se produzca o que, si es que llega a producirse, sus consecuencias queden mitigadas todo lo posible. 3. Si no es posible establecer esa tarea de mantenimiento preventivo, identificar la tarea de mantenimiento correctivo que, una vez se haya producido el fallo, permita devolver el equipo o producto a estado operativo.

Se concluyó que para una situación real se ha podido constatar lo predicho por la teoría, en el sentido de que la reducción de CTM con la aplicación de RCM es significativa, lo que a la compañía en estudio le ha permitido con el mismo personal operativo atender un mayor número de equipos, sin menoscabo de la disponibilidad y la confiabilidad.

Amendola, L (2008) “Indicadores de Confiabilidad Propulsores En La Gestión Del Mantenimiento” Productividad y competencia son características de los ambientes donde se desempeñan corporaciones e industrias, las cuáles se ven obligadas a maximizar sus capacidades productivas y minimizar costes operativos. La condición y disponibilidad de sus sistemas productivos juegan un papel decisivo en el éxito de sus negocios. Para la función Mantenimiento, esto significa una constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad y vida útil de plantas y equipos industriales, siempre a través de un control efectivo de costes. La Gerencia de Mantenimiento está sustituyendo los viejos valores por paradigmas de excelencia de mayor nivel. La práctica de Ingeniería de Confiabilidad, la gestión de activos, la medición de los indicadores y

la gestión de la disponibilidad; así como la reducción de los costes de mantenimiento constituyen los objetivos primordiales de la empresa enfocada asegurar la calidad de gestión de la organización de mantenimiento. Cabe resaltar Estos indicadores de mantenimiento: 1) Tiempo Promedio para Fallar (TPPF) – Mean Time To Fail (MTTF) 2) Tiempo Promedio para Reparar (TPPR) 3) Mean Time To Repair (MTTR), 4) Disponibilidad, 5) Utilización, 6) Confiabilidad, 7) Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures MTBF).

Se concluye que los Indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación empresarial asociados al área de efectividad permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

Hung, AJ. (2009). “Mantenimiento centrado en la confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta Oscar A. Machado EDC” Ingeniería Energética. Busca dar a conocer las experiencias adquiridas en la aplicación de los principios y conceptos fundamentales del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en las unidades de generación que conforman la Planta Oscar Augusto Machado (OAM) de C. A. La Electricidad de Caracas. La industria de procesos continuos como empresas de manufactura (una siderúrgica que lamina cabillas y pletinas de acero) ó empresas de servicios (una planta de generación de energía eléctrica) tiene una complejidad mayor para realizar o llevar a cabo los trabajos y actividades de mantenimiento, debido básicamente entre otras causas posibles a que no existen los paros programados que otro tipo industrias si posee. Este tipo de industrias opera los 365 días del año 24 horas continuas en turnos rotativos. La aparición de fallas y averías en los equipos de una instalación industrial constituye una de las principales causas de ineficiencia. Su ocurrencia puede provocar una disminución de la disponibilidad de los procesos que a su vez traiga como consecuencia pérdidas en la producción, aumento de los costos operativos y una reducción de los ingresos, incluso en muchos casos, puede originar un accidente del que se deriven daños importantes a las personas o al ambiente. Se cabe concluir que el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una estrategia/proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico que asegure el desempeño de sus funciones normales en su contexto operacional real.

Gonzales, A (2015) Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema hidráulico de la planta generadora Huaji de COBEE. La Compañía Boliviana de Energía Eléctrica COBEE es una de las empresas de generación hidráulica más importante de Bolivia. Siguiendo su política de mejora continua para lograr una

gestión cada vez más eficiente, se aplicó la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad al sistema hidráulico de la planta Huaji, ubicada en el Valle de Zongo, para sugerir tareas de mantenimiento, sus frecuencias y responsables.

Busca identificar el sistema que será analizado con RCM, se realiza un estudio de su entorno de trabajo. Se debe responder claramente a preguntas como: ¿Qué activos son los que se van a mantener? ¿Bajo qué condiciones ambientales y físicas se encuentran? ¿En qué estado físico se encuentran? ¿Cuánta carga manejan y de qué tipo?, entre las más importantes.

Con el propósito de desarrollar los AMFE de una manera estandarizada, se plantea el uso de tablas llamadas Hojas de Información. La función es lo que el propietario o usuario de un activo o sistema desea que éste haga. Todas las declaraciones de función, principal y secundarias contendrán un verbo, un objeto y un estándar de rendimiento. Obteniendo como resultado El análisis RCM realizado al sistema hidráulico HPU dio como resultados:

- 5 funciones (1 principal y 4 secundarias) y 28 fallas funcionales.
- 7 tareas de mantenimiento propuestas (4 anuales y 3 diarias).
- ¿Qué mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará?
- ¿Qué fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño?
- ¿Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran?

Se concluye dando a conocer con la implementación de las tareas de mantenimiento propuestas por el análisis RCM aumentarán la confiabilidad del HPU y reducirán los costos de mantenimiento correctivo e indisponibilidad de las unidades.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. Mantenimiento

Mantenimiento son todas las actividades que deben ser desarrolladas en orden lógico, con el proyecto de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica, los equipos de producción, herramientas, y demás actividades físicas, de las diferentes instalaciones de la empresa.

Según Gatica A. (2009). Señalo sobre el mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la segunda, aparece el concepto de la Fiabilidad, y el departamento de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan.

2.2.2. Confiabilidad

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas.

2.2.2.1. Características del RCM

El mantenimiento centrado en confiabilidad se caracteriza por:

- ✓ Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo/instalación.
- ✓ Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
- ✓ Mantener la calidad y capacidad productiva.
- ✓ Si deseamos aumentar la capacidad, mejorar el rendimiento, incrementar la confiabilidad, mejorar la calidad de la producción, necesitaremos un rediseño.
- ✓ Tener en cuenta la condición operacional: donde y como se está usando.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la fiabilidad (R) es la probabilidad de que un aparato, dispositivo o persona desarrolle una determinada función bajo condiciones fijadas durante un periodo de tiempo determinado.

- ✓ La confiabilidad de un elemento puede ser caracterizada a través de distintos modelos de probabilidades.
- ✓ R depende de la edad de la máquina, de sus características de diseño y de las normas de operación y mantenimiento seguidas.
- ✓ La confiabilidad de un proceso depende de la confiabilidad de sus componentes.

EL RCM es un enfoque sistemático para diseñar planes y programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para lo cual combina técnicas de AM (Mantenimiento Autónomo), CM (Correctivo), PM (Preventivo) Y CBM, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente.

2.2.2.2. Objetivo del RCM

El objetivo primario del RCM es conservar la función del sistema, antes de la función del equipo. La metodología lógica del RCM, que se deriva de múltiples investigaciones, se puede resumir en seis pasos:

- ✓ Identificar los sistemas básicos de la planta y definir sus funciones principales.

- ✓ Identificar los modos de falla que puedan producir cualquier falla funcional.
- ✓ Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos mediante el Análisis de Criticidad.
- ✓ Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- ✓ Emplear el diagrama de orden lógico para establecer la estrategia de mantenimiento.
- ✓ Seleccionar las actividades proactivas, más convenientes, u otras acciones que conserven la función del sistema.

Las premisas básicas para el diseño de un proyecto de RCM que busque la optimización del mantenimiento deben ser:

- ✓ Lo fundamental es la disponibilidad de los equipos.
- ✓ El interés principal debe ser la función que estos desempeñan.
- ✓ Se debe cuestionar todo plan de mantenimiento no sustentado por análisis de confiabilidad.
- ✓ El análisis debe ser sistémico y sistemático, tanto en la extensión como en profundidad.

2.2.3. Confiabilidad

Dounce E. (2009) Menciona que la fiabilidad se define como la probabilidad de que la máquina no falle, es decir funcione satisfactoriamente dentro de los límites de desempeño establecido, en una determinada etapa de su vida útil y para un tiempo de operación estipulado, teniendo como condición que la máquina se utilice para el fin y con la carga de trabajo para la que fue diseñada.

2.2.3.1. Tasa de Fallos del Producto (Fr)

Es una unidad de medida básica de la confiabilidad:

Donde, el número de fallos es la cantidad de fallas detectadas y el número de unidades probadas, son todos los equipos que fueron probados en el sistema

$$\text{Tasa o índice de fallos FR(\%)} = \frac{\text{Número de fallos}}{\text{Número de unidades probadas}} \times 100 \quad \dots (1)$$

Donde el número de horas de tiempo funcionando, se refiere a la cantidad de horas en las que los equipos trabajaron antes de efectuarse la falla.

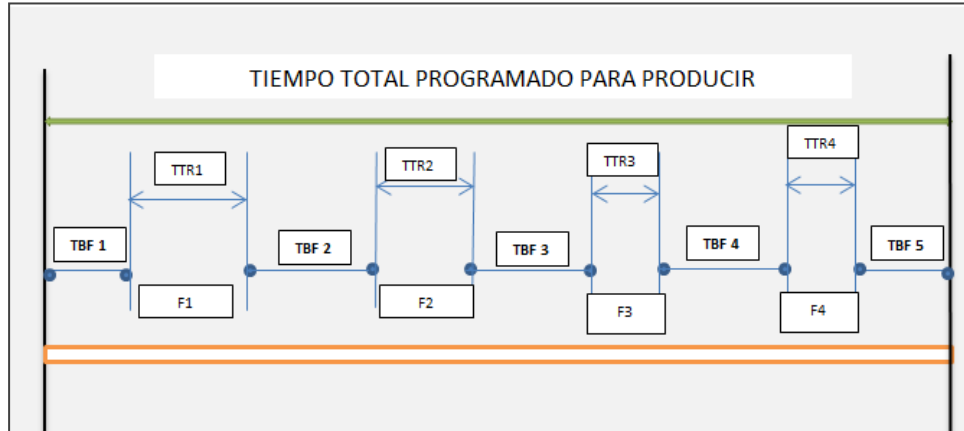


Figura 1: Relación de MTBF y MTTR

Fuente: Parra C. 2012

Fallas totales = $F1 + F2 + F3 + F4 + \dots + F_n$

TBF: Tiempo entre fallas

TTO: Tiempo total de Operación = $TBF1 + TBF2 + TBF3 + \dots + F_n$

MTBF: Tiempo medio entre fallas = $TTO / (F1 + F2 + F3 + \dots + F_n)$

MTTR: Tiempo medio para restaurar

$$MTTR = \frac{(TTR1 + TTR2 + TTR + \dots + TTRn)}{(F1 + F2 + F3 + \dots + F_n)} \quad \dots (2)$$

2.2.3.2. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Tiempo promedio que un equipo o máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla.

Se obtiene dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros o fallos

$$MTBF = \frac{TTO}{\text{Número de fallos}} \quad \dots (3)$$

Dónde: TTO: Tiempo total de operación en el periodo

F= número de fallas

2.2.3.3. Tiempo Medio Para Restaurar (MTTR)

Es una medición de la mantenibilidad de un equipo.

Es el intervalo de tiempo obtenido dividiendo el tiempo total de reparaciones entre el número total de fallas en un sistema.

$$MTTR = \frac{TTR}{\text{Número de fallos}} \quad \dots (4)$$

Dónde:

TTR = Tiempo total empleado en restaurar la operación después de cada falla.

N = número de fallas totales

2.2.3.4. Herramientas de la Confiabilidad

García, O. (2012). La confiabilidad, como metodología debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento de los activos de una forma sistemática, a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación y de mantenimiento que requiere, para asegurar su seguridad, integridad y continuidad operacional.

Son múltiples las herramientas de que se vale la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para alcanzar la excelencia en la gestión de mantenimiento industrial. Algunas de las comúnmente usadas son:

Análisis de Criticidad (CA). Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Análisis de los modos y efectos de falla (FMEA). Es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

Análisis de causa Raíz (RCA). Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos, consecuencias y frecuencias de aparición, con el propósito de prevenir las mitigarlas e eliminarlas.

Inspección basada en Riesgos (RBI). Es una técnica que permite definir las probabilidades de fallas en un sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el medio ambiente y los procesos.

2.2.3.5. Preguntas básicas del Proceso RCM

El proceso de RCM proporciona siete preguntas que se deben efectuar respecto al equipo seleccionado:

- ¿Cuáles son las funciones y sus estándares de operación en cada sistema, tomando en cuenta el contexto operacional?
- ¿Respecto a sus funciones como falla cada equipo?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla?
- ¿Cuál es el impacto real de cada falla?
- ¿Cómo se puede prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no es posible prevenir una falla funcional?

Estas 7 preguntas que básicamente constituye el proceso RCM, las cuales deberán ser respondidas por medio de herramientas.

Las respuestas a estas preguntas nos permitirán obtener estrategias de mantenimiento que permitirán cumplir adecuadamente las funciones de la empresa.

2.2.3.6. Diagrama de decisiones

La hoja de decisión de RCM está dividida en dieciséis columnas como se puede apreciar en la tabla 1. Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Estas hojas se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de Información (AMEF) y las Hojas de Decisión (Moubray, 1997).

Tabla 1: Hoja de Decisiones.

Equipo:	Torno Revolver 1: ME - TR-01							Equipo de trabajo					F Realización:			
Función:	Mecanizado de piezas metálicas.							Aprobado por:					F Aprobación:			
Componente	Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas Propuestas	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
								H1	H2	H3						
	S1	S2	S3													
	O1	O2	O3													
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				

Como se observa en el diagrama de decisión inicialmente se deben valorar consecuencias del modo de falla escribiendo la letra N si la respuesta a la pregunta es negativa, o S en caso de ser afirmativa, cualquiera de las dos respuestas define un determinado camino a seguir en el diagrama.

En este punto es necesario tener en cuenta que cada modo de falla es ubicado en solo una categoría de consecuencias, y una vez que las consecuencias han sido categorizadas el próximo paso es buscar una tarea proactiva adecuada teniendo en cuenta si la tarea es técnicamente factible y merece la pena hacerla.

Las columnas de la octava a la décima permiten registrar las tareas a realizar de la siguiente forma:

- H1/S1/O1/N1 es usada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada.
- H2/S2/O2/N2 es usada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico.
- H3/S3/O3/N3 es usada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica.

En cada caso, una tarea sólo es apropiada si merece la pena realizarla y si es técnicamente factible. Las columnas H4, H5 y S4 son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de” planteadas en el diagrama de decisión en la Figura 02, en este punto se selecciona si debe hacerse una tarea de búsqueda de fallas, una combinación de tareas, un rediseño, o ningún mantenimiento programado.

Si durante el proceso de toma de decisiones se ha seleccionado una tarea proactiva o una tarea de búsqueda de falla o un cambio de diseño, o ningún mantenimiento programado debe registrarse la descripción de la tarea en la columna titulada “tarea propuesta”.

Los intervalos de tareas son registrados en la hoja de decisión en la columna de “Intervalo inicial” y se recuerda que se basan en lo siguiente:

- Los intervalos de las tareas a condición están determinados por el intervalo P-F
- Los intervalos de las tareas de reacondicionamiento programado y de sustitución cíclica dependen de la vida útil del elemento que se considera
- Los intervalos de las tareas de búsqueda de fallas están determinados por las consecuencias de la falla múltiple, que determina la disponibilidad necesaria, y el tiempo medio entre ocurrencias de la falla oculta.

La última columna en la hoja de decisión se utiliza para anotar quién debe hacer cada tarea; nótese que el proceso de RCM considera este tema para un modo de falla a la vez. En otras palabras, no aborda el tema con ninguna idea preconcebida acerca de quién debe (o no debe) hacer el trabajo de mantenimiento. Simplemente pregunta quién es competente y confiable

como para realizar correctamente esta tarea. Las tareas pueden ser adjudicadas a mantenimiento, operadores, inspectores, personal de calidad, técnicos especializados, proveedores, etc.

En definitiva, la hoja de decisión RCM muestra no solo qué acción se ha seleccionado para tratar cada modo de falla. Sino que también muestra porqué se ha seleccionado. Esta información es valiosa si en algún momento se presenta la necesidad de cambiar cualquier tarea de mantenimiento.

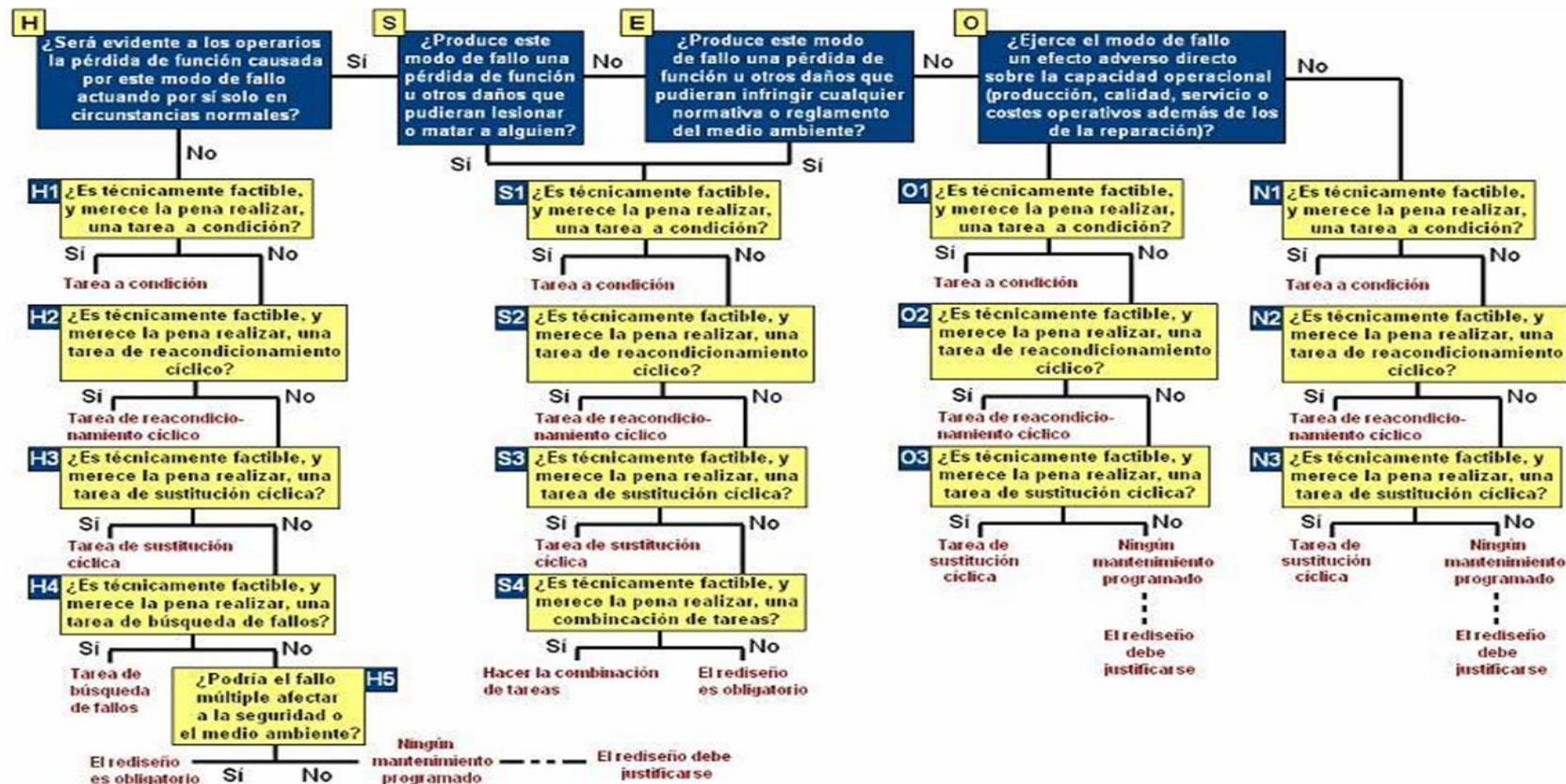


Figura 2: Diagrama de Decisión.
Fuente: Gonzales M. 2015.

2.2.4. EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS

La efectividad global del equipo (OEE: Overall Equipment Effectiveness) es un indicador, como la auditoría, que evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento.

Mide el porcentaje del tiempo en que un equipo produce realmente las piezas comparadas con el tiempo ideal que fue planeado para hacerlos. Expresa la diferencia entre real e ideal que debe eliminarse, puesto que es potencialmente un desperdicio.

La ventaja del OEE frente a otros indicadores es que mide todos los parámetros fundamentales en la producción industrial: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

2.2.4.1. Clasificación de la Efectividad Global de los Equipos

El valor del OEE permite clasificar la efectividad del funcionamiento de los equipos dentro de la fábrica:

- ✓ Inaceptable (OEE < 65%), se producen pérdidas económicas.
- ✓ Regular (65% < OEE < 75%), solo puede considerarse aceptable si se será mejorada.
- ✓ Aceptable (75% < OEE < 85%), es un valor que puede ser aceptado siempre y cuando se apunte a la mejora constante.
- ✓ Buena (85% < OEE < 95%), la empresa tiene buena competitividad.
- ✓ Excelencia (OEE > 95%), empresa de clase mundial.

2.2.5. PRODUCTIVIDAD

Uno de los motivos principales para estudiar la productividad en una empresa es encontrar las causas que la deterioran y una vez conocidas establecer las bases para incrementarla. (García, 2005)

Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.

Si partimos de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto – insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

- Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

2.2.5.1. Indicadores de Productividad

La productividad es una medida de la eficiencia de la producción. Por productividad se entiende la relación entre lo que se produce y lo que es requerido para producir.

La productividad es una noción sintética. Se trata de la relación entre una producción y la totalidad de los medios empleados para realizarla. A continuación, se presenta las siguientes Formulas:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}} \quad \dots (5)$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Producción}}{\text{horas disponibles}} \quad \dots (6)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción}}{\text{Producción real}} * 100\% \quad \dots (7)$$

$$\text{Índice de productividad de M.O} = \frac{\text{Precio de venta unitario} * \text{Nivel de producción}}{\text{Costo M.O} * \text{N}^\circ \text{ de horas empleadas}} \quad \dots (8)$$

$$\text{Índice de productividad de MP} = \frac{\text{Precio de venta unitario} * \text{Nivel de producción}}{\text{Costo MP}} \quad \dots (9)$$

$$\text{Índice de productividad Total} = \frac{\text{Precio de venta unitario} * \text{Nivel de producción}}{\text{Costo M.O} + \text{Costo M.P} + \text{Gastos}} \quad \dots (10)$$

2.2.5.2. Factores que restringen la productividad

Un incremento de la productividad no ocurre por sí solo, sino que son los directivos dedicados y competentes los que lo provocan, y lo logran mediante la fijación de metas, la remoción de los obstáculos que se oponen al cumplimiento de éstas, el desarrollo de planes de acción para eliminarlos y la dirección eficaz de todos los recursos a su alcance para mejorar la

productividad, pues varios son los factores que actúan en contra de ésta, en ocasiones generados por la propia empresa o por su personal. Otros surgen en el exterior, por lo cual están fuera del control de los directivos. (García, 2005)

2.2.5.3. Criterios para Analizar la Productividad

Para Garcia (2005), existe una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo, pero en especial se analizan los factores conocidos como las “M” mágicas, llamados así porque todos ellos empiezan en inglés con la letra M.

- Hombres (Men).
- Dinero (Money).
- Materiales.
- Métodos.
- Mercados.
- Máquinas.
- Medio ambiente.

2.2.6. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Disponibilidad

Es la proporción de tiempo en que un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{Horas Teóricas de Trabajo}} * 100\% \quad \dots (11)$$

Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo o un sistema, cumpla su misión (función principal) bajo condiciones de unos determinados, en un periodo determinado. La confiabilidad es por tanto el complemento de la probabilidad de falla.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTR} + \text{MTTF}} \quad \dots (12)$$

Efectividad Global del Equipo

La efectividad global del equipo (OEE: Overall Equipment Effectiveness) es un indicador, como la auditoría, que evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Tasa de Ejecución} * \text{Calidad} \quad \dots (13)$$

Tasa de calidad

La tasa de calidad se calcula el número de unidades defectuosas entre producción real multiplicado por 100%.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{unidades defectuosas}}{\text{Producción real}} * 100\% \quad \dots (14)$$

Tasa de ejecución

Según Cuatrecasas (2000) la tasa de ejecución es el porcentaje de producción realizada en comparación con la producción posible bajo condiciones óptimas de producción.

$$\text{Tasa de ejecución} = \frac{\text{producción real}}{\text{Producción ideal}} * 100\% \quad \dots (15)$$

2.2.7. DIAGRAMA ISHIKAWA

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

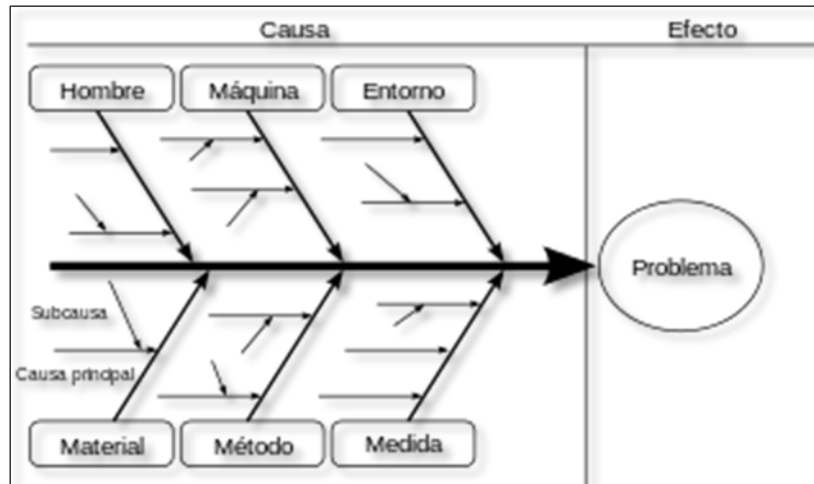


Figura 3: Diagrama Ishikawa

Fuente: Parra C. 2012

2.2.8. DIAGRAMA DE PARETO

El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "Pocas Vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "Muchos Triviales" (los elementos poco portantes en ella).

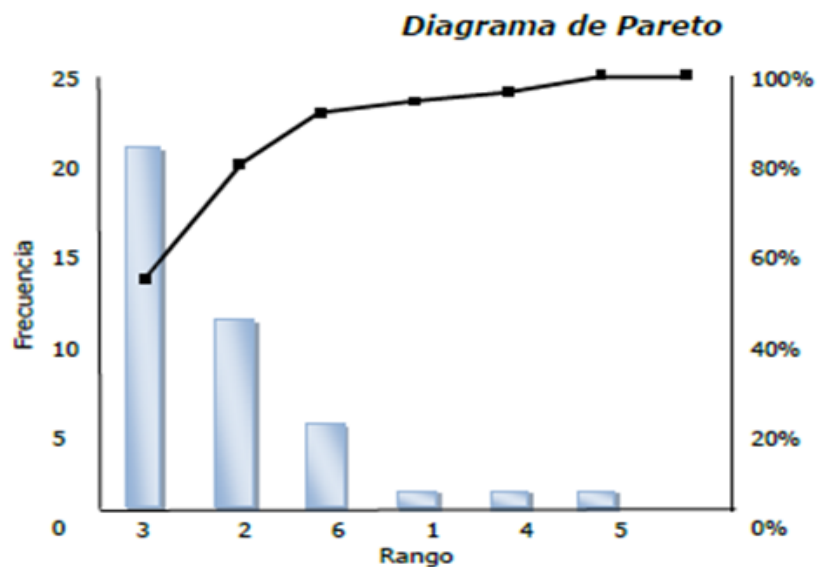


Figura 4: Diagrama de Pareto

Fuente: Parra C. 2012

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

3.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

La empresa Fabricación Technology Company S.A.C. es una empresa del sector manufacturero dedicada a la fabricación de piezas para moto y moto taxis, piezas metálicas como bocinas, carretos, pines, ejes de carretos, trapecios, entre otros.

3.1.2. DATOS

Nombre de la empresa: Fabricación Technology Company S.A.C.

RUC: 20488026489

Sector económico de desempeño: Fabricación de piezas para motos y moto taxis.

Localización: Calle Henry Francois N° 101 Urb. Santa María, José Leonardo Ortiz Chiclayo Lambayeque.

3.1.3. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

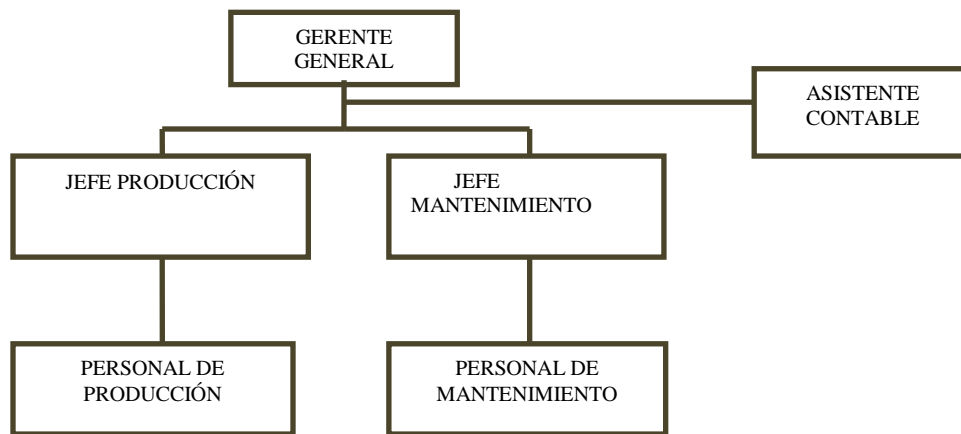


Figura 5: Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa Metalmecánica Fabrication Technology Company S.A.C.

3.1.4. PRINCIPALES PROVEEDORES

- Aceros Arequipa
- Sider Perú

3.1.5. PRINCIPALES CLIENTES

- Che Motors, Selfir Motos, Importaciones Ramirez.

3.1.6. PRINCIPALES PRODUCTOS

- Bocinas
- Carretos
- Ejes de carretos , pines

3.1.7. PRESENTACIÓN DE LA BOCINA

El producto bocina es una pieza metalmecánica utilizada para el ensamble de motos y moto taxis.

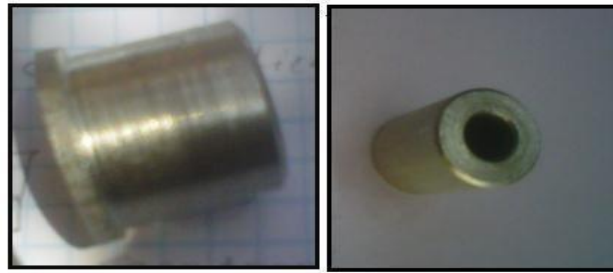


Figura 6: Bocinas de 22 mm

Fuente: Elaboración propia - Empresa Fabrication Technology Company S.A.C.

3.1.8. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Las presentaciones del producto son:

BOCINA 21,5 mm; 22,5mm; 23 mm; 23,5mm; 24mm

3.1.9. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL PRODUCTO BOCINA

Fabrication Technology Company S.A.C. empresa manufacturera dedica a la fabricación de productos para motos y mototaxis.

Materia prima: La materia prima fierro A36 (redondo liso de 1 pulg de 6m) es adquirida en Empresa Aceros Arequipa-Chiclayo y es trasladada a la empresa.

Cortado: En esta esta etapa la Materia prima fierro A36 (redondo liso de 1 pulg de espesor y de 6m de largo) es cortado en medidas de 3 m de largo para alimentar

al torno. Para el corte se emplea herramientas básicas sierra eléctrica.

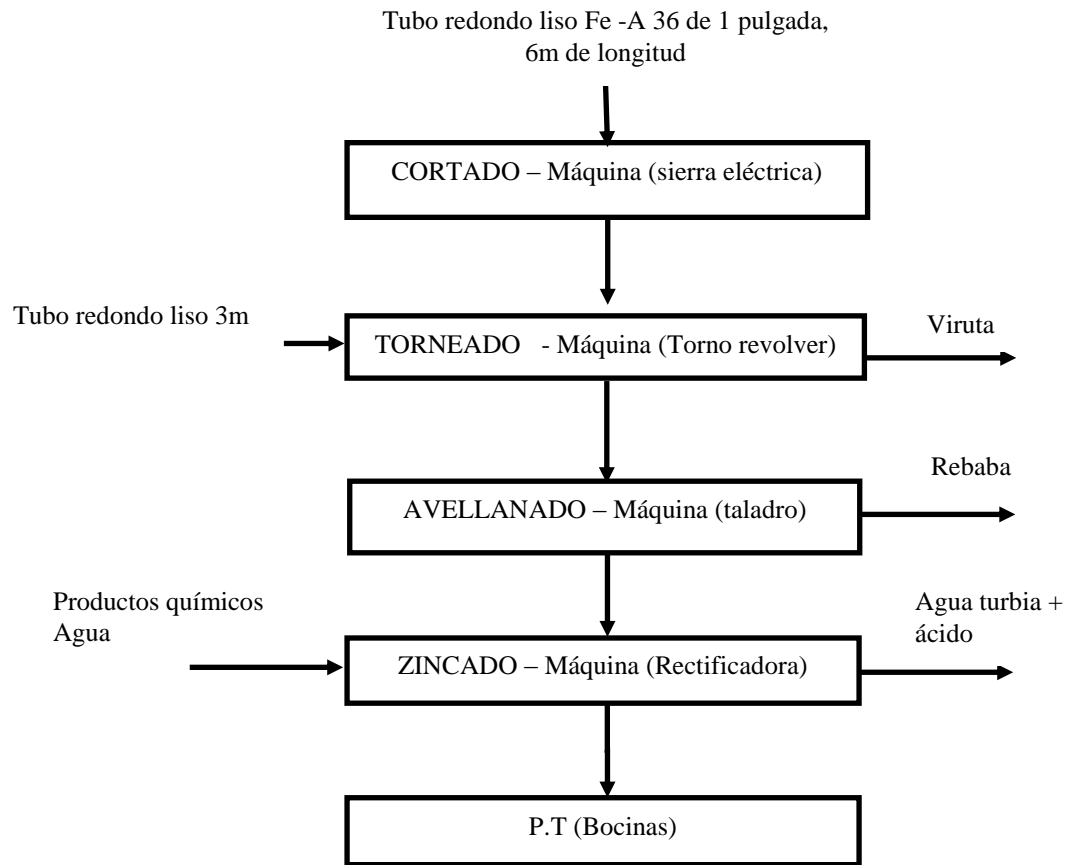
Torneado: En esta etapa fierro A36 redondo liso de 1 pulg de espesor es rebajada con cuchillas y perforado con las brocas, dándole las medidas correspondientes a las bocinas, bocinas de 22 mm; 22,5 mm; en la cual se emplea la máquina Torno Revolver.

Avellanado: El avellanado es un proceso de maquinado básico. En esta etapa del proceso son sacadas las rebabas de la parte interna de la Bocina, en la cual se emplea la maquina taladro.

Zincado: El zincado es el recubrimiento de la pieza de metal con baño de zinc para protegerla de la corrosión haciendo resistente a la corrosión, mejorando además su aspecto visual. Se emplea la máquina Rectificadora. Este proceso es opcional de acuerdo al requerimiento del cliente.

3.1.10. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PRODUCCIÓN DEL PRODUCTO BOCINAS

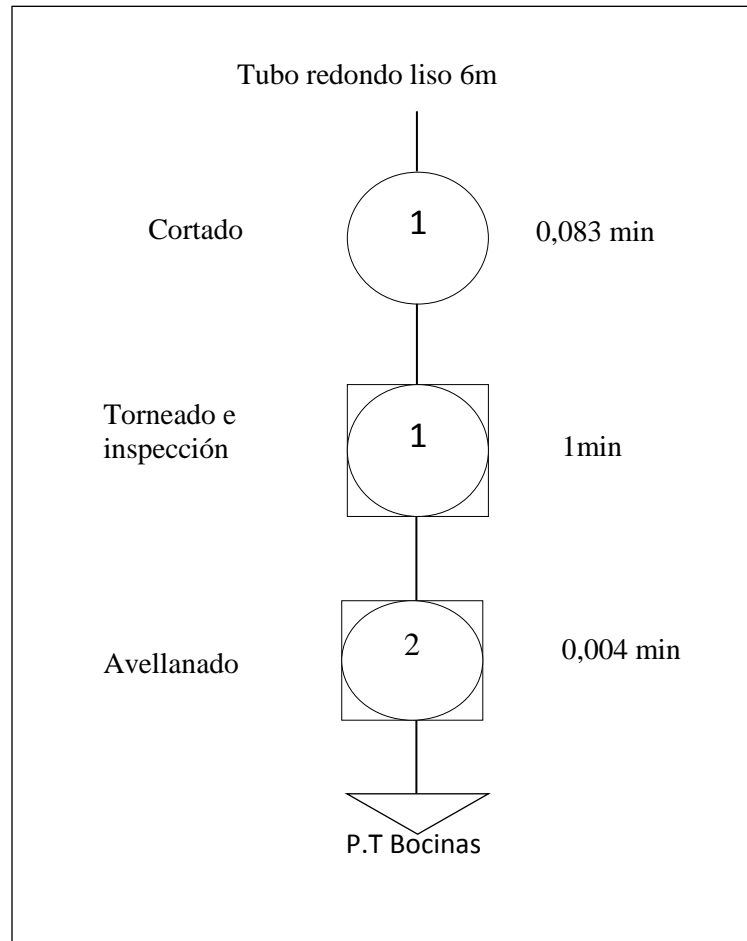
Diagrama de Flujo de la Bocina



Fuente: Elaboración Propia –Fabrication Technology Company S.A.C.

3.1.11. DIAGRAMA DE OPERACIONES DE LA BOCINA

Diagrama de Operaciones



Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Actividad	Operación
Operación	1
Combinada	2
Almacén	1

Tiempo Ciclo = 1,087 min

3.1.12. MAQUINARÍA DE LA EMPRESA FABRICACIÓN TECHNOLOGY COMPANY S.A.C.

Tabla 2: Maquinaria de la Empresa

ANTIGUEDAD DE LAS MAQUINAS						
N°	Código	Maquinaria	Marca	Motor	Procedencia	Año
1	ME-TR-01	Torno Revolver 1 (semiautomático)	Shucharo.S.A	Trifásico	Argentina	1974
1	ME-TR-02	Torno Revolver 2 semiautomático	Shucharo.S.A	Trifásico	Argentina	1980
1	ME-TR-03	Torno Revolver 3 semiautomático	Rolling	Trifásico	Rusia	1985
1	ME-TP-02	Torno Paralelo 1	Pinacho	Trifásico	España	
1	ME-TA-01	Taladro 1	Shucharo.S.A	Trifásico	Argentina	2008
1	ME-PM-01	Prensa mecánica 1	-	-		
1	ME-LAM-01	Laminadora 1	Rolling	-	España	2009
1	ME-ENR-01	Enroscadura 1	-	-		2007
1	MEC-REC-01	Rectificadora 1 (Zincado)	-	-		2008

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 2 se puede apreciar la descripción de la maquinaria con sus respectivas características.

3.1.12.1. Datos de equipos de la empresa Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 3: Ficha Técnica ME-TR-01

CÓDIGO		ME-TR-01
DATOS DEL EQUIPO		
Equipo: Torno Revolver		Procedencia: Argentina
Fabricante: Shucharo.S.A		Año de fabricación: 1974
Dimensiones Torno	X(Largo): 1,70 cm	Peso: 2130kg
	Y(Ancho): 70 cm	Motor: Trifásico
	Z(Altura): 1,25 cm	Voltaje (V): 440 / Potencia: 3KW
Corriente (A)		Frecuencia(Hz) 60
Velocidades(rpm)		Primera: 85 -260 Segunda: 210 -585 Tercera: 515 - 1450 Cuarta:
Dimensiones Bancada	Largo:90 cm	Ancho:25 cm
		

Fuente: Elaboración Propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 3 se puede apreciar la maquina Torno Revolver ME-TR-01 con sus respectivas características y especificaciones.

Tabla 4: Ficha Técnica ME-TR-02

CÓDIGO		ME-TR-02
DATOS DEL EQUIPO		
Equipo: Torno Revolver semiautomático		Procedencia: Argentina
Fabricante: Shucharo.S.A		Año de fabricación: 1980
Dimensiones	X(Largo): 2520mm	Peso: 2100kg
	Y(Ancho): 1100mm	Motor: Trifásico
	Z(Altura): 1515mm	Voltaje (V): 440
Corriente (A)		Frecuencia(Hz) 60



Fuente: Elaboración Propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 4 se puede apreciar la máquina Torno Revolver ME-TR-02 con sus respectivas características y especificaciones.

Tabla 5: Ficha Técnica ME-TR-03

CÓDIGO		ME-TR-03
DATOS DEL EQUIPO		
Equipo: Torno Revolver semiautomático		Procedencia: Rusia
Fabricante : Rolling		Año de fabricación: 1980
Dimensiones	X(Largo): 225cm	Peso: 2100kg
	Y(Ancho): 95cm	Motor: Trifásico
	Z(Altura): 140cm	Voltaje (V): 440
Corriente (A)		Frecuencia(Hz) 60
Descripción		
<p>El torno revolver semiautomático es un torno con una torreta hexagonal, sobre cada una de cuyas caras puede llevar montada una herramienta diferente, y que puede ser desplazado sobre las guías por la acción de un volante o palancas, con la que se consigue la acción hasta llegar a un tope al final de carrera, un mecanismo de cric provoca su giro.</p> <p>Esta máquina la utilizan para la fabricación de pines, y procesos del producto Carreto</p>		
		

Fuente: Elaboración Propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 5 se puede apreciar la máquina Torno Revolver ME-TR-03 con sus respectivas características y especificaciones.

Tabla 6: Ficha Técnica ME-PME-01

CÓDIGO		ME-PME-01
DATOS DEL EQUIPO		
Equipo: Torno Revolver semiautomático		Procedencia: Hilu SSP - Rusia
Fabricante: Rolling		Año de fabricación: 1999
Dimensiones	X(Largo): 110 cm	Peso: 1955 kg
	Y(Ancho): 65 cm	Motor: Trifásico
	Z(Altura): 250 cm	Voltaje (V): 440
Corriente (A)		Frecuencia(Hz) 60
Descripción		
<p>Es una máquina que se usa para hacer perforaciones mediante la aplicación de presión Su función principal de la prensa mecánica es hacer perforaciones de 22mm a las bridas, para la ayuda del proceso de fabricación del producto Carreto.</p>		
		

Fuente: Elaboración Propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 6 se puede apreciar la máquina la prensa ME-PME-01 con sus respectivas características y especificaciones.

Tabla 7: Ficha Técnica ME-LAM-01

CÓDIGO		ME-LAM-01
DATOS DEL EQUIPO		
Equipo: Torno Revolver semiautomático		Procedencia: España
Fabricante: Rolling		Año de fabricación: 2009
Dimensiones	X(Largo): 75 cm	Peso: 800 kg
	Y(Ancho): 50 cm	Motor: Trifásico
	Z(Altura): 1,10 cm	Voltaje (V): 440
Corriente (A)		Frecuencia(Hz) 60
Descripción		
Laminadora, máquina utilizada para manufacturar el metal en una amplísima variedad de formatos, la empresa la utiliza para hacer la ilación de pernos, pines entre otros productos.		
		

Fuente: Elaboración Propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 7 se puede apreciar la máquina laminadora ME-LAM-01 con s.us respectivas características y especificaciones.

3.1.13. ANALISIS DE LAS CAUSAS Y PROBLEMAS EN LA DE PRODUCCIÓN DE BOCINAS

Para la descripción de las causas y problemas de la producción de bocinas se usó las herramientas el diagrama Ishikawa, diagrama de Pareto. En la cual se evaluó el proceso de torneado el más afectado en el proceso productivo debido a que los equipos a evaluar son los tornos. Teniendo en cuenta un historial a partir de mayo del 2014 hasta abril del 2015.

Tabla 8:Relación causa - Efecto del Torno Revolver

Fallas	Causa	Efecto	Soluciones	A realizar por
DESGASTE DE PINZAS	Operario			
	Falta de capacitaciones	Pérdida de producción a falta de conocimiento de la maquinaria.	Realizar capacitaciones al personal.	Jefe de mantenimiento
	Equipo			
	Recalentamiento	Desgaste de rodamientos	Cambiar los rodamientos a tiempo.	Mecánico
	Materia Prima			
	Material inapropiado	Tiempo de vida corto de la pinza ya que el material no es apropiado provocando un desgaste de piezas.	Buscar otras alternativas para la fabricación de pinzas como acero bohler vcl.	Jefe de mantenimiento
	Métodos			
Distribución inapropiada	Carencia de método	Proponer un método para la distribución de la planta	Jefe de mantenimiento	

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 9: Relación causa - efecto del Torno Revolver

Fallas	Causa	Efecto	Soluciones	A realizar por
DESGASTE DISCOS DE EMBRAGUE	Operario			
	Falta de capacitaciones	Pérdida de producción a falta de conocimiento de la maquinaria.	Realizar capacitaciones al personal.	Jefe de mantenimiento
	Equipo			
	Recalentamiento	Paradas elevadas debido al incremento de las revoluciones por minuto.	Clasificar las velocidades de acuerdo a las características de la materia prima.	Mecánico
	Falta de lubricación del sistema de transmisión	Desgaste de los discos de embrague	Lubricar las piezas de acuerdo a condiciones del fabricante y tipo de aceite.	Mecánico
	Materia Prima			
	Material inapropiado	Tiempo de vida corto de la pinza ya que el material no es apropiado provocando un desgaste de piezas.	Buscar otras alternativas para la fabricación de pinzas como acero bohler vel.	Jefe de mantenimiento
	Métodos			
	Falta de supervisión	Pérdida de producción	Elaborar formatos para hacer el seguimiento adecuado de los registros de mantenimiento.	Mecánico
	sobrepasa tiempos estándares	Perdida de producción	Seguimiento del tiempo de vida de los discos de embrague´.	
	Ambiente			
Ambiente de trabajo inapropiado	Ambiente de trabajo contaminado	Mantener el área de trabajo limpia.	Operario	

Fuente: Elaboración propia- Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 9, se presenta la relación Causa-Efecto-Solución de las fallas de los Tornos revolver 1, esta información se analizó para proponer una solución para aplicarla en la empresa y mejorar su funcionamiento.

Tabla 10: Relación causa - efecto del Torno Revolver

Relación causa - efecto del Torno revolver				
Fallas	Causa	Efecto	Soluciones	A realizar por
DESGASTE DE PIÑÓN	Operario			
	Falta de capacitaciones	Pérdida de producción a falta de conocimiento de la maquinaria.	Realizar capacitaciones al personal.	Jefe de mantenimiento
	Equipo			
	Recalentamiento	Desgaste de rodamientos	Clasificar las velocidades de acuerdo a las características de la materia prima.	Mecánico
	Falta de lubricación del sistema de transmisión	Desgaste de los discos de embrague	Lubricar las piezas de acuerdo a condiciones del fabricante y tipo de aceite.	Mecánico
	Métodos			
	Mal control de mantenimiento	Pérdida de producción	Elaborar formatos para hacer el seguimiento adecuado de los registros de mantenimiento.	Mecánico
	Ambiente			
	Ambiente de trabajo inapropiado	Ambiente contaminado	Mantener el área de trabajo limpia	Operario

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 10, se presenta la relación Causa-Efecto-Solución de las fallas de Torno revolver 1, esta información se analizó para proponer una solución para aplicarla en la empresa y mejorar su funcionamiento.

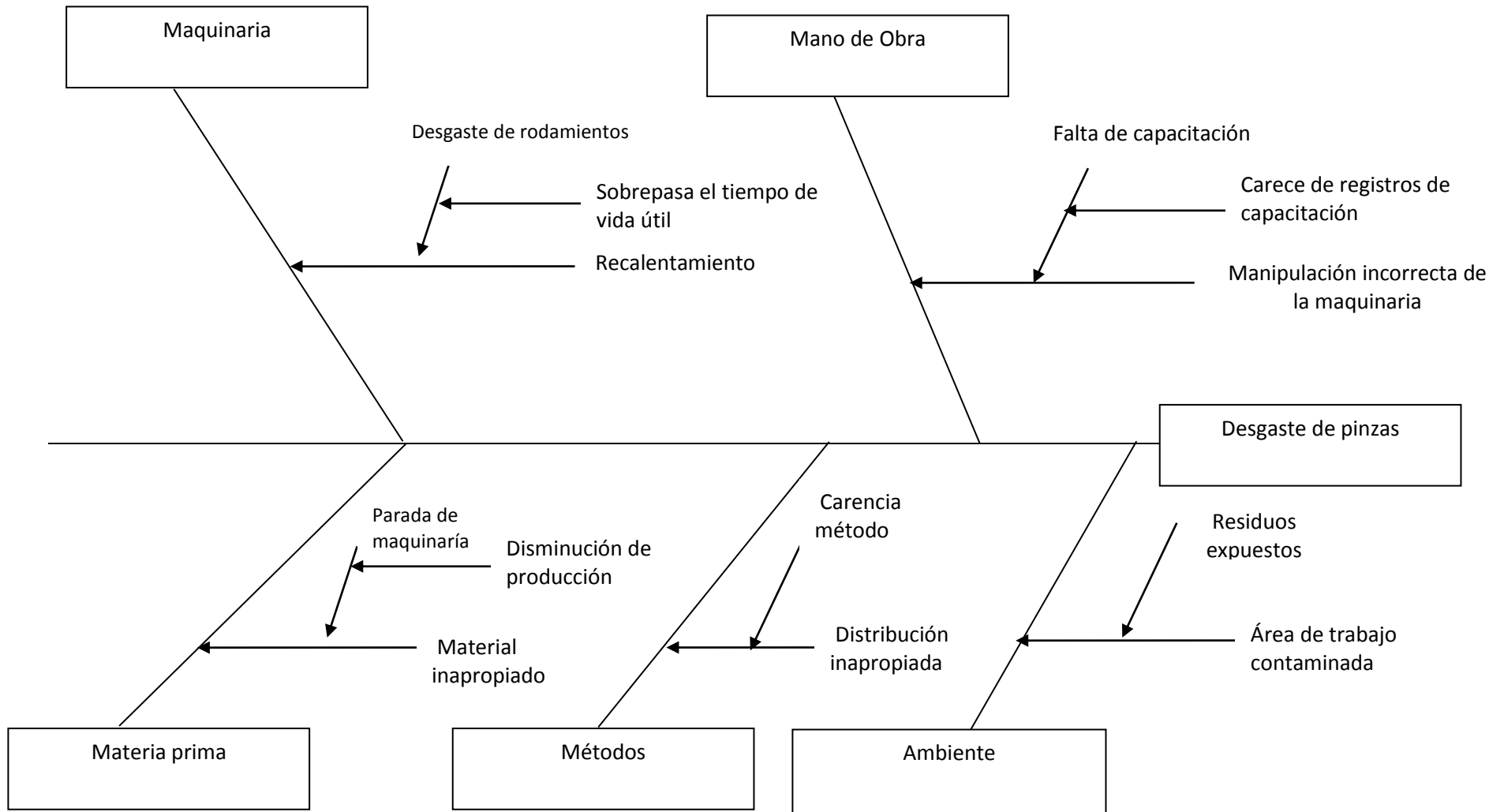


Figura 7: Diagrama Ishikawa desgaste de pinza Torno Revolver.

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

Materia prima: La disminución de la producción se debe a las paradas de la maquinaria y el material inapropiado; se puede apreciar en el Anexo N°: 1 y Figura N° 31 con la nueva propuesta.

Con respecto a la mano de obra hay una manipulación incorrecta de la maquinaria se propuso capacitaciones (Tabla 56, 57)

3.1.14. DIAGRAMA DE PARETO

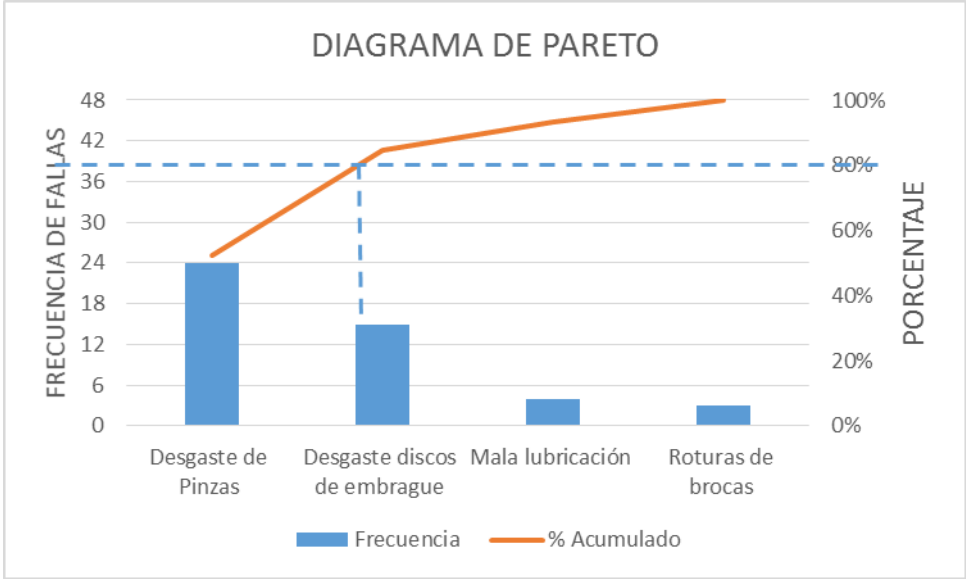


Figura 8: Diagrama de Pareto.

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company

En la gráfica anterior se puede apreciar según el análisis de Pareto la máxima concentración de los tipos de falla, las cuales están dadas por el desgaste de pinzas y el desgaste del disco de embrague, donde se priorizará en atacar a estos pocos vitales los cuales a ser eliminados y/o reducidos considerablemente lograrán reducir la frecuencia de fallas en un 80% aproximadamente. (Ver cálculo en Anexo N° 28)

3.1.15. CLASIFICACIÓN DE MAQUINARIA SEGÚN TIPO DE FALLAS, HORAS DE PARADA Y COSTO MANTENIMIENTO.

3.1.15.1. Horas de parada por máquina a causa de fallas

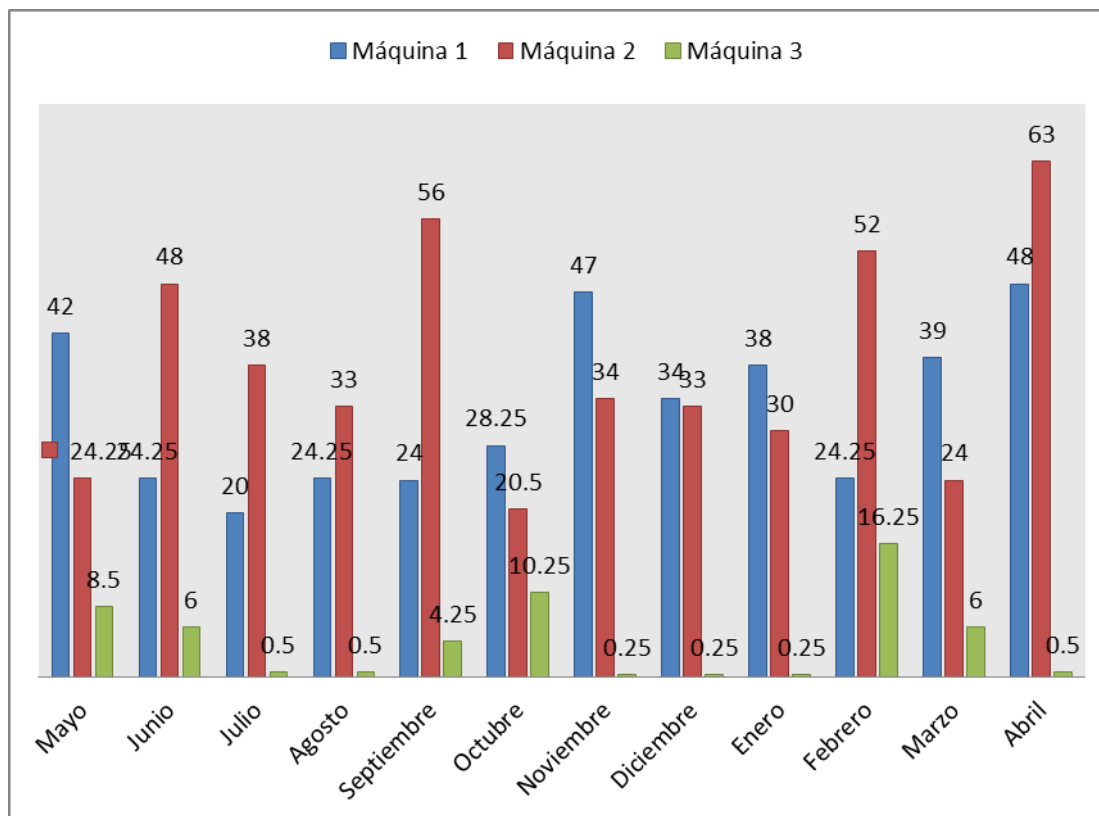


Figura 9: Horas de parada por máquina a causa de fallas en el periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar el número total de horas perdidas a causa de fallas en la maquinaria, Para la máquina Torno revolver 1 se registró un promedio de 30,1 horas mensuales de parada dejando de producir 1800 unidades de bocinas mensuales, en el Torno 2 se registró un promedio de 37,9 horas mensuales de parada dejando de producir 2274 unidades de bocinas mensuales, sin embargo el Torno revolver 3 fue quien obtuvo menos paradas con un promedio de 4,5 horas mensuales de parada dejando de producir 270 unidades de bocinas mensuales. (Ver anexo 1)

3.1.15.2. Máquina torno revolver 1

3.1.15.2.1. Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 1

Tabla 11: Clasificación de fallas de la máquina Torno Revolver 1 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tipo de fallas	Tiempo (horas)
Mayo	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de Pinzas	32
	Mala lubricación	2
Junio	Desgaste discos de embrague	8
	Roturas de brocas	0,25
	Desgaste de Pinzas	16
Julio	Desgaste discos de embrague	20
	Desgaste de Pinzas	20
Agosto	Desgaste discos de embrague	16
	Desgaste de Pinzas	8
	Mala lubricación	0,5
Septiembre	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de piñón	8
	Desgaste de Pinzas	16
Octubre	Desgaste discos de embrague	8
	Roturas de brocas	0,25
	Desgaste de Pinzas	20
Noviembre	Desgaste discos de embrague	15
	Desgaste de Pinzas	32
	Mala lubricación	0,25
Diciembre	Desgaste discos de embrague	16
	Mala lubricación	1
	Desgaste de Pinzas	17
Enero	Desgaste discos de embrague	6
	Desgaste de Pinzas	32
Febrero	Desgaste discos de embrague	8
	Roturas de brocas	0,25
	Desgaste de Pinzas	16
Marzo	Desgaste discos de embrague	7
	Desgaste de Pinzas	32
Abril	Desgaste discos de embrague	16
	Desgaste de piñón	8
	Desgaste de Pinzas	32
Total		409,5

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 11 se puede apreciar los tipos de fallas en el período mayo 2014 –abril 2015 con un total de 409,5 horas, resaltando la falla más frecuente el desgaste de pinzas con 273 horas en ese periodo, desgaste de disco de embrague 128 horas.

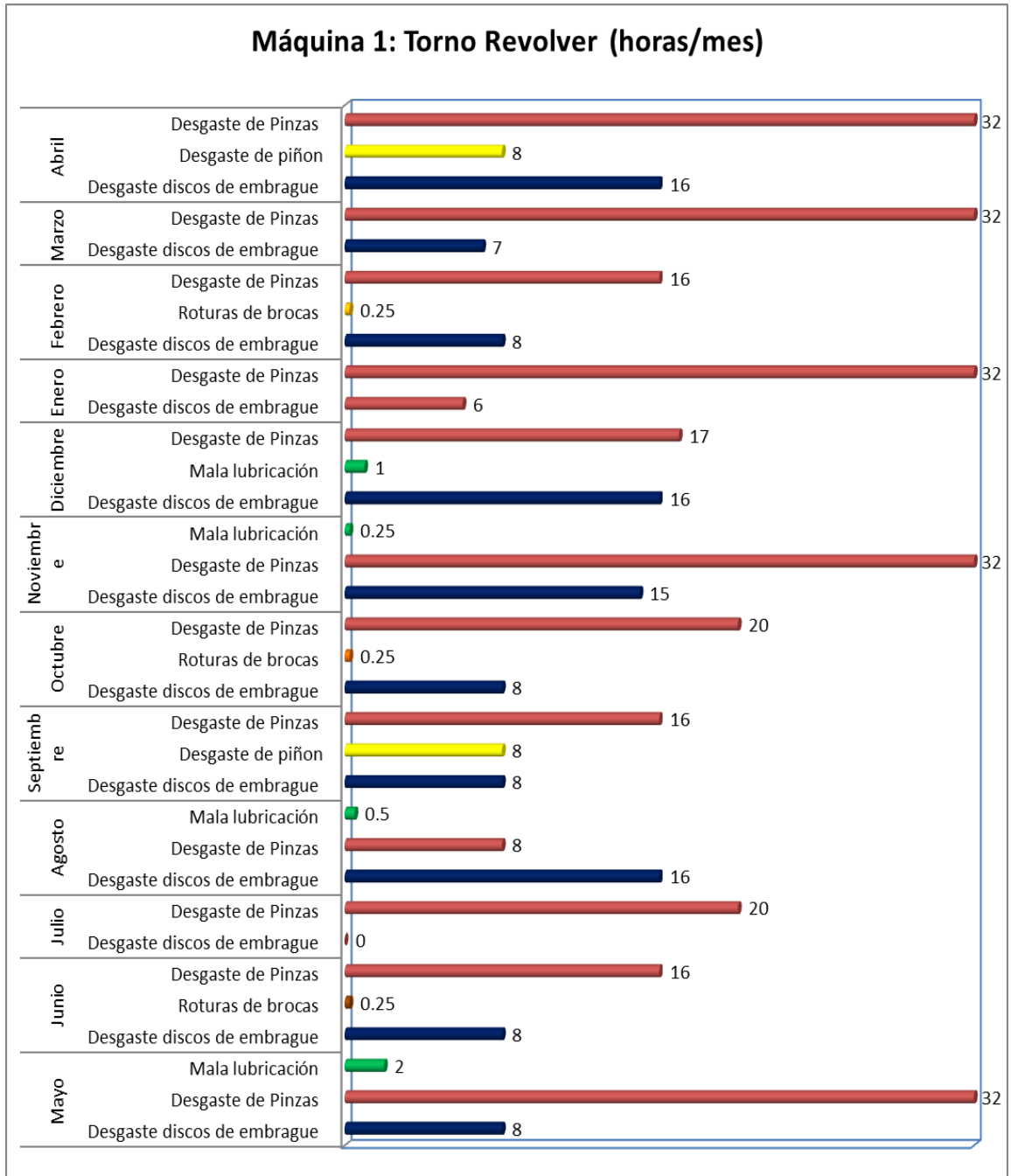


Figura 10: Tipos de fallas en la Máquina Torno revolver ME - TR - 01 en el periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica se puede apreciar los resultados de la Tabla N° 11 en el período Mayo 2014 – Abril 2015 teniendo como resultado lo siguiente: La falla más frecuente es el desgaste de pinzas con un promedio de 22,75 horas mensuales, así mismo el desgaste

de discos de embrague con un promedio de 10, 1 horas mensuales, y en menores proporciones de horas de falla se tiene el desgaste de piñón, rotura de brocas y lubricación del equipo. (Ver en anexo 2)

3.1.15.2.2. Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 1

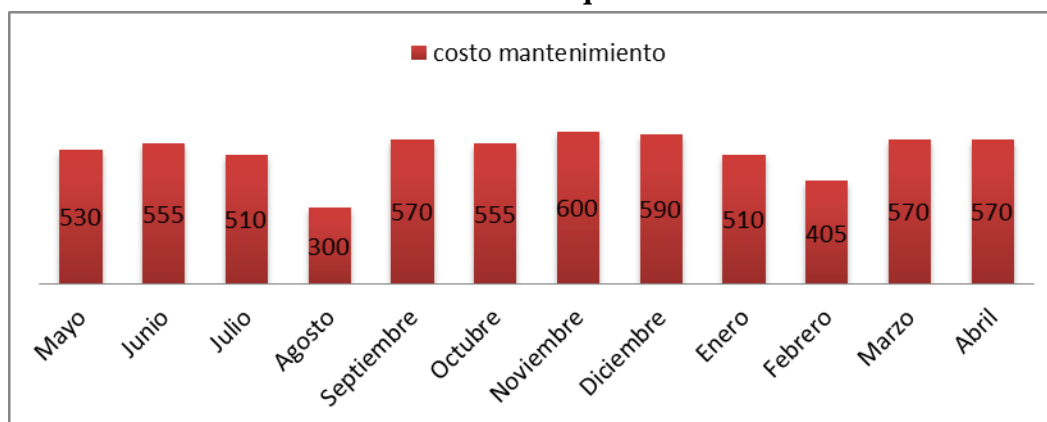


Figura 11: Costos Total de mantenimiento de la Máquina Torno Revolver ME - TR-01 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos totales de mantenimiento de la máquina torno revolver 1 en el periodo mayo 2014 - abril 2015. Cabe resaltar el costo promedio mensual de mantenimiento es de s/. 442 debido a los altos índices fallas en la maquinaria. (Ver en anexo 2)

Tabla 12: Costo de Mantenimiento para fabricar una pinza

CONSUMO DE ENERGIA EN	HORAS	KWH
MAQUINA DE SOLDAR	2,24	9
		20,6

	CANTIDAD	COSTO(soles)
ENERGÍA	20,6 KWH X 0,43KWH	8,85
Fe	10cmX32mm de diámetro	80
Materiales	Agua refrigerante (metanol) Herramientas de corte	12
PERSONAL	10 horas x 5soles	50
	TOTAL	150

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

3.1.15.2.3. Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 1

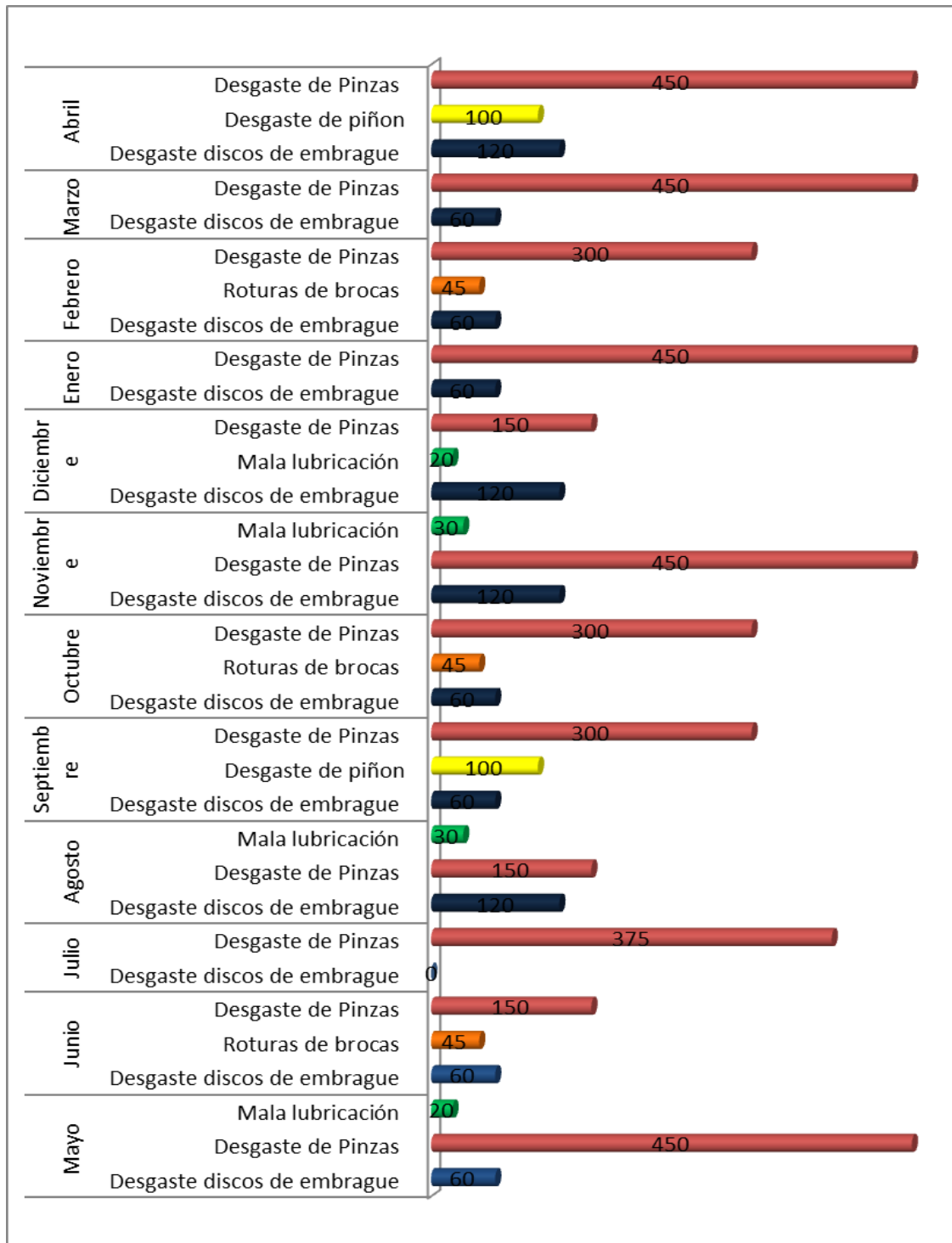


Figura 12: Costo de mantenimiento por tipo de falla en el Torno Revolver ME -TR -01 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles).

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos de cada falla en el periodo mayo

2014 –abril 2015, la falla más frecuente es el desgaste de pinzas y desgaste de discos de embrague generando costos elevados de mantenimiento con un promedio de mensual de S/. 442 mensuales en los meses mayo, julio, julio noviembre, febrero, marzo, abril. El desgaste de pinzas generó un costo promedio de s/. 300 mensuales, desgaste de piñon s/. 200 soles cada 6 meses, discos de embrague s/. 75 mensuales (Ver en anexo 2)

3.1.15.2.4. Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 1

Tabla 13: Cantidad que deja de producir y dinero no percibido a causa de fallas en la Máquina Torno Revolver 1 en el mes de mayo 2014 hasta abril 2015

Mes	Tiempo de parada (horas)	Producción (unidades)	Dinero no percibido (soles)
Mayo	42	2 520	2 016
Junio	24,25	1 455	1 164
Julio	20	1 200	960
Agosto	24,5	1 470	1 176
Septiembre	32	1 920	1 536
Octubre	28,25	1 695	1 356
Noviembre	47,25	2 835	2 268
Diciembre	34	2 040	1 632
Enero	38	2 280	1 824
Febrero	24,25	1 455	1 164
Marzo	39	2 340	1 872
Abril	56	3 360	2 688
TOTAL	409,5	24 570	19 656

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 13 se puede apreciar de manera referencial la cantidad que se dejó de producir a causa de fallas 24 570 unidades de bocina y el costo de dicho producto es de s/. 0,8 soles lo cual significa que s/. 19 656 deja de ganar a causa de las interrupciones de falla en la maquinaria.

3.1.15.3. Máquina torno revolver 2

3.1.15.3.1. Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 2

Tabla 14: Clasificación de fallas de la máquina Torno Revolver 2 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tipo de fallas	Tiempo horas
Mayo	Desgaste discos de embrague	0
	Desgaste de Pinzas	24
	Rotura de brocas	0,25
Junio	Desgaste discos de embrague	0
	Desgaste de Pinzas	48
Julio	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de Pinzas	30
Agosto	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de Pinzas	25
	Rotura de brocas	0,25
Septiembre	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de Pinzas	48
Octubre	Desgaste discos de embrague	0
	Mala lubricación	0,5
	Desgaste de Pinzas	20
Noviembre	Desgaste discos de embrague	4
	Desgaste de Pinzas	30
Diciembre	Desgaste discos de embrague	8
	Desgaste de Pinzas	25
Enero	Desgaste discos de embrague	0
	Desgaste de Pinzas	30
Febrero	Desgaste discos de embrague	4
	Desgaste de Pinzas	48
Marzo	Desgaste discos de embrague	0
	Desgaste de Pinzas	24
Abril	Desgaste discos de embrague	15
	Desgaste de Pinzas	48
TOTAL		456

Fuente: Elaboración propia – Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 14 se puede apreciar los tipos de fallas en el período mayo 2014 –abril 2015 con un total de 456 horas, resaltando la falla más frecuente el desgaste de pinzas con horas en ese periodo, 55 horas desgaste de disco de embrague horas.

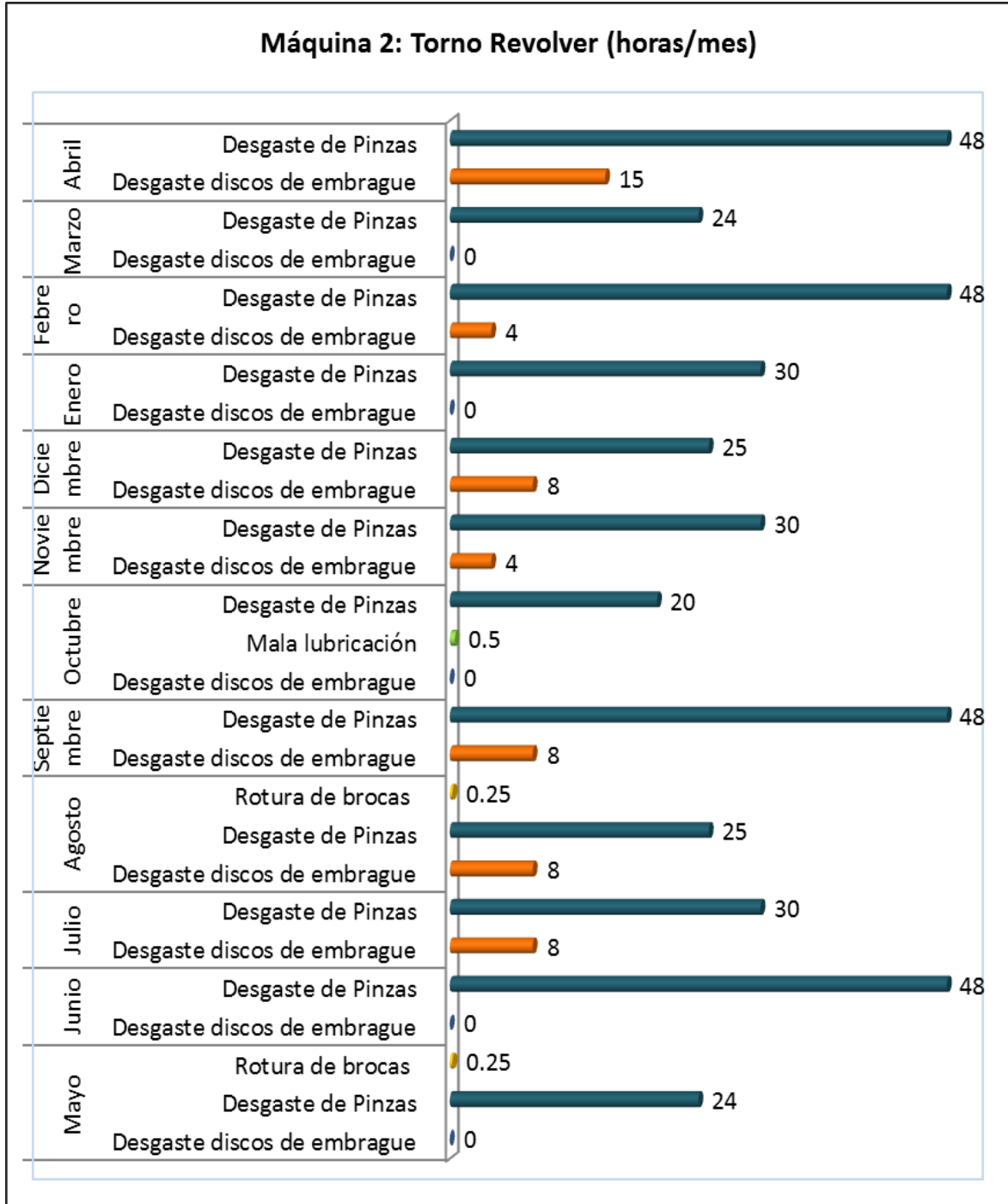


Figura 13: Tipos de fallas en la Máquina ME -TR -02 en el periodo Mayo 2014 hasta abril del 2015

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los resultados de la tabla N° 14, los tipos de fallas en el período mayo 2014 - abril 2015 teniendo como resultado lo siguiente:

La falla más frecuente es el desgaste de pinzas con un promedio de 33,3 horas mensuales, así mismo el desgaste de discos de embrague con un promedio de 4,58 horas mensuales, y

en menores proporciones de horas de falla se tiene rotura de brocas y lubricación del equipo. (Ver en anexo 3)

3.1.15.3.2. Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 2

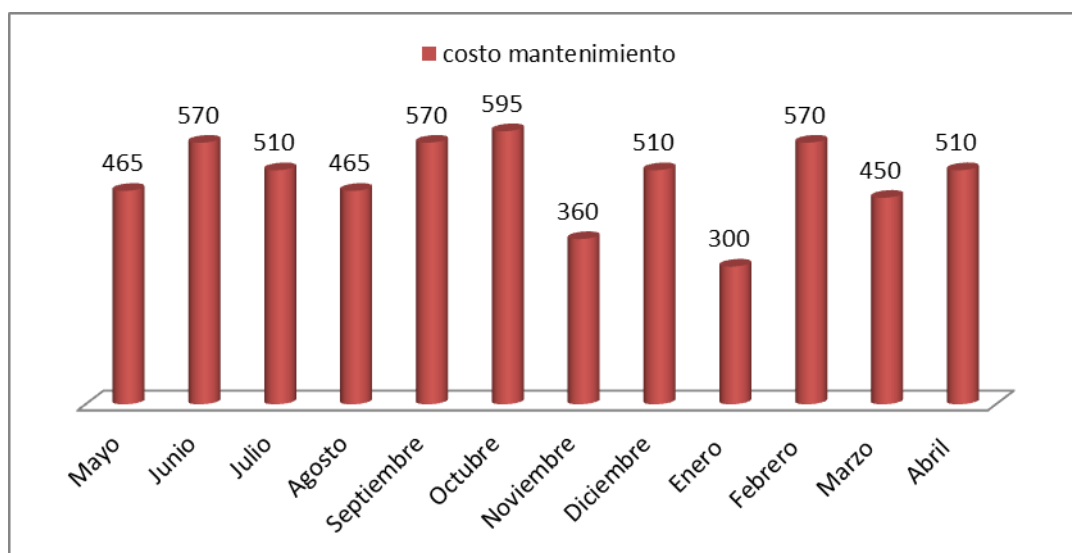


Figura 14: Costos de mantenimiento de la máquina Torno Revolver ME -TR-02 en el periodo Mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles)

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos totales de mantenimiento de la máquina torno revolver 2 en el periodo mayo 2014 - abril 2015. Cabe resaltar el costo promedio mensual de mantenimiento es de s/. 489 debido a los altos índices fallas en la maquinaria.

Los altos índices de fallas se ven reflejados en el mes de Junio, septiembre, Octubre, Diciembre, febrero y abril. (Ver en anexo 3)

3.1.15.3.3. Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 2

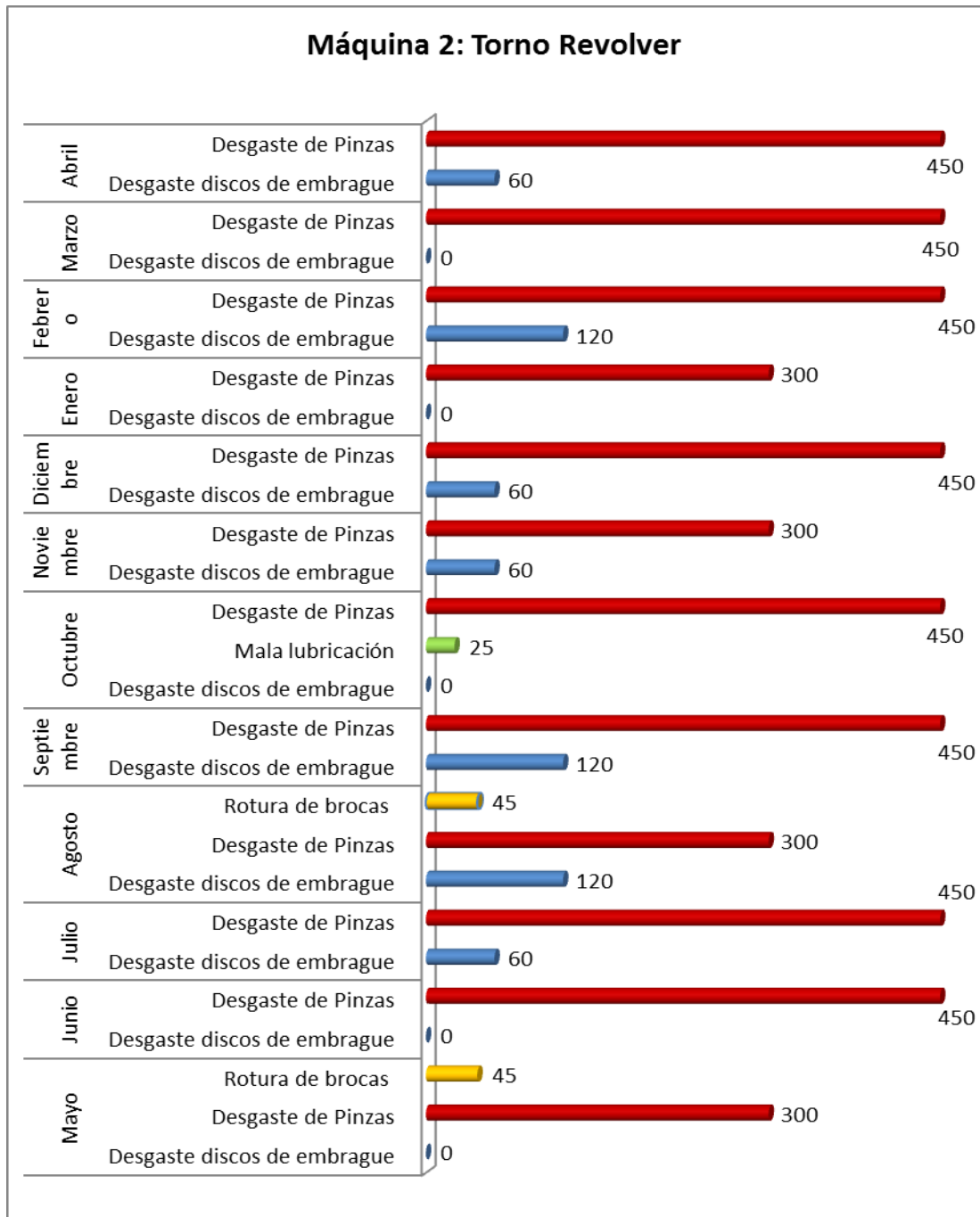


Figura 15: Costo de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina Torno Revolver ME-TR-03 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 (soles)

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos de cada falla en el periodo mayo 2014 –abril 2015, la falla más frecuente es el desgaste de pinzas y desgaste de discos de embrague generando costos elevados de mantenimiento con un promedio

de S/. 489 mensuales. El desgaste de pinzas generó un costo promedio de s/. 400 mensuales, desgaste de discos de embrague un promedio de s/. 50 mensuales y en menores proporciones, lubricación del equipo y rotura de brocas. (Ver en Anexo 3)

3.1.15.3.4. Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 2

Tabla 15: Cantidad que deja de producir y dinero no percibido a causa de fallas en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tiempo de parada (horas)	Producción (unidades)	Dinero no percibido (soles)
Mayo	24,25	1455	1 164
Junio	48	2 880	2 304
Julio	38	2 280	1 824
Agosto	33	1 980	1 584
Septiembre	56	3 360	2 688
Octubre	20,5	1 230	984
Noviembre	34	2 040	1 632
Diciembre	33	1 980	1 584
Enero	30	1 800	1 440
Febrero	52	3 120	2 496
Marzo	24	1 440	1 152
Abril	63	3 780	3 024
TOTAL	455,75	27 345	21 876

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 15 se puede apreciar de manera referencial la cantidad que se dejó de producir por las horas de paradas a causa de falla en la maquinaria, 27 345 unidades de bocinas y el costo de dicho producto es de s/. 0,8 soles lo cual significa que s/. 21 876 deja de ganar a causa de las interrupciones de falla en la maquinaria.

3.1.15.4. Máquina torno revolver 3

3.1.15.4.1. Tipos de Fallas en la Máquina Torno Revolver 3

Tabla 16: Clasificación de fallas de la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tipo de fallas	Tiempo horas
Mayo	Desgaste discos de embrague	-
	Desgaste de Pinzas	8
	Fuga de Hodrolina	0,5
Junio	Desgaste discos de embrague	6
	Roturas de brocas	-
	Fuga de Hodrolina	-
	Desgaste de Pinzas	-
Julio	Desgaste discos de embrague	-
	Fuga de Hodrolina	0,5
	Desgaste de Pinzas	-
Agosto	Desgaste discos de embrague	-
	Desgaste de Pinzas	-
	Fuga de Hodrolina	0,5
Septiembre	Desgaste discos de embrague	-
	Fuga de Hodrolina	0,25
	Desgaste de Pinzas	-
Octubre	Desgaste discos de embrague	4
	Roturas de brocas	0,25
	Desgaste de Pinzas	6
Noviembre	Desgaste discos de embrague	-
	Rotura de Pinzas	-
	Mala lubricación	0,25
Diciembre	Desgaste discos de embrague	-
	Fuga Hidrolina	0,25
	Rotura de Pinzas	-
Enero	Desgaste discos de embrague	-
	Fuga Hidrolina	0,25
	Desgaste de Pinzas	-
Febrero	Desgaste discos de embrague	16
	Roturas de brocas	-
	Fuga Hidrolina	0,25
	Desgaste de Pinzas	-
Marzo	Desgaste discos de embrague	6
	Rotura de Pinzas	-
Abril	Desgaste discos de embrague	6
	Fuga Hidrolina	0,5
	Desgaste de Pinzas	-
Total		55.5

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 16 se puede apreciar los tipos de fallas en el período mayo 2014 –abril 2015 con un total de 55,5 horas, resaltando la falla más frecuente el desgaste de discos de embrague con 38 horas en ese periodo, 14 horas desgaste de disco de embrague horas y 3,5 horas de fuga de hidrolina.

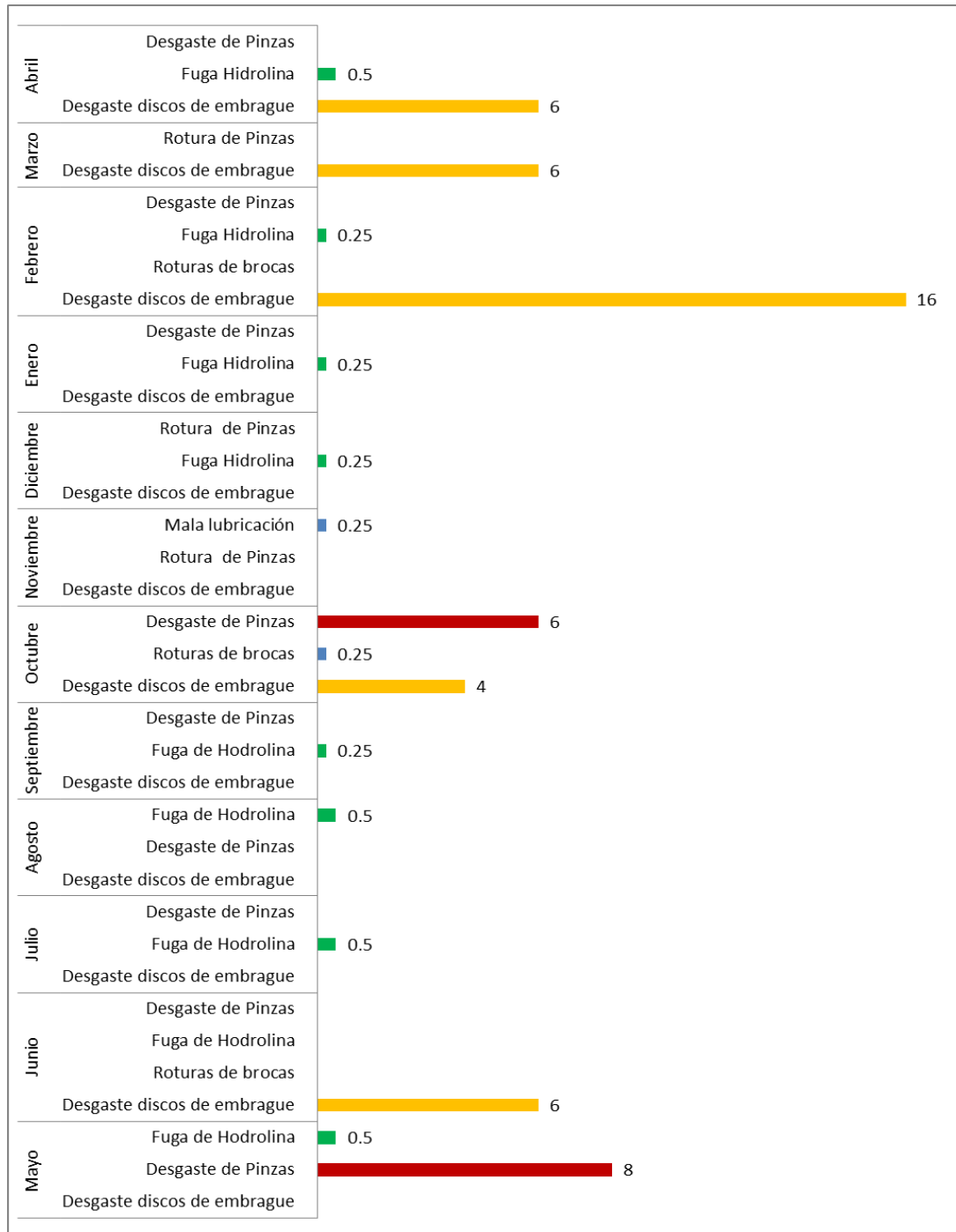


Figura 16: Tipos de fallas en la máquina Torno Revolver ME -TR-03 en el periodo mayo 2014 hasta Abril del 2015

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los tipos de fallas en el período Mayo 2014 – Abril 2015 teniendo como resultado lo siguiente:
 La falla más frecuente es el desgaste los discos de embrague con un promedio de 3,16 horas mensuales, así mismo el desgaste de pinzas con un promedio de 1,16 horas mensuales, y en menores proporciones de horas de falla se tiene la fuga de Hidrolina.(Ver en anexo 4)

3.1.15.4.2. Costo Total de Mantenimiento en la Máquina Torno Revolver 3

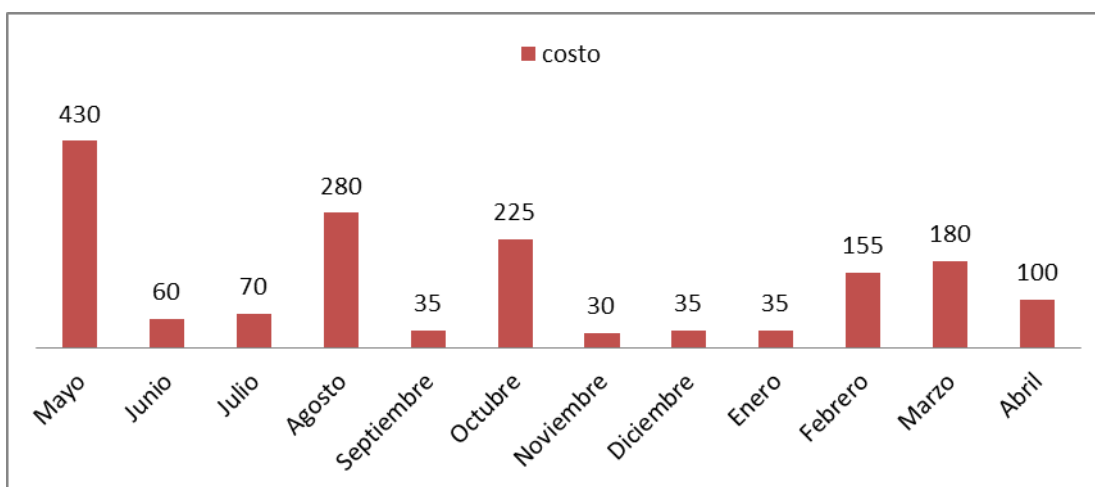


Figura 17: Costos de Mantenimiento de la máquina Torno Revolver ME -TR -03 en el periodo Mayo del 2014 hasta abril del 2015 (soles).

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos totales de mantenimiento de la máquina torno revolver 3 en el periodo mayo 2014 - abril 2015. Cabe resaltar el costo promedio mensual de mantenimiento es de s/. 137 debido a los altos índices de fallas en la maquinaria.

Los altos índices de fallas se ven reflejados en el mes de Mayo, Agosto, Octubre, febrero y marzo. (Ver en anexo 4)

3.1.15.4.3. Costos de Mantenimiento por tipo de falla de la Máquina torno revolver 3

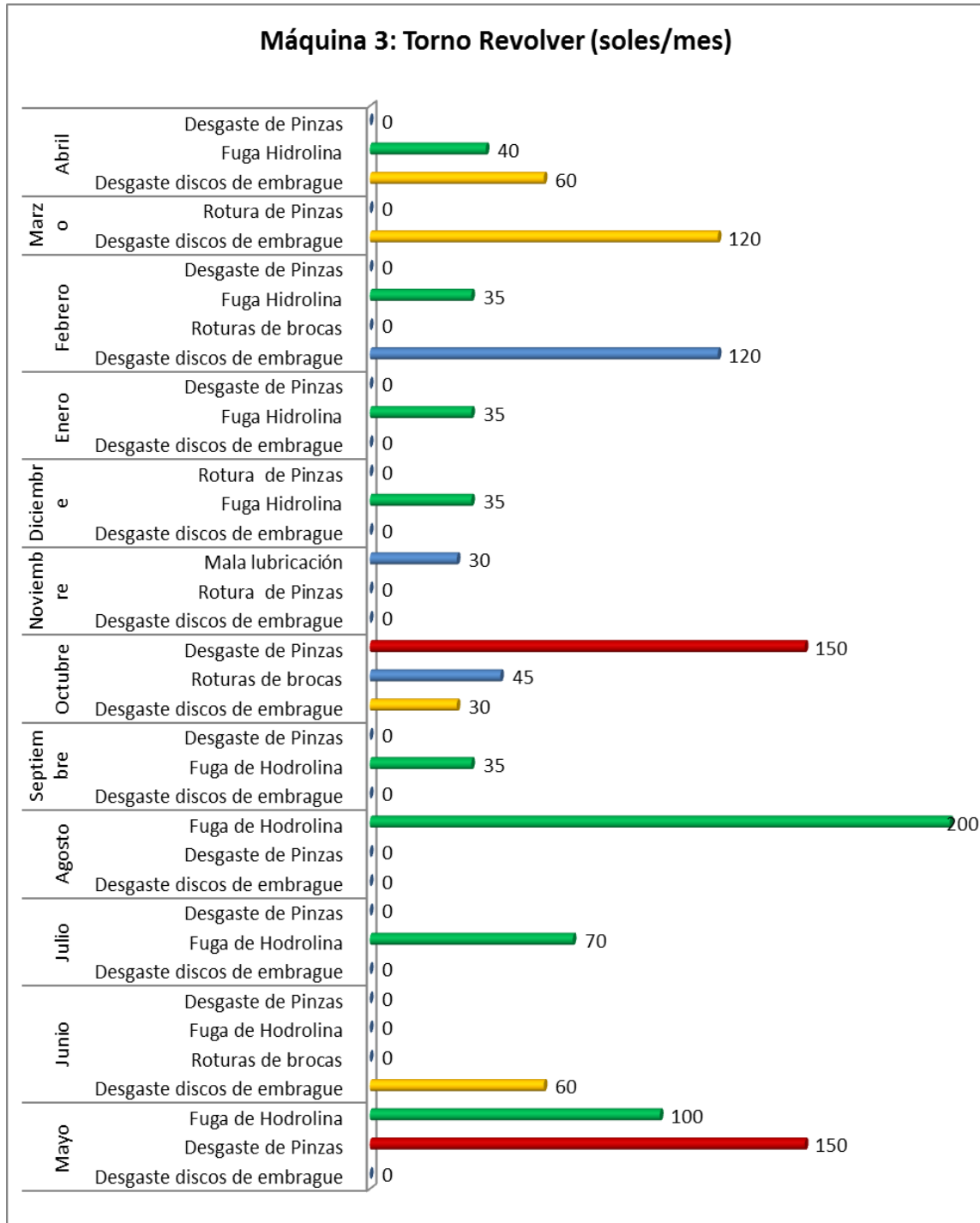


Figura 18: Costo de mantenimiento por tipo de falla de la Máquina Torno Revolver ME -TR-03 en el periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015.

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar los costos de cada falla en el periodo

mayo 2014 –abril 2015, generando costos elevados de mantenimiento con un promedio de S/. 137 mensuales. La falla más frecuente es la fuga de hidrolina generando un costo promedio de s/. 42,9 mensuales, desgaste de discos de embrague un promedio de s/. 32,5 mensuales y en menores proporciones, lubricación del equipo y rotura de brocas. (Ver en anexo 4)

3.1.15.4.4. Implicancia Económica en la Máquina Torno revolver 3

Tabla 17: Cantidad que deja de producir y el dinero no percibido a causa de las fallas en mayo 2014 - abril 2015

MES	Tiempo de parada (horas)	producción (unidades)	Dinero no percibido (soles)
Mayo	8,5	510	408
Junio	6	360	288
JULIO	0,5	30	24
Agosto	0,5	30	24
Septiembre	4,25	255	204
Octubre	10,25	615	492
Noviembre	0,25	15	12
Diciembre	0,25	15	12
Enero	0,25	15	12
Febrero	16,25	975	780
Marzo	6	360	288
Abril	0,5	30	24
TOTAL	53,5	3 210	2 568

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la Tabla N° 17 se puede apreciar de manera referencial la cantidad que se dejó de producir por las horas de paradas a causa de fallas dejando de producir 3 210 unidades de bocinas y el costo de dicho producto es de s/. 0,8 soles lo cual significa que s/. 2 568 deja de ganar a causa de las interrupciones de falla en la maquinaria.

3.1.16. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para realizar el análisis de criticidad en para el proceso de fabricación de bocinas, se evaluó las maquinas pertenecientes a esta línea (Torno revolver1, Torno revolver2, Torno revolver 3) y se usó el modelo de criticidad de factores ponderados basado en el concepto del riesgo.

$$\text{Impacto} = (\text{Nivel Prod} * \text{TPPR}) + \text{Costo Reparación} + \text{Imp. Seg.} + \text{Imp. Amb.}$$

TPPR: Tiempo Promedio para Reparar

Tabla 18: Estimación de puntajes para el análisis de criticidad

ESTIMACIÓN DE PUNTAJES	Frecuencia de falla (todo tipo de falla)	Puntaje
	Menos de una por año	1
	Entre 1 y 12 por año (interrupción mensual)	3
	Entre 13 y 26 por año (una interrupción cada 2 semanas)	4
	Entre 27 y 52 por año (una interrupción semanal)	6
	Más de 52 fallas por año (más de una interrupción semanal)	12
	1. Nivel de Producción	Puntaje
	0-100 unidades/día	1
	101-500 unidades/día	2
	500- 1000 unidades/día	4
	1001 - 3000 unidades/día	6
	2. Tiempo promedio para Reparar	Puntaje
	Menos de 4 horas	1
	Entre 4 y 8 horas	2
	Entre 8 y 24 horas	4
	Más de 24 horas	6
	3. Costo de reparación	Puntaje
	Menos de 1000 soles	5
	Entre 1001 y 5000 soles	10
	Más de 5000 soles	15
4. Impacto en la seguridad	Puntaje	
Sí	12	
No	0	
5. Impacto ambiental	Puntaje	
Sí	12	
No	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resultados del análisis de criticidad

Máquinas y equipos	N° Fallas	Frecuencia de fallas	Nivel de producción	Tiempo promedio para reparar	Costo Reparación	Impacto seguridad	Impacto ambiental	Puntuación
Torno Revolver 1	44	6	2	4	15	12	12	47
Torno Revolver 2	45	6	2	4	15	12	12	47
Torno Revolver 3	20	4	1	1	10	12	12	35

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 19 se puede apreciar los el análisis de criticidad de la máquina siendo la más significativas la máquina Torno Revolver 1 y 2 con un 47 puntos de puntuación.

3.2. CONTROL DE PRODUCCIÓN Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES

3.2.1. CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

3.2.1.1. Control de producción de la Máquina Torno Revolver 1

Tabla 20: Control de Producción de la máquina Torno Revolver 1 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción ideal	Unidades defectuosas
Mayo	208	42	166	5	9 960	12 480	600
Junio	200	24,25	175,75	5	10 545	12 000	300
Julio	192	20	144	2	8 640	11 520	300
Agosto	208	24,5	183,75	4	11 025	12 480	300
Septiembre	200	32	152	3	9 120	12 000	140
Octubre	216	28,25	175,75	3	10 545	12 480	130
Noviembre	192	47,25	144	5	8 640	12 480	200
Diciembre	200	34	151	4	9 060	12 480	300
Enero	208	38	170	4	10 200	12 480	200
Febrero	200	24,25	175,75	3	10 545	12 480	100
Marzo	192	39	144	3	8 640	12 480	100
Abril	200	56	152	3	9 120	12 480	200
Total	2 416	409,5	1 934	44	116 040	147 840	2 870

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 20 se puede apreciar 2 416 horas disponibles para la producción, de las cuales trabajo 1 934 horas generando un total de 116 040 unidades de Bocinas producidas, así mismo 2 870 unidades defectuosas, al mismo tiempo registrando las horas de falla con un total de 409,5 horas y un total de 44 averías.

3.2.1.2. Control de Producción de la Máquina Torno Revolver 2

Tabla 21: Control de la producción de Torno Revolver 2 en el periodo Mayo 2014 hasta abril 2015

Mes	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción ideal	Unidades defectuosas
Mayo	208	24,25	183,75	3	11 000	12 480	400
Junio	200	48	152	3	9 120	12 000	200
Julio	192	38	136	4	8 160	11 520	200
Agosto	208	33	152	5	9 120	12 480	240
Septiembre	200	56	144	5	8 640	12 000	200
Octubre	216	20,5	167,5	4	10 050	12 480	200
Noviembre	192	34	140	3	8 400	12 480	300
Diciembre	200	33	144	2	8 640	12 480	200
Enero	208	30	160	2	9 600	12 480	120
Febrero	200	52	148	5	8 880	12 480	200
Marzo	192	24	144	3	8 640	12 480	200
Abril	200	63	144	4	8 640	12 480	300
Total	2 416	455,75	1 815,25	43	108 890	147 840	2 760

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 21 se puede apreciar 2 416 horas disponibles para la producción, de las cuales trabajo 1 934 horas generando un total de 108 890 unidades de Bocinas producidas, así mismo 2760 unidades defectuosas, al mismo tiempo registrando las horas de falla con un total de 455,75 horas y un total de 43 averías.

3.2.1.3. Control de Producción de la Máquina Torno Revolver 3

Tabla 22: Control de la producción del Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción ideal	Unidades defectuosas
Mayo	208	8,5	199,5	2	10 000	12 480	200
Junio	200	6	193,5	3	11 610	12 000	400
Julio	192	0,5	188	1	11 280	11 520	400
Agosto	208	0,5	204	2	12 240	12 480	200
Septiembre	200	4,25	195,5	1	11 730	12 000	300
Octubre	216	10,25	205,75	3	12 345	12 480	120
Noviembre	192	0,25	191,75	1	11 505	12 480	100
Diciembre	200	0,25	199,75	1	11 985	12 480	120
Enero	208	0,25	207,75	1	12 465	12 480	300
Febrero	200	16,25	183,75	3	11 025	12 480	120
Marzo	192	6	186	1	11 160	12 480	120
Abril	200	0,5	199,5	2	11 970	12 480	130
Total	2416	53,5	1961,75	21	139 315	147 840	2510

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°22 se puede apreciar 2 416 horas disponibles para la producción, de las cuales trabajo 1 961,75 horas generando un total de 139 315 unidades de Bocinas producidas, así mismo 2510 unidades defectuosas, al mismo tiempo registrando las horas de falla con un total de 53,5 horas y un total de 21 averías.

3.2.2. DETERMINACIÓN INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

En el periodo mayo 2014 hasta abril 2015 la empresa Fabrication Technology Company S.A.C. presenta la siguiente Tabla:

Tabla 23: Datos de Productividad

Ciclo Producción bocinas	60 segundos
Horas laborables	8 h/día
Horas teóricas	A
Horas trabajadas	N
Producción	(N)*(Ciclo)
Producción ideal	(A)*(Ciclo)

Fuente: Elaboración propia

Se describe los siguientes meses (mayo, Agosto y Enero, 26 días laborables por cada mes); (Julio, Noviembre y Marzo, 24 días por cada mes); (Junio, Septiembre, Diciembre, febrero y Abril, 25 días por cada mes)

3.2.2.1. Productividad respecto a mano de obra (horas- hombre)

Tabla 24: Productividad respecto a las horas hombre de la Máquina Torno Revolver 1 en el período mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Horas hombre (horas)	Cantidad producida (unidades)	Productividad respecto a horas hombre (unidades/hora)
Mayo	208	11 000	52,88
Junio	200	9 120	45,6
Julio	192	8 160	42,5
Agosto	208	9 120	43,85
Septiembre	200	8 640	43,2
Octubre	216	10 050	46,53
Noviembre	192	8 400	43,75
Diciembre	200	8 640	43,2
Enero	208	9 600	46,15
Febrero	200	8 880	44,4
Marzo	192	8 640	45
Abril	200	8 640	43,20
Total	2 416	108 890	41,4

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla 24 se puede apreciar las horas hombre 2416 disponibles para la producción, de las cuales la producción de bocinas es de 108 890 unidades de Bocinas producidas, así mismo la eficiencia de la máquina con un promedio de 41,4 %.

Tabla 25: Productividad respecto horas hombre de la máquina Torno Revolver 2 en el período mayo 2014 hasta abril 2015

Mes	Horas hombre (horas)	Cantidad producida (unidades)	Productividad respecto a horas hombre (unidades/ hora)
Mayo	208	9 960	47,88
Junio	200	10 545	52,73
Julio	192	8 640	45
Agosto	208	11 025	53
Septiembre	200	9 120	45,6
Octubre	216	10 545	48,82
Noviembre	192	8 640	45
Diciembre	200	9 060	45,3
Enero	208	10 200	49,04
Febrero	200	10 545	52,73
Marzo	192	8 640	45
Abril	200	9 120	45,6
Total	2 416	116 040	47,9

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°25 se puede apreciar las horas hombre 2 416 disponibles para la producción, de las cuales su producción fue de 116 040 unidades de bocinas, así mismo la productividad de mano de obra promedio con 47,9 unidades/hora.

Tabla 26: Productividad respecto horas hombre de la Máquina Torno Revolver 3 en el período mayo 2014 hasta abril 2015

Mes	Horas hombre (horas)	Cantidad producida (unidades)	Productividad respecto a horas hombre (unidades/ hora)
Mayo	208	10 000	48,08
Junio	200	11 610	58,05
Julio	192	11 280	58,75
Agosto	208	12 240	58,85
Septiembre	200	11 730	58,65
Octubre	216	12 345	57,15
Noviembre	192	11 505	59,92
Diciembre	200	11 985	59,93
Enero	208	12 465	59,93
Febrero	200	11 025	55,13
Marzo	192	11 160	58,13
Abril	200	11 970	59,85
Total	2 416	139 315	57,7

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°26 se puede apreciar las horas hombre 2 416 disponibles para la producción, de las cuales su producción fue de 139 315 unidades de bocinas, así mismo la productividad de mano de obra promedio con 57,7 unidades/ hora.

3.2.2.2. Productividad - Eficiencias de las máquinas

Tabla 27: Productividad Respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 1 en el período mayo 2014 hasta abril del 2015

Máquina Torno Revolver 1			
Mes	Producción (unidades)	Producción ideal (unidades)	Eficiencia de máquina (%)
Mayo	9 960	12 480	80%
Junio	10 545	12 000	88%
Julio	8 640	11 520	75%
Agosto	11 025	12 480	88%
Septiembre	9 120	12 000	76%
Octubre	10 545	12 480	84%
Noviembre	8 640	12 480	69%
Diciembre	9 060	12 480	73%
Enero	10 200	12 480	82%
Febrero	10 545	12 480	84%
Marzo	8 640	12 480	69%
Abril	9 120	12 480	73%
Total	116 040	147 840	78%

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°27 se puede apreciar la producción con respecto a la producción ideal o real donde la eficiencia de la máquina es la división de la producción respecto a la producción ideal o real.

En el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 su producción ideal total es de 147 840 unidades de bocinas y una producción total de 116 040 unidades así mismo con una producción promedio de 11609 unidades de bocinas mensuales y una eficiencia promedio de 78%.

Tabla 28: Productividad respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo mayo 2014 hasta diciembre 2015

Máquina Torno Revolver 2			
Mes	Producción (unidades)	Producción ideal (unidades)	Eficiencia de máquina (%)
Mayo	11 000	12 480	88%
Junio	9 120	12 000	76%
Julio	8 160	11 520	71%
Agosto	9 120	12 480	73%
Septiembre	8 640	12 000	72%
Octubre	10 050	12 480	81%
Noviembre	8 400	12 480	67%
Diciembre	8 640	12 480	69%
Enero	9 600	12 480	77%
Febrero	8 880	12 480	71%
Marzo	8 640	12 480	69%
Abril	8 640	12 480	69%
Total	108 890	147 840	74%

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°28 se puede apreciar la producción con respecto a la producción ideal o real donde la eficiencia de la máquina es la división de la producción respecto a la producción ideal o real.

En el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 su producción ideal total es de 147 840 unidades de bocinas y una producción total de 108 890 unidades con una producción promedio de 9 074 unidades mensuales y una eficiencia promedio de 74%.

Tabla 29: Productividad respecto a la eficiencia de la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo mayo 2014 hasta diciembre 2015

Máquina Torno Revolver 3			
Mes	Producción (unidades)	Producción ideal (unidades)	Eficiencia de máquina (%)
Mayo	10 000	12 480	80.13%
Junio	11 610	12 000	96.75%
Julio	11 280	11 520	97.92%
Agosto	12 240	12 480	98.08%
Septiembre	11 730	12 000	97.75%
Octubre	12 345	12 480	98.92%
Noviembre	11 505	12 480	92.19%
Diciembre	11 985	12 480	96.03%
Enero	12 465	12 480	99.88%
Febrero	11 025	12 480	88.34%
Marzo	11 160	12 480	89.42%
Abril	11 970	12 480	95.91%
Total	139 315	147 840	94.28%

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°29 se puede apreciar la producción con respecto a la producción ideal o real donde la eficiencia de la máquina es la división de la producción respecto a la producción ideal o real.

En el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015 su producción ideal total es de 147 840 unidades de bocinas y una producción total de 139 315 unidades con una producción promedio de 9 670 unidades mensuales. Y una eficiencia promedio de 74%.

3.2.3. DESCRIPCIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN E INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Para el cálculo de indicadores e índices de productividad se tomará como referencia a las siguientes tablas 28, 29,30, 31, 32 y 33.

3.2.3.1. Indicadores de productividad del Torno Revolver 1

Tabla 30: Descripción de los Costos de Producción de la Máquina Torno Revolver 1 en el periodo noviembre 2014 hasta abril del 2015

Descripción	Descripción de los costos del Torno Revolver 1					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Volumen de Ventas (unidades)	8 640	9 060	10 200	10 545	8 640	9 120
Precio de Venta unitario(soles)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de Mano de Obra x Hora (soles)	5	5	5	5	5	5
N° de Horas Empleadas	140	151	170	175	140	150
Costo de Materia Prima barra de 6m (soles)	70	70	70	70	70	70
Unidades producidas x cada tubo redondo liso Fe A36 de 1 pulgada de 6m de largo	145	145	145	145	145	145
Costo de Materia prima unitario	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
N° de Unidades de materia Prima Empleadas barra de 6m	60	62	70	73	60	63
Costos de mantenimiento	600	590	510	405	570	570

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°30 se puede apreciar las unidades vendidas con sus respectivos costos de producción, referente a mano de obra, horas empleadas, costo de materia prima y el costo de mantenimiento con un promedio de 540,83 soles mensuales y un promedio de producción 9 367 unidades de bocinas.

Tabla 31: Comparación de Productividad en el Torno Revolver 1 en el periodo Noviembre 2014 hasta abril del 2015

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP
Ventas (soles)	7 776		8 154		9 180		9 490,5		7776		8208	
Costo Total de Mano de Obra (soles)	700	11	755	10,8	850	10,8	875	10,8	700	11,1	750	10,9
Costo Total de Materia Prima (soles)	4 171,03	1,9	437,79	1,86	4924,1	1,86	5 090,6	1,8	4 171	1,86	4 403	1,86
Índice de Productividad Total	1,281		1,426		1,46		1,49		1,429		1,434	
% de Incremento o Disminución de Productividad respecto al periodo inmediatamente anterior			0,113		0,025		0,020		-0,041		0,004	
Utilidad (soles)	2 305		2 435		2 896		3 120		2 335		2 485	

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N°31 se puede apreciar la comparación de la productividad de la máquina Torno Revolver 1 en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015 del diagnóstico.

Con sus respectivas ventas o unidades de bocinas producidas así mismo el índice de productividad total de 1,381 a 1,5 y en promedio es de 1,181 en el periodo Noviembre del 2014 hasta Abril 2015. Así mismo con una utilidad en promedio de 2488,5 nuevos soles mensuales.

Control de Indicadores del Mes de Noviembre

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 11,1$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en 7776 s/. Mes y el total del costo de horas empleadas siendo un total de 700 s/. Dando como resultado 11,11 soles/hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,9$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,28$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,28.

Control de Indicadores del Mes de Diciembre

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en 8154 s/. Mes y el total del costo de horas empleadas siendo un total de 755 s/. Dando como resultado 10,84 S/h

- **Índice de Productividad de Materia Prima**

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- **Índice de Productividad Total**

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,426$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,426.

Control de Indicadores del Mes de Enero

- **Índice de Productividad de Mano de Obra**

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en 8154 s/. Mes y el total del costo de las horas empleadas siendo dando como resultado 10,84 S/.hora

- **Índice de Productividad de Materia Prima**

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- **Índice de Productividad Total**

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,461$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,46.

Control de Indicadores del mes de febrero

- Índice de Productividad de Mano de obra

Índice Productividad de mano de obra = 10,85

El índice de productividad respecto a la mano de obra, muestra la relación entre las ventas mensuales en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,85 S/. por hora.

- Índice de Productividad de materia Prima

Índice Productividad de materia prima = 1,89

- Índice de Productividad Total

Índice Productividad Total = 1,490

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,49

Control de Indicadores del mes de marzo

- Índice de Productividad de Mano de obra

Índice Productividad de mano de obra = 11,1

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la ventas mensuales en el mes y el total del costo de las horas empleadas siendo un Dando como resultado 11,1 S/.hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

Índice Productividad de materia prima = 1,86

- Índice de Productividad Total

Índice Productividad Total = 1,429

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las

inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,429.

Control de Indicadores del mes de abril

- Índice de Productividad de Mano de obra

Índice Productividad de mano de obra = 10,94

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre las ventas mensuales en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,94 S/. por hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

Índice Productividad de materia prima = 1,86

- Índice de Productividad Total

Índice Productividad Total = 1,434

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,4234.

3.2.3.2. Indicadores de productividad del Torno Revolver 2

Tabla 32: Descripción de costos de Producción en la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo Noviembre 2014 hasta abril del 2015

Descripción	Comparación de la productividad entre periodos (noviembre 2014 -Abril del 2015)					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Producción (unidades)	8400	8640	9600	8880	8640	8640
Precio de Venta unitario(soles)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de Mano de Obra x Hora (soles)	5	5	5	5	5	5
N° de Horas Empleadas	140	144	160	148	144	144
Costo de Materia Prima barra de 6m (soles)	70	70	70	70	70	70
Unidades producidas x cada tubo redondo liso Fe A36 de 1 pulgada de 6m de largo	145	145	145	145	145	145
Costo de Materia prima unitario	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
N° de Unidades de materia Prima Empleadas barra de 6m	58	60	66	61	60	60
Costos de mantenimiento	360	510	300	570	450	510

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 32 se puede apreciar las unidades vendidas con sus respectivos costos de producción, referente a mano de obra, horas empleadas, costo de materia prima y el costo de mantenimiento con un promedio de 450 soles mensuales y un promedio de producción 8 800 unidades de bocinas.

Tabla 33: Comparación de productividad en la Máquina Torno Revolver 2 en el periodo noviembre 2014 hasta Abril del 2015

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP
Ventas (unidades)	7 560		7 776		8 640		7 992		7 776		7 776	
Costo Total de Mano de Obra (soles)	700	10,8	720	10,8	800	10,8	740	10,80	720	10,80	720	1,80
Costo Total de Materia Prima (soles)	4 055,17	1,864	4 171,03	1,86	4 634,48	1,86	4 286,90	1,86	4 171,03	1,86	4 171,03	1,86
Índice de Productividad Total	1,381		1,440		1,507		1,428		1,456		1,440	
% de Incremento o Disminución de Productividad respecto al periodo inmediatamente anterior			0,043		0,047		-0,052		0,020		-0,011	
Utilidad (soles)	2 445		2 375		2 906		2 395		2 435		2 375	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 33 se puede apreciar la comparación de la productividad de la máquina Torno Revolver 2 en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015

Con sus respectivas ventas o unidades de bocinas producidas así mismo el índice de productividad total de 1,381 a 1,5 en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril 2015. Así mismo con una utilidad en promedio de 2488,5 nuevos soles mensuales

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{0,9 \text{ soles} \cdot 9096 \text{ unidades/mes}}{5 \text{ soles /hora} \cdot 151 \text{ horas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,8 S/. por hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,44$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,44

Control de Indicadores del mes de enero

- Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad de mano de obra} = 46,15 \frac{\text{unidades}}{\text{hora-hombre}}$$

La productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la producción mensual en mes unidades de bocinas y el total de horas disponibles, dando como resultado 46,15 unidades/hora. Mes.

- Eficiencia de máquina

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción}}{\text{Producción real}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{10200 \text{ unidades/mes}}{12480 \text{ unidades/mes}} * 100$$

$$\text{Eficiencia máquina} = 77\%$$

La eficiencia representa la producción real como porcentaje de la capacidad de la máquina, siendo ésta de 77%

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,8 S/.hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,5$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada s/1.00 invertido se gana s/. 0,5.

Control de Indicadores del Mes de Febrero

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{0,9 \text{ soles} \cdot 8640 \text{ unidades/mes}}{5 \text{ soles /hora} \cdot 140 \text{ horas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,8 S/.hora

- Índice de Productividad de materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O.} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,39$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,39

Control de Indicadores del mes de Marzo

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,8 S/.hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,86$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O.} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,456$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,456

Control de Indicadores del mes de Abril

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de hora de Mano de obra} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de horas empleadas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,8$$

El índice de productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la venta mensual en el mes y el total del costo de las horas empleadas dando como resultado 10,8 S/.hora

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,86$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,44$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,44.

3.2.3.3. Indicadores de productividad del Torno Revolver 3

Tabla 34: Descripción de los costos de Producción en la Máquina Torno Revolver 3 en el periodo Noviembre hasta abril del 2015

Descripción	Comparación de la productividad entre periodos (noviembre 2014 -Abril del 2015)					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Producción (unidades)	11 505	11 985	12 645	11 025	11 160	11 970
Precio de Venta unitario(soles)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de Mano de Obra x Hora (soles)	5	5	5	5	5	5
N° de Horas Empleadas	191	199	207	183	186	197
Costo de Materia Prima barra de 6m (soles)	70	70	70	70	70	70
Unidades producidas x cada tubo redondo liso Fe A36 de 1 pulgada de 6m de largo	145	145	145	145	145	145
Costo de Materia prima unitario	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
N° de Unidades de materia Prima Empleadas barra de 6m	79	83	87	76	77	83
Costos de mantenimiento(soles)	30	35	35	155	180	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 34 se puede apreciar las unidades vendidas con sus respectivos costos de producción, referente a mano de obra, horas empleadas, costo de materia prima y el costo de mantenimiento con un promedio de 100 soles mensuales y un promedio de producción 11 715 unidades de bocinas.

Tabla 35: Comparación de Productividad en el Periodo Noviembre 2014 hasta Abril del 2015

	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP	Valor	IP
Ventas(soles)	10354,5		10786,5		11380,5		9922,5		10044		10773	
Costo Total de Mano de Obra(soles)	955	10,84	995	10,845	1035	10,99	915	10,84	930	10,80	985	10,94
Costo Total de Materia Prima (soles)	5 554,14	1,864	5785,86	1,86	6104,48	1,86	5322,41	1,86	5 387,59	1,86	5 778,62	1,86
Índice de Productividad Total	1.576		1.583		1.586		1.552		1.546		1.570	
% de Incremento o Disminución de Productividad respecto al periodo inmediatamente anterior			0,004		0,002		-0,021		-0,004		0,015	
Utilidad (soles)	3 815		3 971		4 206		3 530		3 546		3 909	

Fuente: Elaboración propia

Control de Indicadores del mes de Noviembre

- Índice de Productividad de Mano de Obra

Índice

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \times \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de hora de Mano de obra} \times \text{N}^{\circ} \text{ de horas empleadas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

- Índice de Productividad de Materia Prima

Índice

$$\text{Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \times \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,9$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \times \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,576$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,576

Control de Indicadores del mes de diciembre

- Productividad de mano de obra

$$\text{Productividad de mano de obra} = 59,9 \frac{\text{unidades}}{\text{hora} - \text{hombre}}$$

La productividad respecto al a mano de obra, muestra la relación entre la producción mensual en mes unidades de bocinas y el total de horas disponibles, dando como resultado 59,9 unidades/hora. Mes.

- Eficiencia de máquina

$$\text{Eficiencia máquina} = 96 \%$$

En el mes de diciembre se obtuvo una producción de 11985 unidades, así mismo su producción real sería de 12480, con una eficiencia de 96%.

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{0,9 \text{ soles} \cdot 9096 \text{ unidades/mes}}{5 \text{ soles /hora} \cdot 151 \text{ horas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,583$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,58

Control de Indicadores del mes de Enero

- Índice de Productividad de Mano de Obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,58$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,58

Control de Indicadores del mes de Febrero

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{0,9 \text{ soles} \cdot 9640 \text{ unidades/mes}}{5 \text{ soles /hora} \cdot 140 \text{ horas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

- Índice de Productividad de materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,89$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,55$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,55

Control de Indicadores del mes de Marzo

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de hora de Mano de obra} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de horas empleadas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,84$$

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,86$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,54$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los

gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,54

Control de Indicadores del mes de Abril

- Índice de Productividad de Mano de obra

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de hora de Mano de obra} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de horas empleadas}}$$

$$\text{Índice Productividad de mano de obra} = 10,37$$

- Índice de Productividad de Materia Prima

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de la materia prima}}$$

$$\text{Índice Productividad de materia prima} = 1,86$$

- Índice de Productividad Total

$$\text{Índice Productividad Total} = \frac{\text{Precio de Venta Unitario} \cdot \text{Nivel de Producción}}{\text{Costo de M.O} + \text{Costo Total MP} + \text{Gastos}}$$

$$\text{Índice Productividad Total} = 1,57$$

El índice de productividad total muestra la relación entre los ingresos y las inversiones, de manera que la cantidad fabricada de producto en unidades, por el valor de venta en unidades, se divide entre la suma de las inversiones como los gastos de producción directos y el consumo de suministros, de manera que por cada S/1.00 invertido se gana S/. 0,57.

3.2.4. Determinación de los Indicadores de mantenimiento y efectividad global de los equipos.

Para la determinación estos indicadores se tendrán en cuenta las siguientes tablas 21, 22 y 23. Así mismo graficando los resultados de las tablas de los indicadores en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015.

Tabla 36: Resumen de Indicadores de Mantenimiento y Efectividad global de los Equipos.

Mes	Maquinaria	Disponibilidad	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	MTTF(días)	Fiabilidad
Mayo	Torno R 1	80%	8,40	41,6	95%	80%	61%	5,2	83,2%
	Torno R 2	88%	8,08	69,3	97%	88%	76%	8,7	89,6%
	Torno R 3	96%	4,25	104	98%	96%	91%	13,0	96,1%
Junio	Torno R 1	88%	4,85	40	98%	88%	75%	5,0	89%
	Torno R 2	76%	16,00	66,7	98%	76%	57%	8,3	81%
	Torno R 3	97%	2,17	66,7	97%	97%	90%	8,3	97%
Julio	Torno R 1	75%	24,00	96	97%	75%	55%	12	80%
	Torno R 2	71%	14,00	48	98%	71%	49%	6	77%
	Torno R 3	98%	4,00	192	97%	98%	93%	24	98%
Agosto	Torno R 1	88%	6,06	52	98%	88%	76%	6,50	90%
	Torno R 2	73%	11,20	41,6	98%	73%	52%	5,20	79%
	Torno R 3	98%	2	104	98%	98%	95%	13,00	98%
Septiembre	Torno R 1	76%	16,00	66,7	99%	76%	57%	8,3	81%
	Torno R 2	72%	11,20	40	98%	72%	51%	5,0	78%
	Torno R 3	98%	4,50	200	98%	98%	93%	25,0	98%
Octubre	Torno R 1	81%	13,42	72	99%	84%	68%	9	84%
	Torno R 2	78%	12,13	54	98%	81%	61%	6,75	82%
	Torno R 3	95%	3,42	72	99%	99%	93%	9	95%
Noviembre	Torno R 1	75%	9,60	38,4	98%	69%	51%	4,8	80%
	Torno R 2	73%	17,33	64	98%	67%	48%	8,0	79%
	Torno R 3	100%	0,25	192	99%	92%	91%	24,0	100%
Diciembre	Torno R 1	76%	12,25	50	97,6%	72,6%	53,5%	6,25	80%
	Torno R 2	72%	28	100	98,4%	69,2%	49,0%	12,50	78%
	Torno R 3	100%	0,25	200	99%	96,0%	95,0%	25,00	100%
Enero	Torno R 1	81,7%	9,50	52	98,4%	81,7%	65,7%	6,50	85%
	Torno R 2	76,9%	24	104	99%	76,9%	58,6%	13,00	81%
	Torno R 3	99,9%	0,25	208	97,6%	99,9%	97,4%	26,00	100%
Febrero	Torno R 1	88%	8,08	66,7	99,2%	84,5%	73,7%	8,33	89%
	Torno R 2	74%	10,40	40	98,4%	71,2%	51,8%	5,00	79%
	Torno R 3	92%	5,42	66,7	99,0%	88,3%	80,4%	8,33	92%
Marzo	Torno R 1	75,0%	16	64	99,2%	69,2%	51,5%	8	80%
	Torno R 2	75,0%	16	64	98,4%	69,2%	51,1%	8	80%
	Torno R 3	96,9%	6	192	99,0%	89,4%	85,8%	24	97%
Abril	Torno R 1	76%	16	66,7	98,4%	73,1%	54,6%	8	81%
	Torno R 2	72%	14	50	97,6%	69,2%	48,6%	6	78%
	Torno R 3	100%	0,25	100	99,0%	95,9%	94,7%	13	100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Indicadores de Mantenimiento y efectividad global de los Equipos en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Máquinas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	MTTF(días)	Fiabilidad
Torno R 1	80%	12,01	58,83	98%	78%	62%	7,35	83%
Torno R 2	75%	15,20	61,80	98%	74%	54%	7,73	80%
Torno R 3	97%	2,73	141,44	98%	96%	92%	17,68	98%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°37 se puede apreciar los indicadores de mantenimiento y Efectividad global de los equipos, para el Torno Revolver 1 se puede apreciar la disponibilidad del 80%, fiabilidad 83% así mismo el MTTF: 58,83 horas de Funcionamiento, MTTR tiempo promedio para reparar es de 12,01.

Para el Torno Revolver 2 se puede apreciar una disponibilidad de 75% con una fiabilidad de 80%, así mismo el MTTF: 61,8 horas de funcionamiento y un MTTR: 15,2 horas tiempo promedio para reparar.

En el Torno Revolver 3 se puede apreciar una disponibilidad de 97% con una fiabilidad de 98% con un MTTF promedio de 141,44 horas y un MTTR: 2,73 horas tiempo promedio para reparar.

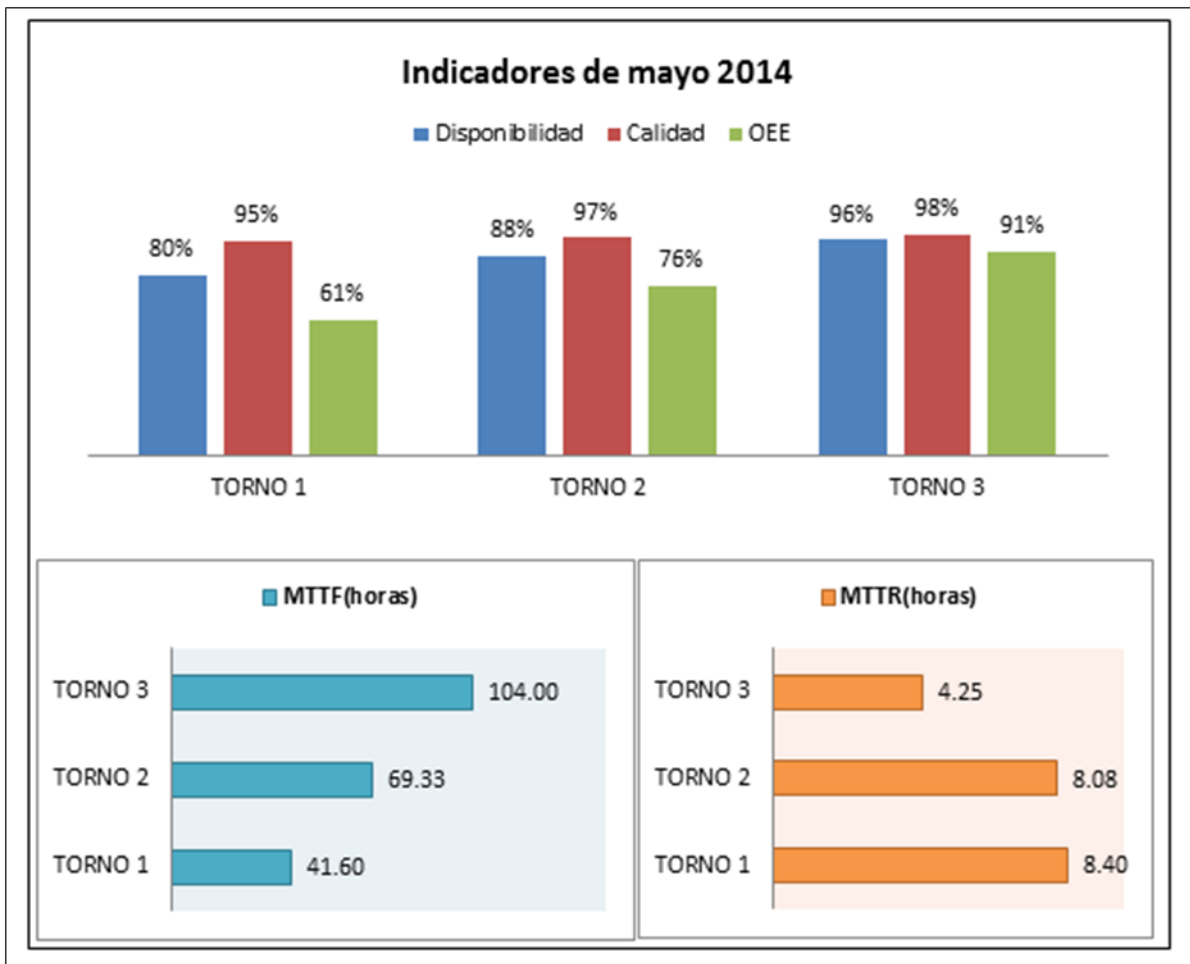


Figura 19: Indicadores de Mantenimiento en el mes de mayo 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de Mayo del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 80%, por otro lado el Torno 2 tiene un 88%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el turno 3 con un 96%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el turno 1 un rendimiento del 61%, para el turno 2 un 76% , y para el turno 3 se obtuvo un rendimiento del 91%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en un rango de 95% - 98%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 41,60 a 104 horas de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 4,25 h a 8,4h.

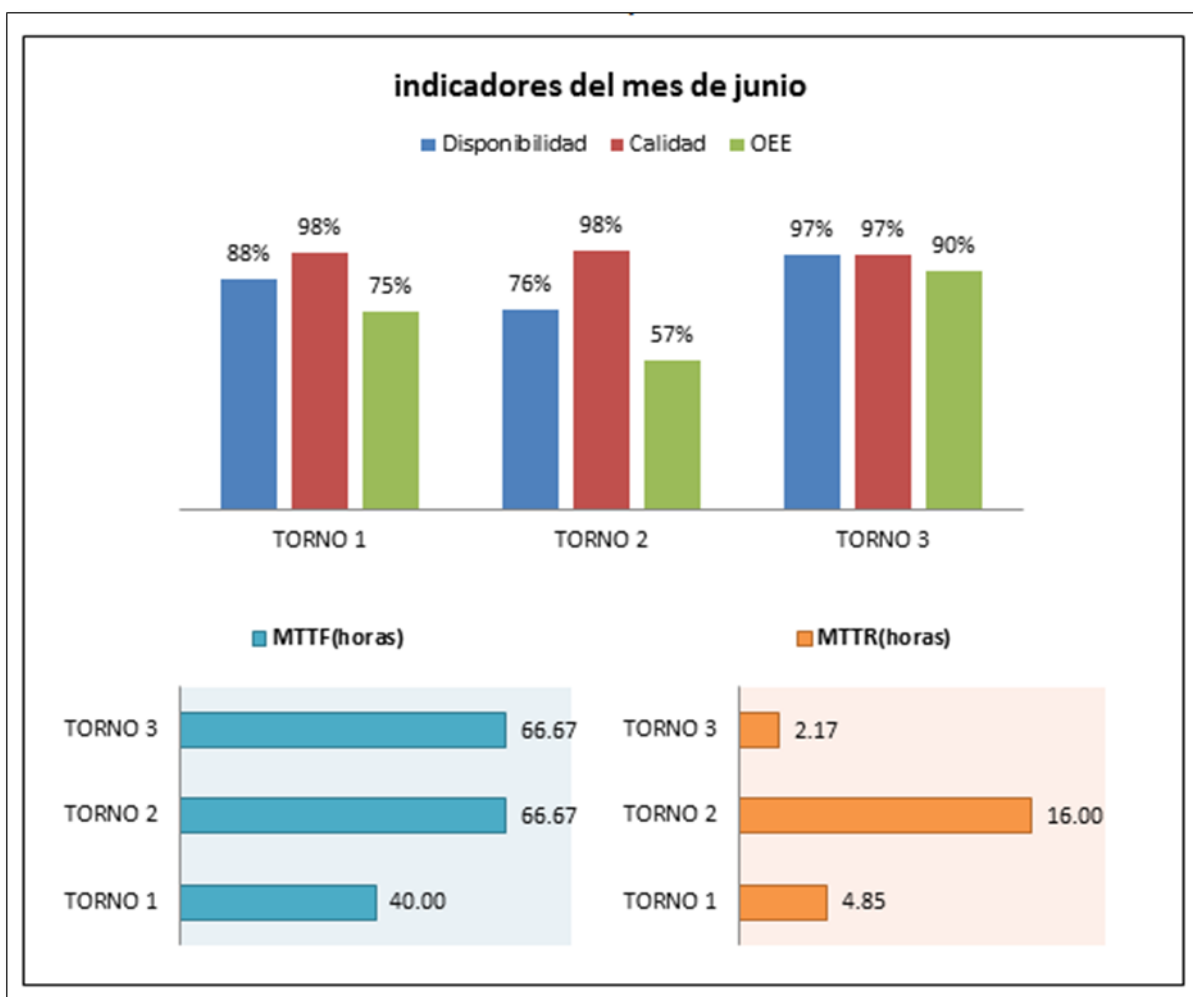


Figura 20: Indicadores de mantenimiento en el mes de Junio 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de Junio del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 88%, por otro lado el Torno 2 tiene un 76%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 97%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 75%, para el torno 2 un 57% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 90%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en un rango de 97% - 98%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 40 a 66,67 horas de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 2,17 h a 16 h.

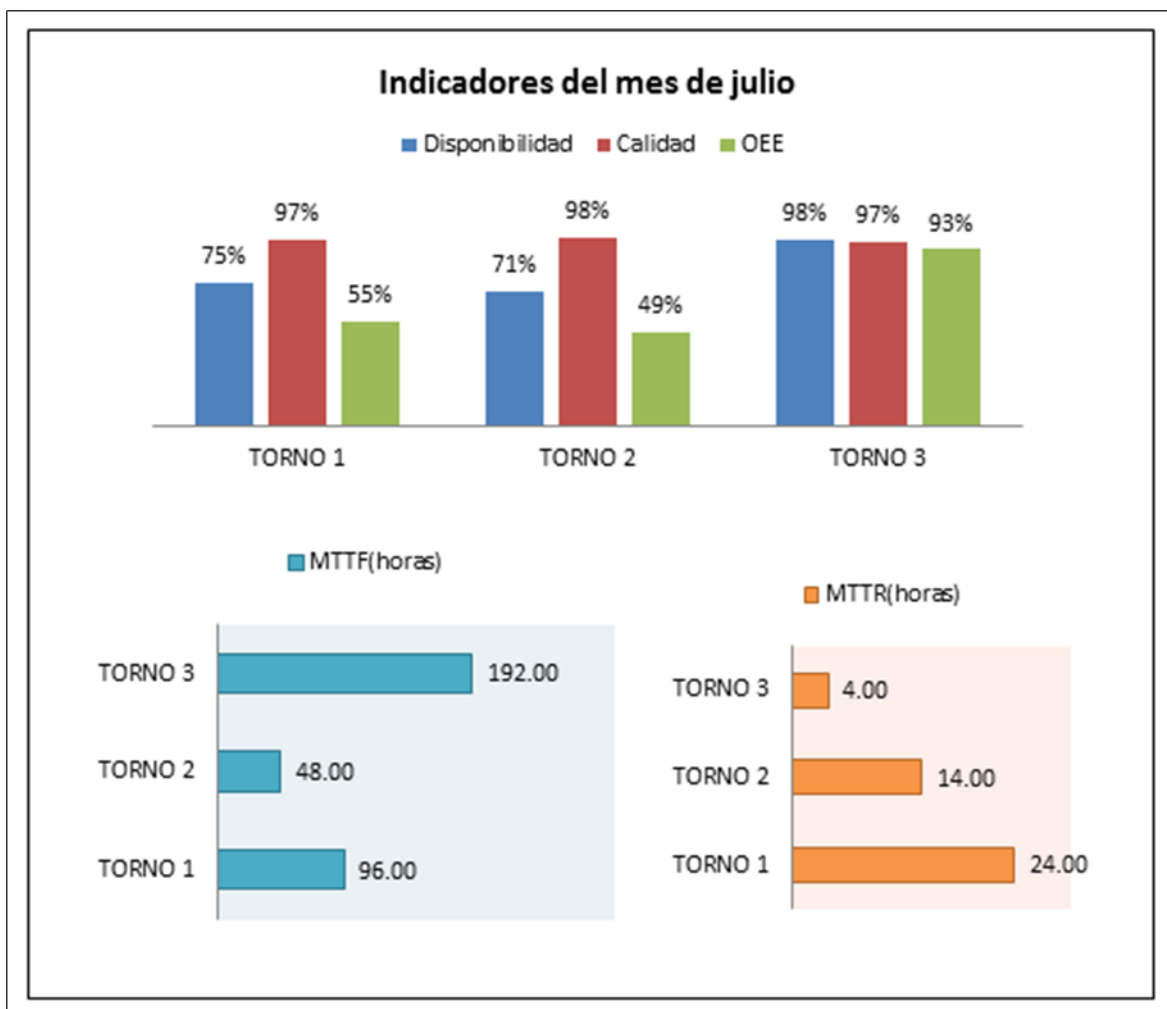


Figura 21: Indicadores de mantenimiento en el mes de Julio 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de Julio del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 75%, por otro lado el Torno 2 tiene un 71%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 98%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 55%, para el torno 2 un 49% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 93%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en un rango de 97% - 98%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 48h a 192h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 4h a 24h.

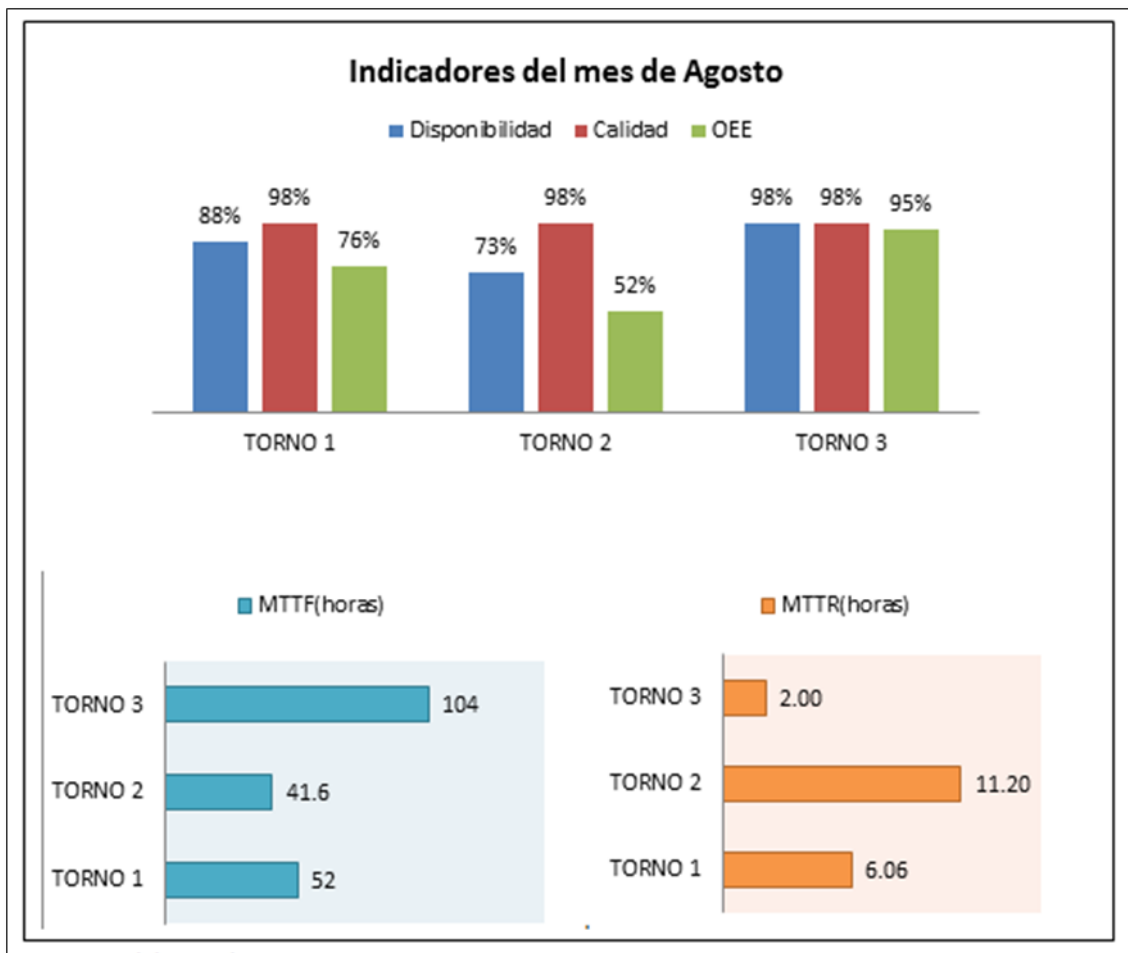


Figura 22: Indicadores de mantenimiento en el mes de Agosto del 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de agosto del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 88%, por otro lado el Torno 2 tiene un 73%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 98%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 76%, para el torno 2 un 52% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 95%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en un 98%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 41,6 h a 104 h de buen funcionamiento, sin embargo al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varíe entre 2h a 11,2h.

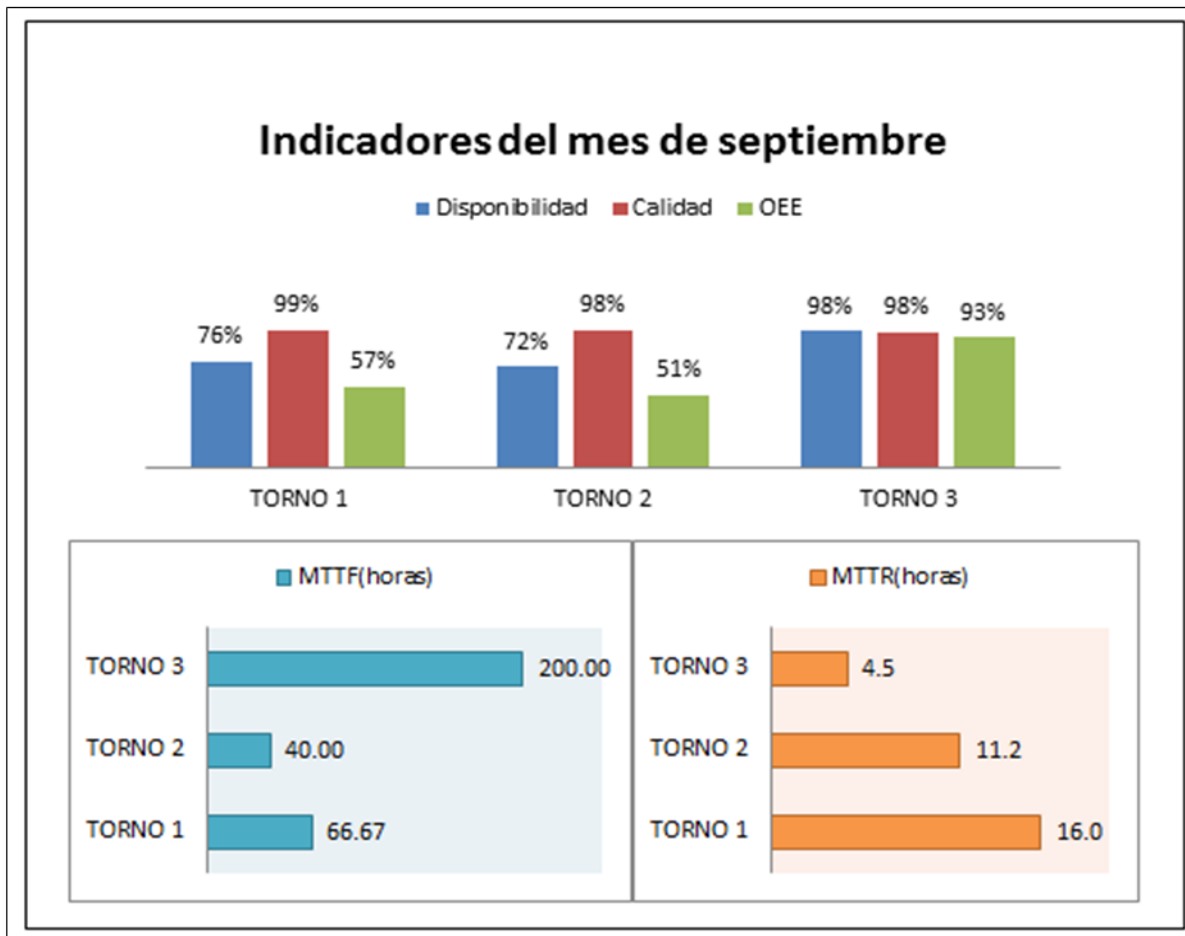


Figura 23: Indicadores de mantenimiento en el mes de septiembre del 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de septiembre del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 76%, por otro lado el Torno 2 tiene un 72%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 98%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 57%, para el torno 2 un 51% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 93%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en un rango de 98- 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 40 h a 200 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 4,5h a 16h.

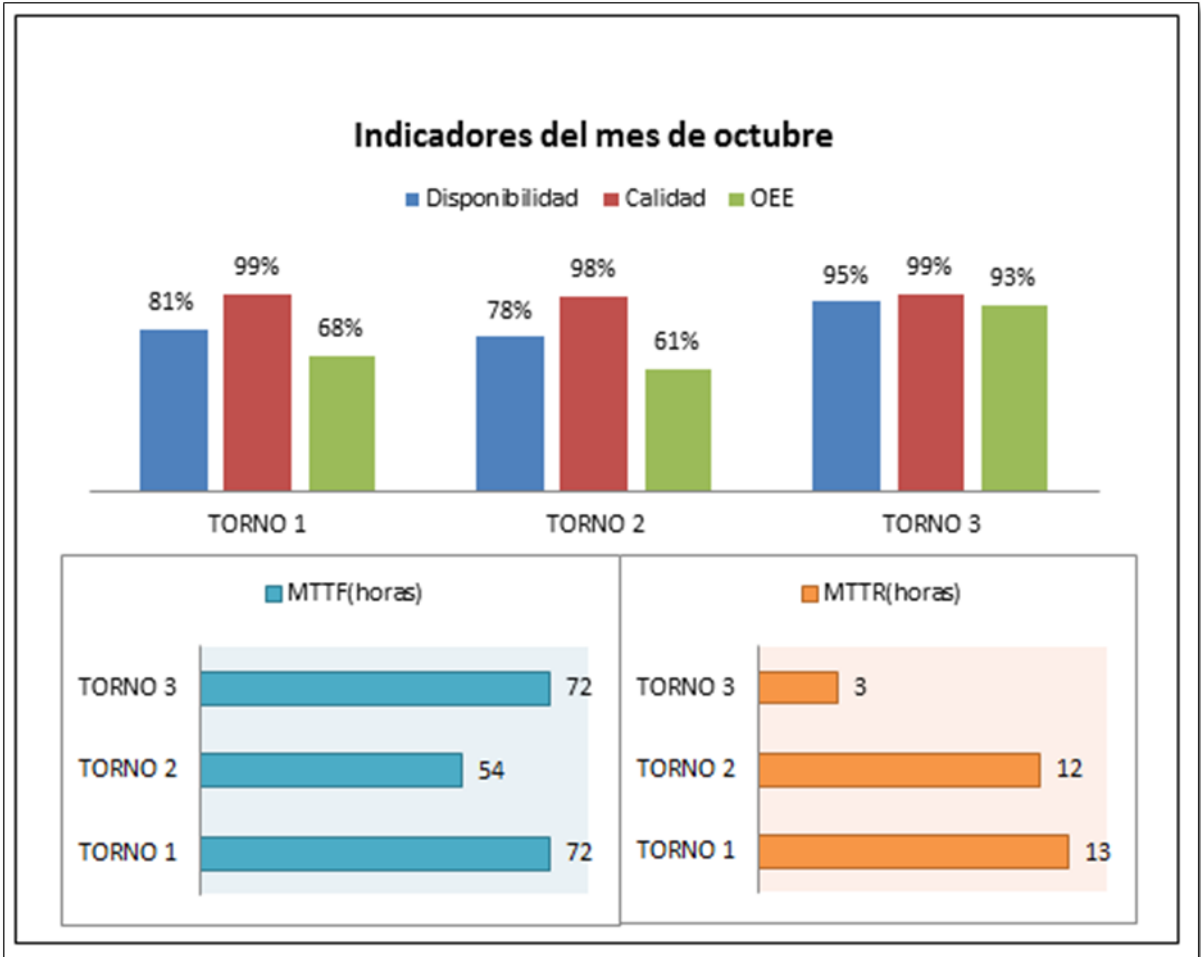


Figura 24: Indicadores de mantenimiento en el mes de octubre del 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de octubre del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 81%, por otro lado el Torno 2 tiene un 78%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 95%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 68%, para el torno 2 un 61% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 93%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en 99% debido a que no existen unidades defectuosas.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 54 h a 72h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 3h a 13h.

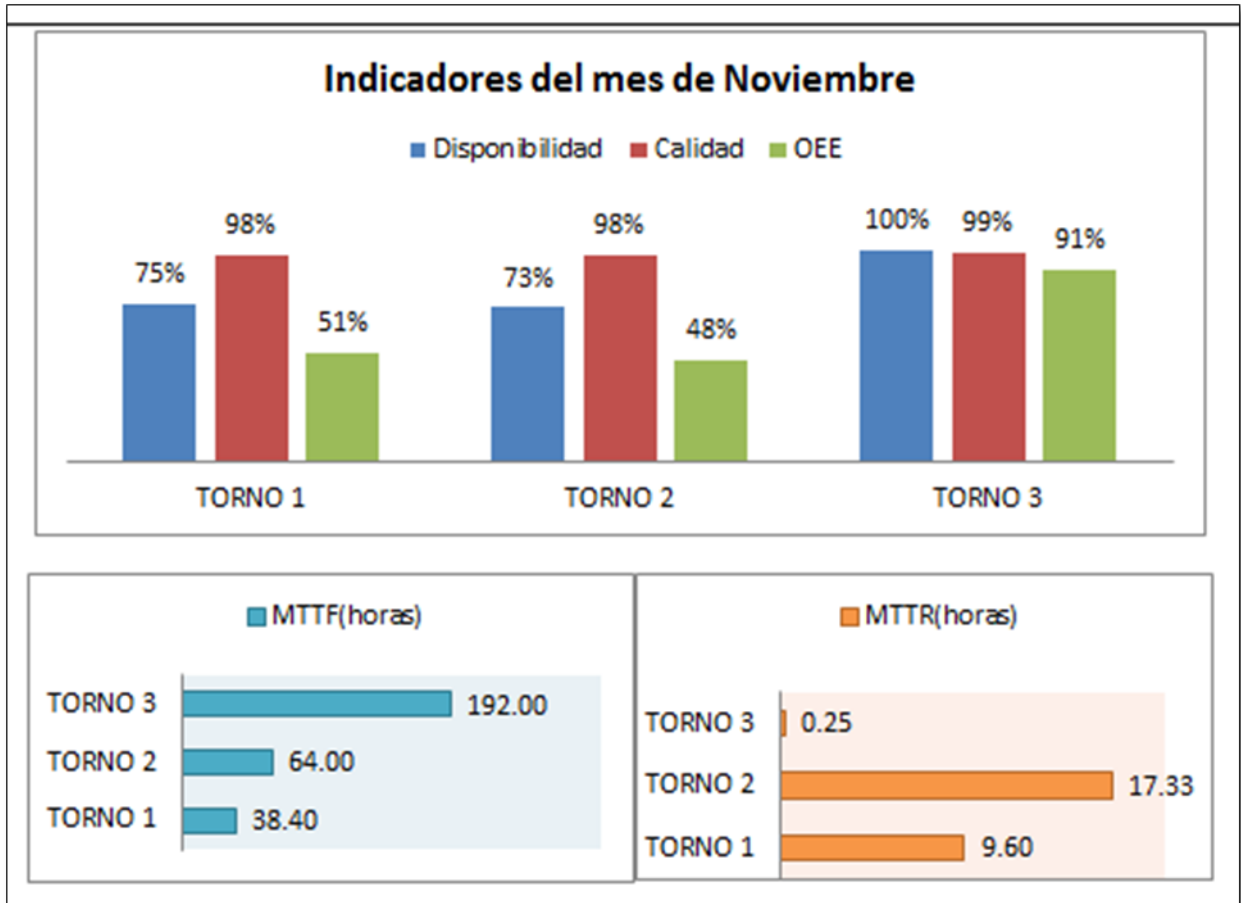


Figura 25: Indicadores de mantenimiento en el mes de Noviembre del 2014.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de noviembre del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 75%, por otro lado el Torno 2 tiene un 73%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 100%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 51%, para el torno 2 un 48%, y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 91%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 100% debido a que no existen unidades defectuosas.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 38 h a 192 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 0,25h a 17,33h.

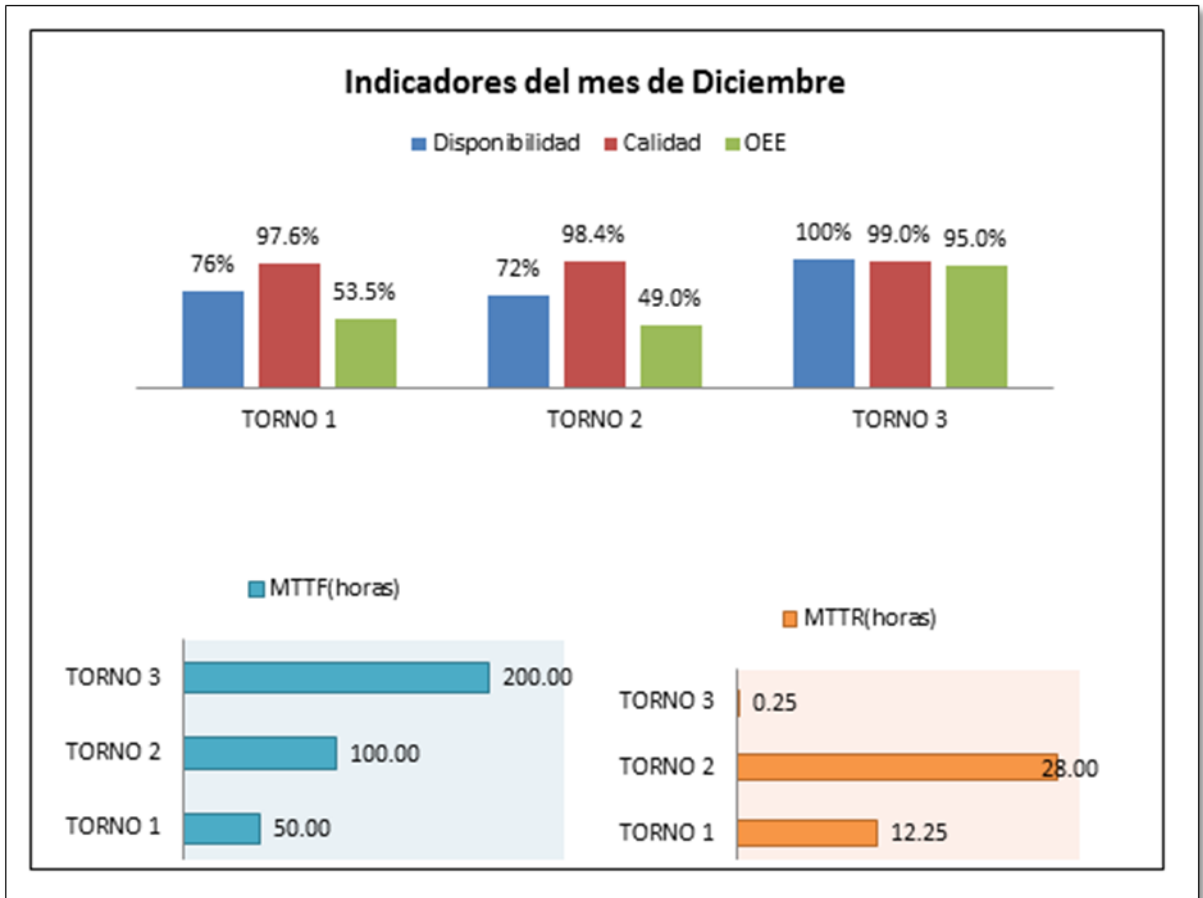


Figura 26: Indicadores de mantenimiento en el mes de Diciembre del 2014.
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de diciembre del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 76%, por otro lado el Torno 2 tiene un 72%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el turno 3 con un 100%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el turno 1 un rendimiento del 55,3%, para el turno 2 un 49 %, y para el turno 3 se obtuvo un rendimiento del 95%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 97% a 99 %.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 50 h a 200 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 0,25h a 28h.

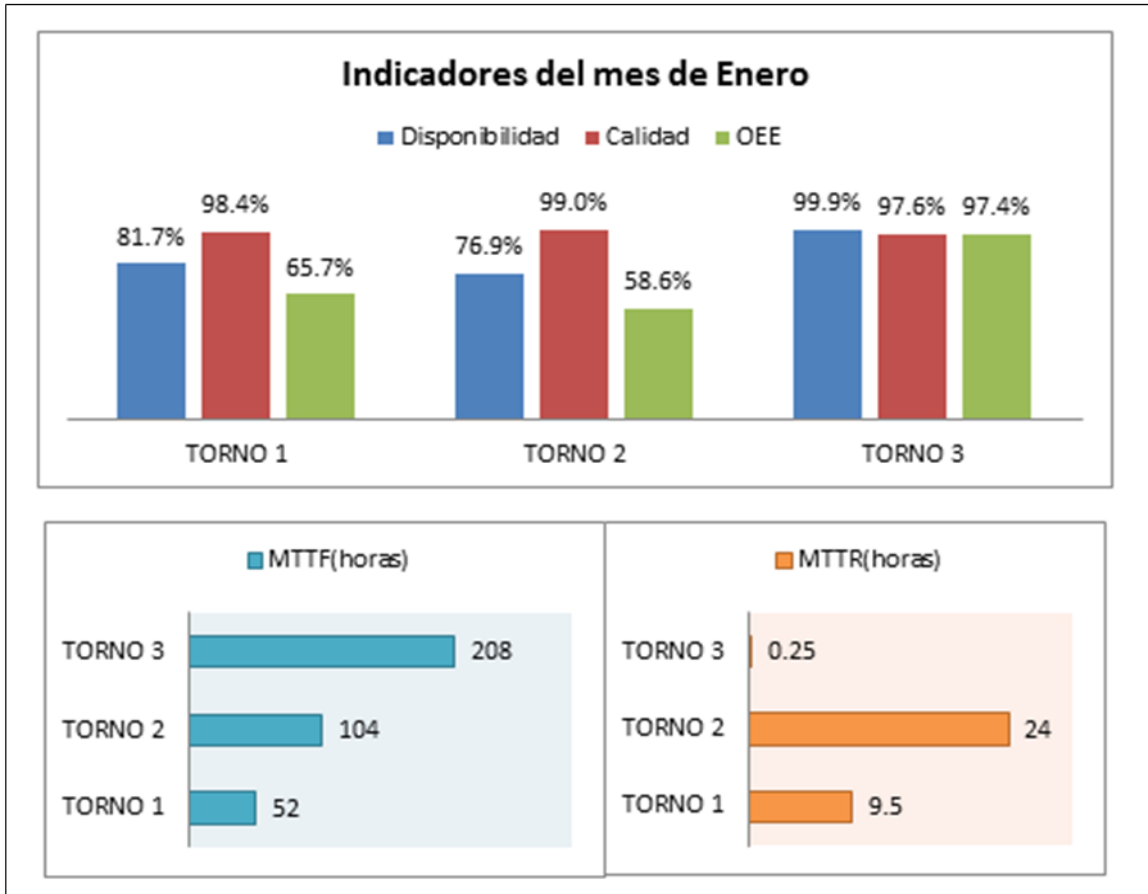


Figura 27: Indicadores de mantenimiento en el mes de Enero del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes de enero del 2014, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 81,7%, por otro lado el Torno 2 tiene un 76,9%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 99,9%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 65,7%, para el torno 2 un 58,6% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 97,4%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 97,6% a 99,9 %.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 52 h a 208 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 0,25h a 24h.

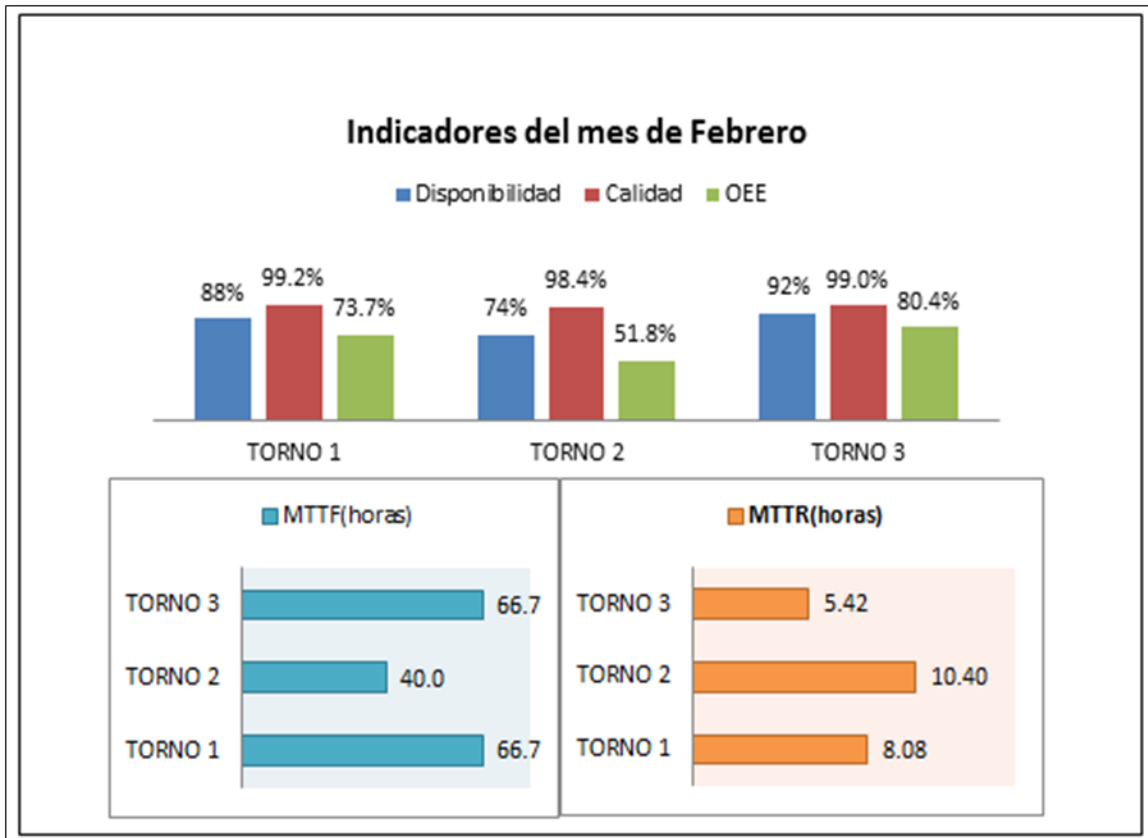


Figura 28: Indicadores de mantenimiento en el mes de Febrero del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Febrero del 2015, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 88%, por otro lado el Torno 2 tiene un 74%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 92%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 73,7%, para el torno 2 un 51,8% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 80,4%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 90% a 99,2 %.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 40 h a 208 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 5,42h a 10,4h.

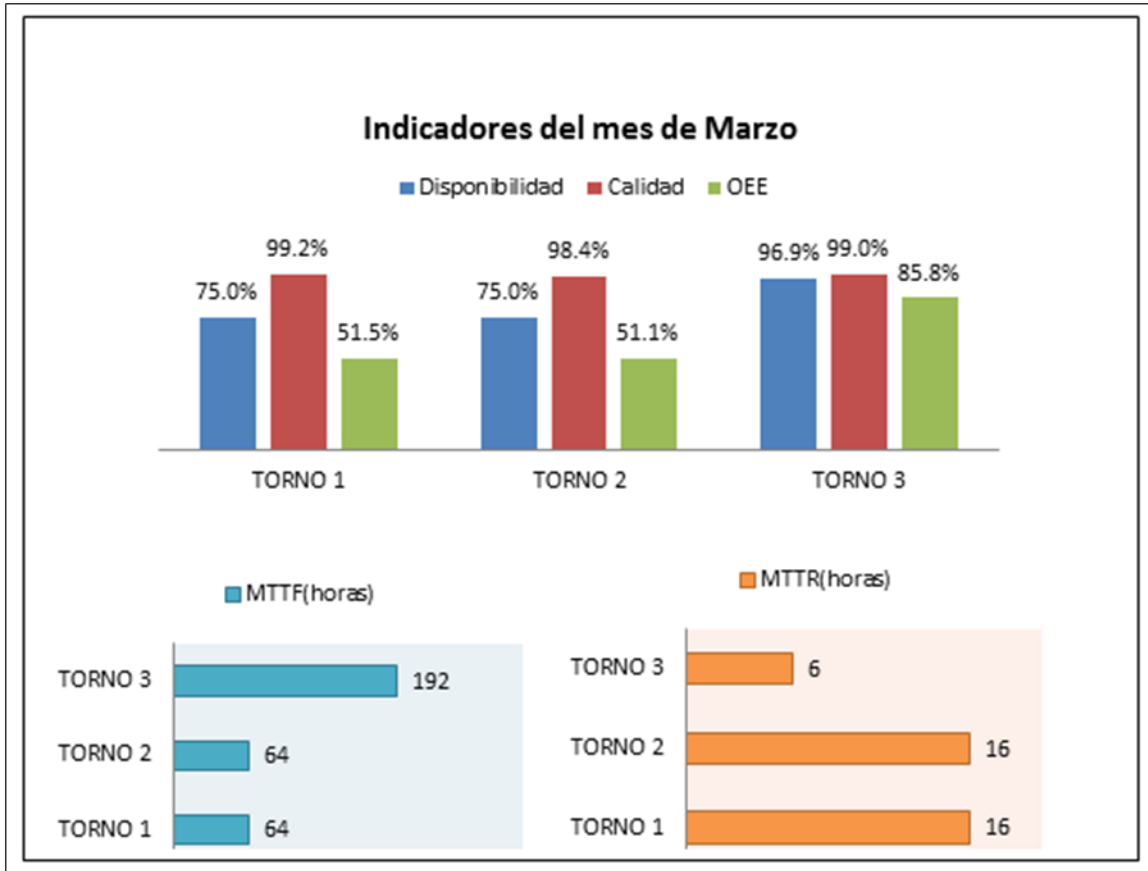


Figura 28: Indicadores de mantenimiento en el mes de Marzo del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Marzo del 2015, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 75%, por otro lado el Torno 2 tiene un 75%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 96,9%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 51,5%, para el torno 2 un 51,1% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 85,8%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 96,9% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 40 h a 208 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 6h a 16h.

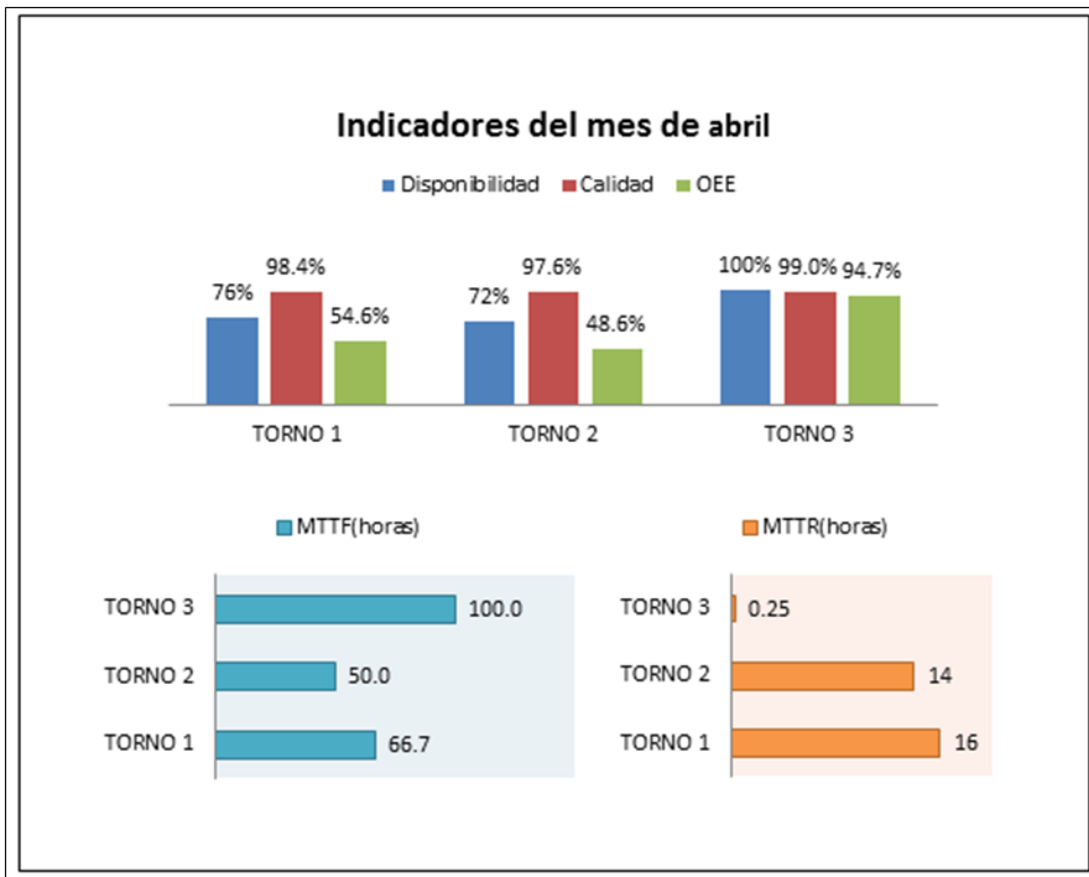


Figura 29: Indicadores de mantenimiento en el mes de abril del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Abril del 2015, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 76%, por otro lado el Torno 2 tiene un 72%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 99,9 %, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 54,6%, para el torno 2 un 48,6% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 94,7%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 97,6% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 50 h a 100 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 0,25h a 16h.

3.3. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

3.3.1. DIAGRAMA DE DECISIÓN

Tabla 38: Diagrama de decisión del Torno 1- ME –TR -01.

HOJA DE DECISIONES																	
Equipo:	Torno Revolver 1: ME - TR-01							Equipo de trabajo						F Realización:			
Función:	Mecanizado de piezas metálicas.							Aprobado por:						F Aprobación:			
Componente	Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas Propuestas	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3							
								S1	S2	S3							
								O1	O2	O3	H4	H5	S4				
Sistema de ajuste (pinza)	A	A	1	S	N	N	S	N	S						Cambiar la pinza con el nuevo diseño propuesto Acero VCL	3 meses	Mecánico
Sistema de transmisión	A	1	1	S	N	N	S	S							Revisar el sistema de transmisión lubricación el estado del aceite.	Diarias	Mecánico
Discos de embrague	A	1	1	S	N	N	S	S							Cambiar los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	2 semanas	Mecánico
Sistema de corte	A	1	1	N				S							Cambiar las brocas de Cobalto	2 meses	Mecánico

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 39: Diagrama de decisión del Torno Revolver 2.

HOJA DE DECISIONES																	
Equipo:	Torno Revolver 2: ME - TR-02							Equipo de trabajo						F Realización:			
Función:	Mecanizado de piezas metálicas.							Aprobado por:						F Aprobación:			
Componente	Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas Propuestas	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	"a falta de"						
								S1	S2	S3							
								O1	O2	O3	H4	H5	S4				
							N1	N2	N3								
Sistema de ajuste (pinza)	A	A	1	S	N	N	S	N	S						Cambiar la pinza con el nuevo diseño propuesto Acero VCL	3 meses	Mecánico
Sistema de transmisión	A	1	1	S	N	N	S	S							Revisar el sistema de transmisión lubricación el estado del aceite.	Diarias	Mecánico
Discos de embrague	A	1	1	S	N	N	S	S							Cambiar los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	2 semanas	Mecánico
Sistema de corte	A	1	1	N				S							Cambiar las brocas de Cobalto	2 meses	Mecánico

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 40: Diagrama de decisión del Torno Revolver 3.

HOJA DE DECISIONES																
Equipo:	Torno Revolver 3: ME - TR-03							Equipo de trabajo			F Realización:					
Función:	Mecanizado de piezas metálicas.							Aprobado por:			F Aprobación:					
Componente	Referencia de información			Evaluación de consecuencias				Decisión			Acción "a falta de"			Tareas Propuestas	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3						
								S1	S2	S3						
								O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3							
Sistema de ajuste (pinza)	A	A	1	S	N	N	S	N	S					Cambiar la pinza con el nuevo diseño propuesto Acero VCL	6 meses	Mecánico
Sistema de transmisión	A	1	1	S	N	N	S	S						Revisar el sistema de transmisión lubricación el estado del aceite.	Diarias	Mecánico
Discos de embrague	A	1	1	S	N	N	S	S						Cambiar los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	2 semanas	Mecánico
Sistema de corte	A	1	1	N				S						Cambiar las brocas de Cobalto	2 meses	Mecánico

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

3.3.2. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS DEL TORNO REVOLVER 1, 2 Y 3.

Tabla 41: Análisis de Modo de Falla del Torno Revolver 1 y 2

AMEF de:			Análisis de modo de falla				Responsable del Área:		
Equipo □	Proceso □	Diseño □	AMEF N° 1				Departamento:		
Descripción del equipo	Descripción de la parte de o proceso	Función que desempeña F	Falla Funcional FF	Modo de Falla FM	Efecto de la falla	Situación Actual	Acciones recomendadas	Responsable	Situación Mejora
						dd/mm/aa			dd/mm/aa
Torno1	Sistema de ajuste (pinza)	Sujetar la pieza	Pérdida de ajuste	Deformación o desgaste de la pinza	El equipo no puede funcionar	MTTF: cada 59 horas MTTR:12 horas	Inspecciones condicionales - Verificar el estado de la pieza Inspecciones por sustitución - Cambiar la pieza cada 10 días	Operario de turno	Propuesta de Rediseño Nuevo - Material VCL para fabricación de pinza Inspección condicional - Verificar la pinza mensualmente Inspección por sustitución MTTF: Cambiar la pinza cada 3 meses MTTR: 0,5 h
Torno 1	Sistema de transmisión	Principal - Lubricar Secundaria - Mantener refrigerado al sistema	Pérdida de lubricación	Desgaste de piezas	El equipo no puede funcionar	MTTF: Diarias	Inspecciones condicionales Diarias Relleno: según condición	Operario de turno	Según fabricante: Tipo de aceite: Repsol aceite grado 80
Torno 1	Discos de embrague	Conectar o desconectar el movimiento que transmite el motor	Pérdida de movimiento	Desgaste de discos de embrague	El equipo no puede funcionar	MTTF: cada 15 días	Fabricar de otro tipo de material acero VCL	Operario de mantenimiento	Rediseño nuevo: Comprar o fabricar de acero VCL Boller. Cada 2 meses
Torno 1	Sistema de corte	Dar forma a la pieza metálica	Recalentamiento de la herramienta de corte	Rotura de la herramienta de corte	El equipo no puede funcionar	MTTF: 1 mes Brocas de acero	Inspecciones condicionales - Verificar diariamente y trabajar de acuerdo a la dureza del material Inspección por sustitución Cambiar la pieza cada 200 horas	Operario de mantenimiento	Sustitución del sistema de corte - cambiar brocas de cobalto HSS. Cada 2,5 meses - Cambiar a porta cuchillas con pastillas carburadas A20 Inspección condicional Verificar cada 500 horas las pastillas
Torno 1	Faja	Transmite la fuerza del motor	Rotura , deformación	Desgaste	Puede generar que el equipo no funcione correctamente		MTTF: Cada 4,2 meses	Operario de mantenimiento	MTTF: Cada 4 meses
AMEF de:			Análisis de modo de falla				Responsable del Área:		

Equipo	Proceso	Diseño	AMEF N° 2				Departamento:		
Descripción del equipo	Descripción de la parte de o proceso	Función que desempeña F	Falla Funcional FF	Modo de Falla FM	Efecto de la falla	Situación Actual	Acciones recomendadas	Responsable	Situación Mejora
						dd/mm/aa			dd/mm/aa
Torno 2	Sistema de ajuste (pinza)	Sujetar la pieza	Pérdida de ajuste	Deformación o desgaste de la pinza	El equipo no puede funcionar	MTTF: cada 62 horas MTTR: 15,2 horas	Inspecciones condicionales <ul style="list-style-type: none"> - Verificar semanalmente el estado de la pieza Inspecciones por sustitución <ul style="list-style-type: none"> - Cambiar la pieza cada 10 días 	Operario de turno	Propuesta de Rediseño Nuevo <ul style="list-style-type: none"> - Material VCL para fabricación de pinza Inspección condicional <ul style="list-style-type: none"> - Verificar la pinza mensualmente Inspección por sustitución MTTF: Cambiar la pinza cada 3 meses Si Fabrica el MTTR: 7 horas Cambia el MTTR: 30 minutos
Torno 2	Sistema de transmisión	Principal <ul style="list-style-type: none"> - Lubricar Secundaria <ul style="list-style-type: none"> - Mantener refrigerado al sistema 	Pérdida de lubricación	Desgaste de piezas	El equipo no puede funcionar	MTTF: Diarias	Inspecciones condicionales Diarias Relleno: según condición	Operario de turno	Según fabricante: Tipo de aceite: Repsol aceite grado 80
Torno 2	Discos de embrague	Conectar o desconectar el movimiento que transmite el motor	Pérdida de movimiento	Desgaste de discos de embrague	El equipo no puede funcionar	MTTF: 61,8 horas	Fabricar de otro tipo de material	Operario de mantenimiento	Rediseño nuevo: Comprar o fabricar de acero VCL Boller. Cada 3 meses
Torno 2	Sistema de corte	Dar forma a la pieza metálica	Recalentamiento de la herramienta de corte	Rotura de la herramienta de corte	El equipo no puede funcionar	MTTF: 15 días	Inspecciones condicionales <ul style="list-style-type: none"> - Verificar diariamente y trabajar de acuerdo a la dureza del material Inspección por sustitución Cambiar la pieza cada 200 horas	Operario de mantenimiento	Sustitución del sistema de corte <ul style="list-style-type: none"> -Cambiar a porta cuchillas con pastillas carburadas Inspección condicional Verificar cada 500 horas las pastillas
Torno 2	Faja	Transmite la fuerza del motor	Rotura , deformación	Desgaste	Puede generar que el equipo no funcione correctamente		MTTF: Cada 4,2 meses	Operario de mantenimiento	MTTF: Cada 4 meses

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 42: Análisis de Modo de Falla del Torno Revolver 3

AMEF de:			Análisis de modo de falla				Responsable del Área:		
Equipo	Proceso	Diseño	AMEF N° 3				Departamento:		
Descripción del equipo	Descripción de la parte de o proceso	Función que desempeña F	Falla Funcional FF	Modo de Falla FM	Efecto de la falla	Situación Actual	Acciones recomendadas	Responsable	Situación Mejora
						dd/mm/aa			dd/mm/aa
Torno 3	Sistema de ajuste (pinza)	Sujetar la pieza	Pérdida de ajuste	Deformación o desgaste de la pinza	El equipo no puede funcionar	MTTF: cada 155 horas MTTR: 2,73 horas	Inspecciones condicionales <ul style="list-style-type: none"> - Verificar semanalmente el estado de la pieza Inspecciones por sustitución <ul style="list-style-type: none"> - Cambiar la pieza cada 10 días 	Operario de turno	Propuesta de Rediseño Nuevo <ul style="list-style-type: none"> - Material VCL para fabricación de pinza Inspección condicional <ul style="list-style-type: none"> - Verificar la pinza mensualmente Inspección por sustitución MTTF: Cambiar la pinza cada 3 meses MTTR: 7horas
Torno 3	Sistema de transmisión	Principal <ul style="list-style-type: none"> - Lubricar Secundaria <ul style="list-style-type: none"> - Mantener refrigerado al sistema 	Pérdida de lubricación	Desgaste de piezas	El equipo no puede funcionar	MTTF: Diarias	Inspecciones condicionales Diarias Relleno: según condición	Operario de turno	Según fabricante: Tipo de aceite: Repsol aceite grado 80
Torno 3	Discos de embrague	Conectar o desconectar el movimiento que transmite el motor	Pérdida de movimiento	Desgaste de discos de embrague	El equipo no puede funcionar	MTTF: cada 15 días	Fabricar de otro tipo de material	Operario de mantenimiento	Rediseño nuevo: Comprar o fabricar de acero VCL Boller. Cada 2 meses
Torno 3	Sistema de corte	Dar forma a la pieza metálica	Recalentamiento de la herramienta de corte	Rotura de la herramienta de corte	El equipo no puede funcionar	MTTF: 15 días	Inspecciones condicionales <ul style="list-style-type: none"> - Verificar diariamente y trabajar de acuerdo a la dureza del material Inspección por sustitución Cambiar la pieza cada 200 horas	Operario de mantenimiento	Sustitución del sistema de corte <ul style="list-style-type: none"> -Cambiar a porta cuchillas con pastillas carburadas Inspección condicional Verificar cada 500 horas las pastillas
Torno 3	Faja	Transmite la fuerza del motor	Rotura , deformación	Desgaste	Puede generar que el equipo no funcione correctamente	Cada 3,5 meses	MTTF: Cada 4,2 meses	Operario de mantenimiento	MTTF: Cada 4 meses

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

3.3.3. PLAN DE MANTENIMIENTO

En este punto se tiene el plan de mantenimiento de los equipos del proceso producción de bocinas permitirá realizar de manera organizada el manteniendo, ya que enlista los trabajos a realizar, actividades, herramientas, periodo, responsable, tiempo de ejecución.

Tabla 43: Plan de Mantenimiento

N°	Componente	Trabajos a Realizar/Inspeccionar	Descripción de la actividad	Materiales	Herramientas (mm)	Periodo	Responsable	Tiempo de ejecución
Torno Revolver 1	Sistema de transmisión	Revisar	Se revisará el sistema de transmisión lubricación el estado del aceite.	-	-	Diarias	1 Técnico	15 min
	Discos de embrague	Cambiar	Se cambiaran los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	-	Dados de 11,13 y 14	2 meses	1 Técnico	1 horas
	Sistema de ajuste – pinzas	Cambiar	Se cambiará la pinza con el nuevo diseño propuesto Acero VCL	Pinza diseñada	Dados de 12,14,13	3 meses	1 Técnico	30min
	sistema de corte	Afilar	Afilar herramientas de corte	Discos para afilar	Esmeril	Diarias	1 Operario	5min
		Cambiar	Cambiar las brocas de Cobalto	-	Dados de 11,13 y 14	2meses	1 Operario	15 min
		Revisar	Aceite refrigerante	-	Llave 11, 13 y 14	Diario	1 Operario	10min
		Cambiar	Cambiar pastillas carburadas	-	Llave 11, 13 y 14	1 mes	1 Operario	15 min
Fajas	Cambiar	Cambiar Fajas RPF 13x1300L1	-	Llave 11, 12, 14	4 meses	1 Técnico	15min	
Rodamientos	Cambiar	Cambiar Rodamientos cónicos NSK 29420	-	Llaves 11, 12, 14	4 meses	1 Técnico	40min	
Torno Revolver 2	Sistema de transmisión	Revisar	Se revisará el sistema de transmisión	-	-	Diarias	1 Técnico	15 min
	Discos de embrague	Cambiar	Se cambiaran los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	-	Dados de 11,13 y 14	2 meses	1 Técnico	1 hora
	Sistema de ajuste – pinzas	Cambiar	Se cambiará el nuevo diseño propuesto Acero VCL	Discos diseñada	Llave 11,12,13,14,16	3 meses	1 Técnico	30min
	sistema de corte	Afilar	Afilar herramientas de corte	Discos para afilar	Esmeril	Diarias	1 Operario	5min
		Cambiar	Cambiar las brocas de Cobalto	Brocas	Dados de 11,13 y 14	2meses	1 Operario	15 min
		Revisar	Aceite refrigerante	-	Llave 11, 13 y 14	Diario	1 Operario	10min
		Cambiar	Cambiar pastillas carburadas	-	Llave 11, 13 y 14	1 mes	1 Operario	15 min
Fajas	Cambiar	Cambiar Fajas RPF 13x1300L1	-	Llave 11, 12, 14	4 meses	1 Técnico	15min	
Rodamientos	Cambiar	Cambiar Rodamientos cónicos NSK 29420	Rodamiento, grasa	Llaves 11, 12, 14	4 meses	1 Técnico	40min	
Torno Revolver 3	Sistema de transmisión	Revisar	Se revisará el sistema de transmisión	-	-	Diarias	1 Técnico	15 min
		cambiar	Cambiar el aceite según fabricante cada 3 meses	Aceite(litro)	Llaves 11, 12, 14	3 meses	1 Técnico	15min
	Discos de embrague	Cambiar	Se cambiaran los discos de embrague con el nuevo diseño propuesto de Acero VCL	-	Dados de 11,13 y 14	2 meses	Técnico	1 horas
	Lubricación	Revisar	Se verificará la hidrolina	Llave 11,12, 13,14		Diaria	operario	10min
	sistema de corte	Afilar	Afilar herramientas de corte	Discos para afilar	Esmeril	Diarias	Operario	5min
		Cambiar	Cambiar las brocas de Cobalto	-	Dados de 11,13 y 14	2 meses	Operario	15 min
		Revisar	Aceite refrigerante	-	Llave 11, 13 y 14	Diario	Operario	10min
		Cambiar	Cambiar pastillas carburadas	-	Llave 11, 13 y 14	1 mes	operario	15 min
Fajas	Cambiar	Cambiar Fajas RPF 13x1300L1	-	Llave 11, 12, 14	4 meses	Técnico	15min	
Rodamientos	Cambiar	Cambiar Rodamientos cónicos NSK 29420	-	Llaves 11, 12, 14	4 meses	Técnico	40min	

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

3.3.3.1. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

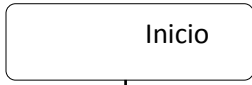

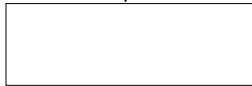

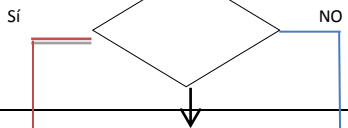


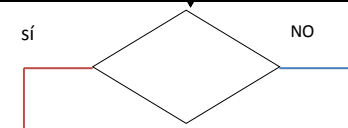

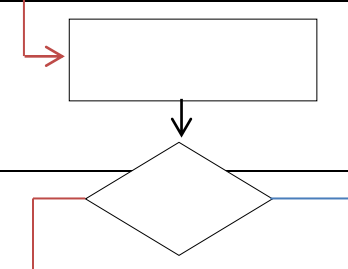
Tabla 45: Cronograma de Mantenimiento

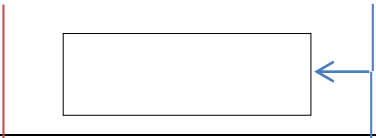
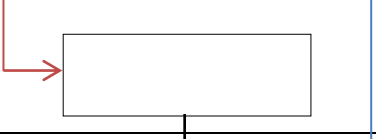
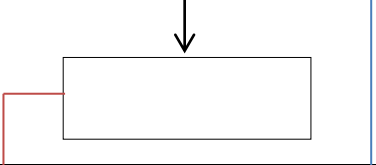
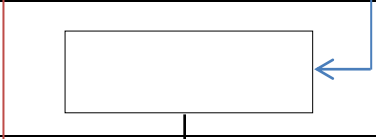
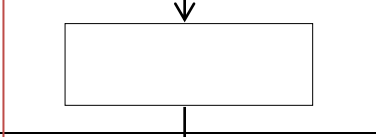
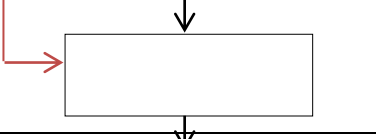
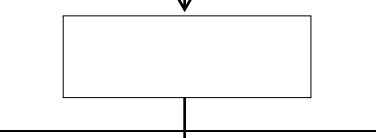
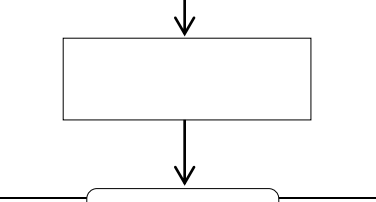
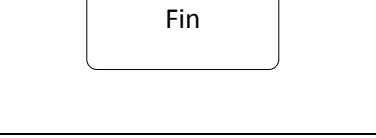
MÁQUINA	ACTIVIDADES	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																												ELABORADO POR:																			
		Actividades /semestre																																															
		Primer semestre																Segundo semestre																															
N°	Actividades /meses	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	Actividades/ semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
TORNO R1	Revisar Sistema de transmisión	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
	Cambiar aceite según la condición fabricante	■								■								■								■								■															
	Cambiar Pinzas Propuesta	■											■																																■				
	Cambiar Discos de embrague	■							■								■												■																■				
	Cambiar brocas propuesta	■										■									■																												
	Cambiar aceite Refrigerante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Cambiar Fajas	■											■																■																				
	Cambiar Rodamientos	■											■																■																				
TORNO R2	Revisar Sistema de transmisión	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Cambiar aceite según la condición fabricante	■								■								■								■								■															
	Cambiar Pinzas Propuesta	■											■																																■				
	Cambiar Discos de embrague	■							■								■												■																■				
	Cambiar brocas propuesta	■										■									■																												
	Cambiar aceite Refrigerante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Cambiar Fajas	■											■																■																				
	Cambiar Rodamientos	■											■																■																				
TORNO R3	Revisar Sistema de transmisión	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Cambiar aceite según la condición fabricante	■								■								■								■								■															
	Cambiar Pinzas	■																			■																								■				
	Cambiar Discos de embrague	■							■								■												■																■				
	Cambiar brocas propuesta	■										■									■																												
	Cambiar aceite Refrigerante	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	Cambiar Fajas	■											■																■																				
	Cambiar Rodamientos	■											■																■																				
	Revisar hidrolina cañería	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

3.3.4. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GESTIÓN DE REPUESTO Y MANTENIMIENTO

Tabla 46: Procedimiento para la Gestión de Mantenimiento

Diagrama de Flujo	Descripción de la actividad	Responsable
	Aplicación del cronograma de mantenimiento preventivo	Personal de Mantenimiento
	Planeación de actividades y asignación de recursos para el desarrollo de mantenimiento, de acuerdo a previa evaluación de los equipos	Jefe de mantenimiento
	Se informará al personal operativo involucrando las fechas y actividades a desarrollar	Jefe de mantenimiento – supervisor de producción
	Se inicia el mantenimiento preventivo supervisado por el jefe de mantenimiento	Personal de mantenimiento
	¿Se necesita un repuesto o suministro?	
	Culmina el mantenimiento preventivo	Personal de mantenimiento
	Repuesto se solicita a almacén	Almacenero
	¿El repuesto se encuentra en almacén?	
	Culmina el mantenimiento	
	El área de compras se encarga de buscar el repuesto, en caso no hubiera busca en las tiendas comerciales busca cotizaciones	Jefe de mantenimiento y personal de compras

<p>sí</p> <p>NO</p>	<p>¿El repuesto se encuentra en las tiendas?</p>	
	<p>Requerimiento para la fabricación</p>	<p>Personal de mantenimiento. Producción</p>
	<p>Gerencia aprueba el requerimiento</p>	<p>Gerencia Administrativa</p>
	<p>Al efectuar la compra llega, el repuesto llega a la planta y es entregado al mecánico para ser usado en la máquina en la cual se requirió</p>	<p>Personal de mantenimiento y compras</p>
	<p>Aprueban el requerimiento de fabricación por área administrativa</p>	<p>Personal de mantenimiento</p>
	<p>Piezas fabricada para el uso de mantenimiento</p>	
	<p>Culminan el mantenimiento preventivo</p>	
	<p>Terminando el mantenimiento se verifica las actividades desarrolladas y el estado del equipo final</p>	<p>Personal de Mantenimiento</p>
	<p>Se recopila la información involucrada (Orden de trabajo, control de entrega del repuesto, pieza fabricada y verificación del Mantenimiento Preventivo</p>	<p>Personal de Mantenimiento</p>
	<p>Disminución de las fallas repentinas en la maquinaria que ocasionan bajas en los niveles de producción</p>	

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.1. DISEÑO DE LA PINZA METÁLICA DE ACERO VCL

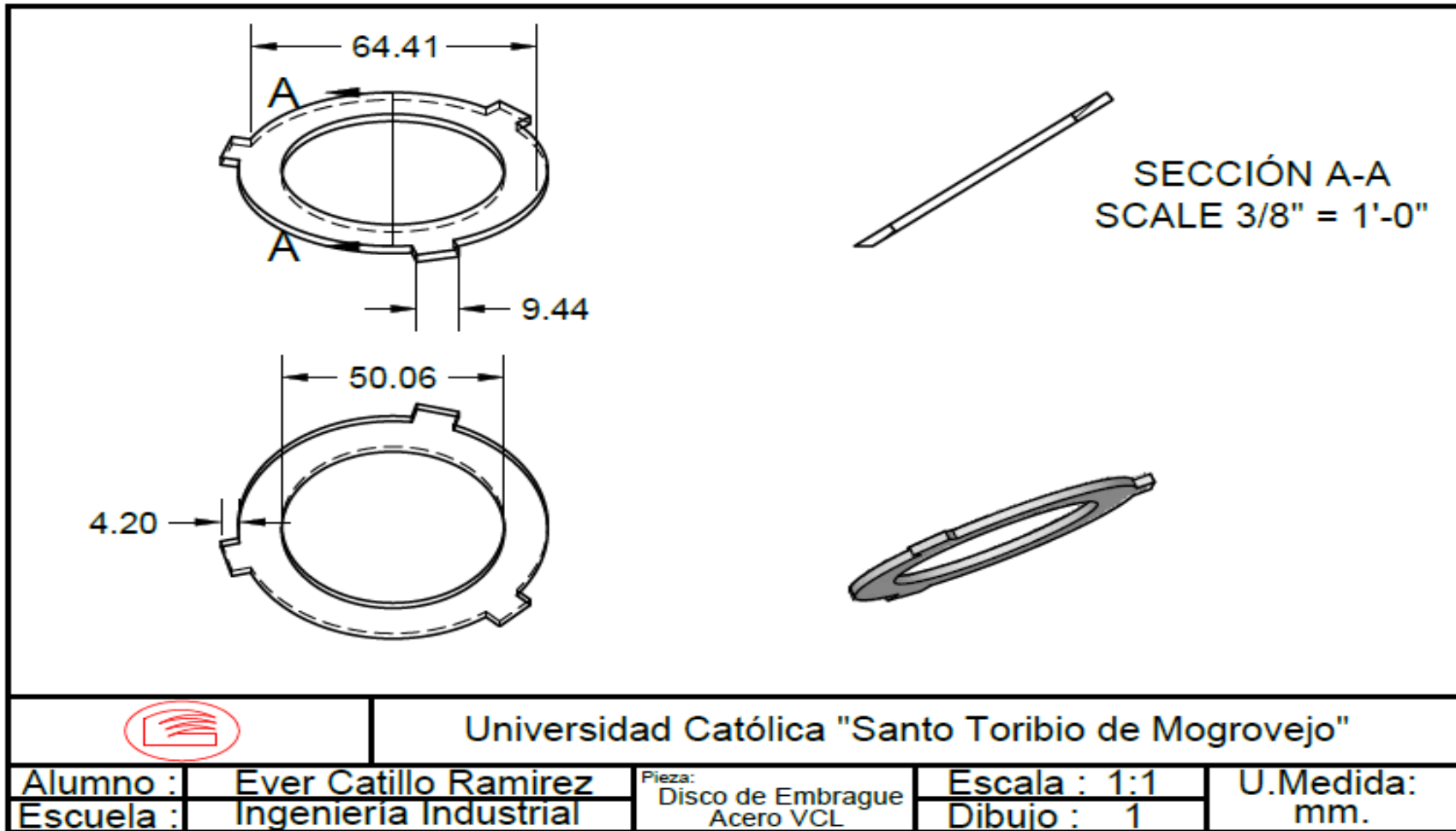
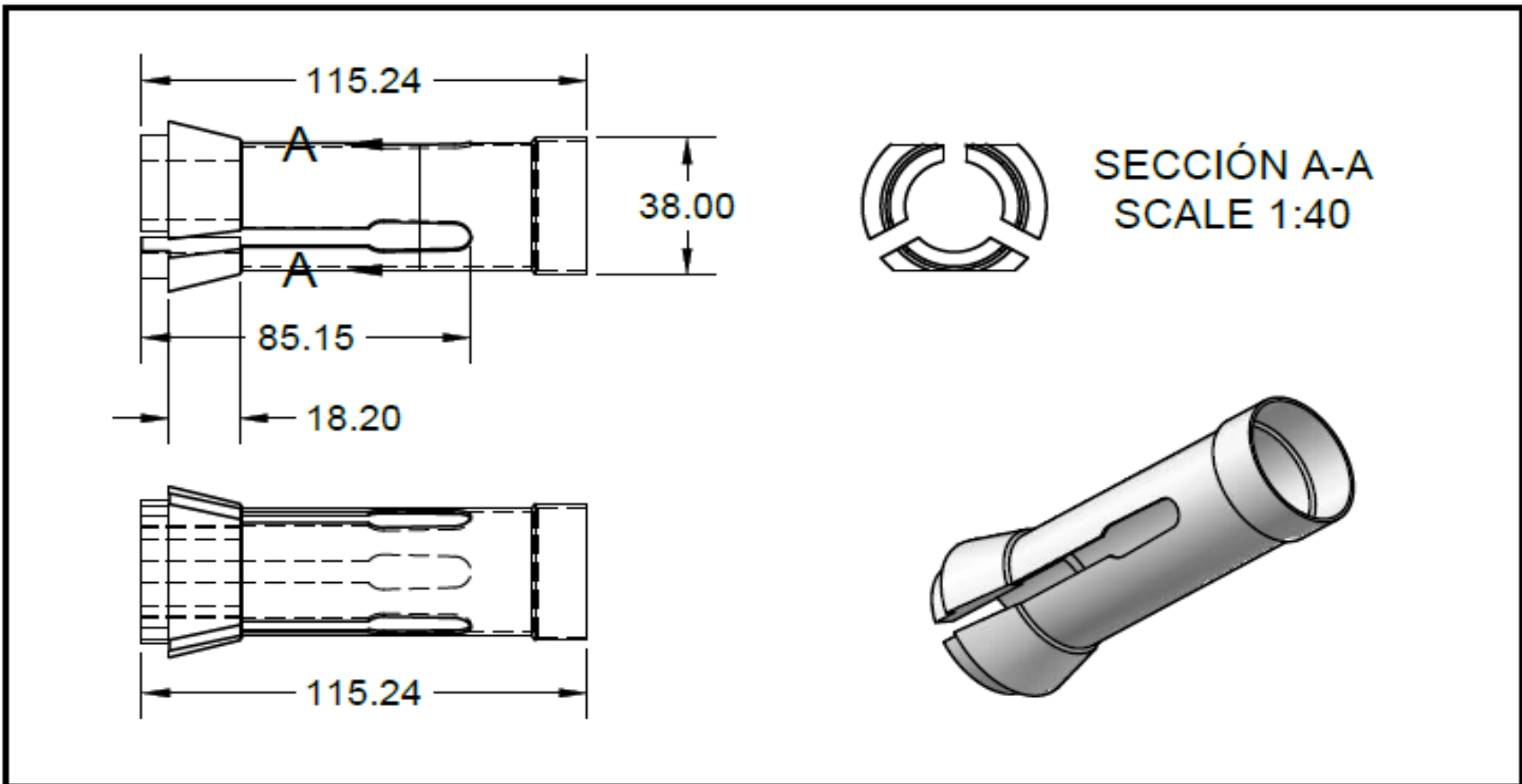


Figura 30: Diseño de disco de embrague acero VCL.

Fuente: Elaboración Propia




		Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo"		
Alumno :	Ever Catillo Ramirez	Pieza:	Escala : 1:1	U.Medida:
Escuela :	Ingeniería Industrial	Pinza Acero VCL	Dibujo : 1	mm.

Figura 31: Diseño de la pieza acero VCL.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47: Costos para Fabricar una Pinza con la Nueva Propuesta

CONSUMO DE ENERGIA EN KW	HORAS	KWH
MAQUINA DE SOLDAR Motor Trifásico De 3HP	2.24	9
		20,6

	CANTIDAD	COSTO(soles)
ENERGÍA	20,6 KWH X 0,43KWH	8,85
ACERO VCL	10cmX32mm de diámetro	110
Materiales	Agua refrigerante (metanol) Herramientas de corte	12
PERSONAL	10 horas x 5soles	50
	TOTAL	180

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la tabla N° 47 se puede apreciar los costos de mantenimiento para fabricar una pinza, el material a fabricar la pinza el Acero VCL. Acero especial de bonificación con aleación de cromo y molibdeno muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo cual permite en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional. Se realizó un seguimiento en los meses de Noviembre de 2015 a abril del 2016 para determinar el tiempo de vida de la pinza aproximadamente, el tiempo de vida se encuentra entre 2,5 a 3 meses.

Acero de excelente elasticidad y buena resistencia al desgaste. (Ver en anexo27: Ficha técnica 3)

Previsto únicamente en barras de sección circular.

3.3.5. NORMATIVA

Para realizar el Mantenimiento preventivo en la empresa, se tuvieron en cuenta los lineamientos de la norma ISO 9001:2015. Para ello se tiene en cuenta los siguientes artículos verificando la conformidad y el procedimiento del mantenimiento.

Artículo 1: Se realizará el mantenimiento preventivo a las maquinas del área de producción tornos, conforme al plan de mantenimiento establecido por la el jefe de mantenimiento y aprobado por la gerencia general.

Artículo 2: Las acciones preventivas básicas, serán desarrolladas en su mayoría por el operario a cargo de la maquinaria, de acuerdo al plan de mantenimiento y especificaciones preestablecidas.

Artículo 3: En caso de ocurrir alguna falla y verse en la necesidad de aplicar un mantenimiento correctivo, se debería seguir los siguientes pasos:

- 3.1. El operario reportara la falla al jefe de planta.
- 3.2. El jefe de planta informará al Jefe de Mantenimiento, el cuál realizará una inspección a la maquinaria reportada.
- 3.3. El jefe de mantenimiento realizará la solicitud de repuestos y generará la orden de trabajo.
- 3.4. De ser el caso que la falla ocurra mientras se está realizando un Mantenimiento Preventivo y no exista personal disponible para atender la máquina que necesita el mantenimiento correctivo

Artículo 4: Para la gestión de los recursos solicitados, se seguirá los siguientes lineamientos-

- 4.1. El jefe de Mantenimiento turnará una copia de la orden de trabajo generada, de ser un mantenimiento preventivo, o aprobada por la Gerencia, de ser un mantenimiento correctivo.

Artículo 5: Ejecución de mantenimiento

- 5.1. El jefe de mantenimiento verificará físicamente el avance y calidad de los trabajos realizados por el personal de mantenimiento de la empresa.

Artículo 6: Fin de la acción de mantenimiento correctivo

6.1. El jefe de Mantenimiento informará la causa de falla y re – programará el próximo mantenimiento.

Artículo 7: Las eventualidades que no se incluyan en el presente manual, serán resueltas por la Gerencia general, conjuntamente con el jefe de Mantenimiento.

3.3.5.1. Procedimiento de mantenimiento

Desarrollar y asegurar una infraestructura de carácter confiable, flexible y con niveles de desempeño óptimo para el desarrollo sostenido de la producción y lograr una correcta planificación.

1. Objetivo

Desarrollar y asegurar una infraestructura de carácter confiable, flexible con sus niveles de desempeño óptimo para el desarrollo sostenido de la producción y lograr una correcta planificación.

2. Alcance

El área de producción de la empresa Fabrication Technology Company S.A.C

3. Política de Operación

3.1. El Departamento de Mantenimiento es el responsable del mantenimiento Preventivo y correctivo de todas las máquinas que conforman el proceso del área de producción, con el fin de determinar, proporcionar y mantener las óptimas condiciones de la maquinaria para su correcta función.

3.2. El jefe de Mantenimiento conjuntamente con la Gerencia General realizará las siguientes acciones:

-Revisión Anual. Del plan de mantenimiento preventivo

-Difusión del plan de mantenimiento a todo el personal del Departamento de mantenimiento.

3.3. Una vez dado a conocer el plan de mantenimiento, el jefe de Mantenimiento realiza un seguimiento al cumplimiento del mantenimiento.

3.4. Proceso de mantenimiento preventivo:

En conformidad con el plan de mantenimiento, informará al personal de mantenimiento de la máquina y los recursos a utilizar para llevar

a cabo el mantenimiento preventivo.

a. El jefe de Mantenimiento deberá seguir los siguientes pasos:

- Realizará una valoración de los trabajos a realizar en el día.
- El personal encargado, realizará una inspección de la maquinaria o componente en cuestión.
- Se realizará una limpieza interna y externa lubricación adecuada de sus equipos.
- Se informará al personal de mantenimiento el funcionamiento de la maquinaria.

b. Una vez culminado el mantenimiento, el jefe de mantenimiento realizará una breve inspección para autorizar la puesta en marcha.

3.5. Procedimiento de mantenimiento Correctivo.

Para atender una maquina fallada, el jefe de producción es el encargado de reportar hacia el área de mantenimiento y el procedimiento siguiente:

- En caso de presentarse una falla, el operario de la maquina reportará dicha falla al jefe de producción el cual informará al jefe de mantenimiento.
- El jefe de producción mantenimiento realizara la valoración de la máquina.
- De tratarse de una máquina critica, destina inmediatamente personal para la revisión de la máquina.
- De no ser una máquina critica, o de estar realizado algún mantenimiento preventivo en paralelo en una máquina critica, la máquina de menor criticidad deberá esperar su intervención.
- Luego de la inspección de parte del personal de producción y mantenimiento se solicitará los repuestos necesarios al almacén.
- De tener el repuesto en stock, se procederá a realizar el previo mantenimiento.
- De no contar con el repuesto en almacén la empresa procederá a la fabricación y/o compra, presentando una solicitud a contabilidad para adquisición.
- Una vez culminado el mantenimiento correctivo, el jefe de planta deberá darle el visto bueno, para la posterior puesta en marcha de la máquina.
El jefe de mantenimiento deberá informar las causas de falla, una vez culminada la intervención.

3.3.6. INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD FUTUROS

3.3.6.1. Indicadores de productividad con la mejora

Tabla 48: Indicadores de Productividad en el periodo Noviembre del 2014 hasta Abril del 2015

Antes de la mejora : indicadores de productividad de la maquina torno revolver 1						
INDICADORES	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Productividad de mano de Obra	45	45,3	49,03	52,72	45	45,6
Índice de Productividad de mano de obra	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Índice productividad de materia prima	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Índice de productividad Total	1,28	1,426	1,46	1,49	1,42	1,43
Eficiencia de la máquina (%)	69,3	72,8	81,7	69,3	69,3	73
Utilidad (soles)	2305	2435	2896	3120	2335	2485

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

Tabla 49: Indicadores de Productividad en el período Noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Después de la mejora : indicadores de productividad de la máquina torno revolver 1						
INDICADORES	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Productividad de mano de Obra	55,96	55,6	57,11	55,3	56,53	57,11
Índice de Productividad de mano de obra	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Índice productividad de materia prima	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Índice de productividad Total	1,46	1,57	1,50	1,58	1,54	1,55
Eficiencia de la máquina (%)	93	99	95	92	94	95
Utilidad (soles)	3587	4062	3587	3807	3707	3787

Fuente: Elaboración propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

La aplicación de la nueva propuesta de un plan de mantenimiento preventivo resultará favorable, logrando disminuir los tiempos de fallas y así mismo incrementando la productividad de la máquina torno revolver 1: el índice de productividad total incremento 0,12 antes 1,42 después 1,53 el cual significa por cada S/. 1,00 invertido ganaría un 0,53 del nuevo sol.

Tabla 50: Comparación e Indicadores de Productividad de la Máquina Torno Revolver 2

Antes de la mejora : indicadores de productividad de la maquina torno revolver 2						
INDICADORES	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Productividad de mano de Obra	45	45	46.15	44.4	45	43.2
Índice de Productividad de mano de obra	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Índice productividad de materia prima	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Índice de productividad Total	1.381	1	1.507	1.428	1.456	1.44
Eficiencia de la máquina (%)	69	69	77	71	69	69
Utilidad (soles)	2445	2375	2906	2395	2435	2375

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Indicadores de Productividad en el Periodo Noviembre del 2014 hasta Abril

INDICADORES	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Productividad de mano de Obra	59.96	58.84	59.42	56.75	59.27	59.27
Índice de Productividad de mano de obra	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
Índice productividad de materia prima	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Índice de productividad Total	1.46	1.57	1.51	1.58	1.54	1.55
Eficiencia de la máquina (%)	93	98	99	95	99	99
Utilidad (soles)	3587	4007	3757	3902	3897	3937

Fuente: Elaboración Propia

En la máquina torno Revolver 2: la productividad de mano de obra incremento en un 23% produciendo 59 unidades / hora, anteriormente la producción es de 47 unidades/ hora, así mismo la productividad total aumento en un 0.093, antes un promedio de 1.44, después 1, 535 lo cual significa que por cada nuevo sol invertida ganará un 0,053 soles. La eficiencia de la maquina anteriormente 70, 6 y con la nueva propuesta incremento en un 26,5 % lo cual significa mayores ingresos debido a que no se presenta constantes fallas durante ese periodo

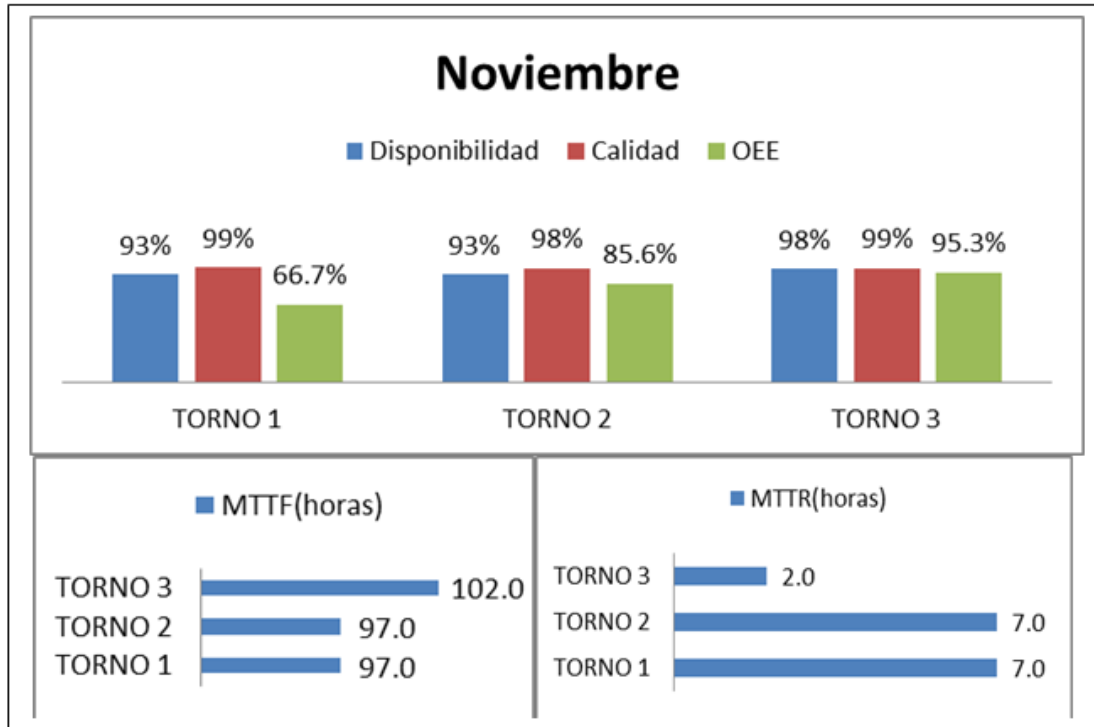


Figura 32: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Noviembre del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.6.2. Indicadores futuros de mantenimiento

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Noviembre del 2015, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación).

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 93%, por otro lado el Torno 2 tiene un 93%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el turno 3 con un 98%, debido a la horas de fallo las cuales son menores; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el turno 1 un rendimiento del 66,7%, para el turno 2 un 85,6% , y para el turno 3 se obtuvo un rendimiento del 95,3%.

Por otro lado la calidad se mantuvo en una variación de 93% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 97 h a 102 h de buen funcionamiento, sin embargo al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 2h a 7h. (Ver en anexo 5).

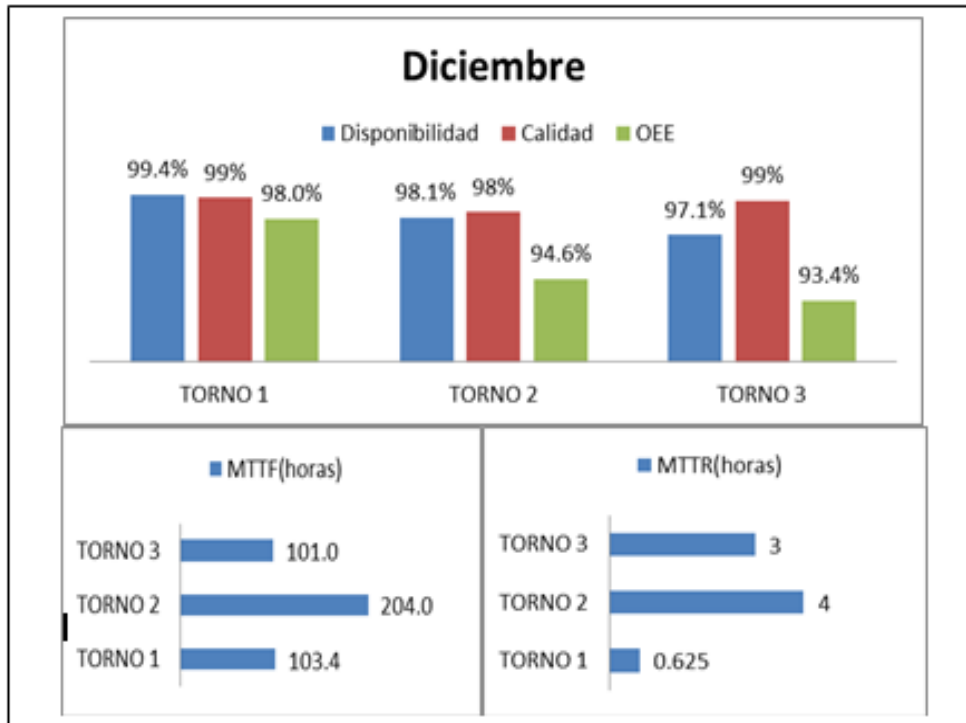


Figura 33: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Diciembre del 2015.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Diciembre del 2015, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 99,4%, por otro lado el Torno 2 tiene un 98,1%, sin embargo el que posee la mayor disponibilidad es el torno 3 con un 97,1%; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 98%, para el torno 2 un 94,6% , y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 93,4%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 103 h a 204 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 0.62 h a 4h. (Ver en anexo 6)

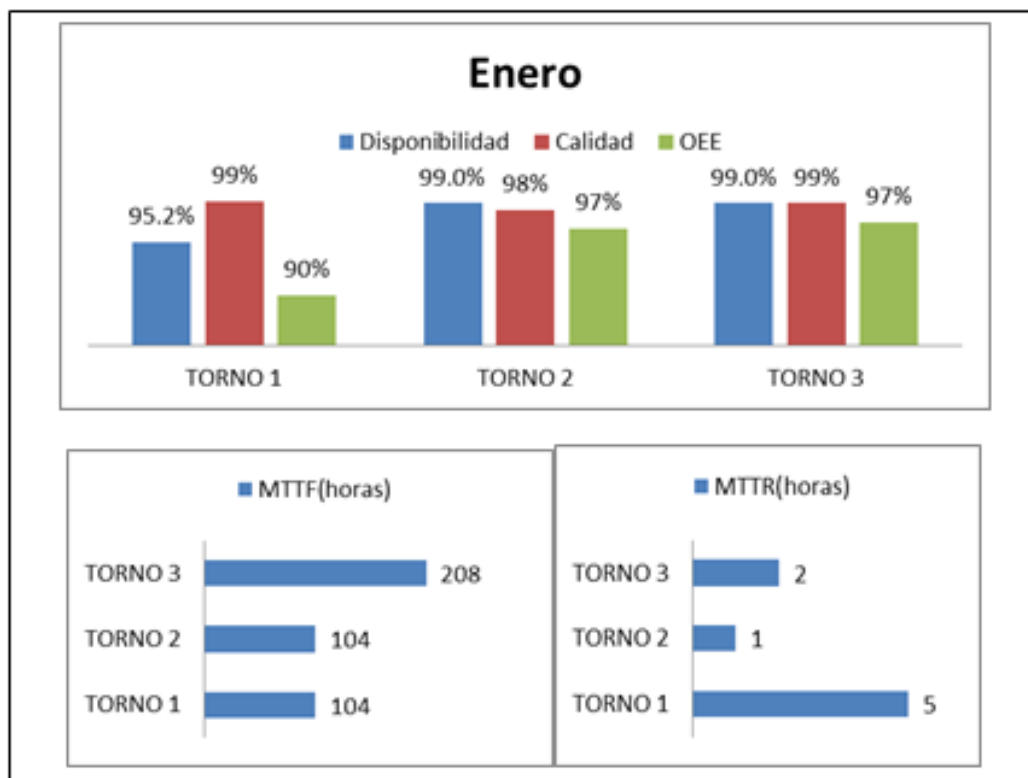


Figura 34: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Enero del 2016.

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Enero del 2016, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 95,2%, por otro lado el Torno 2 tiene un 99% y el torno 3 con un 97,1%; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 90%, para el torno 2 un 97%, y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 97%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 104 h a 208 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 1h a 5h. (Ver en anexo 7)

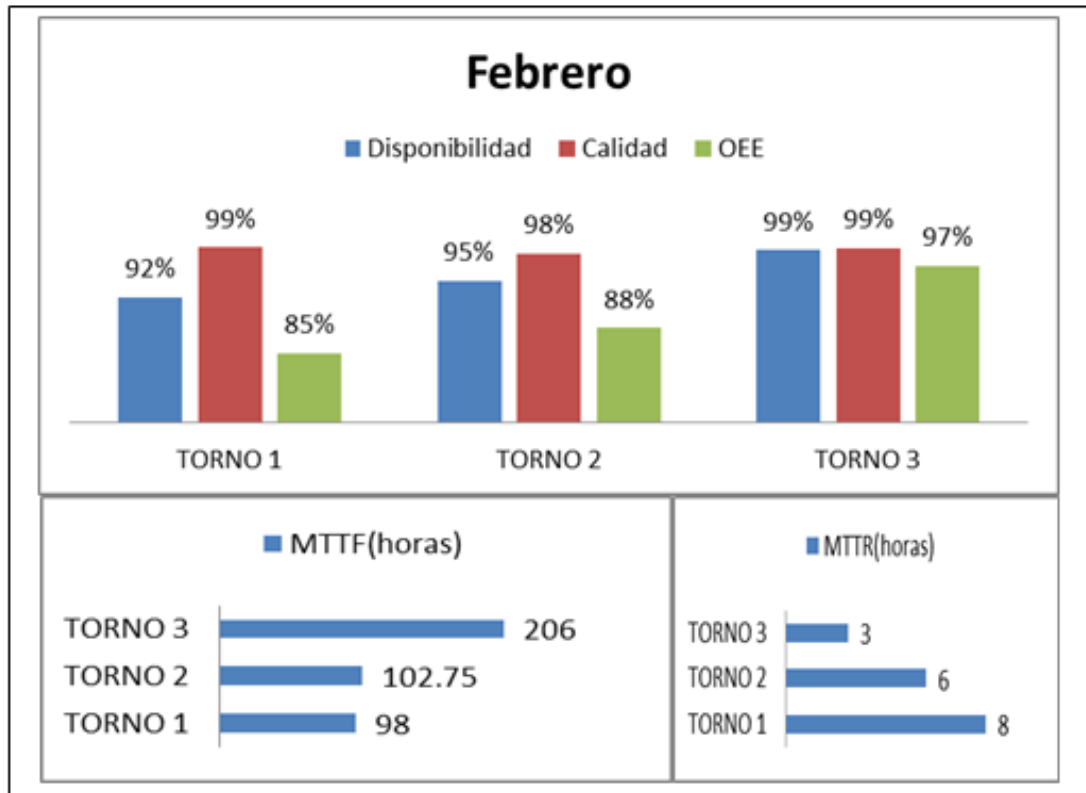


Figura 35: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de febrero del 2016.
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Febrero del 2016, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 92%, por otro lado el Torno 2 tiene un 95% y el turno 3 con un 99%; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el turno 1 un rendimiento del 85%, para el turno 2 un 88% , y para el turno 3 se obtuvo un rendimiento del 97%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 98 h a 206 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 3h a 8h. (Ver en anexo 8)

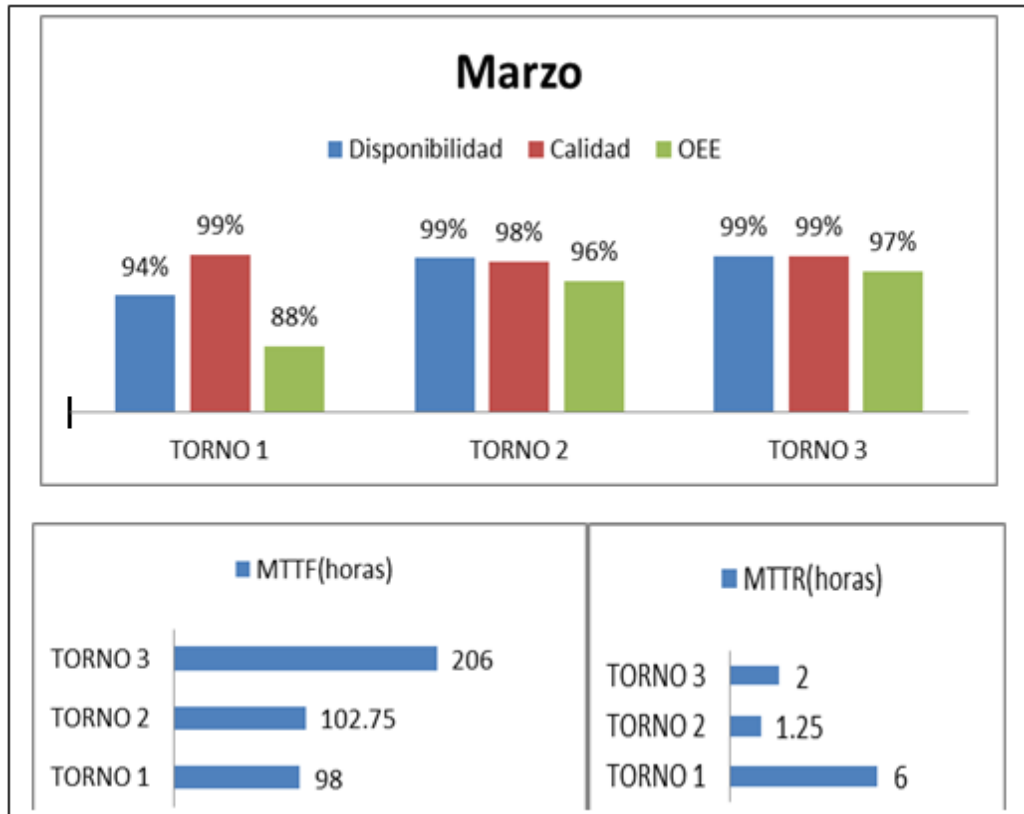


Figura 36: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Marzo del 2016.
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Marzo del 2016, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación)

Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 94%, por otro lado el Torno 2 tiene un 99% y el turno 3 con un 99%; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el turno 1 un rendimiento del 88%, para el turno 2 un 96%, y para el turno 3 se obtuvo un rendimiento del 97%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 98 h a 206 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 2h a 6h. (Ver en anexo 9)

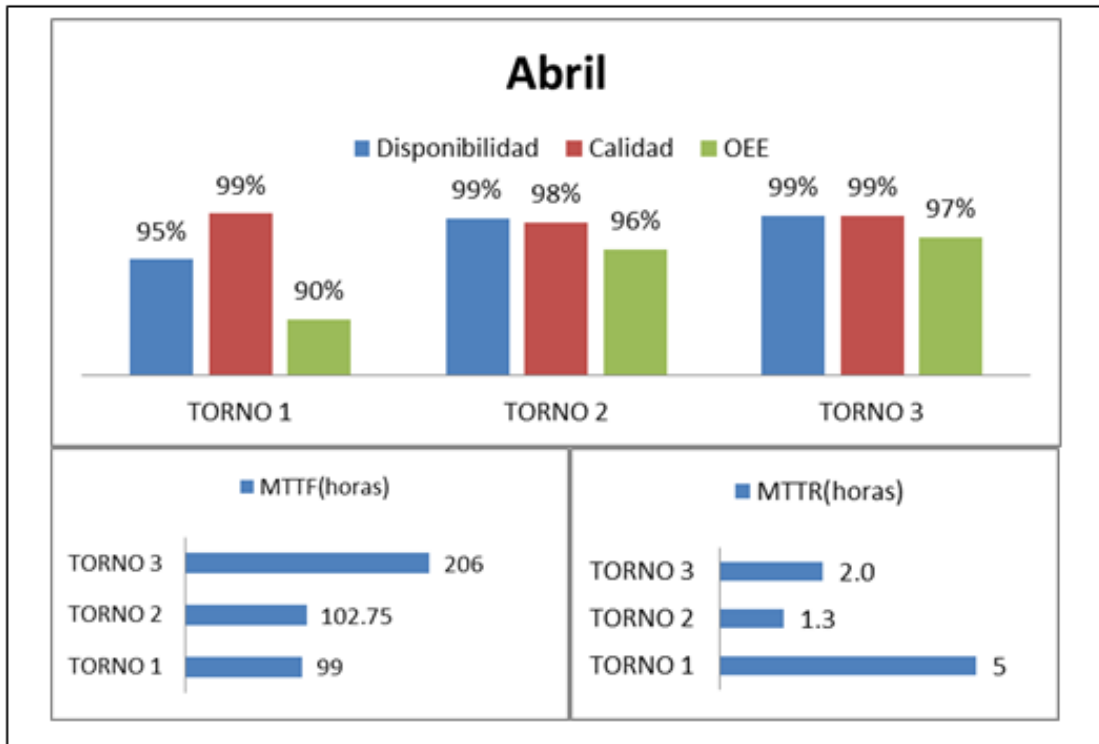


Figura 37: Indicadores Futuros de mantenimiento en el mes de Abril del 2016

Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica anterior se puede apreciar los indicadores de mantenimiento en el mes Abril del 2016, la disponibilidad de las máquinas, calidad, OEE (Eficiencia general de los equipos), MTTF (tiempo medio entre fallas), y el MTTR (tiempo promedio para reparación) Como se puede apreciar la disponibilidad del Torno 1 es de 95%, por otro lado el Torno 2 tiene un 99% y el torno 3 con un 99%; otro indicador es el rendimiento de las máquinas, para lo cual se obtuvo para el torno 1 un rendimiento del 90%, para el torno 2 un 96%, y para el torno 3 se obtuvo un rendimiento del 97%.

Por otro lado, la calidad se mantuvo en una variación de 98% a 99%.

Otro indicador es el MTTF, el cual varía entre 99 h a 206 h de buen funcionamiento, sin embargo, al analizar el MTTR se obtuvo que el tiempo promedio para reparar varía entre 1,3h a 5h. (Ver en anexo 10)

Comparación de horas de falla antes y después de la mejora

Máquina 1: Torno Revolver – fallas (Horas/mes)

De acuerdo a los datos recopilados el periodo de noviembre 2015 – 2016 se realizó un seguimiento con formatos de un plan de mantenimiento para verificar dichas fallas dentro de la empresa. (Ver en anexo los registros).

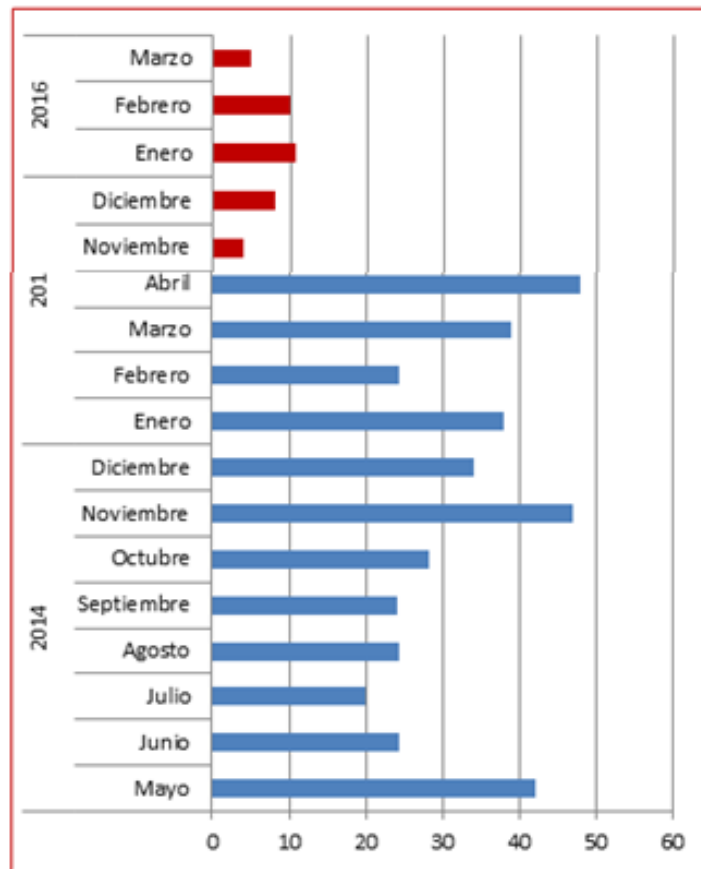


Figura 38: Comparación de horas de falla antes y después de la mejora de la máquina Torno Revolver 1.

Fuente: Elaboración Propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar la disminución de las horas de falla con la nueva propuesta, se realizó un seguimiento de registros en el periodo noviembre de 2015 – Diciembre 2016 en la máquina 1.

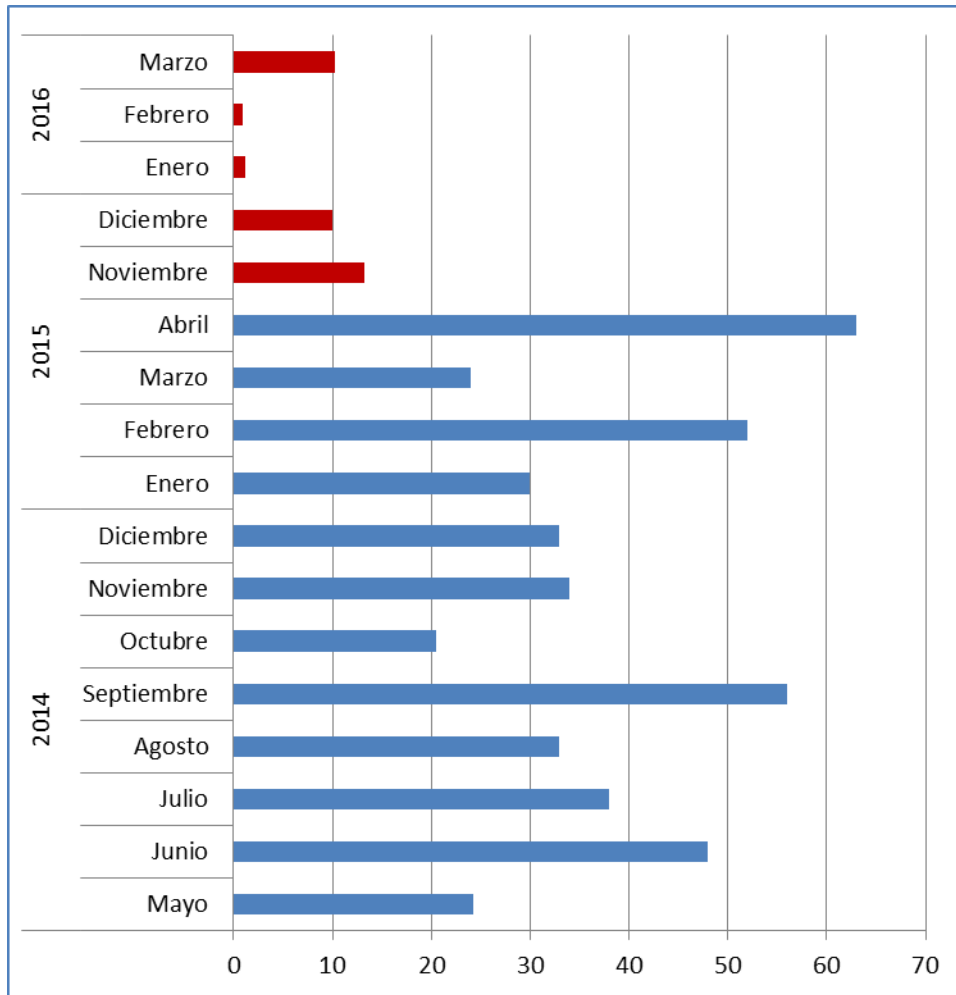


Figura 39: Comparación de horas de falla antes y después de la mejora de la maquina Torno Revolver 2.

Fuente: Elaboración Propia - Fabrication Technology Company S.A.C.

En la gráfica anterior se puede apreciar la cantidad de horas de fallas en los diferentes meses.

Se realizó un seguimiento de acuerdo al Diagnóstico (mayo 2014- abril 2015), en el periodo (Noviembre 2015 – marzo 2016) se cabe resaltar que la disminución de las horas de falla/mes.

3.4. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Impacto de los costos actuales de mantenimiento en la tabla siguiente se presenta una tabla de costos de mantenimiento a causa de las fallas en el periodo mayo – abril del 2015

3.4.1. ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO SEMESTRAL

El impacto de los costos de mantenimiento se muestra en la siguiente

Tabla 52: Costos de Mantenimiento en el Periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015

Mes	Mano Obra(S/.)	Repuestos (S/.)
Mayo	373,75	1051,25
Junio	391,25	493,75
Julio	292,5	662,5
Agosto	290	755
Septiembre	461,25	603,75
Octubre	295	930
Noviembre	406,25	583,75
Diciembre	336,25	498,75
Enero	341,25	503,75
Febrero	462,5	667,5
Marzo	345	795
Abril	597,5	682,5
Total	4592,5	8227,5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 52 se puede apreciar los costos de mano de obra y los costos de refracciones (repuestos) o piezas a fabricar para dicho mantenimiento.

Cabe resaltar que en el periodo mayo 2014 – abril del 2015, los costos de mano de obra son 4592,5 soles, repuestos o fabricación de repuestos un total de 8227,5 soles.

Para analizar la propuesta de mejora se tendrá en cuenta el periodo noviembre del 2014 – abril del 2015 debido a que se tomará referencia 6 meses proyectados.

Tabla 53: Impacto de Costos actuales de Mantenimiento en el Periodo noviembre del 2014 hasta abril del 2015

Mes	Mano Obra(S/.)	Repuestos/Fabricacion(S/.)
Noviembre	406,25	583,75
Diciembre	336,25	498,75
Enero	341,25	503,75
Febrero	462,5	667,5
Marzo	345	795
Abril	597,5	682,5
Total	2488,75	3731,25

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar los costos actuales en el periodo noviembre del 2014 – abril de 2015; costos totales de 6220 (S/.) costos de mano de obra 2488 (S/.) y los costos de refracciones (repuestos) o piezas a fabricar suman un total de 3 731 nuevos soles.

COSTOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Tabla 54: Costos del sistema Propuesto en el Periodo noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Mes	Repuestos (soles)
Noviembre	610
Diciembre	180
Enero	60
Febrero	520
Marzo	80
Abril	310
Subtotal	1760
Mano de obra	590
Total	2350

Fuente: Elaboración propia

Costos totales de la nueva propuesta 2940 nuevos soles, con esta propuesta se reducirán 3280 nuevos soles en ese periodo un 60% en sus costos de mantenimiento referencia al mantenimiento actual

Análisis de Mantenimiento Semestral

Para medir la reducción de los costos que se incurren en el área de mantenimiento mediante la implementación, se ha tomado la información de los costos de mantenimiento en los que actualmente incurre la empresa, tomando en cuenta el costo de los repuestos o refracciones (incluyen las reparaciones) y el costo de la mano de obra del personal que deja de producir.

El costo semestral del sistema de mantenimiento preventivo es de S/. 2350 se puede apreciar en la tabla N° 50 por lo que se podría decir que el costo mensual de mantener el sistema de mantenimiento sería de S/. 391 nuevos soles.

Beneficio = sistema actual – sistema propuesto

Beneficio = S/.6220 – S/. 2350

Beneficio = S/. 3870

El ahorro de beneficio mensual 645 soles mensuales

3.4.2. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA ANUAL

El último paso de toda propuesta de mejora es el análisis costo-beneficio, puesto que no se debe dejar de lado el costo de la inversión que implica el desarrollo e implementación del sistema de gestión para el proceso de mantenimiento que se propone.

Todas las actividades deben de ser ejecutadas de manera planificada, organizada y controlada para no exceder los plazos y los costos de los objetivos planteados.

3.4.2.1. Costos del plan de mantenimiento

Para analizar la presente propuesta se debe tener en cuenta los costos en lo que la empresa debe cubrir, para ello se tiene que determinar los costos de implementación del plan de mantenimiento, así como los de su ejecución anual y también los costos de los materiales necesarios para el mantenimiento en sí. En la siguiente tabla se presenta esta información.

Capacitaciones: para la instalación de este plan se deben de dar capacitaciones, brindándoles información sobre sus principales tareas dentro del área de trabajo, funcionamiento de la maquinaria, partes principales de un torno Revolver. (Anexo: Tabla N° 55, 56)

Computadora: se debe de contar con una computadora para llevar el control de registros de cada maquinaria donde permita analizar las fallas más frecuentes.

Tabla 55: Costos cuantificables para implementación del proyecto

Materiales	Costo unitario (S/.)	Cantidad	Costo total(S/.)
Computadora	2500	1	2500
Capacitaciones	100	2	100
Materiales de escritorio	200	1	200
Total			2800

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Costos de Materiales y Repuestos para el Plan de Mantenimiento de las máquinas

Descripción	Precio	Unidad	Cantidad	Subtotal
Pinzas	180	Soles	15	2700
Brocas de Cobalto 16"	80	Soles	18	1440
Pastilla carburada	40	Soles	15	600
Discos de embrague	60	Soles	9	540
Fajas	40	Soles	12	480
Rodamientos Cónicos	80	Soles	12	960
Cambiar aceite	120	Balde 18 litros	3	360
Aceite refrigerante	160	soles/balde	4	640
Guantes	40	Soles	6	240
Lentes	20	Soles	10	200
Caja de llaves Stanley	300	Soles	1	300
Disco esmeril	200	Soles	1	200
Total	1000	Soles	88	8660

Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 55 se muestra los costos anuales de materiales para el plan de mantenimiento basado, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar.

Así tenemos que el costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento RCM es de S/. 8 660.

El costo total, incluyendo la capacitación para el manteniendo, los materiales para el mantenimiento, se calcula sumando el total de la tabla N°55y tabla N° 56 manera donde el costo total es de 11 460 nuevos soles.

3.4.2.2. Beneficios esperados

Del mismo modo se hallará el beneficio, basándose en los tiempos de los trabajos del plan de mantenimiento, con se observa a continuación.

Tabla 57: Tiempo anual en Actividades del Plan de Mantenimiento

N°	Actividad de mantenimiento	Tiempo aproximado de trabajo (min)	Periodo	N de veces al año en efectuarse	Tiempo anual de mantenimiento (min)	Tiempo anual de mantenimiento (horas)
Torno 1	Revisar el sistema de transmisión	15	Semanal	52	780	13
	Cambiar Aceite Repsol grado 80	15	cada 7 semanas	15	225	3,75
	Cambiar Pinzas	60	12 semanas	4	240	4
	Cambiar Discos de embrague	60	8 semanas	6	360	6
	Cambiar Brocas Cobalto HS	15	2,5 mes	5	75	1,25
	Cambiar aceite Refrigerante	10	Diario	360	3600	60
	Cambiar Fajas - RPF 13x1300L1	15	4 meses	9	135	2,25
	Cambiar Rodamientos Cónicos	40	4 meses	3	120	2
Tiempo Total anual de mantenimiento para el Torno 1						92,25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se puede apreciar las actividades anuales del plan de mantenimiento del Torno revolver 1, las actividades de mantenimiento y el tiempo empleado en un periodo determinado.

Tabla 58: Tiempo Total anual del Plan de Mantenimiento de las Máquinas

MÁQUINA	Tiempo anual de mantenimiento(horas)
Tiempo Total anual de mantenimiento para del Torno 1	92,25
Tiempo Total anual de mantenimiento para del Torno 1	92,25
Tiempo Total anual de mantenimiento para del Torno 3	38
TOTAL	222,5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 58 se puede apreciar el tiempo de mantenimiento anual de cada máquina, donde el tiempo total de mantenimiento de la maquinaria es de 222,5 horas.

Tabla 59: Comparación del Mantenimiento en el Periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015 y el periodo Noviembre 2015 hasta Octubre del 2016

MANTENIMIENTO	Implicancia económica (soles)	Tiempo en actividades de reparación y/o mantenimiento (Horas)
En el Periodo mayo 2014 hasta abril 2015		
Torno revolver 1	S/. 19 656	409, 5
Torno revolver 2	S/. 21 876	456
Torno revolver 3	S/. 2568	55.5
TOTAL	44 100	921
En el periodo Noviembre del 2015 hasta octubre del 2016		
Torno revolver 1	5 535	92,25
Torno revolver 2	5 535	92,25
Torno revolver 3	2 052	38
TOTAL	13 122	222.5

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°59 el tiempo de 222,5 corresponde al tiempo en aplicar el plan de mantenimiento RCM, si se compara con el tiempo de parada del periodo Mayo 2014 hasta Abril del 2015 fue de 921 horas, se disminuirá 698,5 en horas al año.

Tabla 60: Ingreso anual por el Plan de Mantenimiento RCM

Horas de paradas en el proceso de producción de bocinas que se disminuirían aplicando mantenimiento RCM al año	698,5
Producción (unidades/h)	60
Utilidad por unidad (soles)	0,4
Producción en las 698,5 horas	41 910
Precio de la unidad bocina	0,9
Implicancia económica anual (soles)	37 719
Ingreso anual por el plan de mantenimiento (S/.)	S/. 15 087,6

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS COSTO BENEFICIO ANUAL

El plan de mantenimiento propuesto se realizó debido a que la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, el beneficio que se dará es el de evitar las paradas de la maquinaria a causa de fallas, Así tenemos que el Beneficio/costo es:

Los datos tomados de la Tabla N° 60 y la suma de la Tabla N° 55 y Tabla N° 56 como denominador.

$$\text{Beneficio/ costo} = 15087,6 / 11460$$

$$\text{Beneficio/costo} = 1,32$$

Lo cual nos indica que por cada sol que se invierte en el plan de mantenimiento RCM para el proceso de producción de las unidades de bocinas el beneficio será de 0,32 nuevos soles.

IV. CONCLUSIONES

El diagnóstico de la situación actual del área de producción y al área de mantenimiento, determina que las causas principales del problema en la disminución de la producción (menos unidades producidas), se debe al tiempo empleado en el mantenimiento por falla de las máquinas, anteriormente el costo de mantenimiento semestral de las máquinas fue de s/. 6220, con la propuesta que se implementó los costos de mantenimiento fueron de s/. 2350 reduciendo en un 62% así mismo el ahorro mensual es de 645 soles mensuales.

Con respecto a los indicadores cabe resaltar lo siguiente: productividad de mano de obra de la maquinaria: torno revolver 1 anteriormente producían un promedio 47,1 unidades/hora, con la propuesta producirá un promedio de 56,2 unidades/hora, el incremento de 9,6 unidades/hora, así mismo incrementando un 30% de utilidad. Otro indicador es la eficiencia de la maquina antes 60,4% con la nueva propuesta implementada del plan de mantenimiento incremento 34%. Así mismo para la máquina torno Revolver 2: la productividad de mano de obra incremento en un 23% produciendo 59 unidades / hora, anteriormente la producción es de 47 unidades/ hora, así mismo la productividad total aumento en un 0.093, antes un promedio de 1.44, después 1.535 lo cual significa que por cada nuevo sol invertida ganará un 0,053 soles. La eficiencia de la maquina anteriormente 70, 6% y con la nueva propuesta implementada incremento en un 26,5 % lo cual significa mayores ingresos debido a que no se presenta constantes fallas durante ese periodo.

Con el nuevo plan de mantenimiento preventivo, resulto ser favorable la implementación de mantenimiento logrando reducir los tiempos de falla y aumentando la disponibilidad de la maquinaria, la disponibilidad de la maquinaria: Torno revolver 1 anteriormente era en promedio de 79% con el nuevo plan de mantenimiento incremento en un 15%, la producción promedio mensual en el periodo analizado anteriormente es de 9367 unidades /mes, con la propuesta incremento en un 21% produciendo 11847 unidades/mes.

Para la maquina: torno revolver 2 antes disponibilidad antes un 78% con la propuesta incremento a 96% produciendo 12117 unidades/ mensuales.

La aplicación de la nueva propuesta de un plan de mantenimiento preventivo implementada resulto ser favorable, logrando disminuir los tiempos de fallas antes fue de 921 horas, se disminuirá 698,5 y así mismo incrementando la productividad de las máquinas con un costo beneficio de 1,32 lo cual nos indica que por cada sol que se invierte en el plan de mantenimiento RCM para el proceso d producción de las unidades de bocinas el beneficio será de 0,32 nuevos soles.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Carlos, B. 2012. *Mantenimiento Industrial*. Córdoba, Argentina: Editorial Científica Universitaria.
- Cuatrecasas, L. 2000. *Total Productive Maintenance*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A.
- De Bona, J. 1999. *La gestión del mantenimiento: Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones; criterios para la subcontratación*. Madrid: FC editorial.
- García, Criollo. 2005. *Estudio del Trabajo*. Mc Graw Hill Interamericana.
- García, S. 2003. *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Gatica, R. 2009. *Mantenimiento industrial/ Industrial Maintenance: Manual De Operacion Y Administracion/ Manual Operation and Administration*. Editorial Trillas Sa De Cv.
- Gonzales, M. 2015. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado al Sistema Hidráulico de la Planta Generadora Huaji de Cobee*, www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/jbc/v11n35/v11n35_a02.pdf.
- Heizer, Jay. 2007. *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas*. Madrid: Pearson Education.
- Hung, A. 2009. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la Planta*. Oscar A. Machado EDC. N° 2. Pp. 13-19. <http://www.redalyc.org/pdf/3291/329127741002.pdf>.
- Monchy, F. 1990. *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*. España: Masson.
- Moubray, J. 1997. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. España: Masson.
- Otero, A. 2010. *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*, N° 1, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>.
- Parra C. 2012. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en Gestión de Activos. Desarrollo y aplicación práctica de un modelo de gestión de mantenimiento*. España: Ediciones Ingeman.
- Pascual, R. 2016. “*Gestión moderna del mantenimiento*”. Chile: Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.
- Sols, A. y Romero, F. 2011. *Equipos y productos robustos y fiables: el análisis de mantenimiento centrado en la fiabilidad*. https://revista-anales.icaei.es/web/n_6/pdf/seccion_3.pdf.

VI. ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de la maquinaria según las horas de falla

Mes	Máquina Torno R1	Máquina Torno R 2	Máquina Torno R 3
Mayo	42	24.25	8.5
Junio	24.25	48	6
Julio	20	38	0.5
Agosto	24.5	33	0.5
Septiembre	32	56	4.25
Octubre	28.25	20.5	10.25
Noviembre	47.25	34	0.25
Diciembre	34	33	0.25
Enero	38	30	0.25
Febrero	24.25	52	16.25
Marzo	39	24	6
Abril	56	63	0.5
Total	409.5	455.75	55.5

Fuente: Elaboración propia- Empresa.

Anexo 2: Clasificación de la máquina Torno revolver 1 según Tipos de falla, costos de falla en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tipo de fallas	Tiempo (horas/mes)	Coto x cada Falla	Costo incluido Mano Obra	Número de fallas/mes
Mayo	Desgaste discos de embrague	8	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	32	150	450	3
	Mala lubricación	2	20	20	1
Junio	Desgaste discos de embrague	8	60	60	1
	Roturas de brocas	0.25	40	45	1
	Desgaste de Pinzas	16	150	150	1
Julio	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Desgaste de Pinzas	20	150	375	2
Agosto	Desgaste discos de embrague	16	60	120	2
	Desgaste de Pinzas	8	150	150	1
	Mala lubricación	0.5	20	30	1
Septiembre	Desgaste discos de embrague	8	60	60	1
	Desgaste de piñón	8	100	100	1
	Desgaste de Pinzas	16	150	300	2
Octubre	Desgaste discos de embrague	8	60	60	1
	Roturas de brocas	0.25	40	45	1
	Desgaste de Pinzas	20	150	300	2
Noviembre	Desgaste discos de embrague	15	60	120	2
	Desgaste de Pinzas	32	150	450	3
	Mala lubricación	0.25	20	30	1
Diciembre	Desgaste discos de embrague	16	60	120	2
	Mala lubricación	1	20	20	1
	Desgaste de Pinzas	17	150	150	1
Enero	Desgaste discos de embrague	6	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	32	150	450	3
Febrero	Desgaste discos de embrague	8	60	60	1
	Roturas de brocas	0.25	40	45	1
	Desgaste de Pinzas	16	150	300	2
Marzo	Desgaste discos de embrague	7	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	32	150	450	3
Abril	Desgaste discos de embrague	16	60	120	2
	Desgaste de piñón	8	100	100	1
	Desgaste de Pinzas	32	150	450	1
Total		409.5	2860	5310	48

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Clasificación de la máquina Torno revolver 2 según Tipos de falla, costos de falla en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

	Tipo de fallas	Tiempo horas	Tiempo(minutos)	COSTO repuesto y MO(Soles/ Falla)	Costo incluido Mano Obra	N° de fallas
Mayo	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0	-
	Desgaste de Pinzas	24	1440	150	300	2
	Rotura de brocas	0.25	15	40	45	1
Junio	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0	-
	Desgaste de Pinzas	48	2880	150	450	3
Julio	Desgaste discos de embrague	8	480	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	30	1800	150	450	3
Agosto	Desgaste discos de embrague	8	480	60	120	2
	Desgaste de Pinzas	25	1500	150	300	2
	Rotura de brocas	0.25	15	40	45	1
Septiembre	Desgaste discos de embrague	8	480	60	120	2
	Desgaste de Pinzas	48	2880	150	450	3
Octubre	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0	-
	Mala lubricación	0.5	30	20	25	1
	Desgaste de Pinzas	20	1200	150	450	3
Noviembre	Desgaste discos de embrague	4	240	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	30	1800	150	300	2
Diciembre	Desgaste discos de embrague	8	480	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	25	1500	150	450	3
Enero	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0	-
	Desgaste de Pinzas	30	1800	150	300	2
Febrero	Desgaste discos de embrague	4	240	60	120	2
	Desgaste de Pinzas	48	2880	150	450	3
Marzo	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0	-
	Desgaste de Pinzas	24	1440	150	450	3
Abril	Desgaste discos de embrague	15	900	60	60	1
	Desgaste de Pinzas	48	2880	150	450	3
TOTAL		456	27360	2320	5515	45

Fuente: Elaboración propia empresa

Anexo 4: Clasificación de la máquina Torno revolver 3 según Tipos de falla, costos de falla en el periodo mayo 2014 hasta abril del 2015

Mes	Tipo de fallas	Tiempo horas	Tiempo(minutos)	COSTO (Soles/ Falla)	Costo incuido Mano Obra
Mayo	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Desgaste de Pinzas	8	480	150	150
	Fuga de Hidrolina	0.5	30	140	280
Junio	Desgaste discos de embrague	6	360	60	60
	Roturas de brocas	0	0	0	0
	Fuga de Hidrolina	0	0	0	0
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Julio	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Fuga de Hidrolina	0.5	30	70	70
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Agosto	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
	Fuga de Hidrolina	0.5	30	140	280
Septiembre	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Fuga de Hidrolina	0.25	15	30	35
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Octubre	Desgaste discos de embrague	4	240	60	30
	Roturas de brocas	0.25	15	40	45
	Desgaste de Pinzas	6	360	150	150
Noviembre	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Rotura de Pinzas	0	0	0	0
	Mala lubricación	0.25	15	20	30
Diciembre	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Fuga Hidrolina	0.25	15	30	35
	Rotura de Pinzas	0	0	0	0
Enero	Desgaste discos de embrague	0	0	0	0
	Fuga Hidrolina	0.25	15	30	35
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Febrero	Desgaste discos de embrague	16	960	60	120
	Roturas de brocas	0	0	0	0
	Fuga Hidrolina	0.25	15	30	35
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Marzo	Desgaste discos de embrague	6	360	60	60
	Rotura de Pinzas	0	0	0	0
Abril	Desgaste discos de embrague	6	360	60	60
	Fuga Hidrolina	0.5	30	30	40
	Desgaste de Pinzas	0	0	0	0
Total		55.5	3330		1515

Fuente: Elaboración propia –Empresa

Anexo 5: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de noviembre del 2015

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción ideal	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	14	194	2	11640	12480	100	93%	7.0	97.0	99%	93%	86.3%	93%
TORNO 2	208	14	194	2	11640	12480	200	93%	7.0	97.0	98%	93%	85.6%	93%
TORNO 3	208	4	204	2	12240	12480	120	98%	2.0	102.0	99%	98%	95.3%	98%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de diciembre del 2015

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción ideal	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	1.25	206.75	2	12405	12480	100	99.4%	0.625	103.4	99%	99%	98.0%	99%
TORNO 2	208	4	204	1	12240	12480	200	98.1%	4	204.0	98%	98%	94.6%	98%
TORNO 3	208	6	202	2	12120	12480	120	97.1%	3	101.0	99%	97%	93.4%	97%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de enero del 2016

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	10	198	2	11880	12480	100	95.2%	5	104	99%	95%	90%	95%
TORNO 2	208	2	206	2	12360	12480	200	99.0%	1	104	98%	99%	97%	99%
TORNO 3	208	2	206	1	12360	12480	120	99.0%	2	208	99%	99%	97%	99%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de febrero del 2016

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	16	192	2	11520	12480	100	92%	8	96	99%	92%	85%	92%
TORNO 2	208	11.25	196.75	2	11805	12480	200	95%	6	98	98%	95%	88%	95%
TORNO 3	208	2.5	205.5	1	12330	12480	120	99%	3	206	99%	99%	97%	99%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de marzo del 2016

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	12	196	2	11760	12480	100	94%	6	98	99%	94%	88%	94%
TORNO 2	208	2.5	205.5	2	12330	12480	200	99%	1.25	102.75	98%	99%	96%	99%
TORNO 3	208	2	206	1	12360	12480	120	99%	2	206	99%	99%	97%	99%

Fuente: Elaboración Propia

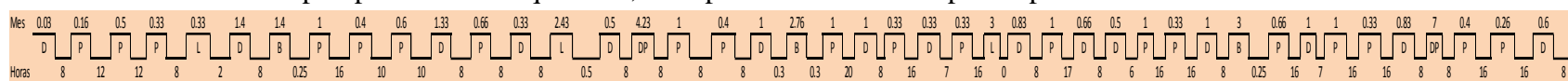
Anexo 10: Indicadores de mantenimiento con la mejora del mes de abril del 2016

Máquina	Horas Teóricas	Horas de falla	Horas trabajadas	N° de averías	Producción	Producción	Mermas	Disponibilidad	MTTR(horas)	MTTF(horas)	Calidad	Tasa ejecución	OEE	Fiabilidad
TORNO 1	208	10	198	2	11880	12480	100	95%	5	99	99%	95%	90%	95%
TORNO 2	208	2.5	205.5	2	12330	12480	200	99%	1.3	102.75	98%	99%	96%	99%
TORNO 3	208	2	206	1	12360	12480	120	99%	2.0	206	99%	99%	97%	99%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 11: Gráfica de análisis de fallas de la maquinaria Torno Revolver 1

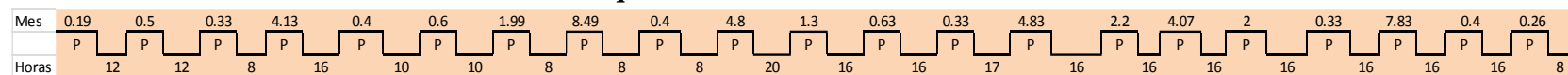
En la gráfica se presenta el análisis de fallas en diferentes meses, en el periodo mayo del 2014 – abril del 2015
 En los meses son tiempo operático hasta que falla; tiempo fuera de servicio para reparación



- P: Desgaste de pinzas
- B: Desgaste de brocas
- D: Desgaste discos de embrague
- L: Mala lubricación
- DP: degaste de Piñón

En la gráfica se puede apreciar las diversas fallas en la máquina, lo cual la más significativa es el desgaste de pinzas y los discos de embrague

Gráfica de Análisis de Fallas de Pinzas en la Maquinaria: Torno Revolver 1

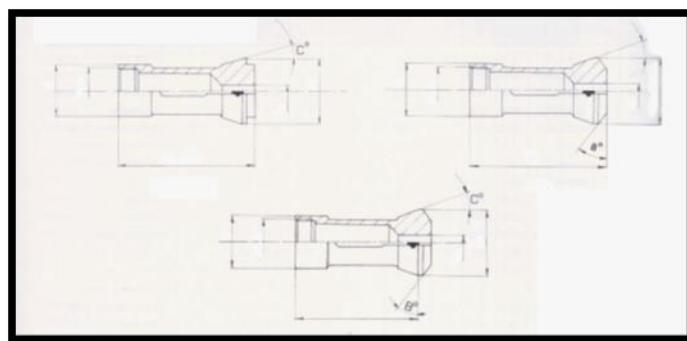


P: Desgaste de pinzas

En la gráfica anterior se puede apreciar la frecuencia de la falla desgaste de pinzas en diferentes meses, por lo tanto el MTTF tiempo promedio de buen Funcionamiento es de 2 meses aproximadamente.

El tiempo promedio para reparar ese tipo de falla es de 13,4 horas

MTTF	2.19 mes	=	h/falla
			1599
MTTR			13.4 h/falla



Anexo 12: MOF del mecánico

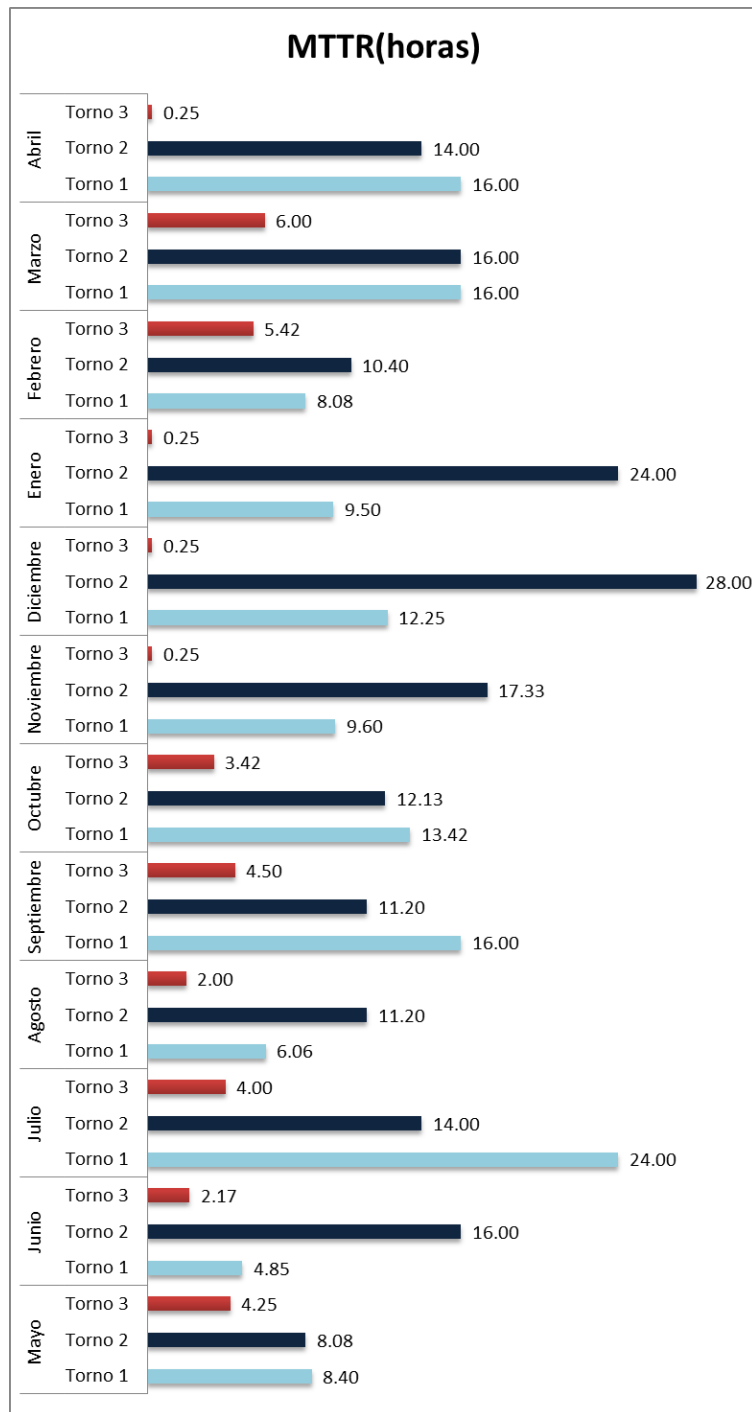
DENOMINACION DEL PUESTO: Mecánico de mantenimiento.	JEFE INMEDIATO: Jefe de mantenimiento.
LE REPORTAN: Operarios.	NUMERO DE EMPLEOS A CARGO: Ninguno
FUNCIONES	
<ul style="list-style-type: none">• Efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo (de darse el caso) de las Máquinas y equipos de la planta o instalaciones.• Prever y prevenir posibles fallas y reportarlas con el Jefe de Mantenimiento.• Efectuar el mantenimiento correctivo dado al caso.• Realizar unos aportes de averías al Jefe de Mantenimiento.• Lubricar las maquinas según planificación de mantenimiento.• Inspeccionar los niveles de aceite u otros insumos indispensables para el funcionamiento de las máquinas.• Realizar la limpieza superficial diaria de las máquinas.• Participar en los labores de limpieza y mantenimiento de la infraestructura de la planta.• Coordinación constante con el jefe de mantenimiento.• Elaborar informes del estado de la máquina y de las fallas con el visto bueno del jefe inmediato.• Anotar en las hojas de control todos los trabajos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se realiza en la maquinaria.• Reporta semanalmente el estado de sus herramientas y la conformidad en cantidad de las mismas mediante un inventario.• Apoyare en los inventarios de almacén de repuestos.• Hacerse responsable de su caja de herramientas así como de las que se retire de almacén.• Apoyar en otras labores de trabajo según lo requiera el Jefe de Mantenimiento.• Apoyar en la operación de maquinaria de planta de ser necesario (Eventualmente).• Limpieza de servicios higiénicos. (Turnos Rotativos).• En caso de ausencia será reemplazado por: Otro Mecánico. <p>Nota: Las funciones será establecidas en el puesto son enunciativas más no limitantes.</p>	

Anexo 13: Orden de Trabajo

<p><i>SOLICITUD DE REPUESTOS</i></p> <p>ÁREA DE MANTENIMIENTO</p> <p>ORDEN DE PEDIDO _____ FECHA: _____ / Hora: _____</p> <p>MÁQUINA: _____ PARTE DE LA MÁQUINA: _____</p> <p>SOLICITANTE: _____ MECÁNICA: _____ ELÉCTRICA: _____</p>					
Fecha	Repuesto/Pieza/dispositivo eléctrico/Lubricante/ Otros	Cantidad	Marca	Observación	Proveedor - (Almacén tienda)

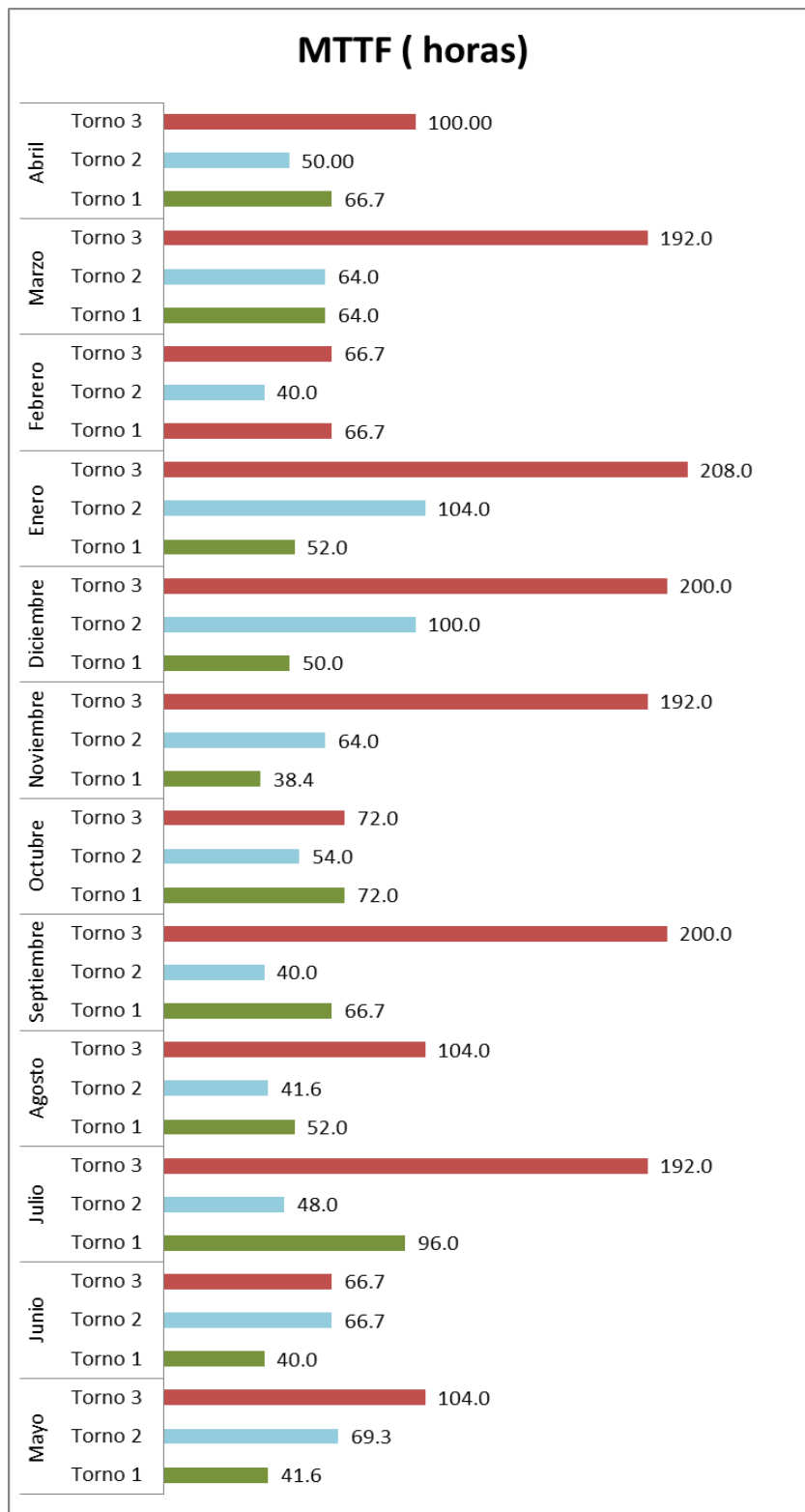
Fuente: Elaboración Propia

Anexo 15: Indicador MTTR de la Maquinaria



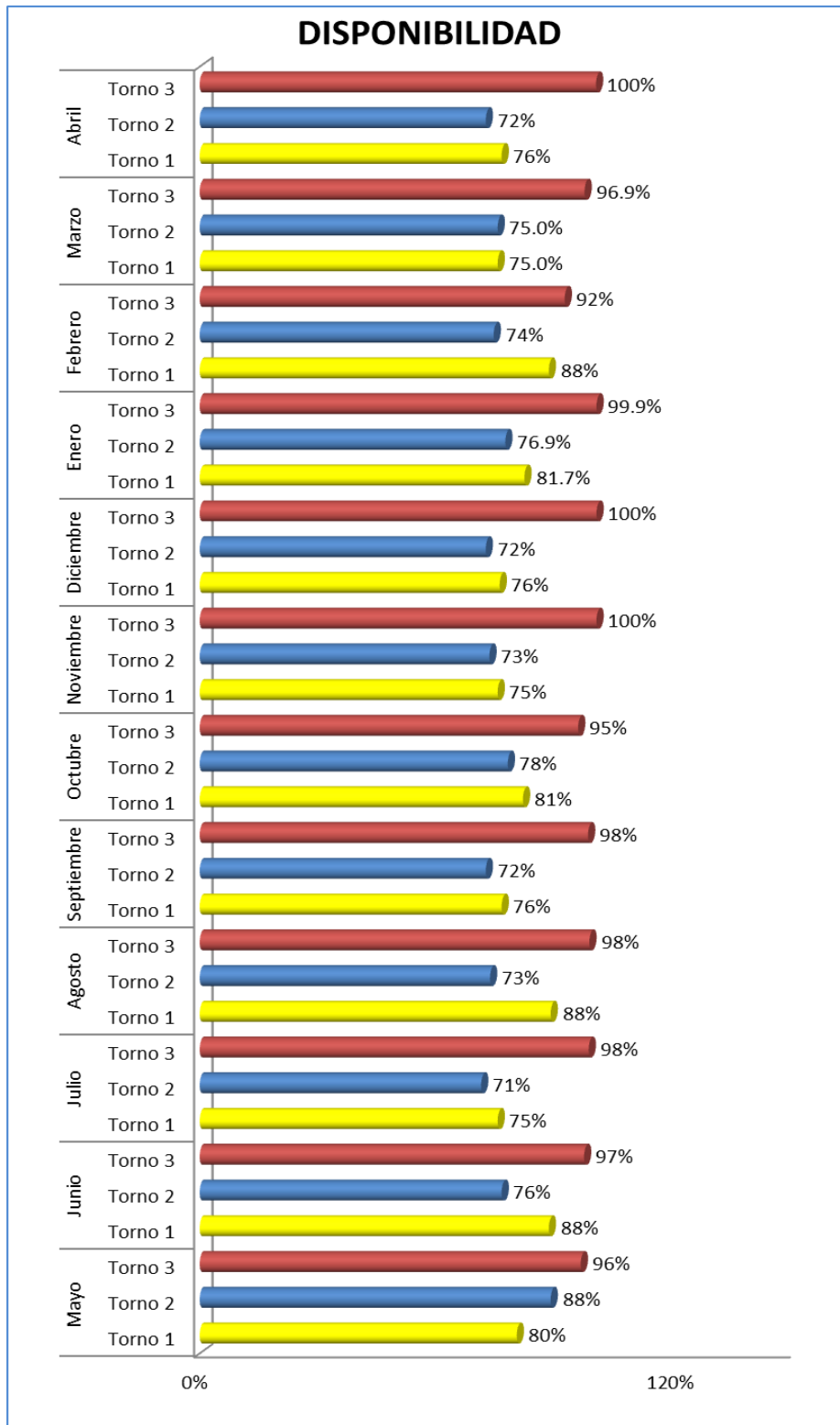
Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Indicador MTTF de la Maquinaria



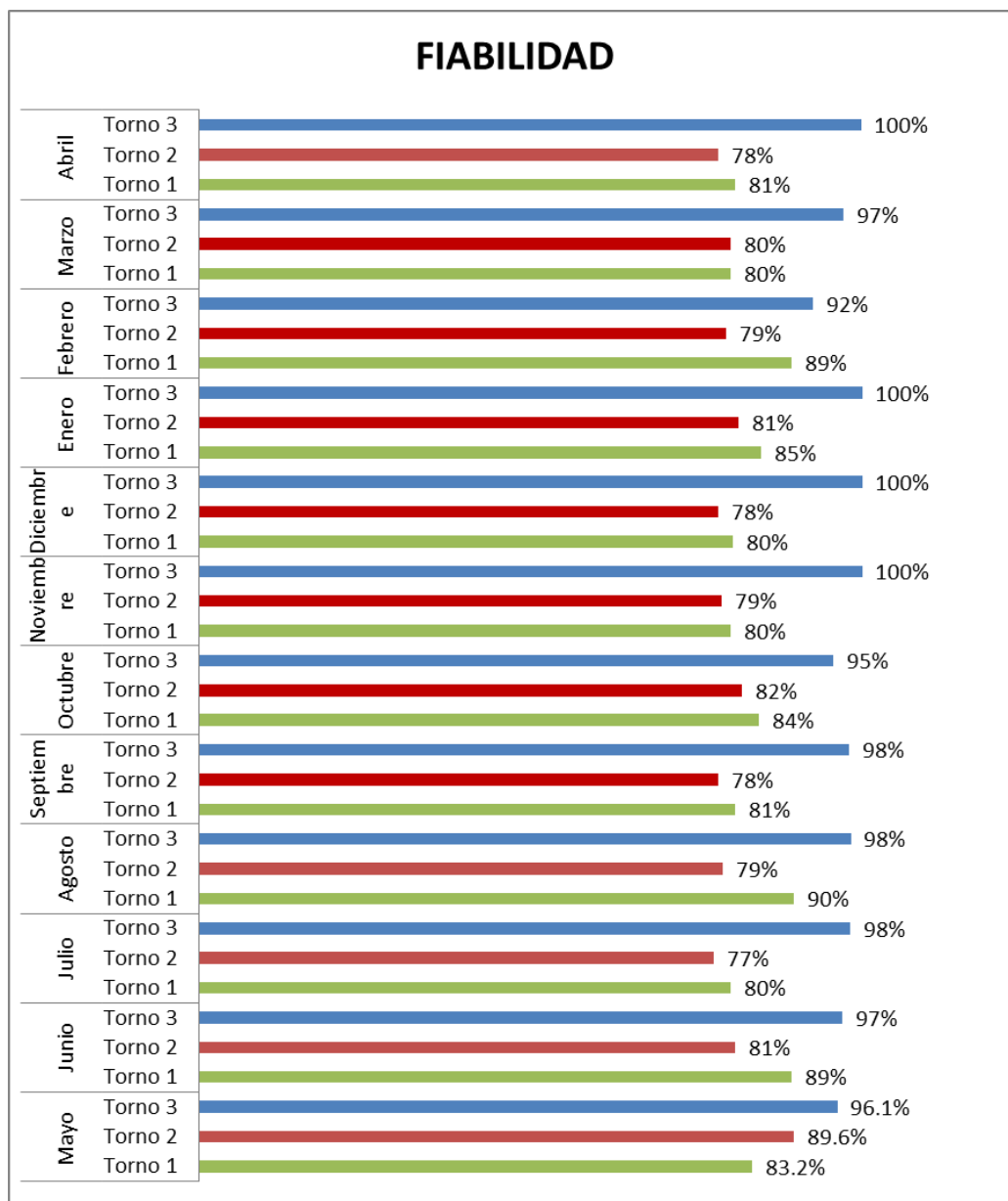
Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Indicador Disponibilidad de la Maquinaria

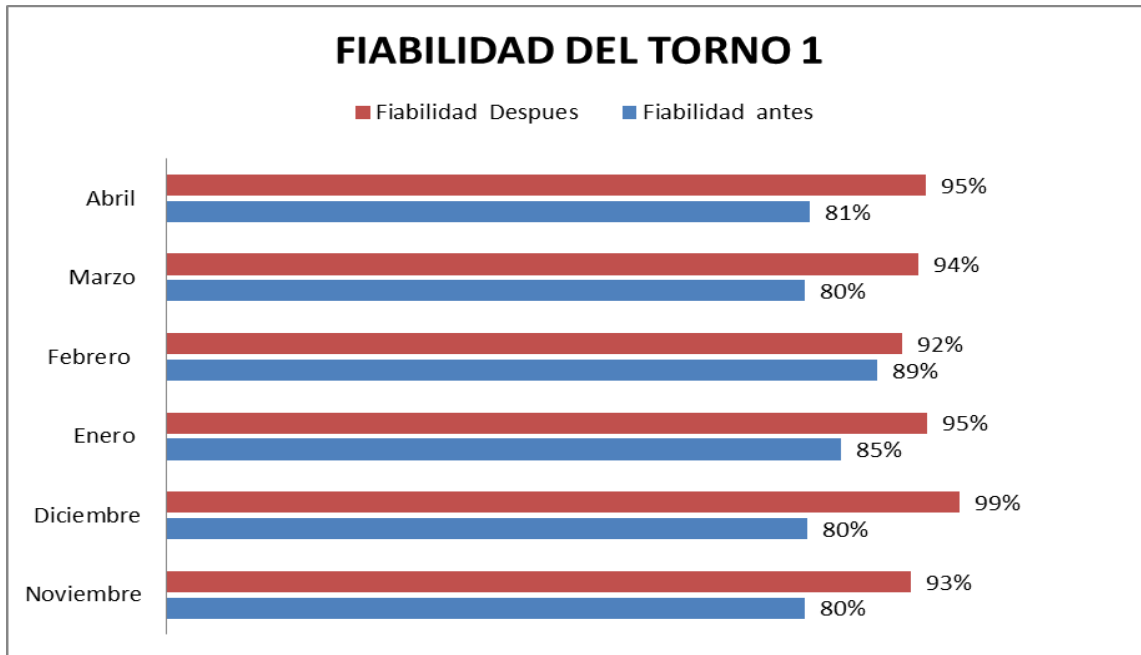


Fuente: Elaboración propia

Anexo 18: Indicador Fiabilidad de la Maquinaria

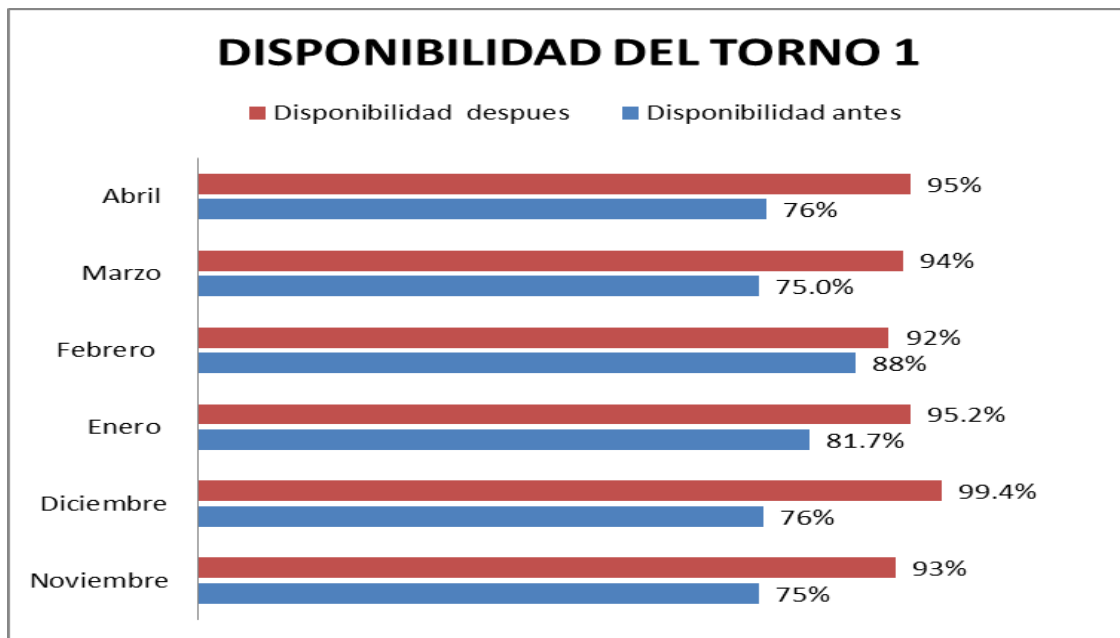


Fuente: Elaboración propia



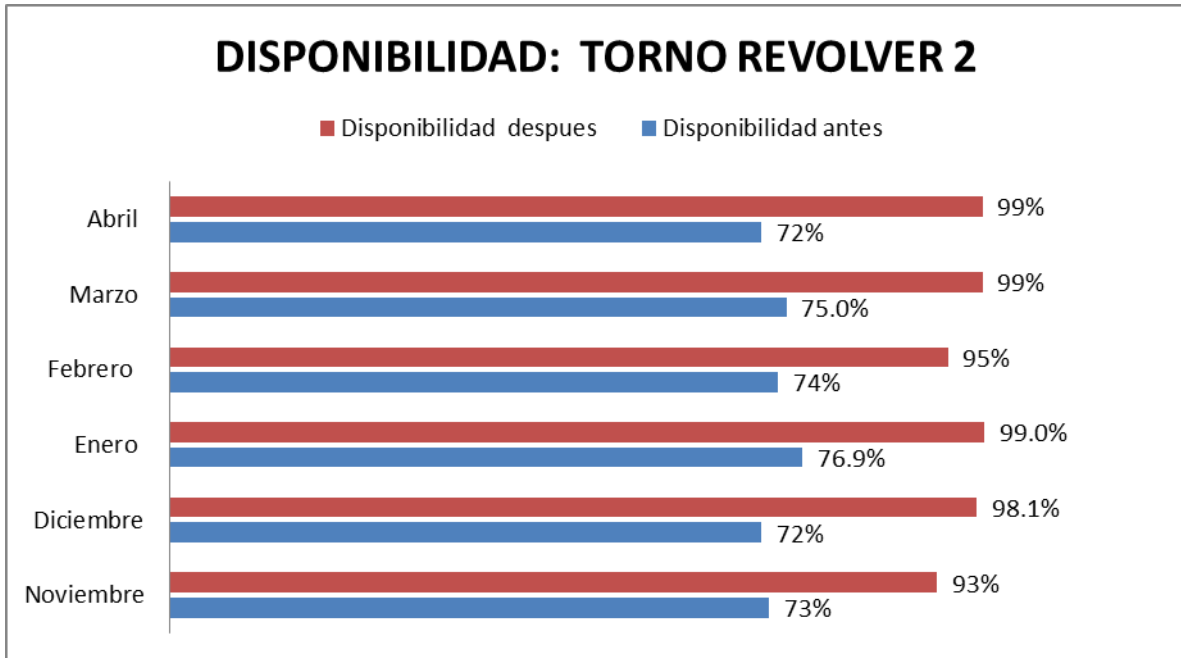
Anexo 19: Comparación de la Fiabilidad del Torno Revolver 1 antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015 VS Noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Fuente: Elaboración Propia



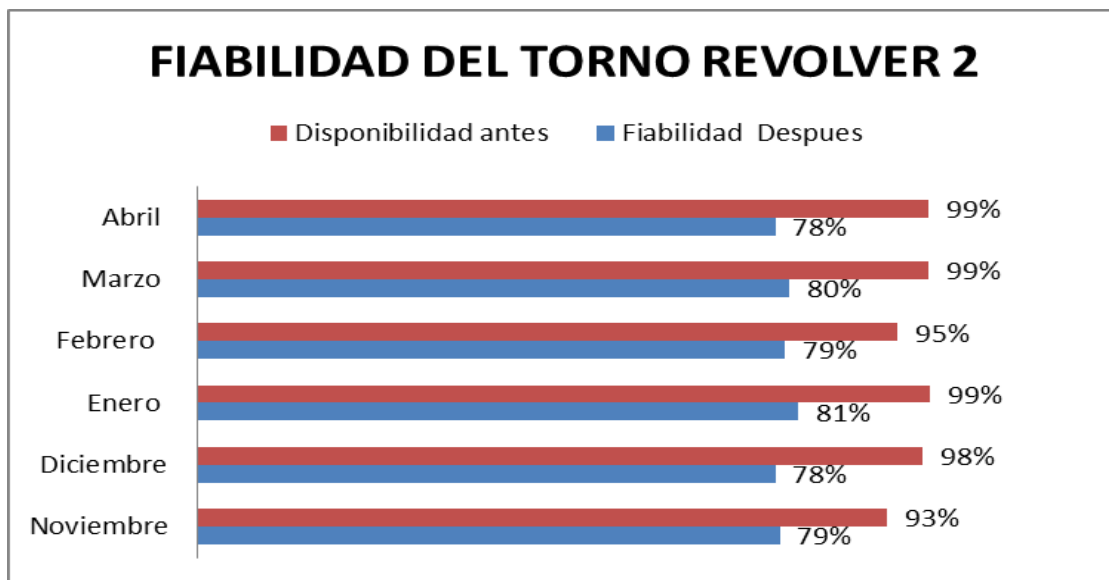
ANEXO 20: Comparación de la disponibilidad del Torno revolver 1 antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015 VS Noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Fuente: Elaboración Propia



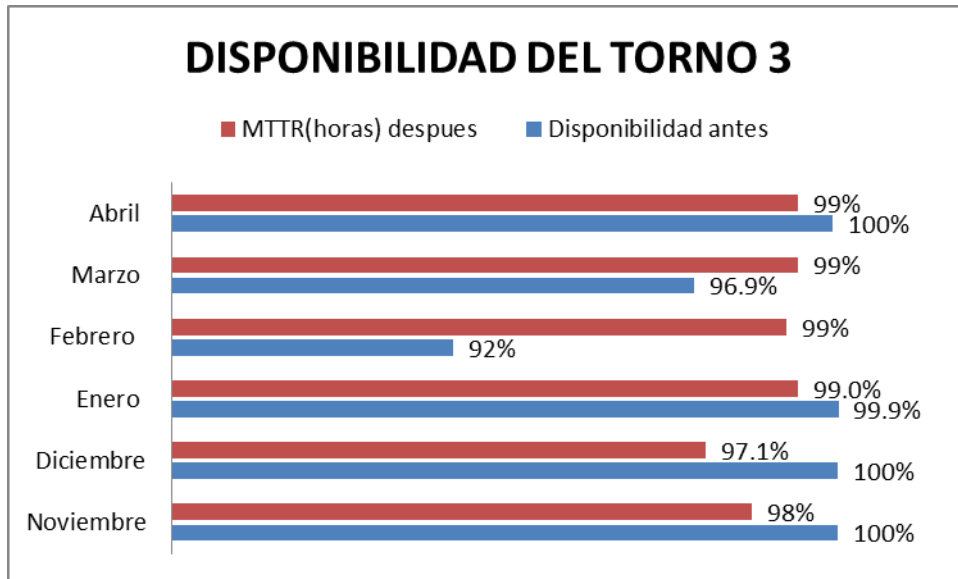
ANEXO 21: Comparación de la disponibilidad antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015 con Noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Fuente: Elaboración Propia

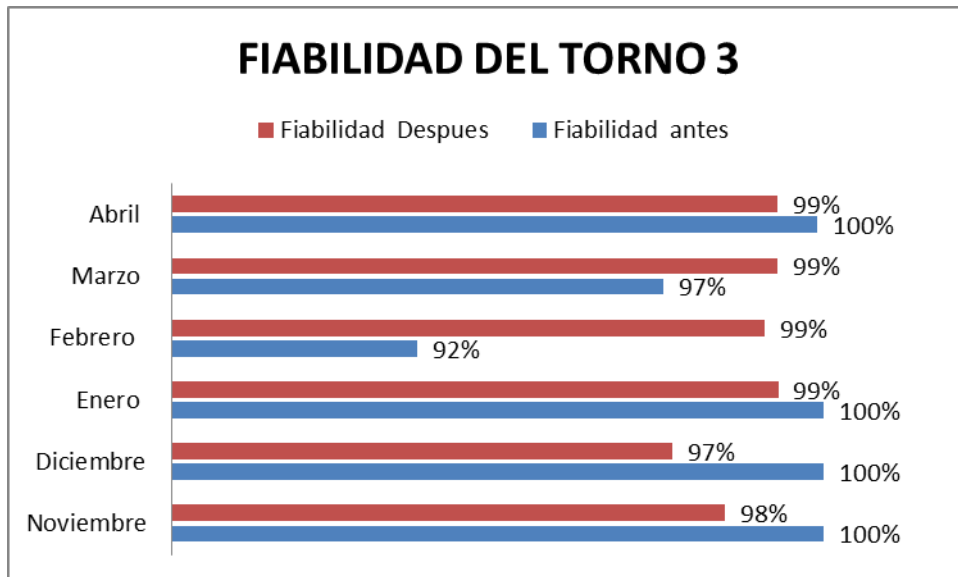


ANEXO 22: Comparación de la Fiabilidad antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del 2015 con Noviembre del 2015 hasta abril del 2016

Fuente: Elaboración Propia



ANEXO 23: Comparación de la disponibilidad antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del2015 con Noviembre del 2015 hasta abril del 2016
 Fuente: Elaboración Propia



ANEXO 24: Comparación de la Fiabilidad antes y después de la mejora en el periodo Noviembre del 2014 hasta abril del2015 con Noviembre del 2015 hasta abril del 2016
 Fuente: Elaboración Propia

FORMATO DE CAPACITACIONES

Tabla N° 56: Formato de capacitaciones de la empresa

FORMATO PARA EL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN		Fecha: 15/11/15
MODALIDAD DEL EVENTO DE CAPACITACIÓN		
DESCRIPCIÓN DE LA CAPACITACIÓN		
OBJETIVO		
DIRIGIDO A		
DURACIÓN		
CONTENIDO		
N°	Tema y Sub-temas	Tiempo(horas)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 57: Formato de capacitaciones de la empresa

FORMATO PARA EL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN		Fecha: 15/11/15
MODALIDAD DEL EVENTO DE CAPACITACIÓN	Información funcionamiento de las máquinas.	
DESCRIPCIÓN DE LA CAPACITACIÓN	Informar al personal el funcionamiento de las máquinas y funciones del equipo.	
OBJETIVO	Minimizar las horas de falla en la maquinaria.	
DIRIGIDO A	Operadores del equipo y técnicos de mantenimiento	
DURACIÓN	1 hora	
CONTENIDO		
N°	Tema y Sub-temas	Tiempo(horas)
1	Fallas críticas de la maquinaria	1

Fuente: Elaboración propia empresa

Tabla N° 58: Formato de capacitaciones de la empresa

PLAN DE CAPACITACIÓN		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO														FABRICATION TECNOLOGY COMPANY S.A.C.		
		INSTRUCTOR	LUGAR	DURACIÓN	N° DE PARTICIPANTES	2015 -2016											FECHA	
N°	CAPACITACIÓN					N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S		O
1	Funciones de maquinaria	Segundo Acosta	Empresa	1 hora	4	x												15/11/15
2																		

Fuente: Elaboración propia empresa

Anexo N° 25: Ficha Técnica N° 1: Materia Prima

BARRA REDONDA LISA Y PULIDAS - ACEROS AREQUIPA

CALIDADES: ASTM A 36 Y SAE 1045

DENOMINACIONES:

REDO LISO A36; LISO SAE 1045

REDO PULI A36; REDO PULI SAE 1045

DESCRIPCIÓN

Producto laminado en caliente de sección circular, de superficie lisa y pulida(según requerimiento)

USOS

CALIDAD	USOS
ASTM A36	Estructuras metálicas, puertas, Ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc.
SAE 1045	Pernos y tuercas por recalado en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, bocinas, etc.

Fuente: Aceros Arequipa

NORMAS TÉCNICAS

- ASTM A36 /A36M
- SAE J403
- ISO 1035/4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES

- Barras de diámetros \leq a 1": ISO 1035/4
- Barras de diámetro $>$ a 1" : ASTM A6

PRESENTACIÓN:

- Se produce en longitudes de 6 metros.
- Las barras de diámetros mayores a 1" son suministradas en estado laminado en caliente y posteriormente pulidas.
- Se suministra en paquetones de 2 TM.
- La calidad se identifica con los colores blanco o blanco y negro.
- La calidad A36 se identifica con los colores verde o verde y negro.

DIMENSIONES Y PESOS NOMINALES

DIÁMETRO NOMINAL (pulg)	PESO MÉTRICO Kg/m	PESO DE LA BARRA Kg/6m
3/8	0.559	3.356
1/2	0.994	5.966
5/8	1.554	9.323
3/4	2.237	13.425
7/8	3.045	18.272
1	3.978	23.866
1 1/8	5.034	30.205
1 1/4	6.215	37.291
1 3/8	7.520	45.122
1 1/2	8.950	53.698
1 3/4	12.182	73.090
2	15.911	95.464
2 1/4	20.137	120.822
2 1/2	24.860	149.162

Fuente: Aceros Arequipa

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN LA CUCHARA (%):

NORMA	%C	%Mn	%Si	%P	%S
ASTM A36	0.26 máx.	0.60 - 0.90 ⁽¹⁾	0.40 máx.	0.04 máx.	0.05 máx.
SAE 1045	0.43 - 0.50	0.60 - 0.90	0.15 - 0.25 ⁽²⁾	0.030 máx.	0.050 máx.

(1) Para diámetros mayores que 3/4".

(2) Las barras con norma SAE 1045 contienen silicio a partir de 1 1/8".

PROPIEDADES MECÁNICAS:

NORMA	LÍMITE DE FLUENCIA (Kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm ²)	ALARGAMIENTO EN 200 mm, mín (%)
ASTM A36	2,530	4,080 - 5,620	20.0
SAE 1045 ^(*)	4,000 - 5,500	6,700 - 8,200	12.0

Figura: Composición Química y propiedades Mecánicas
Fuente: Aceros Arequipa

Anexo N° 26: Ficha Técnica N°2: Hierro Fc -200

Productos

Barras de Hierro Fundido

FC-200



Estado de Suministro
Barras Colada Continua.

Características
La principal característica es la de ser fácilmente trabajado, permitiendo el aumento de las velocidades de corte y la reducción del desgaste prematuro de las herramientas, garantizando así, estrechas tolerancias dimensionales.

Aplicaciones
Es recomendado para aplicaciones que requieran moderadas propiedades mecánicas, tales como: bujes, poleas, aros, mesas para máquinas, herramientas, contrapesos, flanges, sellos, estructuras para máquinas, cojinetes, acoplamientos, roldanas y carreteles.

Formas	Color
	

Propiedades Mecánicas (Valores Típicos)

Dureza (HB)	Esfuerzo Tracción (Mpa)
163-207	125-200

Fuente: Aceros Otero

Anexo 27: Ficha Técnica N° 3: Acero VCL

Tipo de aleación promedio : C 0,41 Cr 1,1 Mo 0,2 Si 0,2 Mn 0,7 %
 Color de identificación : Verde - Blanco
 Estado de suministro : Bonificado, 250-310 HB Típico. Ver tabla inf.
 Largo Standard : 3,5 - 5 metros

Acero especial de bonificación con aleación de cromo molibdeno.

Muy resistente a la tracción y a la torsión, como también a cambios de flexión. Se suministra en estado bonificado, lo que permite, en la mayoría de los casos, su aplicación sin necesidad de tratamiento térmico adicional.

APLICACIONES: Partes de maquinaria y repuestos de dimensiones medianas, con grandes exigencias en las propiedades arriba mencionadas y también ciertos elementos para la construcción de motores, engranajes, pernos, tuercas, pines, émbolos, árboles de transmisión, ejes de bombas, cañones de armas para la cacería.

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO

Forjado: 1050 - 850 °C
Normalizado: 840 - 880 °C
Recocido: 690 - 720 °C
 Enfriamiento lento en el horno
Temple: al aceite 830 - 860 °C
 al agua 820 - 850 °C
Dureza Obtenible: 52 - 56 HRC
Revenido: 540 - 680 °C
Nitrurar: 580 °C



Resistencia en estado Recocido		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO BONIFICADO						
máx. N/mm ²	Dureza Brinell máx.	Diámetro mm.		Límite de fluencia N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ²	Elongación (Lo = 5d) % mín.	Estricción % mín.	Resiliencia según DVM Joule
		desde	hasta					
770	241	16	16	835	1030 - 1250	10	40	34
		40	40	715	930 - 1130	11	45	41
		100	100	595	830 - 1030	12	50	41
		160	160	530	730 - 900	13	55	41
		160	250	490	690 - 840	14	55	41

Soldadura: Consultar con nuestro Departamento Técnico

Anexo 28: Calculo para el diagrama de Pareto.

Tipos de falla	Frecuencia	%	Acumulado	% Acumulado
Desgaste de Pinzas	24	52%	24	52%
Desgaste discos de embrague	15	33%	39	85%
Mala lubricación	4	9%	43	93%
Roturas de brocas	3	7%	46	100%
	46	100%		

Fuente: Elaboración propia empresa