



# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

## **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO  
TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LAS  
MÁQUINAS CNC DE UNA EMPRESA METAL MECÁNICA  
LIMA - PERÚ 2017**

### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**SEMINARIO CERDÁN, LUIS ALBERTO**

**ASESOR**

**ING. JOSÉ PABLO RIVERA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**SISTEMAS DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA**

**LIMA – PERÚ**

**Año 2017**

## PÁGINA DEL JURADO

-----

Presidente

-----

Secretario

-----

Vocal

## **DEDICATORIA**

*A mi esposa y mis hijos, quienes me dan la fortaleza y vitalidad para culminar este proyecto personal durante esta etapa de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por poner en mi vida esta oportunidad de superación y al Programa SUBE por brindarme las herramientas para desarrollar mis potencialidades y por los conocimientos adquiridos.*

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Luis Alberto Seminario Cerdán con DNI #09478065, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se manifiesta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 de Junio del 2017

-----  
Luis Alberto Seminario Cerdán

## **PRESENTACIÓN**

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis titulada “Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para Incrementar la Eficiencia de las Máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial

## RESUMEN

Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para Incrementar la Eficiencia de las Máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, estudio que buscó establecer como el Mantenimiento Productivo Total mejora la eficiencia de los equipos. Al respecto del TPM, Francisco Rey Sacristán indica la necesidad de evaluar las fases de Desarrollo y Aplicación. Asimismo, para la Eficiencia Global de Equipos (OEE), Cuatrecasas y Torrell presentan los factores de Efectividad, Disponibilidad y Calidad para su evaluación.

La tesis es aplicada con nivel descriptivo, explicativo y longitudinal; posee un diseño cuasi-experimental y emplea un método hipotético-deductivo. La investigación tiene como población a las 02 máquinas CNC de las que se registró los OEE durante 20 semanas (antes y después) Para el análisis de los OEE se empleó la observación de campo y el Formato de Evaluación del Rendimiento, así como los informes de mantenimiento, check list de procesos, programas de mecanizado y manuales. Los instrumentos se validaron por 03 ingenieros (docentes de la UCV), dejando constancia de la fiabilidad de los datos expuestos en la investigación.

Con la implementación del TPM se logró el incremento de la Eficiencia Global de Equipos (OEE) de un 46.32% a un 66.24%. Por consiguiente, el nivel de Disponibilidad incrementó de 72,40% a 81,79%, la Efectividad incrementó de 73,26% a un 86% y la Calidad tuvo un incremento del 87.58% al 93.83%.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total, Eficiencia Global de Equipos, Efectividad, Disponibilidad, Calidad.

## ABSTRACT

. Implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) to increase the efficiency of the CNC machines a Company Metal Mechanics, study that sought to establish as the Total Productive Maintenance improves equipment efficiency. Regarding TPM, Francisco Rey Sacristán indicates the need to evaluate the Development and Implementation phases. Also, for the Overall Efficiency of Equipment (OEE), Cuatrecasas and Torrell presented Effectiveness, Availability and Quality factors for evaluation.

The thesis is applied with level descriptive, explanatory, and longitudinal; It has a quasi-experimental design and uses a hypothetical-deductive method. The research has as population 02 CNC machines that recorded the OEE for 20 weeks (before and after) Observation of field and the format of performance evaluation, as well as reports of maintenance, check list of processes, machining programs and manuals was used for the analysis of the OEE. The instruments were validated by 03 (teachers of the UCV) engineers, leaving evidence of the reliability of the data presented in the investigation.

.  
With the implementation of TPM was the increase in the Overall Efficiency of Equipment (OEE) of a 46.32% to a 66.24%. Therefore, the level of Availability increased from 72,40% to 81,79%, Effectiveness increased from 73,26% to 86% and Quality had an increase of the 87.58% to the 93.83%.

Key words: Total productive maintenance, overall efficiency of equipment, effectiveness, availability and quality.

## ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| PÁGINA DEL JURADO  | i    |
| DEDICATORIA  | iii  |
| AGRADECIMIENTO   | iv   |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD                             | v    |
| PRESENTACIÓN   | vi   |
| RESUMEN  | vii  |
| ABSTRACT   | viii |
| ÍNDICE   | ix   |
| ÍNDICE DE TABLAS   | xii  |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS                                       | xiv  |
| I. INTRODUCCIÓN  | 15   |
| 1.1. Realidad problemática                               | 17   |
| 1.2. Trabajos previos                                    | 25   |
| 1.3. Teorías relacionadas                                | 34   |
| 1.3.1. Concepto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) | 34   |
| 1.3.2. Objetivo del TPM                                  | 35   |
| 1.3.3. Fases de la implementación del TPM                | 36   |
| 1.3.4. Efectos del TPM                                   | 39   |
| 1.3.5. Definición de Eficiencia Global de Equipos (OEE)  | 40   |
| 1.3.6. Factores de la Eficiencia Global de Equipos (OEE) | 41   |
| 1.3.7. Mantenimiento Autónomo                            | 44   |
| 1.4. Formulación del problema                            | 47   |
| 1.4.1. Problema general                                  | 47   |
| 1.4.2. Problemas específicos                             | 47   |
| 1.5. Justificación del estudio                           | 47   |
| 1.5.1. Justificación práctica                            | 48   |
| 1.5.2. Justificación teórica                             | 48   |
| 1.5.3. Justificación económica                           | 49   |
| 1.5.4. Justificación metodológica                        | 50   |
| 1.6. Hipótesis   | 51   |
| 1.6.1. Hipótesis general                                 | 51   |

|   |    |
|---|----|
| 1.6.2. Hipótesis específicas                          | 51 |
| 1.7. Objetivos  | 51 |
| 1.7.1. Objetivo general                               | 51 |
| 1.7.2. Objetivos específicos                          | 52 |
| II. MÉTODO  | 53 |
| 2.1. Diseño de la investigación                       | 54 |
| 2.1.1. Metodología de la investigación                | 54 |
| 2.1.2. Diseño de la investigación                     | 54 |
| 2.1.3. Tipo de investigación                          | 54 |
| 2.2. Variables, operacionalización                    | 55 |
| 2.2.1. Variable independiente                         | 55 |
| 2.2.2. Variable dependiente                           | 56 |
| 2.2.3. Operacionalización de variables                | 56 |
| 2.3. Población y muestra                              | 58 |
| 2.3.1. Población                                      | 58 |
| 2.3.2. Muestra  | 58 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. | 58 |
| 2.4.1. Técnicas de recolección de datos               | 58 |
| 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos           | 59 |
| 2.4.3. Validez del instrumento                        | 61 |
| 2.4.4. Confiabilidad del instrumento                  | 61 |
| 2.5. Método de análisis de los datos                  | 61 |
| 2.5.1. Clasificación de los datos                     | 62 |
| 2.5.2. Tabulación de los datos                        | 62 |
| 2.5.3. Análisis descriptivo                           | 62 |
| 2.5.4. Análisis inferencial                           | 62 |
| 2.6. Aspectos éticos                                  | 63 |
| 2.7. Desarrollo de la propuesta                       | 63 |
| 2.7.1. Situación actual                               | 63 |
| 2.7.2. Propuesta de mejora                            | 73 |
| 2.7.3. Implementación de la propuesta                 | 80 |
| 2.7.4. Resultados                                     | 89 |
| 2.7.5. Análisis económico financiero                  | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| III. RESULTADOS                                     | 100 |
| 3.1. Análisis descriptivo                           | 101 |
| 3.1.1. Análisis de la Eficiencia Global de equipos. | 101 |
| 3.1.2. Análisis de la Disponibilidad                | 102 |
| 3.1.3. Análisis de la Efectividad                   | 103 |
| 3.1.4. Análisis de la Calidad                       | 104 |
| 3.2. Análisis inferencial                           | 105 |
| 3.2.1. Análisis de la hipótesis general             | 105 |
| 3.2.2. Análisis de la hipótesis específica 1.       | 107 |
| 3.2.3. Análisis de la hipótesis específica 2.       | 110 |
| 3.2.4. Análisis de la hipótesis específica 3.       | 112 |
| IV. DISCUSIÓN                                       | 116 |
| V. CONCLUSIONES                                     | 119 |
| VI. RECOMENDACIONES                                 | 122 |
| VII. REFERENCIAS                                    | 124 |
| ANEXOS  | 127 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| tabla 1 fallas y averías más significativas en máquinas cnc                     | 23  |
| tabla 2 histórico de reparaciones en máquinas cnc                               | 24  |
| tabla 3 costos por mantenimiento y pérdidas por paros improductivos             | 64  |
| tabla 4 oee centro vf3-yt (semana 1)  | 66  |
| tabla 5 oee centro vf3-yt (semana 10)   | 67  |
| tabla 6 oee centro vf3-yt (semana 20)   | 67  |
| tabla 7 oee torno sl-30 (semana 1)  | 68  |
| tabla 8 oee torno sl-30 (semana 20)   | 68  |
| tabla 9 valores oee antes de la implementación del tpm                          | 69  |
| tabla 10 matriz de relación causas de baja eficiencia de máquinas cnc           | 74  |
| tabla 11 matriz de priorización de causas que provocan el problema              | 77  |
| tabla 12 presupuesto para implementar tpm                                       | 80  |
| tabla 13 nivel de cumplimiento de la fase de desarrollo del tpm                 | 82  |
| tabla 14 nivel de cumplimiento de la fase de aplicación del tpm                 | 85  |
| tabla 15 oee centro vf3-yt (semana 1)   | 89  |
| tabla 16 oee centro vf3-yt (semana 10)  | 90  |
| tabla 17 oee torno st-30 (semana 1)   | 90  |
| tabla 18 oee torno st-30 (semana 17)  | 91  |
| tabla 19 valores oee después de implementado el tpm                             | 92  |
| tabla 20 factores oee después de implementado el tpm                            | 95  |
| tabla 21 comparativo oee antes/después del tpm                                  | 97  |
| tabla 22 reducción del costo de mantenimiento en el área de mecanizados cnc     | 99  |
| tabla 23 valorización del costo de la eficiencia recuperada con el tpm          | 99  |
| tabla 24 cálculo del retorno de la inversión del proyecto tpm en metal mecánica | 99  |
| tabla 25 descriptivos del oee antes/después de implementar el tpm               | 101 |
| tabla 26 descriptivos de la disponibilidad antes/después de implementar el tpm  | 102 |
| tabla 27 descriptivo para efectividad antes/después de implementar tpm          | 103 |
| tabla 28 descriptivo para la calidad antes/después de implementar el tpm        | 104 |
| tabla 29 prueba de normalidad de los datos oee antes/oees después.              | 105 |
| tabla 30 comparación de medias oee antes y oee después con t student            | 106 |

|  |     |
|--|-----|
| tabla 31 prueba de significancia para oee antes-oee después con t student      | 107 |
| tabla 32 prueba de normalidad de disponibilidad antes/después                  | 108 |
| tabla 33 comparación de medias de disponibilidad antes/después con t student   | 109 |
| tabla 34 prueba de significancia de disponibilidad antes/después con t student | 109 |
| tabla 35 prueba de normalidad para efectividad antes/después                   | 110 |
| tabla 36 comparación de medias de efectividad antes/después con wilcoxon       | 111 |
| tabla 37 prueba de significancia de la efectividad antes/después con wilcoxon. | 112 |
| tabla 38 prueba de normalidad para la calidad antes/después                    | 113 |
| tabla 39 comparación de medias para calidad antes/después con t student        | 114 |
| tabla 40 prueba de significancia para la calidad antes/después con t student   | 115 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| gráfico 1 producción y consumo mundial de máquinas herramientas                            | 18 |
| gráfico 2 consumo mundial de máquinas herramientas por continente                          | 19 |
| gráfico 3 diagrama de ishikawa de causas probables para la baja eficiencia de máquinas cnc | 22 |
| gráfico 4 pareto para averías y fallos más frecuentes en máquinas cnc                      | 23 |
| gráfico 5 las 06 grandes pérdidas en función a los efectos                                 | 39 |
| gráfico 6 matriz de operacionalización   | 57 |
| gráfico 7 evaluación de nivel de cumplimiento de principal cliente                         | 65 |
| gráfico 8 oee máquinas cnc antes de implementado el tpm                                    | 70 |
| gráfico 9 oee promedio de máquinas cnc antes de implementar el tpm                         | 70 |
| gráfico 10 niveles promedio para factores oee de máquinas cnc antes del tpm                | 72 |
| gráfico 11 causas de baja eficiencia de equipos cnc  | 73 |
| gráfico 12 pareto para decisión de propuesta   | 75 |
| gráfico 13 cronograma para desarrollo del tpm  | 78 |
| gráfico 14 gantt para desarrollo de tpm  | 79 |
| gráfico 15 línea de tendencia durante la implementación del tpm en metal mecánica          | 88 |
| gráfico 16 oee en máquinas cnc después de implementado tpm                                 | 93 |
| gráfico 17 oee promedio en máquinas cnc después de implementado el tpm                     | 94 |
| gráfico 18 promedio para factores oee de máquinas cnc después del tpm                      | 96 |
| gráfico 19 comparativo oee antes/después de implementado el tpm                            | 98 |

## **I. INTRODUCCIÓN**

La presente investigación tiene como principal propósito determinar cuáles son las causas por las que la Empresa Metal Mecánica presenta una baja eficiencia en el área de mecanizados CNC, realizar los análisis de los efectos las mismas y mejorarlas a través de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta problemática presente en un área muy sensible y de alta criticidad, al no contar con un personal de mantenimiento y un plan de mantenimiento preventivo que asegure la disponibilidad de las máquinas y prevenga un deterioro prematuro de las mismas, es un factor determinante que produce efectos negativos en la competitividad de la organización y por ende altos costos por reparaciones y reemplazo de partes deterioradas, producto de estos factores y la mala operativa de las máquinas efectuada por el personal operativo.

Por esta razón, se planteó implementar en el área, un Programa de Mantenimiento Productivo Total que asegure alcanzar niveles de eficiencia mayores a los actuales, mejore las capacidades de los operadores mediante un programa de capacitaciones bajo los aspectos de operativa del equipo y reforzar los conocimientos de programación y cálculo de los parámetros de mecanizado; así como el manejo de manuales de los proveedores de los insertos de corte para mejorar los procesos de mecanizado y por último, involucrar al personal en el mantenimiento autónomo, como el primer filtro para mantener equipos en las mejores condiciones y mantenerlos en sus estados de referencia.

Estos aspectos logran mejorar no sólo los OEE, sino que resulta en operadores con mayores capacidades (polivalentes) y colaboradores involucrado en las estrategias planteadas por la organización, lo cual se plantea en el desarrollo sostenido de la empresa Metal Mecánica, que es parte de la visión empresarial de esta organización.

## 1.1. Realidad problemática

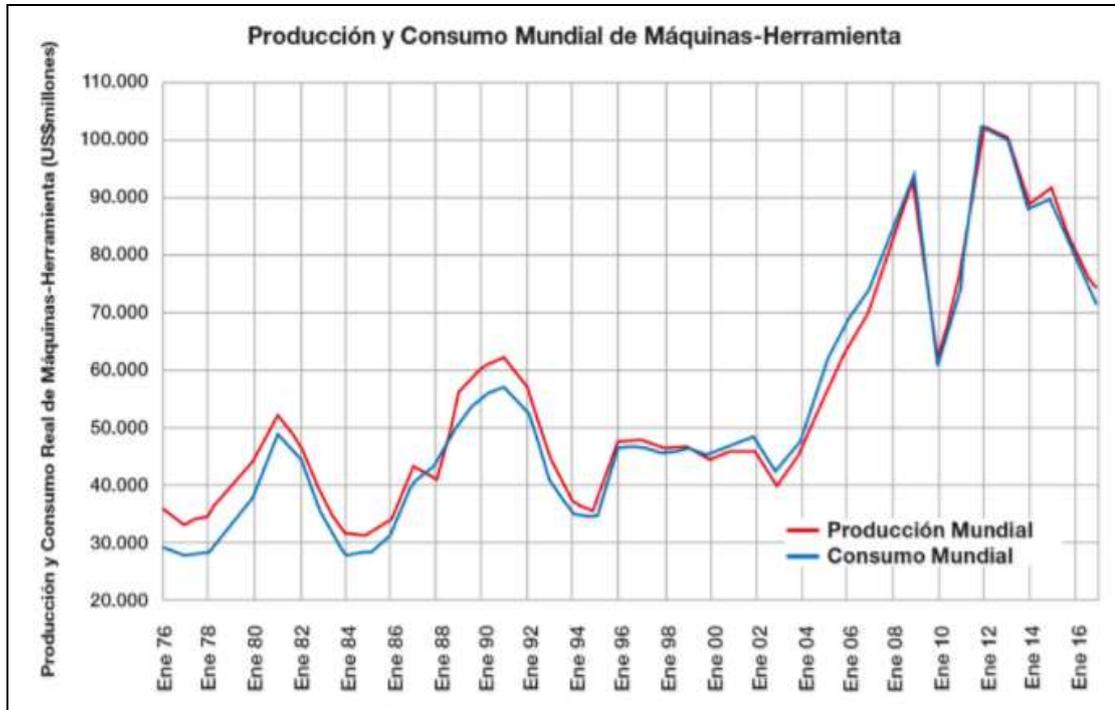
El crecimiento del sector minero a nivel mundial durante las últimas décadas, fortaleció el crecimiento de otros sectores económicos, principalmente, el metalmecánico y otras industrias que brindan bienes y servicios para el funcionamiento de estas plantas de procesamiento de mineral; especialmente a los dedicados a los de fabricación de estructuras y los especializados en maestranza (mecanizados). Es entonces donde se desarrollan máquinas CNC, que brindaron una mayor especialización en los mecanizados, mejorando la calidad y la eficiencia de los mismos permitiendo a la vez, la incorporación de nuevas tecnologías dentro de su entorno tales como el software MASTERCAM, EDGE CAM, ORCAM, etc. El empleo de estas tecnologías vinculadas a estas máquinas CNC permite que estas empresas logren un mejor posicionamiento dentro del mercado y a la vez un gran desarrollo tecnológico.

Esta tecnología generó una alta tecnificación de los operadores y programadores, y lógicamente altos costos por reparaciones y mantenimientos de estas máquinas CNC, debido a su alta precisión y lo sensibles que son los mecanismos y estructura física, dispuestos en los diseños que se propusieron para estos equipos. Los niveles de eficiencia se tornaron muy críticos con respecto a los niveles de disponibilidad de estos equipos, por lo que los sistemas de gestión del mantenimiento se vieron influenciados por estos factores anteriormente descritos.

Como consecuencia se implementaron herramientas y técnicas para lograr mejorar la eficiencia y, fue en Japón, con sus diferentes filosofías de mejora continua como las 5'S, Kaisen, Kanban, etc. donde se dieron los primeros pasos para el desarrollo de un sistema de mantenimiento más integrado que propusiera mejorar el rendimiento de los equipos sin generar mayores costos de mantenimiento; dando inicio de esta manera al TPM, el cual fue utilizado por primera vez en la empresa Toyota, como una filosofía para eliminar los desperdicios de tiempo por averías y fallas en equipos, lograr mantenimientos programados y reparaciones por parte de los propios operadores

(mantenimiento autónomo) y mejorar la calidad de los procesos y productos.

**Gráfico 1 Producción y consumo mundial de máquinas herramienta**

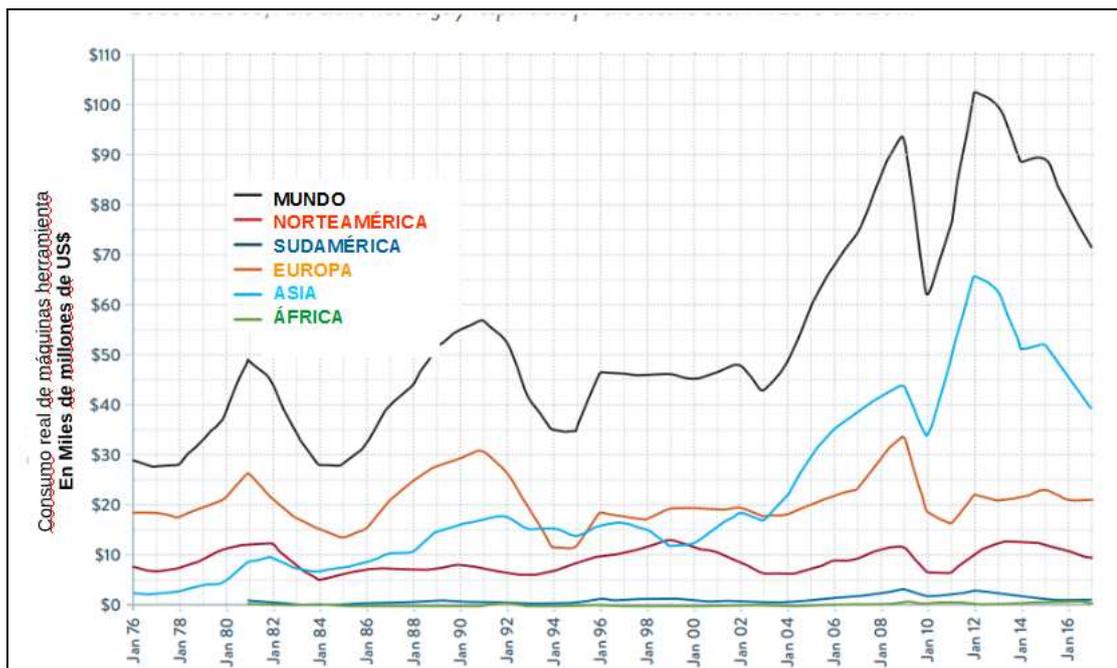


**Fuente: Gardner Publications, INC.**

El gráfico 1 muestra la evolución en la producción y del consumo mundial de máquinas herramienta desde enero de 1976 hasta enero del 2016 en millones de dólares. Se observa que el sector tuvo un auge entre los años 2003 – 2008 para luego, en el 2009 caer en un 30%. Se recuperó entre el 2010 – 2012, para luego contraerse en los últimos años.

Esta tendencia nos indica claramente que el desarrollo mundial de la tecnología en los últimos 15 años ha demandado mayor cantidad de máquinas con mejores performances, mayores eficiencias y mayor precisión y calidad (máquinas con controles CNC y PLC), que se han posicionado en las industrias, especialmente la metalmecánica; pero que por la crisis mundial actual, el sector metalmecánico debe lograr mejores performances para mejorar su competitividad y mantenerse en el mercado. Ahí la necesidad de implementar gestiones de mantenimiento que asegure la mayor eficiencia de los equipos.

**Gráfico 2 Consumo mundial de máquinas herramienta por continente**



**Fuente: Gardner Publications, Inc.**

El gráfico 2 muestra el consumo mundial de máquinas CNC en millones de dólares, estratificada, lo que nos da una claridad del comportamiento del desarrollo y crecimiento tecnológico de los distintos continentes a nivel mundial. Entre 2003 – 2008 Europa con Asia son los principales consumidores, pero notamos que a partir del año 2010, Asia se ha convertido en el principal consumidor de máquinas- herramienta a nivel mundial desplazando a Europa, confirmando el gran desarrollo alcanzado por este continente en los últimos años.

La demanda dentro del mercado nacional en cuanto a la adquisición de máquinas CNC, tuvo un mayor crecimiento durante los años 2005 – 2013, debido al crecimiento de la actividad minera dentro del Perú. Esta demanda no generó el mismo impulso en lo referente a la capacitación de técnicos operadores y la especialización respecto al mantenimiento y reparación de estas máquinas y equipos CNC. Aparte, la manutención de estos equipos por conceptos de mantenimientos y/o reparaciones es realizado por empresas especializadas en estas actividades y en un número reducido, debido a la alta complejidad y especialización de las reparaciones por lo que se generan

altos costos ante eventuales fallas y muchas veces por la compra de repuestos, los cuales no se encuentran en stock y tiene que ser importados, generando niveles de respuesta muy elevados.

Aparte de estos factores, también se cuenta con la percepción de que el mantenimiento de los equipos generan gastos y que en algunos análisis realizados, suman entre un 30% - 40 % de los costos de producción. Estos altos costos generan una barrera que muy pocas empresas a nivel nacional han logrado superar y comprender y que es la razón para la implementación de gestiones de mantenimiento más eficientes, que propicien una alta eficiencia en cuanto a calidad y productividad dentro de sus procesos, con costos relativamente aceptables por conceptos de reparación y manutención de los equipos y maquinaria instaladas.

La presente investigación se desarrolla en la Empresa Metal Mecánica, la cual se ha visto afectada por la coyuntura generada por el cambio de gobierno y le desaceleración en el crecimiento de la economía, principalmente del sector metalmecánico que se ha visto golpeado por la paralización de las inversiones y proyectos del sector minero. Como consecuencia de esta situación, sus objetivos se han centrado en aumentar su competitividad y la disminución de los costos de operación, lo que involucra generar la máxima eficiencia y menores costos de operación, principalmente en las áreas de mecanizado, por lo que se plantea implementar en el área CNC un proyecto de mejora para alcanzar mejoras niveles de eficiencia.

Actualmente la **Misión** de la Empresa Metal Mecánica que es el pilar para el logro del desarrollo de la Organización, no es cumplida a cabalidad y en toda su magnitud; ya que la falta de capacitación de sus Colaboradores, resulta en productos con índices de calidad relativamente aceptables y niveles de cumplimiento entre un 65% - 80%; los cuales son el resultado en una baja eficiencia de las máquinas y equipos, los errores que se presentan en los mecanizados, la falta de confiabilidad de los equipos por fallas presentes en plena producción y la falta de un programa de mantenimiento que gestione la

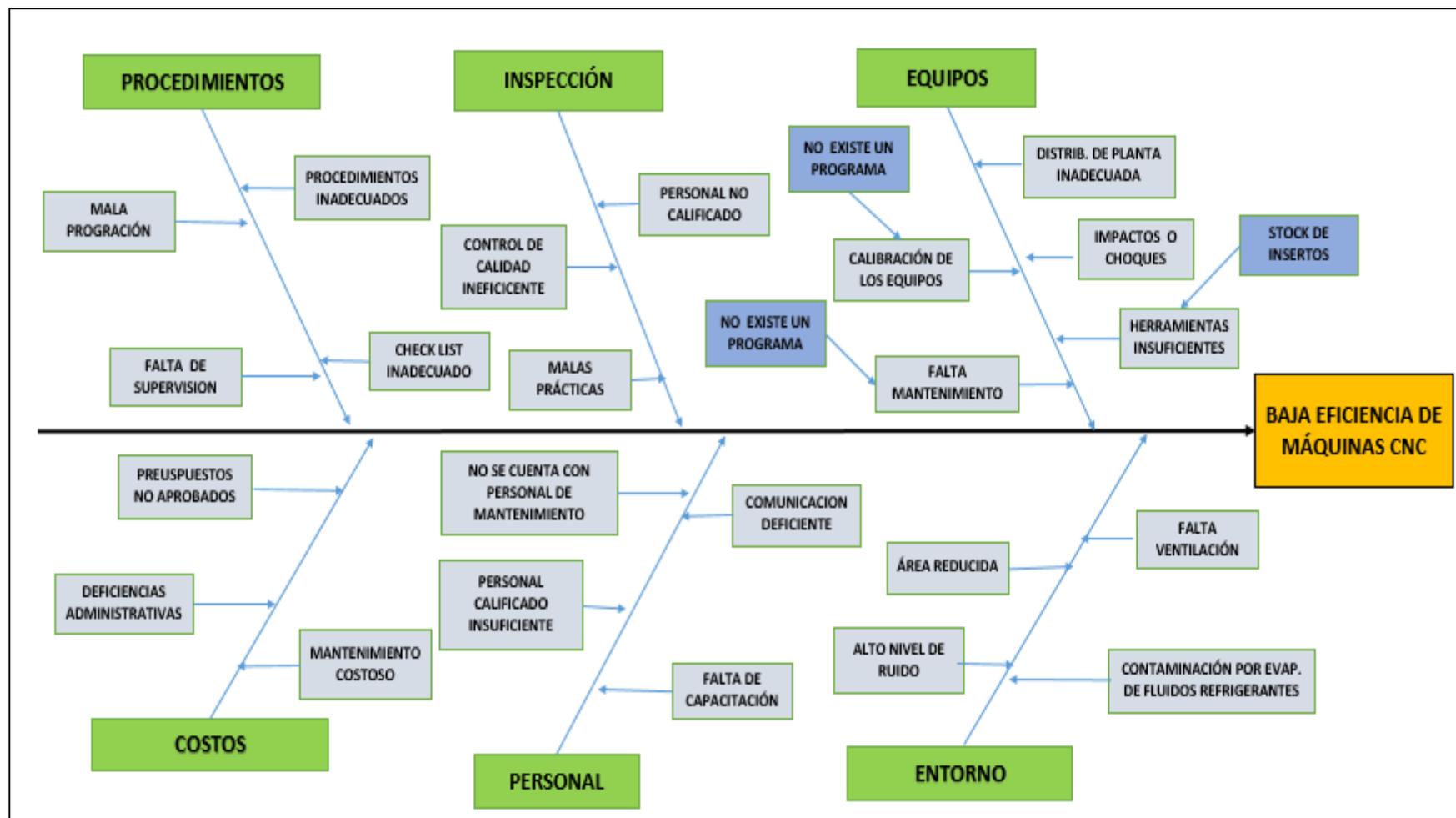
mantenibilidad de los equipos y se logren los rendimientos de operación esperados en las máquinas CNC.

Actualmente se cuenta con 02 Tornos CNC, 01 Fresadora CNC, 02 Centros de Mecanizado. El Mantenimiento realizado en las máquinas-herramientas CNC, se realiza de forma correctiva y es realizado por la Empresa Máquinas CNC; empresa distribuidora de HASS. Este tipo de mantenimiento correctivo resulta en tiempos improductivos, ya que el tiempo de respuesta ante una eventual reparación, por parte del proveedor, normalmente es de 24 horas posteriores de ocurrida la incidencia.

Como un factor de mucha incidencia que se presenta, es el déficit de personal capacitado para la operación de estas máquinas, generando un alto costo en la mano de obra. Otro factor son los niveles de eficiencia relativamente bajos, producto de la baja confiabilidad que presentan las máquinas por falta de un programa de mantenimiento apropiado. Como consecuencia de esta problemática se plantea el proyecto para la implementación del TPM en la empresa Metal Mecánica como un programa que logrará impulsar el desarrollo de potencialidades de los operadores en cuanto a temas de reparación y detección de averías en las máquinas que operan; logrando reducir las paradas inesperadas por conceptos de fallas y averías y de esta forma lograr el cumplimiento de objetivos de producción a través de la mejora de la eficiencia de los equipos, sustentados por el aumento de la disponibilidad de los mismos.

Se evalúa y posteriormente se valoran las causas, encontrando que las de mayor incidencia son las relacionadas al mantenimiento de las máquinas y la capacitación del personal operador. Mediante la observación y análisis durante el tiempo que viene operando el área de máquinas CNC, se ha podido obtener la siguiente frecuencia de las oportunidades por fallas y averías y así obtener la siguiente tabla que muestra las principales fallas típicas que se presentan en el funcionamiento de las máquinas CNC.

Gráfico 3 Diagrama de Ishikawa de causas probables para la baja eficiencia de máquinas CNC



Fuente: Elaboración propia

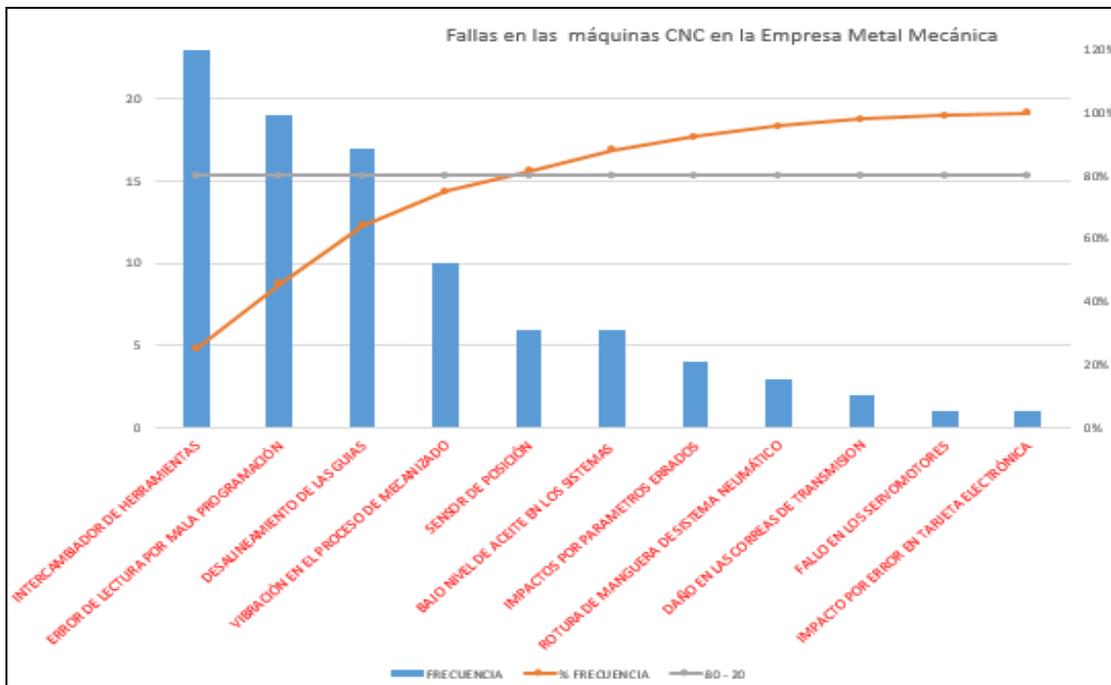
**Tabla 1 Fallas y averías más significativas en máquinas CNC**

| ITEM | DESCRIPCION DE FALLA                     | FRECUENCIA | % FRECUENCIA | % FREC. ACUMULADA |         |
|------|--|------------|--------------|-------------------|---------|
|      |  |            |              |                   | 80 - 20 |
| 1    | INTERCAMBIADOR DE HERRAMIENTAS           | 23         | 25%          | 23                | 80%     |
| 2    | ERROR DE LECTURA POR MALA PROGRAMACIÓN   | 19         | 46%          | 42                | 80%     |
| 3    | DESALINEAMIENTO DE LAS GUIAS             | 17         | 64%          | 59                | 80%     |
| 4    | VIBRACIÓN EN EL PROCESO DE MECANIZADO    | 10         | 75%          | 69                | 80%     |
| 5    | SENSOR DE POSICIÓN                       | 6          | 82%          | 75                | 80%     |
| 6    | BAJO NIVEL DE ACEITE EN LOS SISTEMAS     | 6          | 88%          | 81                | 80%     |
| 7    | IMPACTOS POR PARAMETROS ERRADOS          | 4          | 92%          | 85                | 80%     |
| 8    | ROTURA DE MANGUERA DE SISTEMA NEUMÁTICO  | 3          | 96%          | 88                | 80%     |
| 9    | DAÑO EN LAS CORREAS DE TRANSMISION       | 2          | 98%          | 90                | 80%     |
| 10   | FALLO EN LOS SERVOMOTORES                | 1          | 99%          | 91                | 80%     |
| 12   | IMPACTO POR ERROR EN TARJETA ELECTRÓNICA | 1          | 100%         | 92                | 80%     |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 1 se puede apreciar las fallas más significativas que genera la baja eficiencia en estos equipos CNC, detallando la frecuencia con la que ha ocurrido entre los años 2013 – 2016 en concordancia a los reportes de mantenimiento archivados en el historial entre estos años (anexo 1).

**Gráfico 4 Pareto para averías y fallos más frecuentes en máquinas CNC**



*Fuente: Elaboración Propia*

El gráfico 4 muestra el resultado del análisis de Pareto, el cual nos revela que las fallas en el intercambiador de herramientas y los errores de lectura por mala programación propiciada por el operador, son las causas más significativas que genera falta de eficiencia en las máquinas CNC. La tercera causa significativa es producto por los impactos dentro de la operación de los equipos CNC. Resolviendo estas 03 causas, mejoramos el 80% de los problemas existentes en los equipos CNC.

**Tabla 2 Histórico de reparaciones en máquinas CNC**

| REPARACIONES Y HORAS-HOMBRE INPRODUCTIVAS EN MÁQUINAS CNC DE METAL MECÁNICA PERIODO 2015 - 2016 |  |               |  |                                    |
|---|--|---------------|--|------------------------------------|
| FECHA   | FALLAS Y AVERÍAS EN MÁQUINAS CNC               | COSTO         | HORAS HOMBRE-MÁQUINA<br>PEEDIDAS POR PAROS<br>(APROX.) | COSTOS POR HORAS<br>HOMBRE-MÁQUINA |
| 28/05/2015  | HUSILLO A2-6 (TORNO ST-30)                     | S/. 26,402.30 | 240  | S/. 11,952.00                      |
| 28/05/2015  | CHUCK HIDRAULICO (TORNO ST-30)                 | S/. 10,939.40 |  |                                    |
| 28/05/2015  | SERV. DE INSTALACIÓN DEL HUSILLO Y CHUCK       | S/. 2,200.00  |  |                                    |
| 02/06/2015  | GARRA DE SUJECIÓN (CENTRO TM-3P)               | S/. 36.52     | 16   | S/. 796.80                         |
| 02/06/2015  | SERV. POR INSTALACIÓN DE GARRA DE SUJECIÓN     | S/. 120.00    |  |                                    |
| 17/06/2015  | SERV. POR ALARMA 160 (TORNO SL-20)             | S/. 120.00    | 6  | S/. 298.80                         |
| 23/06/2015  | VARIADOR DE VELOCIDAD DE 20HP (TORNO SL-20)    | S/. 12,443.36 | 160  | S/. 7,968.00                       |
| 23/06/2015  | SERV. DE INSTALACIÓN DE VARIADOR               | S/. 420.00    |  |                                    |
| 23/06/2015  | TARJETA ELECTRÓNICA I/O (TORNO SL-20)          | S/. 6,125.40  |  |                                    |
| 23/06/2015  | INSTALACIÓN DE TERJETA ELECTRÓNICA             | S/. 420.00    |  |                                    |
| 23/06/2015  | REVISIÓN DEL EJE Y EN CENTRO TM-3P             | S/. 120.00    | 12   | S/. 597.60                         |
| 21/08/2015  | ALINEAMIENTO DE HUSILLO, TORRETA Y CONTRAPUNTA | S/. 2,000.00  | 16   | S/. 796.80                         |
| 11/06/2016  | SERV. POR VIBRACIÓN (TORNO ST-30)              | S/. 300.00    | 10   | S/. 498.00                         |
| 14/06/2016  | SERVOMOTOR PARA EJE Z (TORNO SL-20)            | S/. 10,003.16 | 240  | S/. 11,952.00                      |
| 14/06/2016  | CHUCK HIDRÁULICO (TORNO SL-20)                 | S/. 7,636.00  |  |                                    |
| 14/06/2016  | SERV. DE INSTALACIÓN DE SERVOMOTOR PARA EJE Z  | S/. 600.00    |  |                                    |
| 11/06/2016  | ALINEAMIENTO DE HUSILLO, TORRETA Y CONTRAPUNTA | S/. 2,500.00  |  |                                    |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 2 indica el costo de las reparaciones por averías y fallas durante el periodo 2015–2016 lo cual presenta un impacto negativo en la competitividad de la empresa. Este problema no sólo involucra los costos por reparaciones y reemplazo de partes, sino también se involucra pérdidas por horas-hombre no productivas durante este periodo y que asciende a un promedio de 700 horas como nos muestra la tabla y que lógicamente tiene un costo significativamente alto en términos de márgenes de contribución no logrados por la inoperatividad de los equipos.

## 1.2. Trabajos previos

Considerando que se comparten estudios similares y que la ciencia de la investigación es innovadora dado que el conocimiento se incrementa con mayor celeridad, surge entonces la necesidad de referenciar las investigaciones contemporáneas, con un rigor cronológico y metodológico.

SILVA, Jorge. Implantación del TPM en la Zona de Enderezadoras de Aceros Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2005. 82 p. El objetivo del investigador fue proporcionar las pautas para poder implementar y aplicar las diferentes etapas del TPM en el área de trabajo de las máquinas enderezadoras de la empresa Aceros Arequipa – Planta Pisco. Fundamentó su trabajo, realizando un análisis de los mantenimientos realizados a las máquinas enderezadoras, presentando las fallas y los índices de paradas en minutos por año. Posteriormente a la etapa de aplicación del plan piloto del TPM establecido en el área de enderezado, el autor realizó un análisis del incremento de la productividad a través del indicador de efectividad global, el cual abarca disponibilidad de equipos, rendimiento y mejora de la calidad.

En el análisis del marco metodológico de esta investigación se determina que es de tipo aplicada con nivel descriptivo y diseño cuasi experimental. La población son las 03 máquinas enderezadoras del área de conformado en frío, para lo cual se empleó las técnicas de observación de campo, reportes de mantenimiento y check list de las enderezadoras.

El investigador concluye su trabajo con las siguientes conclusiones más resaltantes: La implantación del TPM trae grandes beneficios como: mejora generalizada en la eficiencia de los equipos, productos de alta calidad, mejora del ambiente de trabajo, reducción de accidentes, crecimiento de la capacidad profesional, etc. Además, los operadores mejoran el cuidado de sus equipos, hay un sentido de pertenencia y de trabajo en equipo, se genera un sentido de orgullo y lealtad por la empresa, mayor motivación y mayor seguridad laboral. El control de la Efectividad Global de los Equipos (EGE) permite

identificar el tipo de pérdida que afecta la efectividad de las máquinas permitiendo atacar las causas y resolver los problemas aumentando la productividad.

Este estudio científico permite realizar una comparación de resultados por medio de los indicadores de Efectividad Global, los cuales también serán aplicados al desarrollo y análisis de la presente investigación.

BECERRA, Gilberto. El Análisis de Confiabilidad como Herramienta para Optimizar la Gestión del Mantenimiento Preventivo de los Equipos de la Línea de Flotación de un Centro Minero. Tesis (Maestro en Ingeniería con Mención en Gerencia e Ingeniería del Mantenimiento). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2012. 288 p. El autor planteó en su trabajo de investigación como principal objetivo el análisis y la evaluación de la confiabilidad de los equipos para optimizar la gestión del mantenimiento dentro de la línea de flotación de la planta concentradora del centro minero Casapalca, determinando cuales son los equipos con mayor criticidad, respecto a toda la línea y optimizando las paradas por mantenimiento, logrando mayor eficiencia en los equipos.

En el reconocimiento del análisis de la metodología empleada encontramos que el autor empleó un tipo de investigación de carácter Analítica Explicativa con nivel descriptivo. Se emplea el diseño cuasi experimental, cuya población son los equipos de la línea de flotación del centro minero Casapalca. Se utilizaron como herramientas para el análisis, la recolección de datos mediante reportes de mantenimientos (historial de fallas) y se emplearon software estadísticos como el DISMA y el Excel para el procesamiento de datos.

Finalmente el investigador concluye la investigación con lo siguiente: los tiempos medios de reparación (TMDR) de los equipos críticos de la línea de flotación, son pequeños, comparados con los tiempos medios entre fallos (TMEF). Esto conlleva a una alta probabilidad de disponibilidad de dichos equipos. Sin embargo, de estos resultados, se llega a la conclusión, de que

una alta disponibilidad de los equipos críticos de la línea de flotación no necesariamente implica que dichos equipos presenten alta confiabilidad. De lo analizado en la presente tesis y de los resultados obtenidos, se llega a la conclusión que empleando la combinación de las técnicas cualitativas y cuantitativas del mantenimiento, y utilizando como herramientas los datos históricos del tiempo entre fallos de los equipos y el análisis de confiabilidad, se logra optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos.

Este trabajo de investigación es de apoyo al presente trabajo de investigación, ya que se valora los instrumentos empleados, los cuales también serán aplicados de forma similar a la investigación y de esta manera acceder a la recopilación de la data para la obtención de los resultados.

VALDIVIA, Juan. Optimización del Procedimiento del Trabajo para Reducción de la Necesidad de Mantenimiento en Tornos CNC. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e Ingeniería. 2011. 93 p. El objetivo de la tesis fue realizar un análisis global de la empresa Pernito SAC., para mejora de sus procesos productivos en el área de tornos CNC. Para llevar a cabo su análisis, el autor realizó un estudio de los procesos, distribución y la ubicación de las máquinas por medio de un estudio de distribución de planta, considerando el análisis de los DOP a los diferentes productos fabricados para lograr una estandarización de los mismos.

Estos datos y la recopilación de información referente a las fallas y mantenimientos de las máquinas, servirán para realizar un análisis para el mantenimiento de confiabilidad (RCM), a través de los procesos, lo cual será la base para la implementación y aplicación del TPM en esta área de producción. Al analizar los componentes metodológicos encontramos que la investigación es del tipo Aplicada con nivel descriptivo y con diseño pre-experimental. La población para el estudio son los 05 tornos CNC de la empresa Pernito SAC. Se emplearon herramientas de calidad y de métodos para lo cual se utilizaron hojas de ocurrencias, reportes de mantenimientos, los cuales fueron evaluados a través de Excel y SPSS.

El autor finaliza con las siguientes conclusiones: Al aplicarse la predicción de la necesidad del mantenimiento, se obtuvo resultados aplicables a la gestión del mantenimiento. Se tuvo un esperado de 42 semanas para llegar al punto más crítico, es decir, aproximadamente desde que la empresa está en sus óptimas condiciones, con ningún torno CNC con necesidad de mantenimiento. Se obtuvo un esperado de 1.76 máquinas de necesidad de mantenimiento, lo cual presenta a la empresa el riesgo de obtener cifras falsas por los tiempos de operación, pues se podrían asumir que las máquinas se malogran en períodos constantes de tiempo.

La presente tesis se utiliza como una guía para considerar algunos parámetros y herramientas que se utilizaron y que me permite realizar la obtención de datos y como se debe formalizar mediante documentos y formatos creados para tal efecto.

VIGO, Fiorella y ASTOCAZA, Reyna. Análisis y Mejora de Procesos de una Línea Procesadora de Bizcochos Empleando Manufactura Esbelta. Tesis (Título de Ingeniería Industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013. 93 p. Las investigadoras plantearon como objetivo principal la implementación de herramientas de Manufactura Esbelta como la aplicación del JIT, las 5'S y el TPM, para lograr mejorar los indicadores de productividad, así como los de Efectividad Global de Equipos referidos a disponibilidad, eficiencia y tasa de calidad. Las investigadoras realizaron luego la evaluación costo-beneficio del impacto de la propuesta planteada en su investigación.

La metodología del estudio expresa que es una investigación del tipo aplicada y diseño pre-experimental. La investigación se realizó en la planta de fabricación de golosinas comprendida por las máquinas, los operadores y la infraestructura instalada. Utilizaron para la identificación del problema, indicadores OEE para determinar aquellos que afectan la eficiencia de equipos y maquinarias, reportes de mantenimiento y la identificación de los DOP de los procesos. Finalmente las autoras concluyeron con los siguientes puntos: La implementación de indicadores globales de equipos permite el

control más eficiente de las máquinas, así como también el uso adecuado para las mismas. Asimismo, se podrá llevar un histórico de reparaciones realizadas a las máquinas, lo cual permite mejor contabilización de gastos involucrados por equipos lo que llevará a una mejor gestión de los costos.

Esta tesis permite realizar observaciones relevantes en cuanto a sus indicadores, ya que estos también serán empleados en la presente investigación, lo cual utiliza la observación y valoración de resultados obtenidos; para luego realizar comparativos de los resultados y obtener las conclusiones y recomendaciones al término del trabajo de investigación.

HUILLCA, María y MONZÓN, Alberto. Propuesta de Distribución de Planta Nueva y Mejora de Procesos Aplicando Mantenimiento Autónomo en la Planta Metalmecánica que Produce Hornos Estacionarios y Rotativos Tesis (Título de Ingeniería Industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e ingeniería, 2015. 100 p. Los autores plantearon en su trabajo de investigación realizar mejoras en la planta de fabricación de hornos rotativos utilizando herramientas como las 5'S y la implementación del mantenimiento autónomo, uno de los pilares del TPM; los cuales permitieron alcanzar los resultados esperados de incremento de la disponibilidad de equipos y máquinas, logrando el incremento de la eficiencia dentro de la planta donde se realizó la investigación.

Los investigadores realizaron un análisis de la situación de la planta utilizando el estudio de tiempos y movimientos, el histórico de paradas por fallas en los equipos y check list utilizados para determinar los tipos de pérdidas que se suceden en los equipos por paradas inesperadas producto de una falta de mantenimiento en los mismos. En el análisis del marco metodológico, observamos que los investigadores utilizaron un diseño pre-experimental. Para la recolección de datos, utilizaron el estudio de campo para la elaboración de la pre-prueba y luego la post-prueba derivando en el análisis del resultado dentro de la planta de fabricación de hornos rotativos.

Los investigadores finalizaron en las siguientes conclusiones: La

implementación del mantenimiento autónomo periódico de las máquinas ayudó a reducir los tiempos de limpieza de las áreas en un 74%, obteniéndose un ahorro anual de S/.3240.80. La implementación del mantenimiento autónomo y las 5'S conlleva a mejorar el ambiente de trabajo de las secciones de la empresa, ya que con la eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso productivo, genera un cambio de actitud de los operarios hacia un lugar de trabajo más limpio, ordenado y seguro.

Este estudio científico ayuda a analizar cuál es la ventaja de implementar un plan de mantenimiento autónomo, lo que nos permite mejorar la eficiencia en los equipos, y consecuentemente lograr incrementar los indicadores de eficiencia. La investigación permite tomar como referencia la elaboración de documentos para la evaluación de los indicadores que se utilizarán para la obtención de resultado del trabajo de investigación.

TUAREZ, César. Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de Bebidas Gaseosas de la Ciudad de Guayaquil por Medio de la aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total). Tesis (Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias y Matemáticas Guayaquil, 2013. 125 p. El objetivo del autor fue la implementación efectiva y global de un sistema de mejora, a través de la metodología del TPM, para aumentar la confiabilidad, incrementar la eficiencia y minimizar los desperdicios en las líneas de producción de la empresa embotelladora donde realizó su investigación. Para el logro de estos objetivos, se fundamenta en el compromiso y el nivel de involucramiento de los colaboradores para la implementación y el desarrollo de esta metodología.

Al analizar los componentes metodológicos se expresa que fue una investigación del tipo aplicada, con nivel descriptiva y se empleó el diseño experimental. La población para el estudio son los equipos de la línea de embotellado de gaseosas #5 y los operadores involucrados en los procesos de productivos. El autor utilizó los check list, la observación de campo,

reportes de mantenimiento y evaluaciones para la obtención de la data y los resultados posteriores.

El autor concluye su investigación con los siguientes objetivos: Se redujo la cantidad de tareas de mantenimiento correctivo no planificado, esto gracias al uso de las tarjetas de identificación de averías que colocaban con criterio técnico los operadores y hacían más fácil al departamento de mantenimiento observar los potenciales daños y dar una solución que evitará la detención de equipos en el proceso normal de producción y con ello se logró mejorar la confiabilidad de los mismos. Al mejorar las habilidades de los operadores se pudo además reducir los tiempos de calibración de equipos y con esto incrementar la eficiencia en la llenadora. El OEE de la llenadora de botellas se aumentó al 74.84% cuando antes se encontraba en 66.67%, es considerable su aumento aunque faltaron detalles para ubicarlo en un nivel aceptable (>75%, se considera aceptable).

Esta investigación nos facilita la realización de una estructura adecuada de la implementación de la metodología del TPM y cuáles son los parámetros para la medición de los logros y resultados obtenidos. A la vez permite observar la influencia dentro de los niveles de Efectividad de los equipos en el cual se propone la presente investigación.

BOJORQUEZ, Fabiola. Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total para el Área de Texturizado de una Empresa productora de Yeso. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Sonora, México: Instituto Tecnológico de Sonora, Escuela de Ingeniería Industrial y de sistemas, 2008. 54 p. El objetivo principal propuesto por la investigadora fue el diseño de un plan de TPM para el incremento de la eficiencia de los equipos del área de texturizado mediante el aumento del desempeño de los equipos, corrección de defectos menores para evitar paradas inesperadas y la optimización de la vida útil de las máquinas. Para el logro de su análisis, la investigadora empleo la observación de campo diariamente, la evaluación y re-diseño de las operaciones de producción, y el diseño de indicadores de efectividad para el análisis del desempeño de los equipos.

Al describir el marco metodológico, encontramos que la autora utilizó una investigación del tipo aplicada con nivel descriptivo y diseño cuasi-experimental. El estudio se realizó en los equipos y maquinarias del área de texturizado. Para la recopilación de la data se utilizó la observación de campo, la verificación de las hojas de inspección diario y los manuales de las maquinarias. Finalmente la autora concluyó su investigación con lo siguiente: Con el plan se busca la mejora para corregir un pobre desempeño, paradas ocasionales y la descompostura del equipo, también para evitar la pérdida de eficiencia y optimizar la vida de la maquinaria, esto implica que de alguna manera que el costo de fabricación del producto elaborado en dicha línea se reduzca significativamente y con calidad de producto.

La investigación científica presenta un diseño para el desarrollo e implementación del TPM, el cual es importante como base para realizar la implantación de esta metodología y obtener los resultados de mejora de eficiencia de equipos que también se desarrollaron en este trabajo de investigación.

SÁNCHEZ, Diego. Estructuración del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como Herramienta de Mejoramiento Continuo en la Línea de Inyección de Aluminio de la Fábrica de Motores y Ventiladores Siemens S.A. Proyecto de Grado (título de Ingeniero de Producción). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica de Ingeniería de la Producción, 2013. 104 p. El autor utilizó como objetivo principal la implantación de una metodología de TPM en la planta inyección de aluminio para la mejora de los Niveles de Eficiencia Global medidos mediante los OEE; obteniendo como resultado el incremento de los índices de confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Para su investigación, el autor utilizó la observación de campo y la obtención de la data por medio de formatos de evaluación como los registros diarios de productividad para la posterior evaluación de los OEE del área.

La metodología del estudio expresa que la investigación el autor utilizó un tipo de investigación Aplicada con un diseño del tipo Pre-experimental, dentro de

la Planta de inyección de aluminio. Se define a la población como las máquinas y equipos dentro del área donde se desarrolló la investigación. El investigador finalizó en las siguientes conclusiones: Posteriormente de realizado un diagnóstico del OEE se evidencia en la línea e inyección de aluminio condiciones muy por debajo de los estándares mundiales. Se pone en práctica un plan de mantenimiento planificado el cual se ha diseñado en función del estudio de criticidad de maquinaria, con la finalidad de conservar los equipos en buen estado, alargando su vida útil y evitando los tiempos de paros inútiles.

Este trabajo de investigación propone los mismos indicadores que se evaluaron en el trabajo de investigación, por lo que brinda la oportunidad de realizar una comparación de los resultados obtenidos en ambas investigaciones. Por lo tanto se comparten dimensiones, variables y se utilizan instrumentos muy semejantes para la obtención de la data.

RODRÍGUEZ, Rafael. Diseño de un Plan Maestro para la Implementación Total Productive Maintenance (TPM) en los Procesos Productivos de la Empresa XAR Ltda. Tesis (Grado de Ingeniero Industrial). Bogotá D. C.: Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, 2013. 115 p. Los autores proyectaron en su investigación la implementación de un Plan Maestro para el desarrollo e implementación de un programa TPM en tres pilares fundamentales como son el Mantenimiento Autónomo, el Mantenimiento Preventivo y la Gestión de la Seguridad del Entorno. El Plan Maestro se apuntala en el diseño de un cronograma de actividades en los mantenimientos de los equipos, mediante el histórico de fallos, lo cual permite la mayor disponibilidad de los equipos, menores costos por mantenimiento y mejora la seguridad con menores riesgos laborales, lo que afianza y acrecienta el nivel de competitividad de la empresa XAR Ltda. En concordancia con la metodología empleada, los autores emplearon un tipo de investigación Aplicada, con nivel descriptivo explicativo. Se empleó el diseño cuasi-experimental y los autores definieron como población a las 09 máquinas a las cuales realizaron el estudio de investigación. Para el análisis emplearon los If os formatos LUP/ADT, para determinar la ruta de procesos, Formatos

MTBF para determinar los tiempos cíclicos de fallos de los equipos, formatos de Gestión de Mantenimiento Preventivo para determinar los tiempos empleados en los procesos de mantenimiento. Los autores concluyeron su investigación con las siguientes conclusiones: En relación al MA, se establecieron condiciones de orden y limpieza, constituyendo el panorama ideal para el desarrollo de este pilar. Una vez alcanzado este estado de las máquinas, se diseñaron planes de seguimiento y detección de defectos durante la sesiones de MA. Una vez realizados los análisis de cada uno de los pilares, se establecieron los costos asociados, contemplando el material y horas-hombre requeridos para el desarrollo de cada uno a fin de realizar la proyección de los costos en el tiempo. Así mismo para identificar los ingresos, representados como ahorros en los costos de mantenimiento, con una disminución del -19%.

La investigación la utilizaré como guía para definir el Plan Maestro que deberá desarrollarse e implementarse en la Empresa Metal Mecánica, como parte de la implementación del TPM.

### **1.3. Teorías relacionadas**

#### **1.3.1. Concepto del Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

“Es un conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción puedan desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la mejora continua” (Rey, 2001, p. 59).

“El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde el diseño hasta la corrección, y la prevención” (Cuatrecasas, 2010, p. 33).

“El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios” (Gómez, 2010, p. 3).

“El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se puede definir como un programa para mejorar la efectividad global de los equipos, con la participación activa de los operadores” (Park, 2008, p. 263).

“Moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo industrial, para optimizar la gestión de activos, que permite con la participación total de la empresa tener equipos de producción siempre listos” (García, 2014, p. 3).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) está considerado como una metodología, estrategia y/o herramienta orientada a la mejora continua, cuyo objetivo fundamental es generar los mayores índices de disponibilidad de los equipos en plena producción, evitando paradas inesperadas provocadas por averías o fallas.

El TPM se fundamenta en una metodología de involucramiento de los propios operadores en la manutención de sus equipos a través de las diferentes etapas de desarrollo de esta metodología; para lo cual se requiere el compromiso desde los niveles más altos de la organización hasta los niveles operativos. Para lograr este fin se deben trazar objetivos y estrategias para alcanzar la participación total del Personal y la máxima rentabilidad económica dentro de la organización.

### **1.3.2. Objetivo del TPM**

“El objetivo principal del TPM es así la mejora continua del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción, sea cual sea su nivel de performances técnicos, a través de la dinámica de los grupos de fiabilización, evitando por la prevención las paradas y minimizando los tiempos de intervención”. (Rey, 2001, p.60-61).

El desarrollo e implantación de un programa de Mantenimiento Productivo

Total garantiza a la organización que lo adopta, mejorar el rendimiento operacional, producto de la máxima disponibilidad y fiabilidad de los equipos que conducen a la eliminación de las fallas y averías esporádicas, la mejora de los índices de calidad debido a que los equipos se mantienen en óptimas condiciones basados en los estándares de referencia y la mejora de la productividad.

Un objetivo muy importante y sobre lo cual se soportará el desarrollo del programa del TPM, es la capacitación y el desarrollo de potencialidades de los operarios de los equipos, quienes tendrán control del mantenimiento autónomo de los equipos en sus tareas más básicas y que será la primera línea de los filtros para la fiabilidad de los equipos y generar las bases del mantenimiento autónomo y mantenimiento programado, con lo cual se fortalecerá la mantenibilidad y se logrará aumentar la vida útil de los equipos y maquinarias de la planta de producción donde se desarrolle el programa.

De todo lo expuesto, podemos decir que la implantación de un programa TPM tiene como objetivo principal alcanzar la máxima eficiencia de los equipos instalados en una planta de producción por medio una adecuada gestión que involucra equipos y operadores (sistema hombre-máquina).

### **1.3.3. Fases de la implementación del TPM**

El proceso de desarrollo e implementación de un programa de TPM, involucra no sólo el cambio de mentalidad del personal y el posterior involucramiento al proyecto, sino, que también juega un papel importante el conocimiento de los problemas a los cuales nos enfrentaremos en el desarrollo del programa, conocer los procesos productivos para poder orientar la implantación bajo los aspectos económicos y productivos en los cuales tendrá incidencia el programa y los equipos que serán puestos a disposición del programa para la mejora de su eficiencia durante las fases y etapas de desarrollo e implementación del programa TPM.

Rey, Francisco (2001) sostiene que un programa TPM se llevará cabo por

medio del desarrollo de 03 fases, clasificadas en 12 etapas para su apropiada implementación y desarrollo; lo que tomará dependiendo de la complejidad de la estructura de la organización hasta 05 años desde el inicio de la decisión de implementar el programa hasta la consolidación final del TPM.

La implantación de un programa de TPM está definido por las siguientes fases o dimensiones:

a).- Desarrollo del proyecto TPM (Fase I).

b).- Aplicación del Programa realizado (Fase II).

c).- Optimización y Mejora Continua de las prácticas TPM (Fase III).

#### **1.3.3.1. Fase I**

**El proceso de desarrollo del programa de TPM**, es la fase más importante, ya que se requiere de un autodiagnóstico de la situación de la organización, en la cual se analizarán la misión, la visión, las políticas y estrategias de la empresa donde se pretende implantar el programa para fijar los objetivos y metas que se pretenden conseguir y que conlleva un cambio de mentalidad para superar la realidad actual en la que se encuentra la organización.

Esta fase está conformada por las siguientes etapas:

- La decisión de la implementación del programa TPM en la organización.
- Proceso de información del programa TPM.
- Proceso de divulgación de los beneficios del programa.
- Desarrollo del diagnóstico de la situación actual de la organización para generar los objetivos y las políticas a adoptar.
- Diseñar el plan para el desarrollo del programa de TPM.

### 1.3.3.2. Fase II

**La aplicación del Programa realizado.** En esta fase del TPM, se busca el desarrollo del objetivo principal del programa, la obtención de la mayor eficiencia de los equipos, basado en el cambio del comportamiento del hombre hacia la mantenibilidad de los equipos. El resultado ideal en esta fase es la obtención de cero averías, cero paradas inesperadas, cero defectos y cero accidentes.

Esta fase está conformada por las siguientes etapas:

- Lanzamiento del programa.
- Implementar la mejora continua en los procesos.
- Desarrollo del programa del mantenimiento autónomo.
- Desarrollo del mantenimiento programado.

### 1.3.3.4. Fase III

**Optimización y mejora continua de las prácticas TPM.** Esta fase persigue el objetivo de la total implementación y continuidad del programa mediante la mejora de los procedimientos a través de la aplicación del ciclo de Deming, lo cual nos garantiza una permanente aplicación del programa y las evaluaciones por medio de auditorías internas que verifiquen la continuidad del programa de forma eficiente dentro de la organización.

Estructurada por las 03 últimas etapas del programa TPM y que señalamos a continuación:

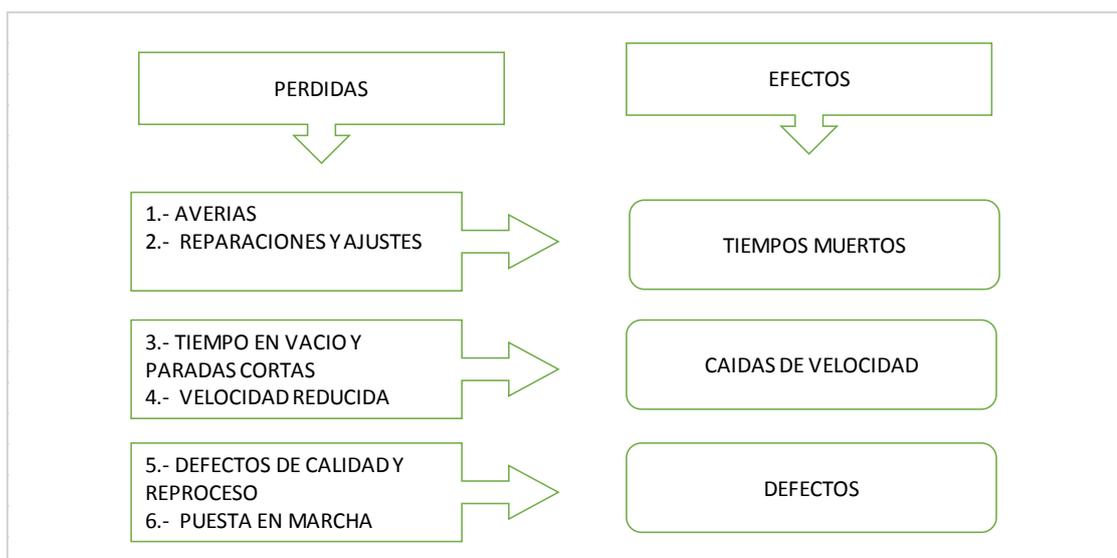
- Capacitación del grupo humano con el mantenimiento.
- Integrar el programa a los sistemas de gestión de los equipos.
- Etapa de consolidación del TPM mediante la mejora continua.

### 1.3.4. Efectos del TPM

Rey Francisco (2001) afirma que actualmente las pérdidas de rendimiento operacional de los equipos se ven como algo normal que puede ocurrir frecuentemente, producto del conformismo con las distintas clases de pérdidas que están presentes en los equipos durante los procesos productivos. Un programa de TPM persigue la eliminación de las 02 formas de pérdidas que se presentan en los equipos: las pérdidas crónicas y las pérdidas esporádicas. Estas pérdidas están categorizadas en 06 grandes grupos:

- Averías presentes en los sistemas.
- Preparaciones y ajustes presentes en los procesos.
- Tiempo en vacío por falta de material y otros de corta duración.
- Velocidad reducida por falta de referencias y/o estándares.
- Defectos de calidad y reprocesos.
- Eficiencia reducida en el arranque de los procesos.

**Gráfico 5 Las 06 grandes pérdidas en función a los efectos**



**Fuente: TPM en un Entorno Lean Management**

El gráfico 5 muestra las 06 pérdidas que se originan en los procesos y sus consecuentes efectos dentro de la eficiencia global de equipos (OEE) como son los tiempos inoperativos, caídas de eficiencia y defectos de calidad o inconformidades dentro de los productos obtenidos o procesos realizados.

### **1.3.5. Definición de Eficiencia Global de Equipos (OEE)**

“... La búsqueda de la máxima eficiencia del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad” (Cuatrecasas, 2010, p.117).

“Entendemos como efectividad la medida de la eficiencia de cada técnica y, a su vez, la eficiencia como la forma de evaluar el binomio de resultados técnicos: fiabilidad + disponibilidad asociada a un determinado coste” (Gonzalez, 2012, p. 224).

“La Efectividad Global de Equipos (OEE) refleja cómo opera el equipo cuando está operando, considera la Disponibilidad (A), la eficiencia de operación (Performance Efficiency, PE) y la razón de Calidad (Rate of Quality, RQ)” (Park, 2008, p. 268).

“... definimos a la eficiencia como la proporción que refleja una comparación entre los resultados logrados y los costos sufragados para la obtención de las metas” (Lusthaus, 2002, p. 123)

“Según los objetivos que se persigan, es diferente la forma de definir la eficiencia en la asignación de los recursos. También depende de la forma en que se mida esta eficiencia a través de las diversas técnicas en que se encuentran a disposición del economista. Si se aplica la eficiencia al objetivo de la utilización técnica de los equipos industriales, se trata de eficiencia técnica, que se mide vía productividades, y, consiguientemente, la definición de los estándares y la medición de los resultados facilita el grado de eficiencia con el que se realiza la asignación de recursos” (García, 1994, p. 156)

La eficiencia de los equipos se sustenta en la identificación, reducción y posterior eliminación de las Seis Grandes Pérdidas identificadas en la implantación del programa TPM; lo que nos conducirá a un rendimiento operacional óptimo.

El Rendimiento o Eficiencia Global de los equipos es el resultado de determinar el tiempo en el que el equipo funciona sin presentar avería o fallas (disponibilidad), los tiempos improductivos por paros debido a procesos incorrectos (efectividad) y por los reprocesos y despilfarros debido a los productos defectuosos (tasa de calidad). Determinados estos factores y a posterior eliminación gradual de estos, se consigue el incremento de la eficiencia de los equipos, lo que se transforma en el incremento de la productividad, la reducción de las fallas y averías, reducción de los accidentes, reducción de los productos no conformes, aumento de la capacidad de los operadores y el incremento de la confiabilidad de los equipos.

### **1.3.6. Factores de la Eficiencia Global de Equipos (OEE)**

El TPM se implanta en una organización con el objetivo de generar la máxima eficiencia en los equipos a través de cada uno de las tres dimensiones o factores del cual se obtiene la Eficiencia Global de los equipos:

- **El coeficiente de efectividad.**
- **El coeficiente de disponibilidad.**
- **El coeficiente de calidad.**

De este planteamiento se desprende lo siguiente:

$$\mathbf{EG = D \times E \times C}$$

Donde:

EG = Rendimiento o Eficiencia Global

E = Efectividad o Rendimiento de Ciclo.

D = Coeficiente de Disponibilidad.

C = Coeficiente de Tasa de Calidad.

“En estos coeficientes van a aparecer representadas las diferentes pérdidas que afectan al equipo, al proceso y al producto. Cualquier esfuerzo dirigido a incrementar estos coeficientes supondrá una mejora de la eficiencia global del equipo” (Cuatrecasas, 2010, p.117).

### **1.3.6.1. Coeficiente de Efectividad**

Este factor contempla los paros de los equipos por tiempos en vacío debido a preparaciones, puestas a punto de las operaciones y verificaciones de los parámetros; paradas de corta duración ocasionadas por pequeños fallos, atascos de piezas, material y las pérdidas por reducción de velocidad ocasionadas por la falta de conocimiento de la capacidad operativa de los equipos y la no conservación de las referencias iniciales de los equipos por falta de un programa de mantenimiento apropiado.

El coeficiente de efectividad se obtiene de la siguiente relación:

$$E = \text{Tiempo operativo real ideal} / \text{Tiempo operativo}$$

Lo que podemos expresar de la siguiente forma:

$$E = OC \times OP$$

Donde:

OC = Coeficiente de operatividad del ciclo.

OP = Coeficiente de operatividad por paros.

**OC = Tiempo de ciclo ideal CI / Tiempo de ciclo real CR.**

**OP = Tiempo operativo real TOR / Tiempo operativo TO.**

### **1.3.6.2. Coeficiente de Disponibilidad**

Este factor presente en la eficiencia de equipos, considera las pérdidas por fallas y averías, ya sean las esporádicas o crónicas y que determinan la disminución del tiempo de funcionamiento y por consiguiente disminuye la disponibilidad del equipo. También se toman en cuenta las pérdidas por preparación y ajustes de los equipos, que resultan en pérdidas de tiempo o volumen de producción; por lo que la reducción de este tipo de pérdidas hasta los niveles de cero pérdidas es muy importante para alcanzar la máxima eficiencia global de los equipos.

Este coeficiente resulta de la siguiente relación:

$$\mathbf{D = Tiempo operativo / Tiempo de carga TC}$$

Lo cual podemos expresar de la siguiente manera:

$$\mathbf{D = TO / TC}$$

### **1.3.6.3. Coeficiente de Calidad**

Este factor considera las pérdidas ocasionadas por los diversos factores presentes en la calidad del producto debido a las deficiencias en los equipos por pérdida del estado de referencia iniciales de fabricación, procedimientos inadecuados de fabricación que provoca variaciones en el producto y manipuleo inapropiado del equipo por falta de capacitación en la operatividad de los equipos.

Rey Francisco (2001) define el estado de referencia de equipos y/o maquinarias a las condiciones en que estos funcionan a su máximo rendimiento operacional, producto de la conservación de los diseños y parámetros iniciales con los cuales fueron fabricados, garantizando las características en cuanto a calidad de los productos a producir.

El coeficiente de calidad es el resultado de la siguiente relación:

$$C = \text{Tiempo operativo efectivo TOE} / \text{Tiempo operativo real}$$

Lo cual se expresa de la siguiente manera:

$$C = \text{TOE} / \text{TOR}$$

### **1.3.7. Mantenimiento Autónomo**

El Mantenimiento Autónomo (MA) es parte importante del Mantenimiento Preventivo (MP), el cual es desarrollado por los mismos operadores en su nivel más básico, mediante inspecciones rutinarias que realizan labores de limpieza, controles visuales de los equipos, corrección de ciertos parámetros para optimizar los procesos, lubricación, ajustes en determinadas partes y mantenimientos básicos de los equipos.

La implementación de estas inspecciones es elemental en la detección temprana de ciertas averías y fallas que son detectadas por goteos en los sistemas de los equipos, ruidos extraños, temperatura anormal en ciertas partes y vibraciones. En este mantenimiento, la decisión para la intervención o los ajustes requeridos por el equipo y que no han sido planificadas, es tomada por el operador, poniendo en relevancia el tipo de avería o falla, producto de la inspección realizada.

Para el desarrollo del MA es fundamental el desarrollo del Programa que es una etapa del TPM, ya que este promueve la capacitación y el involucramiento de los operadores en estas tareas de MA.

#### **1.3.7.1. Etapas para implementar el Mantenimiento Autónomo**

Cuatrecasas (2010) indica que implementar el Mantenimiento Autónomo por etapas desarrollará cambios a los tres niveles en la que se sustenta la gestión del MA: gestión de los equipos, gestión del personal y los cambios organizativos.

El programa de MA requiere un cambio de mentalidad en la organización, con

el compromiso de los niveles más altos y el apoyo necesario para el desarrollo del programa de mantenimiento con autonomía en las decisiones que se propongan, promoviendo flexibilización de esta gestión, el desarrollo de programas para la capacitación del personal no sólo en los procesos de producción propio de sus labores, sino también, en potenciar sus conocimientos y habilidades en las labores de mantenimiento que desarrollará. El desarrollo de estos dos niveles, provocan una mejora en la gestión de la mantenibilidad de los equipos.

La implementación del MA, se desarrolla en tres niveles básicos y que a continuación enunciaremos:

**Nivel básico:** Cuyo objetivo es la implementación del MA en sus tareas más básicas como el de limpieza, lubricación de mecanismos y reapriete de partes móviles en los equipos.

**Nivel de eficiencia:** Es fundamental que el nivel básico se logre en toda su magnitud; ya que en este nivel se propone como objetivo el logro de mejoras efectivas mediante la inspección de los equipos con la consiguiente reducción o eliminación de las Seis Grandes Pérdidas. Es este punto los equipos deberán alcanzar condiciones óptimas de eficiencia.

**Nivel de plena implantación.** En este nivel, el MA debe alcanzar su implementación completa, lo que resultará en la estandarización de los procesos, el control y la operatividad de los equipos. Como consecuencia de esta estandarización se dará lugar a la mejora continua para garantizar que el programa logre sustentarse en el tiempo, y que se desarrollen planes de revisión y auditorias para el control MA y que estas se adapten a los cambios por la adaptación de nuevos procesos.

#### **1.3.7.2. Objetivos del Mantenimiento Autónomo**

“El objetivo final del TPM, será, según ya se dijo, operar con un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficientes, con un volumen menor de

inversiones en ellos y mayor flexibilidad del sistema productivo” (Cuatrecasas, 2010, p.144).

Para lograr el objetivo final expuesto, es necesaria la implementación del programa de MA, ya que nos garantiza los dos objetivos básicos para obtener la disponibilidad y calidad de los equipos: la de mantenimiento de los equipos en sus tareas más básicas y la otra que es la de garantizar el funcionamiento del equipo con los estándares requeridos evitando la obtención de productos no conformes. Cumpliendo con estos objetivos, la gestión de los equipos mediante el MA mejora los tres componentes fundamentales de la competitividad:

**Calidad:** Se mejora la calidad como resultado del monitoreo constante del operador en dos aspectos que son, el de su habitual actividad de producción y el del correcto funcionamiento de los equipos, obteniéndose como resultado, mejores productos con una mayor productividad.

**Costos:** La intervención del mismo operador en las labores de mantenimiento mediante la verificación y la resolución de averías y fallas implica la disminución de los costos por intervenciones de mantenimiento que se realizaría por otro personal y que involucra un valor añadido a los costos de producción. Aparte, con las inspecciones rutinarias se incrementa la vida útil de partes y piezas de los equipos, que son los costos más elevados en las labores de mantenimiento.

**Tiempo:** La disminución de los tiempos de preparación de los equipos debido a cambios de referencia o de producción, generada por la cuota de flexibilidad y adaptación rápida para series cortas de producción que nos genera el MA, permite aumentar el nivel de disponibilidad de los equipos. Aparte que la inspección constante por parte del operario, nos permite identificar de forma rápida y segura las fallas o averías y que se traduce en menores tiempos de intervención por labores de mantenimiento.

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema general**

¿De qué manera la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima -Perú 2017?

### **1.4.2. Problemas específicos**

- ¿De qué manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima - Perú 2017?
- ¿De qué manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la efectividad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima - Perú 2017?
- ¿De qué manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima – Perú 2017?

## **1.5. Justificación del estudio**

“La justificación es uno de los apartados más importantes de un proyecto de investigación científica, debe contener, las razones por las que se considera importante abordar este tema” (Sáenz, 2012, p.17). La presente investigación presenta 05 tipos de justificación, las cuales consideramos son relevantes durante su implementación y desarrollo y que tendrán distintos alcances dependiente del campo de acción en la cual se desarrollará esta investigación.

### **1.5.1. Justificación práctica**

“Se considera una investigación con carácter práctico cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos propone que de aplicarlas contribuirá a resolverlo, o bien describen o analizan un problema o bien plantean estrategias que podrían solucionar problemas reales si se llevaran a cabo” (Sáenz, 2012, p.20).

La implementación de la metodología del TPM permite mejorar los niveles de eficiencia y confiabilidad de las máquinas CNC con la consecuente mejora de la calidad y la productividad de las mismas. Se disminuyen los mantenimientos correctivos que generan mayores tiempos improductivos por paradas inesperadas y consecuente deterioro de las partes de forma prematura. Otro objetivo alcanzado es el desarrollo de la polivalencia de los operadores, que no sólo se tecnifican en los procesos productivos, sino que se involucran activamente en la manutención de sus propios equipos, logrando mejores satisfacciones de superación profesional y mejorando las condiciones de seguridad del área donde se implementará el proyecto.

### **1.5.2. Justificación teórica**

“Se considera una investigación con justificación teórica cuando el propósito de la investigación es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, cuando se requiere confrontar una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (Sáenz, 2012, p.20).

Investigación se pretende incorporar en esta área de mecanizados CNC, un adecuado mantenimiento de los equipos, que aumenta la fiabilidad de servicio de los mismos y, a la vez, se logre desarrollar las capacidades de los operadores e involucrarlos en los objetivos trazados por la organización a través de la implementación del TPM. Lograda la implementación del plan piloto dentro del área de mecanizados CNC, se verificarán los resultados como consecuencia de la implantación de esta metodología, logrando el

incremento de los índices de la eficiencia a través de sus 03 factores como la efectividad, la disponibilidad y la calidad.

“El resultado final de la incorporación del TPM, deberá ser un conjunto de equipos e instalaciones productivas más eficaces y eficientes, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo” (Cuatrecasas, 2010, p. 26). Efectivamente, el aumento de la confiabilidad de los equipos permite programas de producción eficientes y se logra el cumplimiento de los plazos de entrega del producto al cliente. Esta performance permite alcanzar los objetivos y las metas dentro de las organizaciones que adoptan estas herramientas de mejora continua.

El autor presenta un estudio claro, preciso y adecuado para aplicarlo hacia nuestra investigación con ejemplos aplicativos similares a nuestro caso, los cuales nos proporciona las herramientas para determinar los indicadores y obtener nuestros resultados.

El proceso de implementación del TPM planteada por Rey Sacristán en su obra, será la base de los lineamiento que usaremos para nuestro proyecto, ya que este proceso es explicado de forma clara y práctica, muy apropiada para el desarrollo de las diferentes etapas de la metodología que serán implementadas en la empresa donde se desarrolla el estudio de la investigación.

### **1.5.3. Justificación económica**

“La justificación proporcionará las preguntas: ¿Cuáles son los beneficios que este trabajo proporcionará? ¿Quiénes son los beneficiados? Mientras más personas se beneficien del proyecto, más significativo será. ¿Qué es lo que se prevé cambiar con la investigación? ¿Cuál es su utilidad?” (Sáenz, 2012, p.17).

La implementación de la gestión del TPM permite reducir los costos por mantenimientos y/o reparación que puedan acontecerse en plena producción.

Esto involucra no sólo los costos de la reparación y los originados por horas de parada de los equipos en plena producción, sino, adicionalmente a estos están presentes los costos intangibles involucrados por la baja calidad de atención al cliente debido a plazos de entrega no cumplidos y los costos por productos que no cumplen con los estándares de calidad exigidos por el mismo, los cuales tienen que ser reprocesados o simplemente descartados.

#### **1.5.4. Justificación metodológica**

El método es importante en una investigación porque da a conocer los procedimientos y métodos a utilizar para la resolución de nuestro problema a través de un orden para el reconocimiento del mismo, pasando por la observación, el planteamiento de la hipótesis y la aplicación de los instrumentos adecuados para determinar los resultados de la investigación. “Hace alusión al uso de metodologías y técnicas específicas (instrumentos como encuestas, formularios o modelos matemáticos) que han de servir de aportes para el estudio de problemas similares al investigado, así como para la aplicación posterior de otros investigadores” (Valderrama, 2013, p.140).

Para el desarrollo del trabajo de investigación se propone una investigación del tipo Aplicada con un nivel Descriptivo, explicativo y longitudinal. Se aplicará un método Hipotético-Deductivo y diseño Cuasi-experimental. Se empleará instrumentos para determinar los niveles de cumplimiento de los objetivos en la aplicación y Desarrollo del TPM en el área, se revisarán los datos de reportes de fallas en las máquinas, reportes de mantenimiento y check list en los equipos para la toma de los datos y la obtención de los resultados antes y después del estudio, para lo cual se usará el instrumento de evaluación del OEE de forma semanal.

El estudio busca la aplicación de las etapas de la implementación de la metodología TPM para lograr el desarrollo de los procedimientos adecuados para resolver el problema de la baja eficiencia de las máquinas CNC ocasionada por avería presentadas en plena producción y los procedimientos inadecuados de mantenimiento que son determinantes en la baja calidad de

los productos y/o productos defectuosos; que al inicio de la investigación mediante pre-prueba y luego en una post-prueba al término de la mejora, nos brindará los resultados que esperamos obtener y que se plantea en las hipótesis de esta investigación.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa los Eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima – Perú 2017.
- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Efectividad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima - Perú 2017.
- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima – Perú 2017.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Determinar de que manera la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar de que manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.
- Determinar de que manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Efectividad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.
- Determinar de que manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Diseño de la investigación**

### **2.1.1. Metodología de la investigación**

La presente investigación aplica el método hipotético-deductivo, ya que se observa un problema dentro del área de estudio (área de máquinas CNC), cuyo análisis desprende las hipótesis para determinar los supuestos de solución del problema, para lo cual se debe de contrastar si las hipótesis planteadas son la solución al problema encontrado (baja eficiencia de los equipos)

### **2.1.2. Diseño de la investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación se plantea seguir los lineamientos acordes a una investigación con diseño experimental, específicamente la investigación cuasi-experimental.

En el desarrollo de la investigación se maneja de forma deliberada la variable independiente, que para nuestra investigación es, implementación de un sistema de gestión de TPM; de tal manera que se puedan observarse e identificarse las causas de los cambios que se producirán en la variable dependiente, para nuestra investigación, el incremento de la eficiencia de los equipos. La presente tesis tendrá su alcance en un área específica con un solo grupo de estudio, para lo cual se realizará una pre-prueba a través de la recolección de la data antes de la aplicación del tratamiento experimental; de tal forma que quedarán archivadas las condiciones iniciales antes de aplicar el tratamiento experimental para, posteriormente realizar el levantamiento de información y tomar la post-prueba en el área de investigación.

### **2.1.3. Tipo de investigación**

El presente trabajo científico, según la finalidad, será de tipo Aplicada ya que se busca implementar un sistema de gestión de TPM en el área de mecanizados CNC de la empresa Metal Mecánica, con el fin de incrementar la

eficiencia de las máquinas mediante la aplicación de esta metodología de mejora continua a través de sus diferentes fases (Desarrollo y Aplicación). Valderrama Santiago (2013) sostiene que este tipo de investigación se soporta en la aplicación de teorías existentes para lograr el control de la problemática presentada en la investigación y generar procedimientos aplicables a la resolución del problema planteado por el investigador.

En concordancia con el grado de conocimiento de la problemática observada en el área, la investigación será llevada a un nivel descriptivo y explicativo con un enfoque cuantitativo; debido a que se pretende recopilar la data de los niveles de eficiencia mediante los indicadores de disponibilidad, efectividad y calidad, para lo cual se tendrá que recopilar la información mediante una pre-prueba y luego una post-prueba para la obtención de los resultados en un tiempo determinado de 20 semanas antes y 20 semanas después, razón por la cual el trabajo de investigación también tendrá por el alcance temporal, un diseño longitudinal.

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **2.2.1. Variable independiente**

Mantenimiento Productivo Total (TPM).

“Es el conjunto de disposiciones, técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un proceso básico o línea de producción pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua” (Rey, 2001, p.59).

Las dimensiones de la variable Mantenimiento Productivo Total son:

Fase de Desarrollo.

Fase de Aplicación.

### **2.2.2. Variable dependiente**

La eficiencia de las máquinas o equipos (OEE)

“La búsqueda de la máxima eficiencia del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad” (Cuatrecasas, 2010, p.117).

La variable dependiente tiene 03 dimensiones:

Coeficiente de Disponibilidad.

Coeficiente de Efectividad.

Coeficiente de Calidad.

### **2.2.3. Operacionalización de variables**

La operacionalización de las variables está referida a la forma como las variables se descomponen para determinar las dimensiones y los indicadores en la investigación a realizar, teniendo como base la definición conceptual o teoría propuesta en una determinada fuente, la cual será el punto de partida para la investigación.

“La operacionalización es el proceso mediante el cual se transforman las variables de conceptos abstractos a unidades de medición” (Valderrama, 2012, p.160).

La matriz de operacionalización de una investigación es importante porque ayuda a construir el diseño y los métodos a emplear para el trabajo de investigación, de forma que las variables de la investigación, dimensiones e instrumentos se concatenen siguiendo el desarrollo de las bases teóricas hasta llegar a la recolección de datos y finalmente la obtención de los resultados. En el Gráfico 6 podemos observar la matriz de operacionalización con la cual se desarrollará la tesis referente a la investigación.

**Gráfico 6 Matriz de Operacionalización**

| VARIABLE                             | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL   | DIMENSION      | INDICADORES              | INDICES  | ESCALA DE MEDICION |
|--------------------------------------|---|--|----------------|--------------------------|--|--------------------|
| Mantenimiento Productivo Total (TPM) | Es el conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un "proceso básico" o línea de producción pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua<br><b>Rey Sacristán, 2001, p.59</b> | La metodología del TPM se aplicará de forma progresiva en sus dos primeras fases, para lo cual se verificarán los resultados por medio de los niveles de cumplimiento en el Desarrollo y Aplicación a través del Formato de Evaluación del Nivel de Cumplimiento del Programa TPM                          | Desarrollo     | Índice de Desarrollo     | $NCumplim = \frac{Ra}{Re} \times 100\%$ <p>Donde:<br/>                     NCumplim = Nivel de cumplimiento<br/>                     Ra = Resultado alcanzado<br/>                     Re = Resultado esperado</p> | Razón              |
|                                      |   |  | Aplicación     | Índice de Aplicación     | $NCumplim = \frac{Ra}{Re} \times 100\%$ <p>Donde:<br/>                     NCumplim = Nivel de cumplimiento<br/>                     Ra = Resultado alcanzado<br/>                     Re = resultado esperado</p> |                    |
| VARIABLE                             | DEFINICION CONCEPTUAL   | DEFINICION OPERACIONAL   | DIMENSION      | INDICADORES              | INDICES  | ESCALA DE MEDICION |
| Eficiencia Global de Equipos (OEE)   | La búsqueda de la máxima eficiencia del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada una de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad.<br><b>Cuatrecasas, 2010, p.117.</b>  | La eficiencia de las máquinas en el área de mecanizados CNC, se incrementará mediante la mejora de la Eficiencia Global de Equipos (OEE), a través del incremento de la Disponibilidad, Efectividad y la Calidad, los cuales serán evaluadas mediante el Formato de Evaluación del Rendimiento Operacional | Disponibilidad | Índice de Disponibilidad | $D = \frac{TO}{TC}$ <p>TO = Tiempop Operativo<br/>                     TC = Tiempo de Carga</p>  | Razón              |
|                                      |   |  | Efectividad    | Índice de Efectividad    | $E = \frac{OC}{OP}$ <p>OC = Tiempo Operativo Real Ideal<br/>                     OP = Tiempo Operativo</p>   |                    |
|                                      |   |  | Calidad        | Índice de Calidad        | $C = \frac{TOE}{TOR}$ <p>TOE = Tiempo Operativo Efectivo<br/>                     TOR = Tiempo Operativo Real</p>  |                    |

*Fuente: Elaboración propia*

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

Para la presente investigación se define a la población como el conjunto conformado por los registros de los Factores OEE durante 20 semanas antes y después; y que, se tomaron de las 02 Máquinas CNC ubicadas en el área de mecanizados CNC de una Empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.

### **2.3.2. Muestra**

“Es un subconjunto representativo de un universo o población” (Valderrama, 2013, p.184).

Para la presente investigación la muestra es igual a la población, ya que se estudiará al total de la población objeto del estudio ubicadas en el área de mecanizados CNC de una empresa Metal Mecánica Lima – Perú 2017.

En este sentido, el trabajo de investigación no emplea muestreo.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

“Recolectar datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzca a reunir datos con un propósito específico” (Hernández, 2010, p.198).

#### **2.4.1.1. Observación de campo**

Esta técnica permite determinar cuáles son las causas de la baja eficiencia de las máquinas CNC. Se observarán los tiempos que están involucrados en el desarrollo de los procesos; para lo cual, estos datos serán analizados con

los instrumentos diseñados para tal fin en forma semanal; aparte, que se observará el aprendizaje de los operadores en pleno Desarrollo y Aplicación del TPM, para determinar los niveles de cumplimiento del programa en pleno proceso del desarrollo de las fases objeto de estudio..

#### **2.4.1.2. Bases teóricas y experiencias anteriores**

Este procedimiento permite encontrar los métodos más sencillos y prácticos para el desarrollo del proyecto y la implantación del mismo en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica, a través de los conocimientos aplicados y las experiencias anteriores similares a nuestro proyecto. Esta técnica nos brindará los lineamientos del análisis y el desarrollo del proyecto para la evaluación de los indicadores, el desarrollo de los instrumentos y formatos para la recopilación de la data hasta llegar a los resultados producto de la investigación.

#### **2.4.1.3. Análisis documental (base de datos)**

Estas fuentes da a conocer datos que nos permitirán construir nuestra información como son la frecuencia de fallas y averías producidas en los equipos y los costos involucrados en las reparaciones; tiempos perdidos por inoperatividad de los equipos, tiempos reales de los procesos de mecanizado, los cuales están registrados en los programas (dentro de la memoria) de cada máquina, registros de calidad para construir las pérdidas por baja calidad entre otros.

#### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

“Los instrumentos son los medios materiales que emplea el investigador para recoger y almacenar la información” (Valderrama, 2013, p.195). En la presenta investigación se utilizarán los siguientes instrumentos para la recolección de los datos que se describirán a continuación.

#### **2.4.2.1. Formato de Evaluación de cumplimiento.**

Este instrumento busca la evaluación inicial, gradual y progresiva de los integrantes del proyecto durante la implantación de la metodología del TPM en las fases de Desarrollo y Aplicación durante el tiempo que se estime la investigación (anexo 2).

#### **2.4.2.2. Check List de producción.**

Con el desarrollo de este formato, se busca obtener los tiempos de los procesos de mecanizado de los equipos CNC, para determinar los niveles de eficiencia de los equipos y la implementación de las medidas correctivas adecuadas durante el proceso de desarrollo del proyecto (anexo 3).

#### **2.4.2.3. Reportes de mantenimiento.**

Estos documentos sustentan el desarrollo de los mantenimientos preventivos y autónomos que se desarrollarán en las distintas máquinas del área de mecanizados CNC y a la vez permitirán obtener los datos para determinar la frecuencia de las fallas y permitir elaborar los planes de acción para el incremento de los niveles de confiabilidad y mantenibilidad de los equipos durante el desarrollo del proyecto de investigación (anexo 4).

#### **2.4.2.4. Reportes de No Conformidades.**

El desarrollo de este instrumento permite obtener las pérdidas de eficiencia en cuanto a los tiempos por productos rechazados y reprocesos; Posterior a la implementación del TPM, el resultado del incremento de los niveles de calidad conseguidos dentro de los equipos, serán evaluados con este formato (anexo 5).

#### **2.4.2.5. Formato de Evaluación de OEE**

Este instrumento está diseñado para obtener los tiempos que involucran las

pérdidas ocurridas dentro de los procesos y nos dará como resultado la evaluación del OEE dentro de cada máquina CNC (anexo 6)

### **2.4.3 Validez del instrumento**

La Torre (2007) indica que la validez del instrumento está referido al grado de exactitud que el instrumento refleja las características o dimensiones del problema que se pretende medir. Se valida el instrumento por medio del nivel de confiabilidad que presenta, para la obtención de los datos durante el proceso de la investigación.

Los instrumentos empleados en la presente investigación son validados por el juicio de expertos, en este caso se solicitó la validación de 03 Ingenieros Industriales de la UCV (anexo 7).

Ing. Industrial, MBA Bravo Rojas, Leonidas.

Ing. Industrial Suca Apaza, Guido.

Ing. Industrial Dávila Laguna, Ronald.

### **2.4.4. Confiabilidad del instrumento**

La aplicación de la validez y confiabilidad de los datos presentados en el trabajo de investigación se rige en base a la veracidad de los mismos, los cuales son parte de la información de la Empresa en la cual se desarrolla la implementación del TPM para el incremento de la eficiencia de los equipos.

**Cabe resaltar que la investigación tendrá la limitación de no mencionar a la Organización en la que se lleva a cabo este trabajo de investigación.**

### **2.5. Método de análisis de los datos**

La metodología para el análisis de los datos obtenidos con los diferentes documentos o instrumentos a utilizar pasará por el siguiente proceso de

evaluación indicados en los subsiguientes puntos.

### **2.5.1. Clasificación de los datos**

Cuya finalidad es ordenar los datos obtenidos para determinar la frecuencia de los sucesos durante el tiempo que durará la investigación y los niveles de eficacia que se logrará alcanzar durante el proceso de implementación del proyecto en el área de mecanizados CNC.

### **2.5.2. Tabulación de los datos**

Lo cual permite organizar los datos por categorías, dimensiones, niveles alcanzados, etc., resultando en la información que dará inicio a nuestro análisis que será desarrollado por Excel y SPSS para la construcción de gráficos producto de los respectivos análisis (descriptivo e inferencial).

### **2.5.3. Análisis descriptivo**

Este tipo de análisis en el que se sometieron los datos obtenidos en la investigación nos permitió la construcción de histogramas para realizar la evaluación de los datos acordes a los resultados que se obtuvieron como la media, cuadros comparativos de evolución de resultados, etc.

### **2.5.4. Análisis inferencial**

Mediante el análisis inferencial se realizó previamente la prueba de normalidad de los datos para determinar si son paramétricos o no paramétricos y así determinar el tipo de estadígrafo a utilizar (T-Student o Wilcoxon), para posteriormente realizar la contrastación de las hipótesis de las variables dependientes e independientes, por los 02 métodos empleados y que se determina por la cantidad de datos que se analizaron:

< 30 datos se usará Shapiro Wilk.

> 30 datos se usará Kolmogorov Smirnov.

## **2.6. Aspectos éticos**

La presente investigación muestra datos reales de la situación de la Empresa objeto del estudio; por lo que se justifica la necesidad de resaltar que por motivos personales y profesionales, no podemos declarar en que Empresa explícitamente se desarrolla esta investigación, determinándose como una limitación que debe resaltarse para no evidenciar información con el fin de resguardar la Organización.

## **2.7. Desarrollo de la propuesta**

### **2.7.1. Situación actual**

Para analizar la situación actual y definir con claridad la problemática que se presenta en la Empresa Metal Mecánica, y sobre la cual se sustenta el planteamiento de la aplicación de la mejora mediante la implementación del TPM, se mostrarán cuadros de costos que involucra la baja eficiencia del área de mecanizados CNC y que conlleva a una disminución de los niveles de cumplimiento de las entregas a los clientes producto de la baja eficiencia, no sólo del área, sino de todas las áreas en general; por lo que la aplicación del TPM, supone una mejora de la eficiencia no sólo del área de producción, sino que involucra a todas las áreas que conforman la organización.

**Tabla 3 Costos por mantenimiento y pérdidas por paros improductivos**

| COSTOS POR REPARACIONES Y HORAS-HOMBRE PERDIDAS EN LAS MÁQUINAS CNC DE METAL MECÁNICA PERIODO 2015 - 2016 |   |                      |  |                                 |
|---|---|----------------------|--|---------------------------------|
| FECHA   | COSTO POR FALLAS                                | COSTO                | HORAS HOMBRE- MÁQUINA PEEEDIDAS POR PAROS (APROX.) | COSTOS POR HORAS HOMBRE MÁQUINA |
| 28/05/2015  | HUSILLO A2-6 (TORNO ST-30)                      | S/. 27,118.03        | 240  | S/. 12,276.00                   |
| 28/05/2015  | CHUCK HIDRAULICO (TORNO ST-30)                  | S/. 11,235.95        |  |                                 |
| 28/05/2015  | SERV. DE INSTALACIÓN DEL HUSILLO Y CHUCK        | S/. 2,200.00         |  |                                 |
| 02/06/2015  | GARRA DE SUJECIÓN (CENTRO TM-3P)                | S/. 37.51            | 16   | S/. 818.40                      |
| 02/06/2015  | SERV. POR INSTALACIÓN DE GARRA DE SUJECIÓN      | S/. 120.00           | 6  | S/. 306.90                      |
| 17/06/2015  | SERV. POR ALARMA 160 (TORNO SL-20)              | S/. 120.00           |  |                                 |
| 23/06/2015  | VARIADOR DE VELOCIDAD DE 20HP (TORNO SL-20)     | S/. 12,780.68        | 160  | S/. 8,184.00                    |
| 23/06/2015  | SERV. DE INSTALACIÓN DE VARIADOR                | S/. 420.00           |  |                                 |
| 23/06/2015  | TARJETA ELECTRÓNICA I/O (TORNO SL-20)           | S/. 6,291.45         |  |                                 |
| 23/06/2015  | INSTALACIÓN DE TERJETA ELECTRÓNICA              | S/. 420.00           |  |                                 |
| 23/06/2015  | REVISIÓN DEL EJE Y EN CENTRO TM-3P              | S/. 120.00           | 12   | S/. 613.80                      |
| 21/08/2015  | SERV. DE ALINEAMIENTO DE HUSILLO, TORRETA Y COM | S/. 2,000.00         | 16   | S/. 818.40                      |
| 11/06/2016  | SERV. POR VIBRACIÓN (TORNO ST-30)               | S/. 300.00           | 10   | S/. 511.50                      |
| 14/06/2016  | SERVOMOTOR PARA EJE Z (TORNO SL-20)             | S/. 10,274.33        | 240  | S/. 12,276.00                   |
| 14/06/2016  | CHUCK HIDRÁULICO (TORNO SL-20)                  | S/. 7,843.00         |  |                                 |
| 14/06/2016  | SERV. DE INSTALACIÓN DE SERVOMOTOR PARA EJE Z   | S/. 600.00           |  |                                 |
| 11/06/2016  | SERV. DE ALINEAMIENTO DE HUSILLO, TORRETA Y COM | S/. 2,500.00         |  |                                 |
|   |   | <b>S/. 84,380.95</b> | <b>700</b>   | <b>S/. 35,805.00</b>            |
|   |   |                      | <b>COSTO TOTAL</b>                                 | <b>S/. 120,185.95</b>           |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| T. DE CAMBIO (S/.)         | S/. 3.41  |
| COSTO HORA-HOMBRE MÁQ. CNC | S/. 51.15 |

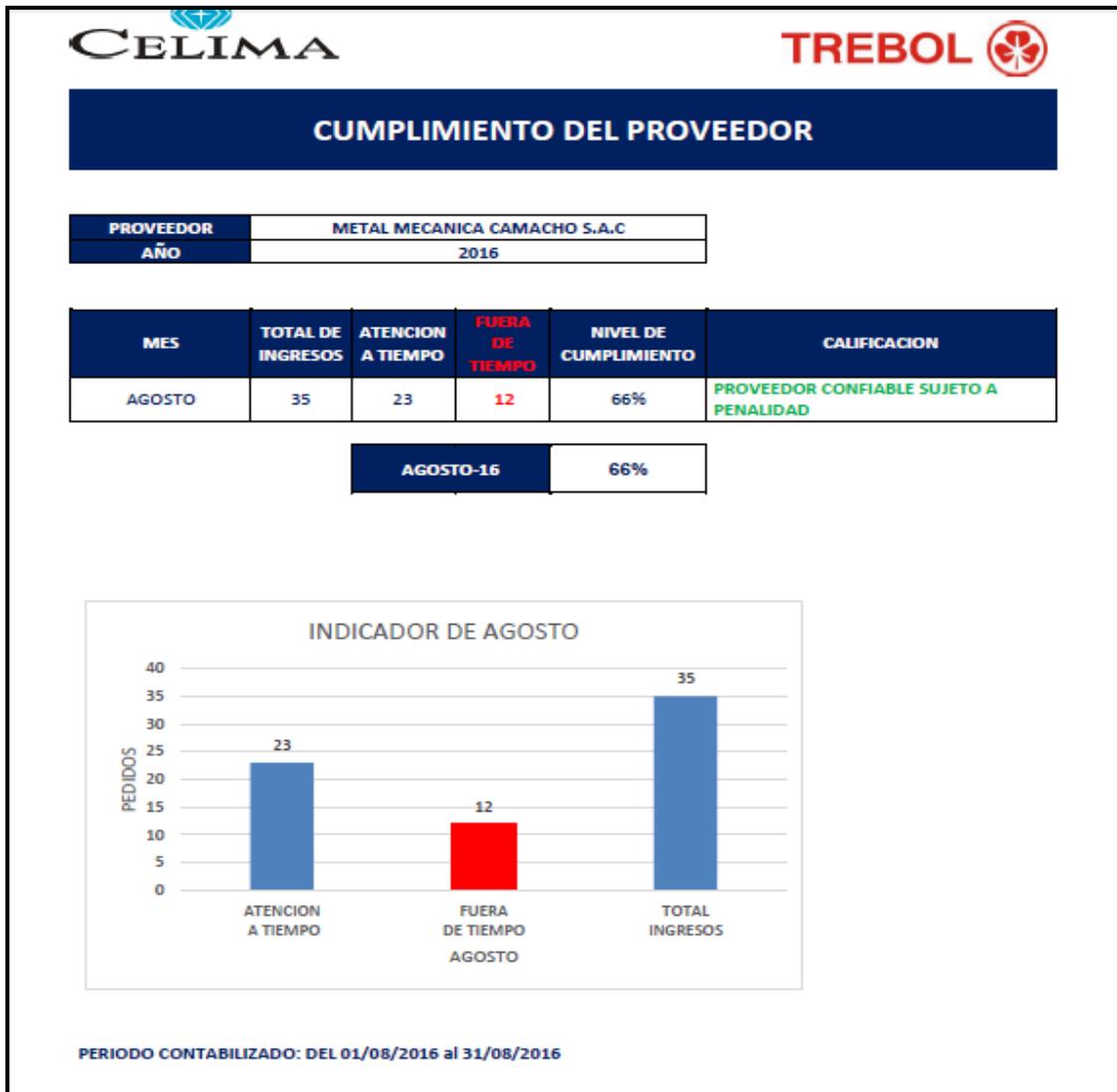
*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 3 muestra los costos que se han visto involucrados en los mantenimientos correctivos que se sucedieron durante el periodo Mayo 2015 – Junio 2106, como son reparaciones, compra de repuestos reemplazados, producto de impactos de las partes móviles por operativa del equipo defectuosa o programaciones erradas. Aparte, también se puede apreciar las horas-hombre improductivas resultantes de equipos parados y que suman un total de 700 horas-hombre durante este periodo y que afecta significativamente la disponibilidad de los equipos en los procesos productivos. La evaluación final de costos por reparaciones (incluido compra de repuestos) y pérdidas por horas-hombre, nos da un costo total de S/.120185.95.

Esta valuación se sustenta en las reportes por mantenimiento (anexo 1), cotizaciones por compra de repuestos y partes dañadas (anexo 8) y los días que los equipos se encontraron inoperativos por concepto de reparaciones y/o espera de repuestos que han tenido que importarse. Como resultado de esta baja eficiencia, se deriva en niveles de cumplimiento con los clientes por debajo de los estándares esperados, determinándose que estos niveles están sujetos a la disponibilidad de los equipos y así lograr el cumplimiento de

los plazos de entrega propuestos en las ofertas y cotizaciones comprometidas hacia los clientes. A continuación mostramos la evaluación de un cliente en el mes de agosto 2016.

**Gráfico 7 Evaluación de nivel de cumplimiento de principal cliente**



*Fuente: Grupo Celima – Trebol*

El gráfico 7 muestra el nivel del cumplimiento durante el periodo Agosto 2016 y en el que se nota claramente un cumplimiento relativamente bajo (66%) y como resultado, la confiabilidad está sujeta a una penalidad; lo cual perjudica los beneficios y la competitividad de la empresa Metal Mecánica.

Del resultado del análisis y observación de los niveles de Eficiencia global de los Equipos (OEE) a través de la evaluación de los tiempos involucrados en los procesos y las pérdidas por los diversos factores inmersos en los coeficientes de Efectividad, Disponibilidad y Calidad mediante los programas de mecanizado (anexo 9) y velocidades de corte recomendados en los manuales (anexo 10) se ha logrado construir la data necesaria durante 20 semanas antes de la aplicación del proyecto de mejora para su análisis posterior y evaluación de los resultados el factor OC, es el resultado de la razón entre los tiempos cotizados y los tiempos reales obtenidos en el procesos de mecanizado. Los datos se obtiene de 02 equipos críticos del área: Centro de Mecanizado VF3 – YT (HASS) y Torno SL – 30 (HASS), y que se mostrarán mediante el Reporte de evaluación OEE durante 06 días en 02 turnos de 08 horas c/u.

**Tabla 4 OEE Centro VF3-YT (semana 1)**

| <b>CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT</b>                                       |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
| <b>EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 11/07/16 - 16/07/16)</b> |   |                            |                  |
| <b>TIEMPOS</b>   | <b>TIPOS DE PÉRDIDAS</b>                        | <b>RESULTADO (MINUTOS)</b> | <b>RESULTADO</b> |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)   |   | 5760                       | 5760             |
| TIEMPO DE CARGA (TC)   | PAROS PREVISTOS                                 | 450                        | 5190             |
|  | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)  | AVERÍAS   | 243                        | 3313             |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 267                        |                  |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 510                        |                  |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 162                        |                  |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 298                        |                  |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 397                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)  | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 135                        | 3110             |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 68                         |                  |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   | 0                          |                  |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 165                        | 2877             |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 0                          |                  |
|  | REPROCESOS                                      | 68                         |                  |

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>0.85</b>       | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| <b>0.93872623</b> | OP = TOR/TO                     |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| <b>D = TO/TC</b>       | <b>0.638342967</b> |
| <b>E = OC x OP</b>     | <b>0.797917296</b> |
| <b>C = TOE/TOR</b>     | <b>0.925080386</b> |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.471184971</b> |

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 5 OEE Centro VF3-YT (semana 10)**

| CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT                                       |   |                     |           |
|---|---|---------------------|-----------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 12/09/16 - 17/09/16) |   |                     |           |
| TIEMPOS   | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | RESULTADO (MINUTOS) | RESULTADO |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)  |   | 5760                | 5760      |
| TIEMPO DE CARGA (TC)  | PAROS PREVISTOS                                 | 450                 | 5190      |
|   | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                 |           |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)   | AVERÍAS   | 65                  | 3615      |
|   | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 305                 |           |
|   | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 490                 |           |
|   | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 190                 |           |
|   | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 325                 |           |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)   | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 200                 | 3285      |
|   | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 150                 |           |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 110                 |           |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                                    | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   | 70                  | 3028      |
|   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 187                 |           |
|   | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 70                  |           |
|   | REPROCESOS                                      | 0                   |           |

|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| 0.85        | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| 0.908713693 | OP = TOR/TO                     |

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| D = TO/TC       | 0.696531792 |
| E = OC x OP     | 0.772406639 |
| C = TOE/TOR     | 0.921765601 |
| OEE = D x E x C | 0.495915222 |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 6 OEE Centro VF3-YT (semana 20)**

| CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT                                       |   |                     |           |
|---|---|---------------------|-----------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 21/11/16 - 26/11/16) |   |                     |           |
| TIEMPOS   | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | RESULTADO (MINUTOS) | RESULTADO |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)  |   | 5760                | 5760      |
| TIEMPO DE CARGA (TC)  | PAROS PREVISTOS                                 | 450                 | 5190      |
|   | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                 |           |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)   | AVERÍAS   | 22                  | 3705      |
|   | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 190                 |           |
|   | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 260                 |           |
|   | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 210                 |           |
|   | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 436                 |           |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)   | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 367                 | 3460      |
|   | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 95                  |           |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 90                  |           |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                                    | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   | 60                  | 3121      |
|   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 175                 |           |
|   | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 132                 |           |
|   | REPROCESOS                                      | 32                  |           |

|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| 0.85        | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| 0.933873144 | OP = TOR/TO                     |

|                 |             |
|-----------------|-------------|
| D = TO/TC       | 0.713872832 |
| E = OC x OP     | 0.793792173 |
| C = TOE/TOR     | 0.902023121 |
| OEE = D x E x C | 0.511146435 |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 7 OEE Torno SL-30 (semana 1)**

| <b>TORNO ST-30</b>   |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
| <b>EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 11/07/16 - 16/07/16)</b> |   |                            |                  |
| <b>TIEMPOS</b>   | <b>TIPOS DE PÉRDIDAS</b>                        | <b>RESULTADO (MINUTOS)</b> | <b>RESULTADO</b> |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)   |   | 5760                       | 5760             |
| TIEMPO DE CARGA (TC)   | PAROS PREVISTOS                                 | 450                        | 5190             |
|  | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)  | AVERÍAS   | 190                        | 3725             |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 290                        |                  |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 215                        |                  |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 220                        |                  |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 340                        |                  |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 210                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)  | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 90                         | 2955             |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 275                        |                  |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR VC INADECUADA        | 405                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 189                        | 2489             |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 210                        |                  |
|  | REPROCESOS                                      | 67                         |                  |

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| <b>0.85</b>        | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| <b>0.793288591</b> | OP = TOR/TO                     |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| <b>D = TO/TC</b>       | <b>0.717726397</b> |
| <b>E = OC x OP</b>     | <b>0.674295302</b> |
| <b>C = TOE/TOR</b>     | <b>0.842301184</b> |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.407639692</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 8 OEE Torno SL-30 (semana 20)**

| <b>TORNO ST-30</b>   |   |                            |                  |
|--|---|----------------------------|------------------|
| <b>EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 21/11/16 - 26/11/16)</b> |   |                            |                  |
| <b>TIEMPOS</b>   | <b>TIPOS DE PÉRDIDAS</b>                        | <b>RESULTADO (MINUTOS)</b> | <b>RESULTADO</b> |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)   |   | 5760                       | 5760             |
| TIEMPO DE CARGA (TC)   | PAROS PREVISTOS                                 | 450                        | 5190             |
|  | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)  | AVERÍAS   | 96                         | 4129             |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 204                        |                  |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 146                        |                  |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 203                        |                  |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 248                        |                  |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 164                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)  | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 167                        | 3388             |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 182                        |                  |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR VC INADECUADA        | 392                        |                  |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 208                        | 2892             |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 173                        |                  |
|  | REPROCESOS                                      | 115                        |                  |

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| <b>0.85</b>       | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| <b>0.82053766</b> | OP = TOR/TO                     |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| <b>D = TO/TC</b>       | <b>0.795568401</b> |
| <b>E = OC x OP</b>     | <b>0.697457011</b> |
| <b>C = TOE/TOR</b>     | <b>0.853600945</b> |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.473641618</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

Las tablas 4,5,6,7,8 muestran los datos obtenidos durante 20 semanas antes de implementado el TPM, para obtener la Eficiencia Global de los equipos (OEE) a través de los tiempos empleados en los procesos y las consecuentes pérdidas que se suceden dentro de estos, la cual resulta en niveles de OEE relativamente bajos.

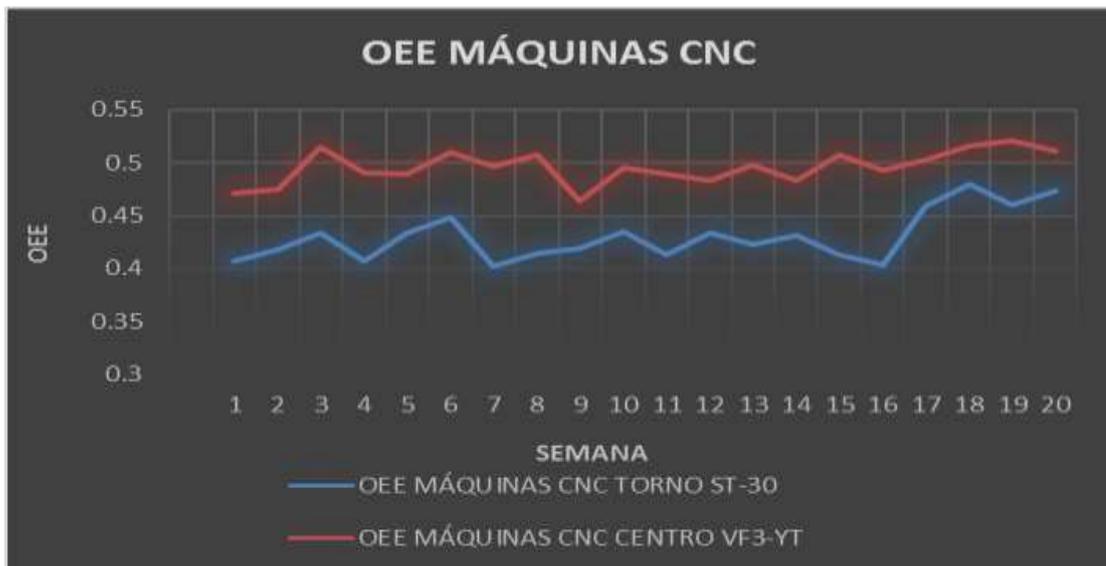
**Tabla 9 Valores OEE antes de la implementación del TPM**

| <b>OEE MÁQUINAS CNC</b> |                    |                      |                 |
|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| <b>SEMANA</b>           | <b>TORNO ST-30</b> | <b>CENTRO VF3-YT</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 1                       | 0.408              | 0.471                | 0.439           |
| 2                       | 0.418              | 0.474                | 0.446           |
| 3                       | 0.434              | 0.515                | 0.474           |
| 4                       | 0.407              | 0.490                | 0.448           |
| 5                       | 0.433              | 0.489                | 0.461           |
| 6                       | 0.449              | 0.509                | 0.479           |
| 7                       | 0.403              | 0.496                | 0.450           |
| 8                       | 0.414              | 0.507                | 0.460           |
| 9                       | 0.420              | 0.464                | 0.442           |
| 10                      | 0.435              | 0.496                | 0.465           |
| 11                      | 0.414              | 0.489                | 0.451           |
| 12                      | 0.434              | 0.483                | 0.458           |
| 13                      | 0.422              | 0.498                | 0.460           |
| 14                      | 0.432              | 0.483                | 0.458           |
| 15                      | 0.414              | 0.508                | 0.461           |
| 16                      | 0.404              | 0.493                | 0.448           |
| 17                      | 0.459              | 0.503                | 0.481           |
| 18                      | 0.480              | 0.516                | 0.498           |
| 19                      | 0.460              | 0.521                | 0.491           |
| 20                      | 0.474              | 0.511                | 0.492           |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 9 apreciamos los valores observados del OEE dentro de las máquinas CNC Centro VF3-YT y Torno ST-30, de forma individual y el promedio entre ambos equipos, durante 20 semanas antes de la implementación del TPM; la cual muestra valores menores al 0,50; lo que corrobora la problemática existente que se tiene actualmente y que por lo tanto es necesaria la mejora que permitirá la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para elevar estos niveles.

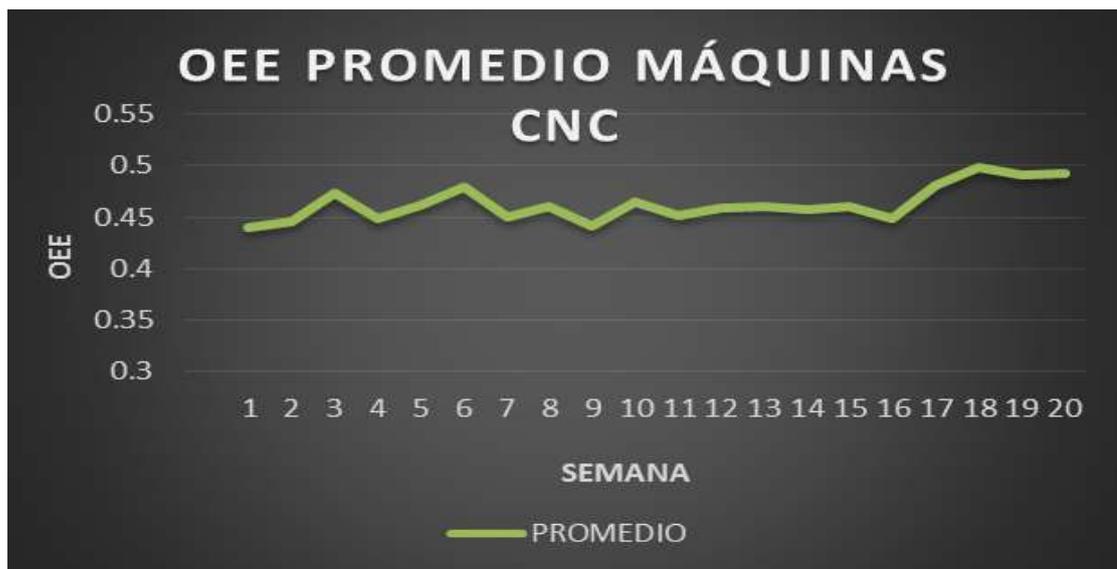
**Gráfico 8 OEE Máquinas CNC antes de implementado el TPM**



*Fuente: Elaboración propia*

El gráfico 8 presenta los niveles de eficiencia en el Torno ST-30 y el Centro de Maquinado VF3-YT durante el tiempo de 20 semanas antes de implementar la mejora. Se observa una continua variabilidad de los niveles OEE, los cuales se mueven entre los rangos de 0,40 – 0,48 para el Torno y entre un 0,47 – 0,52 para el Centro, motivado por las pérdidas que se suceden en los procesos productivos.

**Gráfico 9 OEE promedio de máquinas CNC antes de implementar el TPM**



*Fuente: Elaboración propia*

En el gráfico 9 se aprecia que durante las 20 semanas de observación existe una variabilidad del OEE, producto de las pérdidas que se producen por fallas y averías que se presentan constantemente en plenos procesos productivos (disponibilidad de los equipos), pérdidas por incorformidades y productos rechazados (calidad), y, tiempos perdidos por procesos inadecuados como programaciones que no generan óptimas condiciones de operatividad y reducen la eficiencia de los equipos. Entre la semana 17-20 se aprecia un incremento del nivel OEE motivado por la información de la implementación del TPM dentro del área y la disposición de los operadores de desarrollarlo. Se concluye que los niveles de eficiencia son relativamente bajos ( $0.41 < X < 0.52$ ), por lo que la aplicación de la mejora nos brindará elevar estos niveles.

**Tabla 10 Factores involucrados en el OEE antes de implementar el TPM**

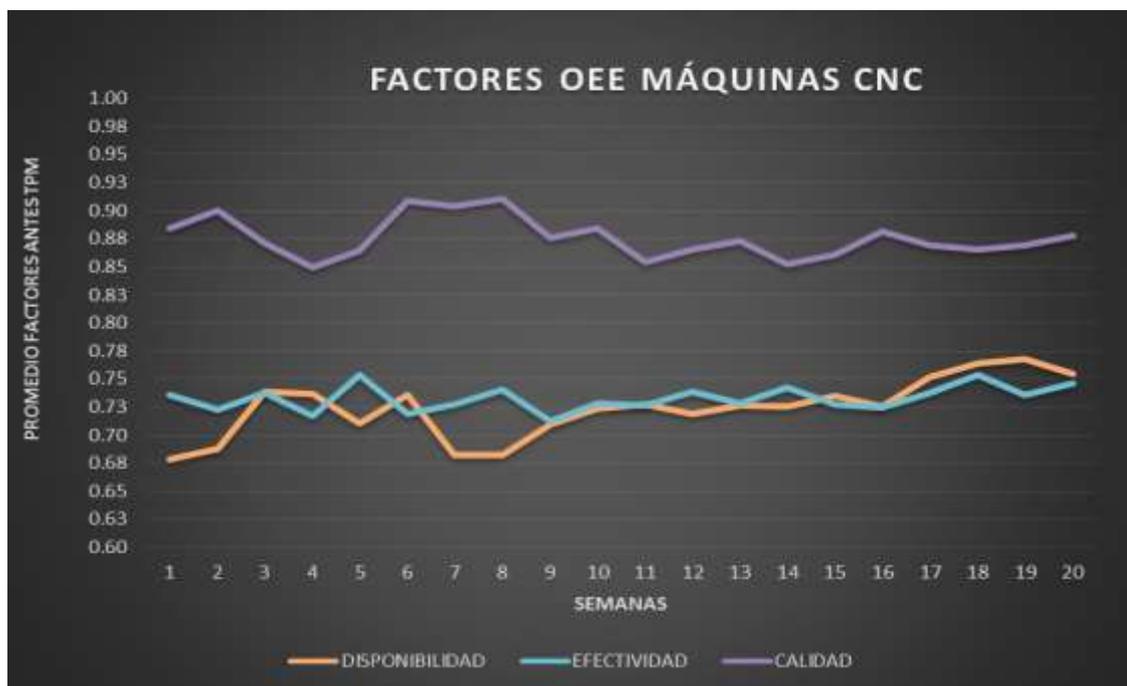
| FACTORES OEE MÁQUINAS CNC ANTES DE IMPLEMENTAR EL TPM |                |              |         |                |              |         |                   |              |         |
|---|----------------|--------------|---------|----------------|--------------|---------|-------------------|--------------|---------|
|   | TORNO ST-30    |              |         | CENTO VF3-YT   |              |         | PROMEDIO FACTORES |              |         |
| SEMANA  | DISPONIBILIDAD | EFFECTIVIDAD | CALIDAD | DISPONIBILIDAD | EFFECTIVIDAD | CALIDAD | DISPONIBILIDAD    | EFFECTIVIDAD | CALIDAD |
| 1   | 0.638          | 0.798        | 0.925   | 0.718          | 0.674        | 0.842   | 0.678             | 0.736        | 0.884   |
| 2   | 0.661          | 0.787        | 0.912   | 0.715          | 0.659        | 0.887   | 0.688             | 0.723        | 0.900   |
| 3   | 0.724          | 0.800        | 0.889   | 0.753          | 0.675        | 0.853   | 0.739             | 0.737        | 0.871   |
| 4   | 0.735          | 0.787        | 0.847   | 0.739          | 0.646        | 0.852   | 0.737             | 0.717        | 0.850   |
| 5   | 0.702          | 0.822        | 0.848   | 0.718          | 0.685        | 0.882   | 0.710             | 0.753        | 0.865   |
| 6   | 0.716          | 0.783        | 0.908   | 0.756          | 0.654        | 0.908   | 0.736             | 0.719        | 0.908   |
| 7   | 0.679          | 0.790        | 0.925   | 0.685          | 0.666        | 0.883   | 0.682             | 0.728        | 0.904   |
| 8   | 0.685          | 0.800        | 0.925   | 0.678          | 0.681        | 0.896   | 0.682             | 0.741        | 0.910   |
| 9   | 0.682          | 0.763        | 0.891   | 0.737          | 0.661        | 0.861   | 0.710             | 0.712        | 0.876   |
| 10  | 0.697          | 0.772        | 0.922   | 0.750          | 0.685        | 0.847   | 0.723             | 0.729        | 0.884   |
| 11  | 0.712          | 0.783        | 0.878   | 0.743          | 0.670        | 0.831   | 0.727             | 0.727        | 0.854   |
| 12  | 0.693          | 0.792        | 0.881   | 0.745          | 0.685        | 0.850   | 0.719             | 0.739        | 0.865   |
| 13  | 0.715          | 0.802        | 0.869   | 0.737          | 0.654        | 0.876   | 0.726             | 0.728        | 0.873   |
| 14  | 0.693          | 0.792        | 0.881   | 0.757          | 0.692        | 0.824   | 0.725             | 0.742        | 0.852   |
| 15  | 0.727          | 0.784        | 0.891   | 0.743          | 0.670        | 0.831   | 0.735             | 0.727        | 0.861   |
| 16  | 0.707          | 0.764        | 0.913   | 0.745          | 0.685        | 0.850   | 0.726             | 0.725        | 0.881   |
| 17  | 0.733          | 0.779        | 0.881   | 0.770          | 0.696        | 0.857   | 0.752             | 0.737        | 0.869   |
| 18  | 0.744          | 0.794        | 0.873   | 0.784          | 0.713        | 0.857   | 0.764             | 0.754        | 0.865   |
| 19  | 0.762          | 0.770        | 0.888   | 0.774          | 0.701        | 0.849   | 0.768             | 0.735        | 0.869   |
| 20  | 0.714          | 0.794        | 0.902   | 0.796          | 0.698        | 0.854   | 0.755             | 0.746        | 0.878   |

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 10 nos muestra los valores tomados de los factores involucrados en el OEE, los cuales son los factores de Disponibilidad, el de Efectividad y el de

Calidad, que han sido extraídos de los Reportes de Evaluación OEE antes del TPM (anexo 11). Los valores se han segmentado por máquina (Torno ST-30 y Centro VF3-YT) y por valores promedio durante las 20 semanas que duró la toma de los datos. Los valores promedio en cada uno de los factores, aparentemente poseen un nivel relativamente alto, pero al realizar el cálculo real del OEE, se demuestra que estos sí tienen una influencia negativa en cuanto al resultado final como se mostró en la tabla 9 del promedio de OEE en las 02 máquinas CNC antes de implementar el TPM.

**Gráfico 10 Niveles promedio para factores OEE de máquinas CNC antes del TPM**



**Fuente: Elaboración propia**

El gráfico 10 muestra los niveles alcanzados por cada uno de los factores del OEE durante las 20 semanas de estudio, encontrando que el factor de Calidad se encuentra en un nivel de mayor preponderancia entre 0,85 – 0,90, aparte que mantiene cierta estabilidad durante las 20 semanas de observación. También observamos que el factor con menor nivel es el de Disponibilidad, pero que tiende a recuperarse entre la semana 15 hasta la semana 20. Esto nos demuestra que las paradas inesperadas por fallos, averías y otros, tienen una influencia negativa en los niveles aceptables de eficiencia de las máquinas CNC.

## 2.7.2. Propuesta de mejora

Reconocida la problemática, y que involucra factores como la calidad, procesos inadecuados, fallas y averías constantes en pleno procesos, la falta de capacitación del personal y el factor más resaltante que es la falta de un programa de mantenimiento preventivo que garantice la disponibilidad de los equipos; se propone implementar dentro del área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que nos llevará a mejorar mediante sus 03 factores como son el de Efectividad, Disponibilidad y Calidad, la eficiencia de las máquinas CNC, determinada por el estudio y solución en sus 02 equipos con mayor criticidad como son el Torno ST-30 y el Centro de Mecanizado VF3-YT

### 2.7.2.1. Análisis de la alternativa de solución.

Gráfico 11 Causas de baja eficiencia de Equipos CNC

| CÓDIGO | DESCRIPCIÓN                                    |
|--------|--|
| C1     | Alto nivel de ruido                            |
| C2     | Áreas reducidas                                |
| C3     | Check list inadecuado                          |
| C4     | Control de calidad ineficiente                 |
| C5     | Comunicación deficiente                        |
| C6     | Contaminación por evaporación de refrigerantes |
| C7     | Deficiencias administrativas                   |
| C8     | Distribución de planta inadecuada              |
| C9     | Falta de capacitación                          |
| C10    | Falta de supervisión                           |
| C11    | Falta ventilación                              |
| C12    | Herramientas insuficientes                     |
| C13    | Impactos y choques en los equipos              |
| C14    | Mala programación                              |
| C15    | Mantenimiento costoso                          |
| C16    | No existe programa de calibración de equipos   |
| C17    | No existe programa de mantenimiento preventivo |
| C18    | No se cuenta con personal de mantenimiento     |
| C19    | Personal calificado insuficiente               |
| C20    | Personal no calificado                         |
| C21    | Porcedimientos inadecuados                     |
| C22    | Presupuestos no aprobados                      |

*Fuente: Elaboración propia*

El gráfico 11 presenta las causas de la baja eficiencia de las máquinas CNC y que han sido extraídos del Diagrama de Ishikawa (gráfico 3), en la cual se ha colocado un código específico, con la finalidad de realizar la matriz de relación entre las 22 causas que se encontraron para la baja eficiencia de las máquinas CNC y determinar si la alternativa propuesta para solucionar la problemática, es la que mejores alternativas de solución y mayores resultados propone para solucionar el problema encontrado dentro de la organización se desarrolla la investigación.

**Tabla 10 Matriz de relación causas de baja eficiencia de máquinas CNC**

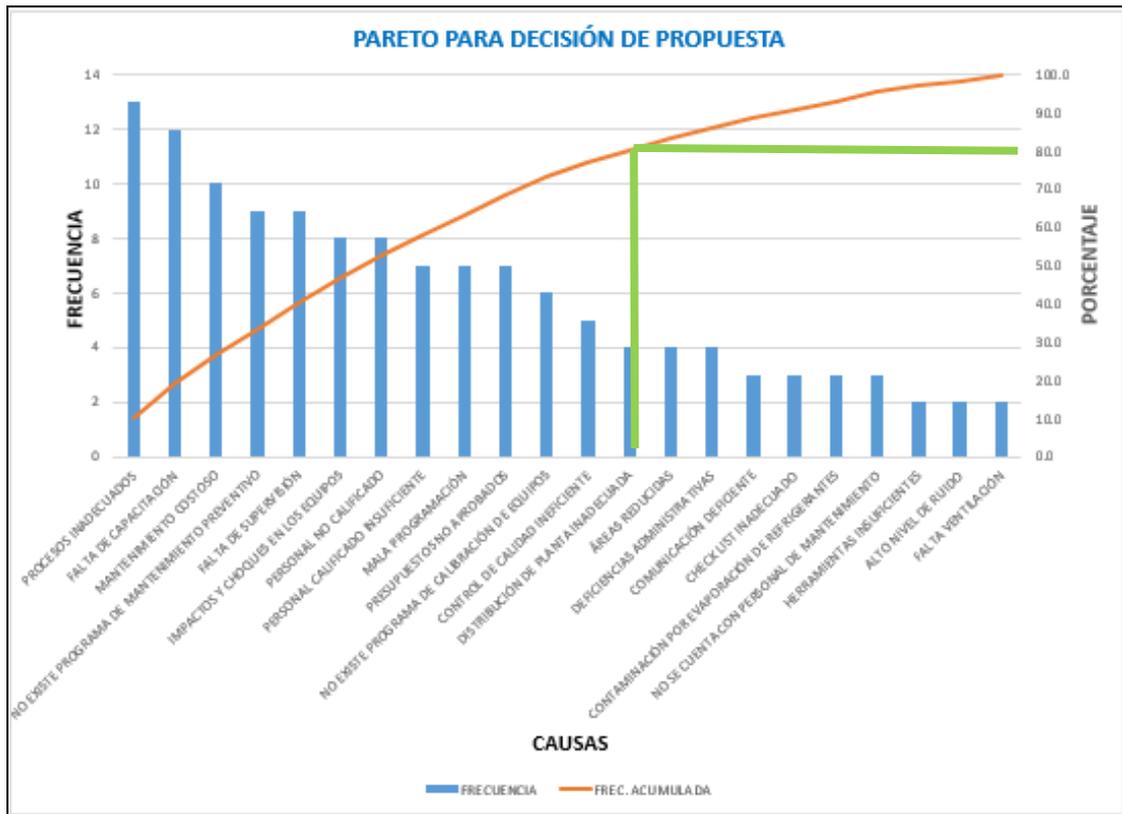
|     | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 | C9 | C10 | C11 | C12 | C13 | C14 | C15 | C16 | C17 | C18 | C19 | C20 | C21 | C22 | PUNTAJE | % PONDERADO |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|
| C1  |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2       | 1.5%        |
| C2  | 1  |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 4       | 3.1%        |
| C3  |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 3       | 2.3%        |
| C4  |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   |     | 5       | 3.8%        |
| C5  |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 3       | 2.3%        |
| C6  |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |     | 1   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 3       | 2.3%        |
| C7  |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 1  |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 4       | 3.1%        |
| C8  | 1  | 1  |    |    |    | 1  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   |     | 4       | 3.1%        |
| C9  |    |    |    | 1  |    |    | 1  |    |    | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 12      | 9.2%        |
| C10 |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    |    | 1  |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   |     |     |     | 1   |     | 9       | 6.9%        |
| C11 |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 2       | 1.5%        |
| C12 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 2       | 1.5%        |
| C13 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1   |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 8       | 6.1%        |
| C14 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     | 7       | 5.3%        |
| C15 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |     |     |     | 1   | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 10      | 7.6%        |
| C16 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     |     |     | 1   | 6       | 4.6%        |
| C17 |    |    |    |    |    |    | 1  |    | 1  | 1   |     |     | 1   |     | 1   |     |     |     |     | 1   | 1   | 1   | 9       | 6.9%        |
| C18 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |     |     |     |     |     | 1   |     |     |     |     |     |     | 1   | 3       | 2.3%        |
| C19 |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     | 1   | 1   | 7       | 5.3%        |
| C20 |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |     |     |     | 1   | 1   | 1   |     |     |     |     |     | 1   |     | 8       | 6.1%        |
| C21 |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1   |     | 1   | 1   | 1   | 1   |     | 1   |     | 1   | 1   |     |     | 13      | 9.9%        |
| C22 |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |     |     | 1   |     |     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |     |     | 7       | 5.3%        |
|     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 131     | 100.0%      |

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 10 nos presenta el grado de relación existente entre las distintas causas de la baja eficiencia de las máquinas CNC y que al observar los resultados, encontramos que las de mayor relación existente se encuentran las causas C13, C9, C15 y C16, las cuales tienen una relación significativa con los

factores relacionados a procesos, capacitaciones y mantenimiento de los equipos; los cuales son factores que el TPM plantea mejorar como objetivos de esta herramienta de ingeniería dentro de su plan de desarrollo e implementación.

**Gráfico 12 Pareto para decisión de propuesta**



**Fuente: Elaboración propia**

En el gráfico 12 encontramos que la solución esperada de 80% - 20% no se cumple en este análisis; lo que nos muestra es que la solución de la problemática de la baja eficiencia de las máquinas CNC esta condicionada a resolver 13 causas que están inmersas en 03 factores como el de mantenimiento de máquinas, capacitación de personal y procesos inadecuados. Estas causas son la razón por la que la alternativa propuesta definida como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), debe ser implementada en la empresa donde se desarrolla el estudio de la presente investigación.

Las causas que deben resolverse en concordancia con el análisis de Pareto son los siguientes:

- Procesos inadecuados.
- Falta de capacitación.
- Mantenimiento costoso.
- No existe programa de mantenimiento preventivo.
- Falta de supervisión.
- Impactos y choques en los equipos.
- Personal no calificado.
- Personal calificado insuficiente.
- Mala programación dentro de los procesos.
- Presupuestos no aprobados.
- No existe programa de calibración de equipos.
- Control de calidad insuficiente.

Para determinar definitivamente si la alternativa propuesta del TPM, es la que mejores resultados nos brindará a la resolución de la problemática, se realizará un análisis mediante una matriz de priorización de los problemas a resolver dentro de las 22 causas que provocan la baja eficiencia de los equipos mostradas en el diagrama de Ishikawa desarrollado anteriormente (gráfico 3).

Tabla 11 Matriz de priorización de causas que provocan el problema

| CONSOLIDADO DE PROBLEMAS POR ÁREA | NIVELES DE IMPACTO |       |      |                |            |         | NIVEL DE CRITICIDAD | TOTAL DE PROBLEMAS | TASA PORCENTUAL DE PROBLEMAS | IMPACTO | CALIFICACIÓN | PRIORIDAD | HERRAMIENTA A IMPLEMENTAR |
|-----------------------------------|--------------------|-------|------|----------------|------------|---------|---------------------|--------------------|------------------------------|---------|--------------|-----------|---------------------------|
|                                   | BAJO               | MEDIO | ALTO | PROCEDIMIENTOS | INSPECCIÓN | EQUIPOS |                     |                    |                              |         |              |           |                           |
| MANTENIMIENTO                     | 2                  | 1     | 2    | 1              | 1          | 1       | ALTO                | 8                  | 36%                          | 10      | 80           | 1         | TPM                       |
| PROCESOS                          | 2                  | 1     | 1    | 0              | 2          | 1       | ALTO                | 7                  | 32%                          | 10      | 70           | 2         | MEJORA CONTINUA           |
| GESTIÓN                           | 1                  | 0     | 0    | 1              | 2          | 2       | MEDIO               | 6                  | 27%                          | 5       | 30           | 3         | *                         |
| CALIDAD                           | 1                  | 0     | 0    | 0              | 0          | 0       | MEDIO               | 1                  | 5%                           | 5       | 5            | 4         | TQM                       |
| TOTAL PROBLEMAS                   |                    |       |      |                |            |         |                     | 22                 | 100%                         |         |              |           |                           |
| NIVELES DE IMPACTO                | BAJO               | 1     |      |                |            |         |                     |                    |                              |         |              |           |                           |
|                                   | MEDIO              | 5     |      |                |            |         |                     |                    |                              |         |              |           |                           |
|                                   | ALTO               | 10    |      |                |            |         |                     |                    |                              |         |              |           |                           |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 muestra que los problemas referidos al mantenimiento tienen una prioridad 1, lo cual es el resultado de la estratificación de las causas, las cuales al ser evaluadas en base a un nivel de impacto determinado, nos determina que la propuesta planteada de TPM, tiene un nivel de criticidad alto, lo cual resulta en la calificación con mayor peso y por lo tanto tiene la primera prioridad dentro de las herramientas propuestas como solución del problema.

## 2.7.2.2. Cronograma de implementación de la propuesta

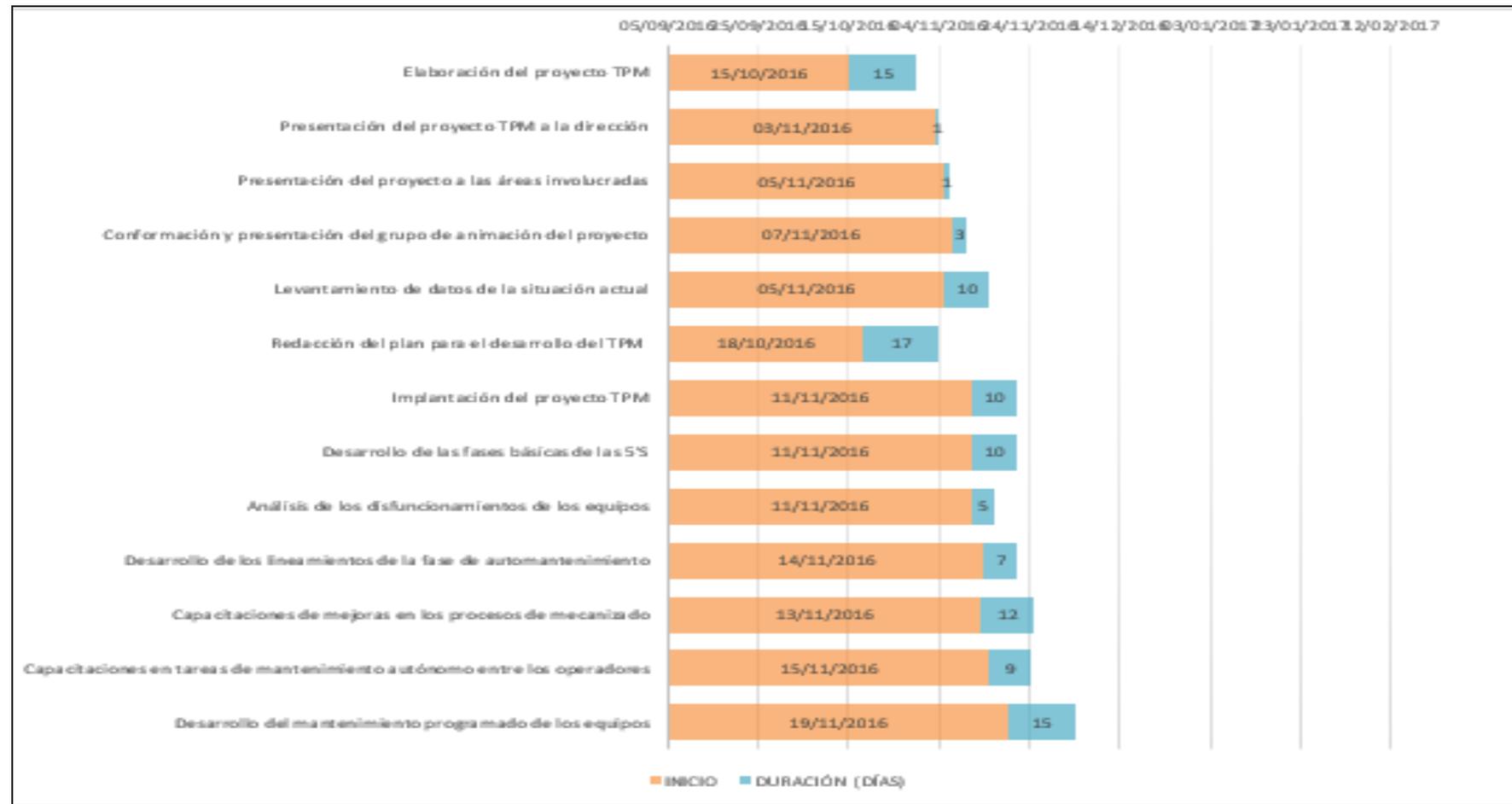
**Gráfico 13 Cronograma para desarrollo del TPM**

| ACTIVIDAD   | INICIO     | DURACIÓN (DÍAS) | TÉRMINO    |
|---|------------|-----------------|------------|
| Elaboración del proyecto TPM  | 15/10/2016 | 15              | 30/10/2016 |
| Presentación del proyecto TPM a la dirección                            | 03/11/2016 | 1               | 04/11/2016 |
| Presentación del proyecto a las áreas involucradas                      | 05/11/2016 | 1               | 06/11/2016 |
| Conformación y presentación del grupo de animación del proyecto         | 07/11/2016 | 3               | 10/11/2016 |
| Levantamiento de datos de la situación actual                           | 05/11/2016 | 10              | 15/11/2016 |
| Redacción del plan para el desarrollo del TPM                           | 18/10/2016 | 17              | 04/11/2016 |
| Implantación del proyecto TPM   | 11/11/2016 | 10              | 21/11/2016 |
| Desarrollo de las fases básicas de las 5S                               | 11/11/2016 | 10              | 21/11/2016 |
| Análisis de los disfuncionamientos de los equipos                       | 11/11/2016 | 5               | 16/11/2016 |
| Desarrollo de los lineamientos de la fase de automantenimiento          | 14/11/2016 | 7               | 21/11/2016 |
| Capacitaciones de mejoras en los procesos de mecanizado                 | 13/11/2016 | 12              | 25/11/2016 |
| Capacitaciones en tareas de mantenimiento autónomo entre los operadores | 15/11/2016 | 9               | 24/11/2016 |
| Desarrollo del mantenimiento programado de los equipos                  | 19/11/2016 | 15              | 04/12/2016 |

***Fuente: Elaboración propia***

El gráfico 13 presenta las actividades que se llevarán a cabo en el desarrollo del Mantenimiento Productivo Total, en sus diferentes etapas en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica, las cuales se esperan procesar hasta llegar a la implementación en 35 días a partir del 15/10/16 hasta el día 04/12/16. El cronograma sólo está diseñado para la implementación del TPM en sus 02 primeras fases (Desarrollo y Aplicación), de acuerdo a lo considerado en el trabajo de investigación por las limitaciones de tiempo.

**Gráfico 14 Gantt para desarrollo de TPM**



*Fuente: elaboración propia*

### 2.7.2.3. Presupuesto de la propuesta de mejora

Tabla 12 Presupuesto para implementar TPM

| COSTOS INVOLUCRADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA TPM |                      |                                   |
|---|----------------------|-----------------------------------|
| CONCEPTO  | COSTO                |                                   |
| HORAS DE CAPACITACIÓN AL PERSONAL (360 HRS.)              | S/. 18,090.00        |                                   |
| HORAS DE CAPACITADOR (100 HRS)                            | S/. 4,000.00         |                                   |
| REPARACIÓN DE EQUIPOS Y MÁQUINAS                          | S/. 16,500.00        |                                   |
| RENOVACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE                       | S/. 8,500.00         |                                   |
| IMPLEMENTAR 01 PC DENTRO DEL ÁREA                         | S/. 6,700.00         |                                   |
| IMPRESIÓN DE FORMATOS                                     | S/. 5,000.00         |                                   |
| IMPLEMENTAR ÚTILES DE ESCRITORIO                          | S/. 500.00           |                                   |
| HORAS DE DESARROLLO DEL PROGRAMA TPM                      | S/. 10,000.00        |                                   |
| COMPRA DE LUBRICANTES, TPAPOS, ETC                        | S/. 6,700.00         |                                   |
| INSTALACIÓN DE PROGRAMAS, IMPLEMENTAR USB                 | S/. 15,000.00        |                                   |
|   | <b>S/. 90,990.00</b> |                                   |
|   |                      | <b>COSTO HORA-HOMBRE MÁQ. CNC</b> |
|   |                      | <b>S/. 50.25</b>                  |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 12, se muestra el costo por implementar el programa TPM en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica. En el cuadro se evidencia que los mayores costos involucrados se presentan en los tiempos improductivos de las máquinas por concepto de capacitaciones del personal y la reparación de las máquinas. Para el cálculo de las pérdidas por capacitaciones se ha tomado el estándar de la hora hombre-máquina en \$15.00. En cuanto a los costos por concepto de reparaciones, estos pueden apreciarse en el anexo 8.

### 2.7.3. Implementación de la propuesta

#### 2.7.3.1. Acciones a desarrollar

El programa TPM que se desarrolla en MMC, se realizará en 03 fases las cuales son las de Preparación, Desarrollo y Optimización. El alcance de esta propuesta inicial sólo se realiza en sus 02 primeras fases.

### **2.7.3.1.1. Fase de Desarrollo.**

Esta fase comprende el desarrollo del plan y las estrategias del TPM con la consecuente aprobación y compromiso de la dirección de MMC. Para conseguir esta fase, se debe seguir las siguientes etapas:

- Presentación del proyecto TPM a la dirección de MMC para lograr el compromiso y aprobación de este programa, mostrando cuales serían los beneficios dentro de la organización al implementar este programa de mejora. En el anexo 11 se aprecia el Acta de Compromiso de la Gerencia para implementar el TPM.
- Presentación del proyecto dentro de las áreas interesadas, especialmente el área de mecanizados CNC donde se desarrollará el programa y la presentación de los encargados de la animación y guía del programa TPM a establecerse. El Acta de conformación del Grupo de Fiabilización se aprecia en el anexo 12.
- Se levantará información de la situación actual respecto a los OEE y el historial de fallas y averías (anexo 1), antes de la implementación del programa TPM, lo cual nos permitirá realizar la valorización de los costos involucrados en esta problemática (tabla 3).
- Redacción y distribución del plan para el desarrollo del programa TPM que se implementará en el área de mecanizados CNC (anexo 13). Este plan será evaluado y aprobado por la Gerencia de Metal Mecánica. Este plan debe contemplar el cronograma de desarrollo del programa del TPM en sus 02 fases, como se ejecutará el programa de capacitaciones del Personal operativo involucrado en el proyecto y el programa de gestión de los mantenimientos programados, el cual se desarrolló en base a los manuales del fabricante de las máquinas.
- Desarrollo de formatos para levantar la información y realizar las inspecciones de avances en los procesos involucrados como capacitaciones, cumplimiento de objetivos, incrementos de eficiencia, disminución de fallas, etc. (anexos 2, 3, 4, 5 y 6).

Tabla 13 Nivel de cumplimiento de la fase de Desarrollo del TPM

| HOJA DE EVALUACIÓN NIVEL CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA TPM   |                  |                 |                           |  |              |
|---|------------------|-----------------|---------------------------|---|--------------|
| NIVEL DE CUMPLIMIENTO FASE I (DESARROLLO DEL PROYECTO TPM)                                    |                  |                 |                           |   |              |
| ETAPAS  |                  |                 | RESULTADO ALCANZADO       | NIVEL DE CUMPLIMIENTO (%)   |              |
| <b>DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN PARA IMPLEMENTAR EL TPM</b>                                       |                  |                 |                           |   |              |
| Estrategia, meta y objetivos del TPM  |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| Compromiso de la dirección formalizado, transmitido y publicado                               |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Designación del piloto (responsable) para desarrollar el proyecto TPM                         |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| <b>INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE TODA LA ESTRUCTURA DE LA EMPRESA</b>                            |                  |                 |                           |   |              |
| Adhesión de toda la organización mediante las estrategias establecidas                        |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| Plan de comunicación del proyecto a todos los niveles   |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| Formación de los mandos y técnicos-animadores en la gestión del TPM                           |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Dar a conocer en forma general las tareas a desarrollar en el proyecto TPM                    |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| <b>CREAR LA ESTRUCTURA DE ANIMACIÓN Y PILOTAJE DEL TPM</b>                                    |                  |                 |                           |   |              |
| Creación de un comité de pilotaje, animado por el responsable del proyecto                    |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Creación de la célula o grupo de trabajo  |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| Formación del grupo o célula del pilotaje del proyecto TPM                                    |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Se garantiza la estabilidad y continuidad de las acciones emprendidas dentro del proyecto TPM |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| <b>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y ESTADO DE LOS LUGARES</b>                             |                  |                 |                           |   |              |
| Evaluación del nivel de performance de los equipos  |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Evaluación de los indicadores de calidad y de eficiencia                                      |                  |                 | 2                         | 66.67   |              |
| Evaluación de los niveles de capacitación y especialización de los operadores                 |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Banco de datos y valoración técnico-económica   |                  |                 | 1                         | 33.33   |              |
| <b>ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL PROYECTO TPM</b>  |                  |                 |                           |   |              |
| Redacción global y detallada del proyecto TPM   |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| Planificación   |                  |                 | 3                         | 100.00  |              |
| <b>BAJO : 1</b>   | <b>MEDIO : 2</b> | <b>ALTO : 3</b> | <b>RESULTADO ESPERADO</b> | <b>43</b>   | <b>84.31</b> |
|   |                  |                 |                           | <b>51</b>   |              |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 vemos el nivel de cumplimiento alcanzado por cada una de las actividades desarrolladas durante la fase de Desarrollo del programa TPM, alcanzando un nivel de cumplimiento del 84.31%. Dentro de las actividades en las que se ha tenido menor cumplimiento está al diseño de las estrategias para alcanzar la implementación del TPM (etapa 1 – actividad 1), y la de recogida de datos de la situación antes del TPM para la valoración técnico – económica (etapa 4 – actividad 4).

Esta fase debe considerar realizar una nueva evaluación en el aspecto de la toma de datos actuales antes, para realizar una mejor evaluación técnica que involucra los costos que se alcanzarán en la implementación y desarrollo de cada una de las actividades propuestas en esta fase inicial llamada de Preparación o de Desarrollo.

#### **2.7.3.1.2. Fase de Aplicación**

En esta fase se trabajará el cambio de mentalidad de los operadores para lograr el involucramiento y desarrollo del programa TPM. Aparte, también se manejan los cronogramas de capacitación que deberá desarrollarse para mejorar las habilidades de los operadores de los equipos y mejorar los aspectos involucrados en la Eficiencia Global de los Equipos Esta fase comprende los siguientes puntos:

- Implantación propiamente dicha del programa TPM iniciando este con los aspectos básicos de las 5´S para generar áreas de trabajo más limpias, seguras y mejor organizadas (anexo 14)
- Análisis de los disfuncionamientos de las máquinas para el planteamiento de las mejoras y minimizar los fallos y averías dentro de los equipos.
- Desarrollo del automantenimiento, lo cual involucra capacitaciones entre los operadores de las máquinas CNC, quienes serán los actores dentro de esta fase, involucrándolos a contribuir en la revisión y control de los equipos en sus niveles más básicos, como limpieza, lubricación y tareas de mantenimiento como son ajustes de pernos, reemplazo de correas, etc.(anexo 17)

- Capacitación permanente de los operadores en los procesos de mecanizado para permitir velocidades de producción dentro de los estándares y niveles de referencia, en virtud de la eficiencia de las herramientas de corte (anexo 17)
- Desarrollar un mantenimiento programado en base a los históricos de las reparaciones de los equipos, logrando minimizar las paradas inesperadas en pleno proceso productivo. Se mejorará la gestión y organización del mantenimiento en las máquinas con mayor criticidad. Para esto se formará un grupo de fiabilización quien se encargará de cumplir con las metas propuestas dentro de los puntos a implementar y desarrollar en los mantenimientos preventivos (anexo 15 y 18).

**Tabla 14 Nivel de cumplimiento de la Fase de Aplicación del TPM**

| <b>HOJA DE EVALUACIÓN NIVEL CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA TPM</b>   |                  |                 |                                  |  |       |
|--|------------------|-----------------|----------------------------------|---|-------|
| <b>NIVEL DE CUMPLIMIENTO FASE II (APLICACIÓN DEL PROYECTO TPM)</b>   |                  |                 |                                  |   |       |
| <b>ETAPAS</b>  |                  |                 | <b>RESULTADO ALCANZADO</b>       | <b>NIVEL DE CUMPLIMIENTO (%)</b>  |       |
| <b>LANZAMIENTO DEL PROGRAMA TPM</b>  |                  |                 |                                  |   |       |
| Reunión de comunicación - lanzamiento del TPM  |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Presentación por el responsable del programa TPM de las fases y sus etapas, informando que es el OEE             |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Presentación del área donde se desarrollará inicialmente el TPM, identificando las pérdidas de los procesos      |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Presentación de los planes de acción a desarrollar dentro del área de aplicación del TPM                         |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Presentación de las acciones técnicas a desarrollar para recuperar los estados de referencia de los equipos      |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Desarrollo de las etapas básicas de las 5 <sup>ˆ</sup> S, para obtener áreas de trabajo limpias y ordenadas      |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| <b>IMPLANTACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA EN LOS SISTEMAS Y PROCESOS</b>   |                  |                 |                                  |   |       |
| Análisis de los disfuncionamientos de los equipos y la eliminación progresiva de las causas que las originan     |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Identificación de las máquinas con mayor criticidad y mejorar su rendimiento operacional (OEE)                   |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Mejora de los procesos mediante la capacitación de los operadores. Implementar herramientas y equipos            |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Intervención del grupo de fiabilización para recopilar la información y realizar el análisis para lograr el PDCA |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| <b>DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>   |                  |                 |                                  |   |       |
| Reparar los equipos para llevarlos a los estados de referencia   |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Capacitación de los operadores en las tareas del mantenimiento autónomo (limpieza, lubricación, chequeo general) |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Definir los niveles de intervención del mantenimiento autónomo (operarios, técnicos)                             |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Desarrollo de las fichas de control del automantenimiento para ejecución del mismo por parte de los operadores   |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| Se efectúa con rigor las tareas especificadas en el automantenimiento para conservar los estados de referencia   |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Se asegura la calidad de los procesos a través del desarrollo del Mantenimiento Autónomo (MA)                    |                  |                 | 3                                | 100.00  |       |
| <b>IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO O PROGRAMADO</b>  |                  |                 |                                  |   |       |
| Mejora de la gestión del mantenimiento y la creación del programa para reducción de los fallos y averías         |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Se definen nuevos estados de referencia para alargar la vida útil de los equipos                                 |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Desarrollar el mantenimiento preventivo total para generar el dominio de los planes de mantenimiento             |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| Establecer un sistema de prevención y mejora en las funciones de apoyo a la fabricación                          |                  |                 | 1                                | 33.33   |       |
| Mejora de la seguridad y las condiciones de trabajo a través del desarrollo del programa del MP                  |                  |                 | 2                                | 66.67   |       |
| <b>BAJO : 1</b>  | <b>MEDIO : 2</b> | <b>ALTO : 3</b> | <b>RESULTADO ESPERADO (100%)</b> | 52  | 82.54 |
|  |                  |                 | 63                               |   |       |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 14 muestra que el nivel de cumplimiento alcanzado en la fase de Aplicación del TPM es de 82.54%; ya que en el desarrollo de las etapas encontramos cierta resistencia al cambio y la conducta de cada uno de los operadores para alcanzar las metas propuestas en cada actividad. Se observó que en sólo la etapa del Lanzamiento del Programa TPM se logró casi el 100% de cumplimiento y que en la actividad del establecimiento de un sistema de prevención y de mejora de apoyo a la fabricación (fase 4 – actividad 4, se alcanzó el menor nivel dentro de toda la fase de Aplicación del TPM.

### **2.7.3.2. Metas**

Como consecuencia de la implementación y desarrollo del programa de TPM dentro del área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica Camacho SAC se incrementó el nivel de eficiencia entre un 70 - 75%. Actualmente se cuenta con un nivel de eficiencia entre un 44% - 49%, lo cual es relativamente bajo.

- Este incremento es producto del desarrollo de las capacidades operativas de los operarios de los equipos y la reducción paulatina de las fallas y averías que interrumpen los procesos de producción ocasionando bajos niveles de confiabilidad entre los equipos. Se incrementaron los niveles de capacitación entre los operadores en un 40% – 50% en un periodo de 03 meses.
- Se redujeron entre un 40% - 45% los costos anuales por reparación de los equipos y reemplazo de repuestos y partes dañadas por impactos de partes móviles y desgastes prematuros ocasionados por la falta de un mantenimiento adecuado. Este gasto debe ir disminuyendo de forma paulatina en medida que el programa sea soportado y sustentado en el tiempo por MMC.
- Se mejoró la calidad de los productos y se cuenta con un Personal capacitado e involucrado con el desarrollo de las metas y los objetivos

propuestos por MMC. Estas metas se alcanzaron entre un periodo de 2-3 meses después de implantada la primera fase del programa TPM.

### **2.7.3.3. Evidencias**

La implementación del programa TPM durante las fases de Desarrollo y Aplicación ha pasado por 08 etapas para el logro de los objetivos propuestos. Con el fin de evidenciar la mejora que se generó en el área de mecanizado CNC de la Empresa Metal Mecánica, se muestra documentación, registros y los programas de mantenimiento propuestos en este proyecto TPM en pleno proceso de implementación.

Acta de Compromiso de la Gerencia para implementar el TPM (anexo 11)

Acta de conformación del grupo de dirección del plan TPM (anexo 12)

Plan maestro para implementar el proyecto TPM (anexo 13)

Desarrollo de las primeras etapas de las 5´S (anexo 14)

Fotos de mantenimiento autónomo desarrollado (anexo 15)

Fotos de las capacitaciones efectuadas al personal (anexo 16)

Programa desarrollado de mantenimiento preventivo (anexo 17)

Cotizaciones por mantenimientos preventivos (anexo 18).

#### 2.7.3.4. Línea de tendencia durante la implementación del TPM

Gráfico 15 Línea de tendencia durante la implementación del TPM en Metal Mecánica



*Fuente: Elaboración propia*

En gráfico 15, tenemos la evolución del OEE en el transcurso del tiempo de implementación del TPM (40 días), observándose que la tendencia de la estimación del incremento del OEE es positiva. Se aprecia que al inicio de la implementación, específicamente en los primeros 12 días, el OEE baja de un 0.47% a 0.42%, fluctuando en estos rangos hasta alcanzar en el día 18 una estabilización y posterior incremento durante todo el proceso de implementación motivado inicialmente por las pérdidas ocasionadas por los tiempos de parada por concepto de las capacitaciones que se desarrollan, mantenimientos y chequeos de equipos, acondicionamiento de PC's e instalación de Software para agilizar las programaciones de las operaciones en los equipos. Aún, después de la estabilización, durante el periodo del día 25 al día 40, se aprecian fluctuaciones debido al aprendizaje de los nuevos procedimientos de mecanizado, registros de programaciones en la base de datos del área y aplicación de los parámetros de corte recomendados en los manuales tanto de los equipos como de las herramientas de corte (manejo de manuales).

## 2.7.4. Resultados

Los resultados de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica, se muestra a través del análisis de los resultados en las mejoras logradas en la disminución de las pérdidas presentes en los procesos de mecanizados y que están presentes en la evaluación del rendimiento operacional durante las 20 semanas posteriores de implementado el TPM.

### 2.7.4.1. Análisis OEE después de implementar el TPM

Tabla 15 OEE Centro VF3-YT (semana 1)

| CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT                                       |   |                          |              |
|---|---|--------------------------|--------------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 19/12/16 - 24/12/16) |   |                          |              |
| TIEMPOS   | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | TIEMPO PARCIAL (MINUTOS) | TIEMPO TOTAL |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)  |   | 4800                     | 4800         |
| TIEMPO DE CARGA (TC)  | PAROS PREVISTOS                                 | 375                      | 4325         |
|   | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 100                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)   | AVERÍAS   | 47                       | 3013         |
|   | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 200                      |              |
|   | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 480                      |              |
|   | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 155                      |              |
|   | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 120                      |              |
|   | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 310                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)   | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 110                      | 2793         |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 60                       |              |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   | 50                       |              |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                                    | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 130                      | 2540         |
|   | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 43                       |              |
|   | REPROCESOS                                      | 80                       |              |

|             |                                 |
|-------------|---------------------------------|
| 0.9         | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| 0.926983073 | OP = TOR/TO                     |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| D = TO/TC              | 0.696647399        |
| E = OC x OP            | 0.834284766        |
| C = TOE/TOR            | 0.909416398        |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.528554913</b> |

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 16 OEE Centro VF3-YT (semana 10)**

| CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT                                       |   |                          |              |
|---|---|--------------------------|--------------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 20/02/17 - 25/02/17) |   |                          |              |
| TIEMPOS   | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | TIEMPO PARCIAL (MINUTOS) | TIEMPO TOTAL |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)  |   | 5760                     | 5760         |
| TIEMPO DE CARGA (TC)  | PAROS PREVISTOS                                 | 450                      | 5190         |
|   | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)   | AVERÍAS   | 24                       | 4224         |
|   | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 237                      |              |
|   | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 219                      |              |
|   | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 132                      |              |
|   | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 192                      |              |
|   | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 162                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)   | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 55                       | 4130         |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 39                       |              |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   | 0                        |              |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                                    | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 107                      | 3935         |
|   | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 0                        |              |
|   | REPROCESOS                                      | 88                       |              |

**0.92** OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE  
**0.977746212** OP = TOR/TO

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| D = TO/TC              | 0.813872832        |
| E = OC x OP            | 0.899526515        |
| C = TOE/TOR            | 0.952784504        |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.697533719</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 17 OEE Torno ST-30 (semana 1)**

| TORNO ST-30   |   |                          |              |
|---|---|--------------------------|--------------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 19/12/16 - 24/12/16) |   |                          |              |
| TIEMPOS   | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | TIEMPO PARCIAL (MINUTOS) | TIEMPO TOTAL |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)  |   | 5760                     | 5760         |
| TIEMPO DE CARGA (TC)  | PAROS PREVISTOS                                 | 450                      | 5190         |
|   | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 120                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)   | AVERÍAS   | 132                      | 4076         |
|   | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 240                      |              |
|   | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 135                      |              |
|   | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 200                      |              |
|   | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 248                      |              |
|   | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 159                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)   | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 99                       | 3485         |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 203                      |              |
|   | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR VC INADECUADA        | 289                      |              |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                                    | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 160                      | 3112         |
|   | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 145                      |              |
|   | REPROCESOS                                      | 68                       |              |

**0.89** OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE  
**0.855004907** OP = TOR/TO

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| D = TO/TC              | 0.785356455        |
| E = OC x OP            | 0.760954367        |
| C = TOE/TOR            | 0.892969871        |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.533657033</b> |

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 18 OEE Torno ST-30 (semana 17)**

| <b>TORNO ST-30</b>   |   |                                 |                     |
|--|---|---------------------------------|---------------------|
| <b>EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA 10/04/17 - 15/04/17)</b> |   |                                 |                     |
| <b>TIEMPOS</b>   | <b>TIPOS DE PÉRDIDAS</b>                        | <b>TIEMPO PARCIAL (MINUTOS)</b> | <b>TIEMPO TOTAL</b> |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)   |   | 3840                            | 3840                |
| TIEMPO DE CARGA (TC)   | PAROS PREVISTOS                                 | 300                             | 3460                |
|  | MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS                      | 80                              |                     |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)  | AVERÍAS   | 0                               | 2956                |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           | 95                              |                     |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            | 87                              |                     |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          | 97                              |                     |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            | 102                             |                     |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) | 123                             |                     |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)  | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            | 62                              | 2801                |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS | 37                              |                     |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR VC INADECUADA        | 56                              |                     |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)   | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         | 87                              | 2661                |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            | 53                              |                     |
|  | REPROCESOS                                      | 0                               |                     |

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| <b>0.92</b>        | OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE |
| <b>0.947564276</b> | OP = TOR/TO                     |

|                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| D = TO/TC              | 0.85433526         |
| E = OC x OP            | 0.871759134        |
| C = TOE/TOR            | 0.950017851        |
| <b>OEE = D x E x C</b> | <b>0.707549133</b> |

**Fuente: Elaboración propia**

Las tablas 15,16, 17 y 18 explican los datos obtenidos durante 20 semanas después de implementado el TPM, donde observamos que el factor promedio resultante OC se incrementa de 0,85 a 0,92 y la operatividad del equipo OP se incrementa de 0.85 a 0.90; como resultado de la disminución o reducción de los tiempos, producto de las pérdidas presentes durante el desarrollo de los procesos.

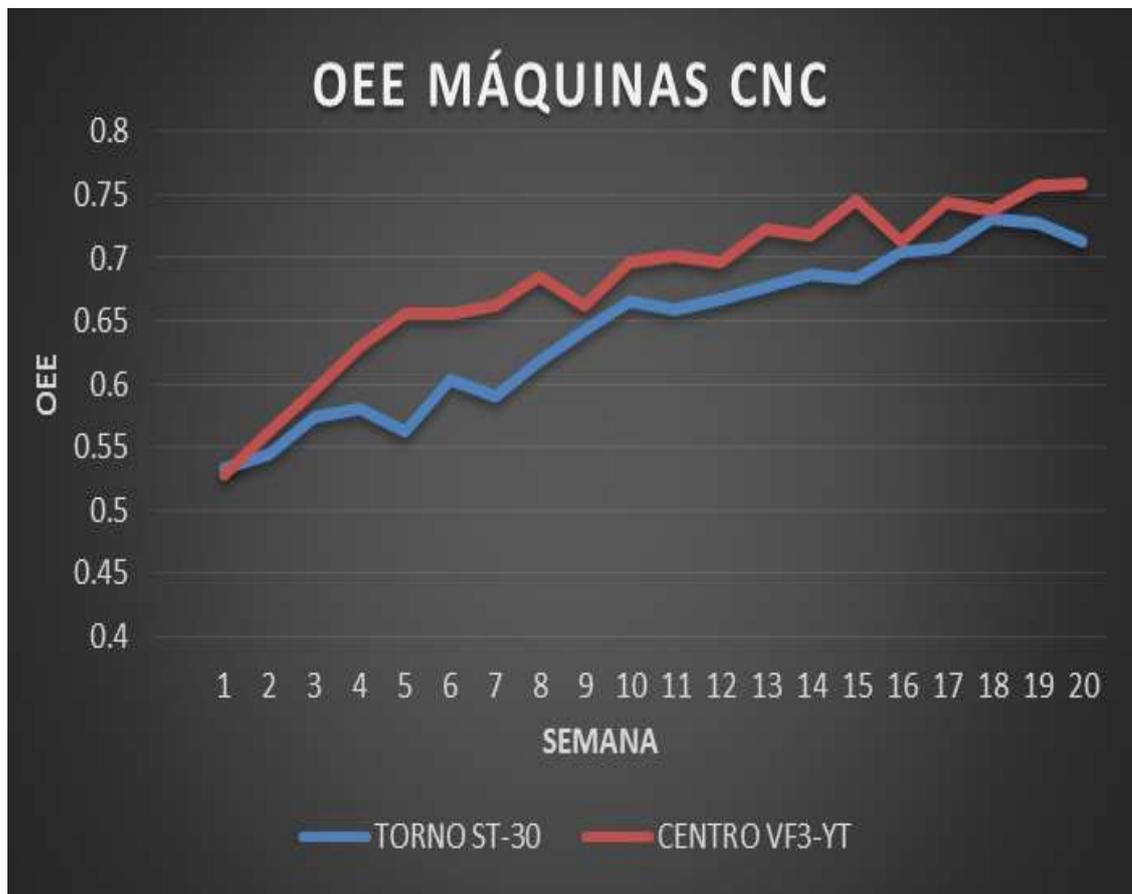
Tabla 19 Valores OEE después de implementado el TPM

| <b>OEE MÁQUINAS CNC</b> |                    |                      |                 |
|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|
| <b>SEMANA</b>           | <b>TORNO ST-30</b> | <b>CENTRO VF3-YT</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 1                       | 0.534              | 0.529                | 0.531           |
| 2                       | 0.545              | 0.563                | 0.554           |
| 3                       | 0.574              | 0.595                | 0.584           |
| 4                       | 0.580              | 0.630                | 0.605           |
| 5                       | 0.562              | 0.656                | 0.609           |
| 6                       | 0.604              | 0.656                | 0.630           |
| 7                       | 0.590              | 0.663                | 0.627           |
| 8                       | 0.619              | 0.685                | 0.652           |
| 9                       | 0.642              | 0.662                | 0.652           |
| 10                      | 0.666              | 0.698                | 0.682           |
| 11                      | 0.658              | 0.702                | 0.680           |
| 12                      | 0.668              | 0.697                | 0.682           |
| 13                      | 0.678              | 0.723                | 0.700           |
| 14                      | 0.686              | 0.719                | 0.703           |
| 15                      | 0.684              | 0.746                | 0.715           |
| 16                      | 0.704              | 0.714                | 0.709           |
| 17                      | 0.708              | 0.744                | 0.726           |
| 18                      | 0.731              | 0.737                | 0.734           |
| 19                      | 0.728              | 0.757                | 0.742           |
| 20                      | 0.713              | 0.759                | 0.736           |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 19 presenta los valores de los niveles de eficiencia observados del dentro de las máquinas CNC Centro VF3-YT y Torno ST-30, y el promedio entre ambos equipos, durante las 20 semanas después de la implementación del TPM; lo cual nos muestra un incremento promedio de un 0,20 durante el periodo de observación.

Gráfico 16 OEE en máquinas CNC después de implementado TPM



*Fuente: Elaboración propia*

En el gráfico 16 se presenta la evolución del OEE en las máquinas CNC durante el periodo de estudio de 20 semanas, y en la cual podemos observar que el nivel de eficiencia alcanzado al inicio se encuentra en un 0,52 aproximadamente para ambos equipos, pero que el Centro VF3-YT tiene un mayor nivel a partir de la semana 2 hasta la semana 16, donde el Torno muestra un incremento de su OEE hasta lograr un nivel muy similar al Centro.

Gráfico 17 OEE promedio en máquinas CNC después de implementado el TPM



*Fuente: Elaboración propia*

El gráfico 17 muestra una tendencia de recuperación de los niveles de eficiencia de las máquinas CNC, las cuales se aumentan de un 0,53 a un 0,73 en promedio a través de las 20 semanas de estudio de los OEE de las máquinas después de implementado el TPM. La tendencia que sugiere esta evolución es que estos lleguen a unos niveles más altos, los cuales deben permitir llegar a niveles aceptables de Eficiencia dentro de las máquinas CNC.

Esta tendencia de incremento del OEE se puede analizar a partir de los factores de Disponibilidad, Efectividad y Calidad para analizar cual es la que ha tenido mayor influencia en la recuperación de los niveles OEE.

De los resultados ya mostrados durante la etapa de la situación antes de la implementación del TPM y el después de la implementación del TPM, realizamos un comparativo de los resultados de la Eficiencia Global de los equipos (OEE) alcanzados durante estas 02 etapas, para demostrar que los niveles alcanzados son los que se plantearon como una de las metas de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica.

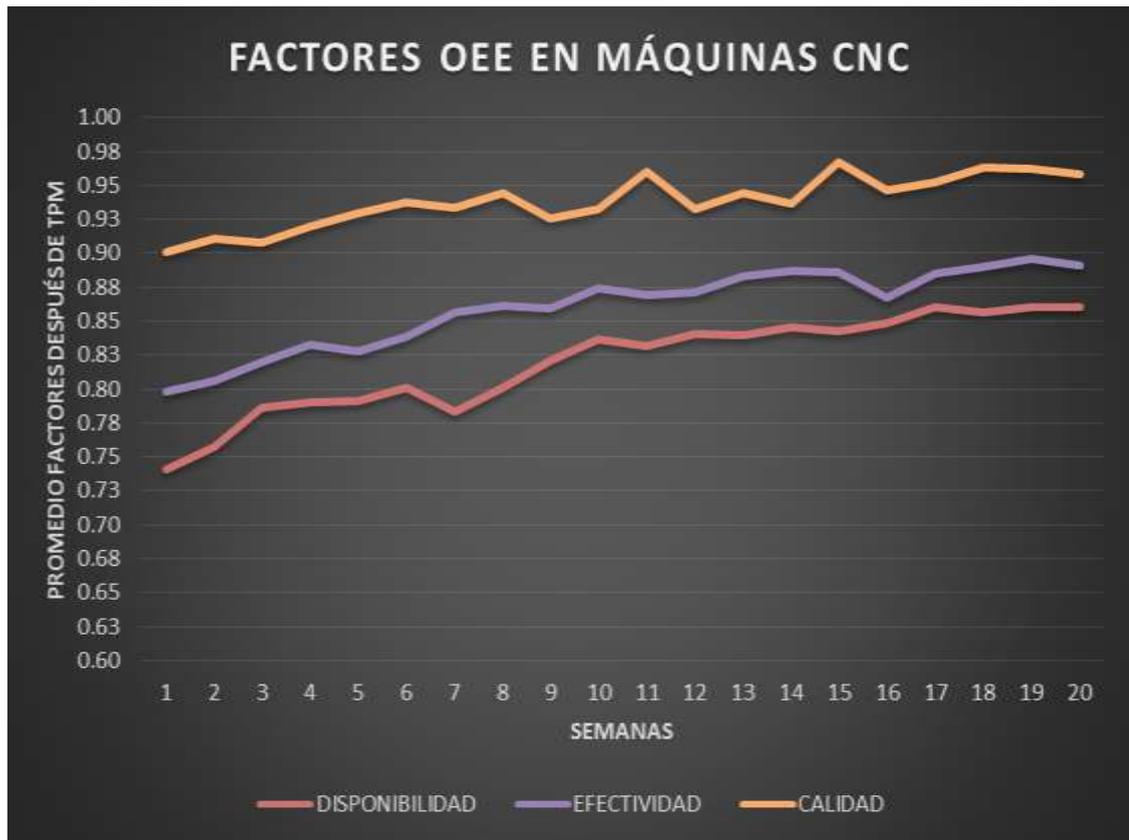
**Tabla 20 Factores OEE después de implementado el TPM**

| FACTORES OEE MÁQUINAS CNC DESPUÉS DE IMPLEMENTAR EL TPM |                |              |         |                |              |         |                       |              |         |
|---|----------------|--------------|---------|----------------|--------------|---------|-----------------------|--------------|---------|
| SEMANA  | TORNO ST-30    |              |         | CENTO VF3-YT   |              |         | PROMEDIO FACTORES OEE |              |         |
|   | DISPONIBILIDAD | EFFECTIVIDAD | CALIDAD | DISPONIBILIDAD | EFFECTIVIDAD | CALIDAD | DISPONIBILIDAD        | EFFECTIVIDAD | CALIDAD |
| 1   | 0.785          | 0.761        | 0.893   | 0.697          | 0.834        | 0.909   | 0.741                 | 0.798        | 0.901   |
| 2   | 0.799          | 0.758        | 0.899   | 0.716          | 0.854        | 0.921   | 0.757                 | 0.806        | 0.910   |
| 3   | 0.784          | 0.793        | 0.923   | 0.787          | 0.847        | 0.892   | 0.786                 | 0.820        | 0.907   |
| 4   | 0.784          | 0.799        | 0.927   | 0.797          | 0.865        | 0.914   | 0.790                 | 0.832        | 0.920   |
| 5   | 0.791          | 0.783        | 0.907   | 0.791          | 0.872        | 0.951   | 0.791                 | 0.827        | 0.929   |
| 6   | 0.807          | 0.809        | 0.926   | 0.794          | 0.869        | 0.950   | 0.801                 | 0.839        | 0.938   |
| 7   | 0.764          | 0.831        | 0.930   | 0.803          | 0.881        | 0.937   | 0.783                 | 0.856        | 0.934   |
| 8   | 0.789          | 0.835        | 0.940   | 0.812          | 0.889        | 0.950   | 0.801                 | 0.862        | 0.945   |
| 9   | 0.846          | 0.832        | 0.913   | 0.795          | 0.887        | 0.938   | 0.821                 | 0.859        | 0.925   |
| 10  | 0.860          | 0.849        | 0.913   | 0.814          | 0.900        | 0.953   | 0.837                 | 0.874        | 0.933   |
| 11  | 0.849          | 0.847        | 0.954   | 0.815          | 0.892        | 0.967   | 0.832                 | 0.869        | 0.961   |
| 12  | 0.843          | 0.854        | 0.927   | 0.838          | 0.888        | 0.937   | 0.840                 | 0.871        | 0.932   |
| 13  | 0.850          | 0.854        | 0.934   | 0.830          | 0.912        | 0.955   | 0.840                 | 0.883        | 0.945   |
| 14  | 0.850          | 0.873        | 0.925   | 0.841          | 0.900        | 0.949   | 0.846                 | 0.887        | 0.937   |
| 15  | 0.846          | 0.863        | 0.936   | 0.840          | 0.910        | 0.998   | 0.843                 | 0.886        | 0.967   |
| 16  | 0.855          | 0.879        | 0.937   | 0.842          | 0.856        | 0.957   | 0.849                 | 0.868        | 0.947   |
| 17  | 0.854          | 0.872        | 0.950   | 0.867          | 0.899        | 0.955   | 0.860                 | 0.885        | 0.953   |
| 18  | 0.865          | 0.878        | 0.962   | 0.848          | 0.901        | 0.965   | 0.857                 | 0.890        | 0.964   |
| 19  | 0.865          | 0.882        | 0.954   | 0.856          | 0.911        | 0.971   | 0.861                 | 0.896        | 0.962   |
| 20  | 0.849          | 0.882        | 0.951   | 0.873          | 0.900        | 0.966   | 0.861                 | 0.891        | 0.958   |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 20 se presentan los niveles alcanzados durante las 20 semanas de observación de los factores de Disponibilidad, Efectividad y de Calidad los que resultan en el OEE de las máquinas CNC. Se ha estratificado los resultados por cada máquina, para luego realizar el cálculo de la media para poder interpretar los resultados de los 02 equipos de forma global.

Gráfico 18 Promedio para factores OEE de máquinas CNC después del TPM



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 18 muestra los niveles obtenidos después de implementado el TPM, observándose que los factores del OEE tienden a incrementarse en el tiempo; tal es así que, para el indicador de Disponibilidad en la semana 1 se tiene un rango de 0,74 y en la semana 20 crece hasta un 0,86; para el indicador de la Efectividad en la semana 1 se aprecia un valor de 0,79 y en la semana 20 aumenta en un 0,89 y para el indicador de Calidad, que se mantiene como el de mejor eficiencia, en la semana 1 se encuentra en 0,90, aumenta para la semana 20 en 0,96.

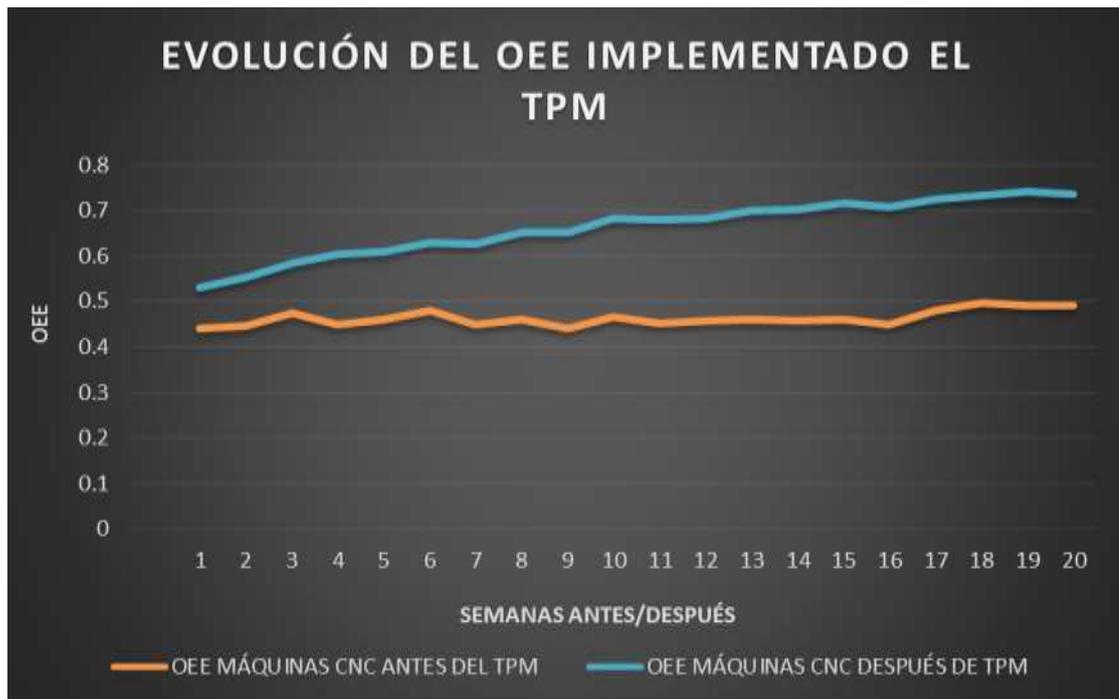
Tabla 21 Comparativo OEE antes/después del TPM

| <b>OEE MÁQUINAS CNC</b> |                      |                       |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>SEMANA</b>           | <b>ANTES DEL TPM</b> | <b>DESPUÉS DE TPM</b> |
| 1                       | 0.439                | 0.531                 |
| 2                       | 0.446                | 0.554                 |
| 3                       | 0.474                | 0.584                 |
| 4                       | 0.448                | 0.605                 |
| 5                       | 0.461                | 0.609                 |
| 6                       | 0.479                | 0.630                 |
| 7                       | 0.450                | 0.627                 |
| 8                       | 0.460                | 0.652                 |
| 9                       | 0.442                | 0.652                 |
| 10                      | 0.465                | 0.682                 |
| 11                      | 0.451                | 0.680                 |
| 12                      | 0.458                | 0.682                 |
| 13                      | 0.460                | 0.700                 |
| 14                      | 0.458                | 0.703                 |
| 15                      | 0.461                | 0.715                 |
| 16                      | 0.448                | 0.709                 |
| 17                      | 0.481                | 0.726                 |
| 18                      | 0.498                | 0.734                 |
| 19                      | 0.491                | 0.742                 |
| 20                      | 0.492                | 0.736                 |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 21 confirma los resultados antes y después de implementado el TPM durante el periodo de estudio, 20 semanas antes y 20 semanas después; donde encontramos que durante la primera evaluación (antes) los valores OEE no superaban el 0,50 y luego, en la segunda evaluación (después), los valores obtenidos del OEE para las máquinas CNC alcanzan valores entre el 0,53 (semana1) y superiores al 0,74 (semana 19).

Gráfico 19 Comparativo OEE antes/después de implementado el TPM



*Fuente: Elaboración propia*

El gráfico 19 muestra la tendencia de la Eficiencia Global de equipos OEE, los cuales después de implementado el programa TPM, aumentó a un promedio de 0,53 para luego mantenerse en una tendencia creciente hasta alcanzar en promedio 0,73, en contraposición con los niveles que se alcanzaban antes del TPM, los cuales no superaban el 0,50 de eficiencia y esta tenía una tendencia de mantenerse en los niveles promedio del 0,45.

### 2.7.5. Análisis económico financiero

Para definir el análisis económico financiero, la investigación empleará un análisis del Periodo de Retorno de la Inversión (PRI), en la cual se considera la disminución de los costos por reparación de los equipos (estimado en un 40%) y el aumento de la eficiencia en las 04 máquinas CNC, para lo cual se utilizará un promedio de la recuperación de los tiempos perdidos en los procesos hallados en las 02 máquinas críticas como son el Trono SL-30 y el Centro VF3-YT.

**Tabla 22 Reducción del costo de mantenimiento en el área de mecanizados CNC**

| COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL PERIODO 2015 -2016 | REDUCCIÓN DEL COSTO EN 40% ANUAL | REDUCCIÓN DEL COSTO BIMESTRALMENTE (PROMEDIO) |
|---|----------------------------------|---|
| S/. 120,185.00                                  | S/. 48,074.00                    | S/. 8,012.33                                  |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 22 se determina la reducción del costo del mantenimiento por reparaciones, averías y reemplazo de partes, producto de los impactos que sufren las máquinas CNC. Se calcula una reducción de estos costos en un 40% con la implementación del TPM y que en otras organizaciones donde se implementó, se han logrado alcanzar.

**Tabla 23 Valorización del costo de la eficiencia recuperada con el TPM**

| MEDIA OEE ANTES | MEDIA OEE DESPUÉS | OEE RECUPERADO CON TPM | TIEMPO DISPONIBLE (04 MÁQUINAS CNC) EN MINUTOS-BIMESTRALMENTE | COSTO HORA-HOMBRE MÁQUINA CNC | EFICIENCIA RECUPERADA EN HORAS BIMESTRALMENTE |
|-----------------|-------------------|------------------------|---|-------------------------------|---|
| 46.32%          | 66.27%            | 19.95%                 | 49920   | S/. 49.50                     | S/. 9,959.04                                  |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 23, se determina el porcentaje de OEE incrementado en un 19,95% en promedio, lo cual al valorizarlo con el costo hora-hombre de S/.49,50, obtenemos un costo total de S/.9959,04 (\$15.00 al cambio) lo que permitirá calcular el flujo de caja para el cálculo del PRI.

**Tabla 24 Cálculo del Retorno de la Inversión del Proyecto TPM en Metal Mecánica**

| FLUJO DE CAJA                             | PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN - BIMESTRALMENTE |                |                |                |                |               |               |
|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
|   | 0  | 1              | 2              | 3              | 4              | 5             | 6             |
| INGRESO POR EFICIENCIA (OEE) RECUPERADA   |  | S/. 9,959.04   | S/. 9,959.04   | S/. 9,959.04   | S/. 9,959.04   | S/. 9,959.04  | S/. 9,959.04  |
| RECUPERACIÓN DEL COSTO POR MANTENIMIENTOS |  | S/. 8,012.33   | S/. 8,012.33   | S/. 8,012.33   | S/. 8,012.33   | S/. 8,012.33  | S/. 8,012.33  |
| INVERSIÓN POR IMPLEMENTAR TPM             | S/. 90,990.00  |                |                |                |                |               |               |
| FLUJO DE CAJA ACUMULADO                   | S/. -90,990.00   | S/. -73,018.63 | S/. -55,047.25 | S/. -37,075.88 | S/. -19,104.51 | S/. -1,133.13 | S/. 16,838.24 |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 24, se calcula el flujo de caja en periodos bimestrales, con la inversión inicial del proyecto TPM en S/.90990 y una recuperación de la inversión por el incremento de la eficiencia de las máquinas (OEE) y la disminución de costos por mantenimientos, con un Periodo de Recuperación de la Inversión de 10 meses, lo cual concluye que es factible la inversión para la implementación del TPM en la Empresa Metal Mecánica.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Análisis descriptivo

#### 3.1.1. Análisis de la Eficiencia Global de equipos.

Tabla 25 Descriptivos del OEE antes/después de implementar el TPM

| Descriptivos |                     | Estadístico | Error estándar |
|--------------|---------------------|-------------|----------------|
| OEE ANTES    | Media               | .463155     | .0038675       |
|              | Mediana             | .460250     |                |
|              | Varianza            | .000        |                |
|              | Desviación estándar | .0172961    |                |
|              | Mínimo              | .4394       |                |
|              | Máximo              | .4978       |                |
|              | Rango               | .0584       |                |
| OEE DESPUÉS  | Media               | .662670     | .0139404       |
|              | Mediana             | .681150     |                |
|              | Varianza            | .004        |                |
|              | Desviación estándar | .0623432    |                |
|              | Mínimo              | .5312       |                |
|              | Máximo              | .7422       |                |
|              | Rango               | .2111       |                |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 25 muestra los niveles de comparación en la pre-prueba y la post-prueba de la implementación del TPM, donde podemos observar que la media de los OEE alcanza antes la implementación el 0,4632, mientras que la media del OEE después de implementada la mejora, se incrementa en un 0,6627. Si comparamos los rangos mínimo antes es de 0,4394 y el rango máximo después, está en 0,7422.

### 3.1.2. Análisis de la Disponibilidad

Tabla 26 Descriptivos de la Disponibilidad antes/después de implementar el TPM

| Descriptivos           |                     | Estadístico | Error estándar |
|------------------------|---------------------|-------------|----------------|
| DISPONIBILIDAD ANTES   | Media               | .723988     | .0059199       |
|                        | Mediana             | .725775     |                |
|                        | Varianza            | .001        |                |
|                        | Desviación estándar | .0264745    |                |
|                        | Mínimo              | .6781       |                |
|                        | Máximo              | .7679       |                |
|                        | Rango               | .0899       |                |
| DISPONIBILIDAD DESPUÉS | Media               | .819708     | .0080535       |
|                        | Mediana             | .834200     |                |
|                        | Varianza            | .001        |                |
|                        | Desviación estándar | .0360163    |                |
|                        | Mínimo              | .7410       |                |
|                        | Máximo              | .8607       |                |
|                        | Rango               | .1197       |                |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 26, podemos comprobar que el nivel de la media del factor de Disponibilidad antes del TPM, se encuentra en un valor de 0,724 y la media después de implementado el TPM se incrementa a un valor 0,8197. Se observa un rango de 0,1197 alcanzado en los niveles de la Disponibilidad durante las 20 semanas de estudio después de implementado el TPM, lo cual confirma la mejora alcanzada en este factor del OEE.

### 3.1.3. Análisis de la Efectividad

Tabla 27 Descriptivo para Efectividad antes/después de implementar TPM

| Descriptivos         |                     | Estadístico | Error estándar |
|----------------------|---------------------|-------------|----------------|
| EFFECTIVIDAD ANTES   | Media               | .732645     | .0025456       |
|                      | Mediana             | .731950     |                |
|                      | Varianza            | .000        |                |
|                      | Desviación estándar | .0113844    |                |
|                      | Mínimo              | .7122       |                |
|                      | Máximo              | .7539       |                |
|                      | Rango               | .0417       |                |
| EFFECTIVIDAD DESPUÉS | Media               | .859975     | .0066747       |
|                      | Mediana             | .868500     |                |
|                      | Varianza            | .001        |                |
|                      | Desviación estándar | .0298500    |                |
|                      | Mínimo              | .7977       |                |
|                      | Máximo              | .8962       |                |
|                      | Rango               | .0986       |                |

*Fuente: Elaboración propia*

La tabla 27 presenta los valores de la media, valores máximos y mínimos y el rango en el análisis efectuadas antes y después de implementado el TPM. Se comprueba la mejora alcanzada entre las medias del factor de Efectividad, ya que inicialmente se encontraba en un valor de 0,7326 y luego de implementado el TPM, este valor se ve aumentado en un 0,8599. Los valores máximos y mínimos alcanzados antes son de 0,7122 y 0,7539 respectivamente mientras que después de implementado el TPM, estos valores máximos y mínimos se incrementa entre el 0,7977 y 0,8962, lo que confirma una mejora en los niveles del factor de Efectividad.

### 3.1.4. Análisis de la Calidad

Tabla 28 Descriptivo para la Calidad antes/después de implementar el TPM

| Descriptivos    |                     | Estadístico | Error estándar |
|-----------------|---------------------|-------------|----------------|
| CALIDAD ANTES   | Media               | .875883     | .0040427       |
|                 | Mediana             | .871650     |                |
|                 | Varianza            | .000        |                |
|                 | Desviación estándar | .0180796    |                |
|                 | Mínimo              | .8495       |                |
|                 | Máximo              | .9103       |                |
|                 | Rango               | .0608       |                |
| CALIDAD DESPUÉS | Media               | .938345     | .0043146       |
|                 | Mediana             | .937425     |                |
|                 | Varianza            | .000        |                |
|                 | Desviación estándar | .0192953    |                |
|                 | Mínimo              | .9012       |                |
|                 | Máximo              | .9670       |                |
|                 | Rango               | .0658       |                |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 28 se observan los niveles del factor de Calidad antes y después de implementado el TPM, donde podemos resaltar que la media antes tiene un valor de 0.8759, mientras que después esta se incrementa en un valor de 0.9383. El valor máximo alcanzado antes del TPM, registra un valor 0.9103, mientras que el máximo valor después del TPM alcanza el 0.9670.

Este análisis de los OEE y sus 03 factores involucrados, muestra que el factor de Calidad es el que se encontraba con el mayor valor encontrado, siendo el factor de Disponibilidad el que mayor incremento ha desarrollado con la implementación del TPM

## 3.2. Análisis inferencial

### 3.2.1. Análisis de la hipótesis general

**H<sub>a</sub>:** La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la eficiencia en las máquinas CNC de la empresa Metal Mecánica.

Primeramente se requiere determinar si los datos de la serie OEE antes y después, tienden a un comportamiento paramétrico o no paramétrico. Como sabemos, al tener una serie de 20 datos, se procede con el análisis de la normalidad con el estadígrafo de Shapiro-Wilk

Regla de decisión:

Si  $\rho_{\text{valor}} \leq 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si  $\rho_{\text{valor}} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

**Tabla 29 Prueba de Normalidad de los datos OEE antes/OEE después.**

|             | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |      | Shapiro-Wilk |    |      |
|-------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
|             | Estadístico                     | gl | Sig. | Estadístico  | gl | Sig. |
| OEE ANTES   | .193                            | 20 | .050 | .925         | 20 | .126 |
| OEE DESPUÉS | .162                            | 20 | .179 | .936         | 20 | .205 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla 29, se comprueba que la significancia de los OEE antes de implementado el TPM es de 0,126 y OEE después de implementado el TPM es 0,205. Por lo tanto y, en concordancia con la regla de decisión, se determina que ambos casos tienden a un comportamiento paramétrico.

Por consiguiente, para demostrar que los OEE han mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo T Student para la contrastación de la hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementa la eficiencia en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

**H<sub>a</sub>:** La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la eficiencia en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Tabla 30 Comparación de medias OOE antes y OEE después con T Student

### Estadísticas de muestras emparejadas

|             | Media   | N  | Desviación estándar | Media de error estándar |
|-------------|---------|----|---------------------|-------------------------|
| OEE ANTES   | .463155 | 20 | .0172961            | .0038675                |
| OEE DESPUÉS | .662670 | 20 | .0623432            | .0139404                |

*Fuente: Elaboración propia*

De la tabla 30, se demuestra que el valor de la media del OEE antes (0,463155) es menor que el valor de la media del OEE después (0,66267), por tanto no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación  $H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$ , con lo que queda demostrado que la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la eficiencia de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

Para confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis de la significancia de los resultados con la aplicación de la prueba T Student a ambas eficiencias (OEE).

Si  $\rho_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $\rho_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 31 Prueba de significancia para OEE antes-OEE después con T Student

|                            | Prueba de muestras emparejadas |                        |                               |                            |           | t       | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|----------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------|---------|----|---------------------|
|                            | Diferencias emparejadas        |                        |                               |                            |           |         |    |                     |
|                            | Media                          | Desviación<br>estándar | Media de<br>error<br>estándar | confianza de la diferencia |           |         |    |                     |
| Inferior                   |                                |                        |                               | Superior                   |           |         |    |                     |
| OEE ANTES -<br>OEE DESPUÉS | -.1995150                      | .0542033               | .0121202                      | -.2248829                  | -.1741471 | -16.461 | 19 | .000                |

*Fuente: Elaboración propia*

De la tabla 31, se verifica que la significancia aplicada bilateralmente a los OEE antes y OEE después da un resultado de 0.000; por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión planteada, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ) de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la eficiencia de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

### 3.2.2. Análisis de la hipótesis específica 1.

$H_{a1}$ : El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Primeramente se requiere determinar si los datos de la serie Disponibilidad antes y después, tienden a un comportamiento paramétrico o no paramétrico. Como sabemos, al tener una serie de 20 datos, se procede con el análisis de la normalidad con el estadígrafo de Shapiro-Wilk

Regla de decisión:

Si  $\rho_{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si  $\rho_{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

**Tabla 32 Prueba de normalidad de Disponibilidad antes/después**

| <b>Pruebas de normalidad</b>  |                                 |    |                   |              |    |      |
|-------------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
|                               | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |      |
|                               | Estadístico                     | gl | Sig.              | Estadístico  | gl | Sig. |
| <b>DISPONIBILIDAD ANTES</b>   | .138                            | 20 | .200 <sup>*</sup> | .943         | 20 | .278 |
| <b>DISPONIBILIDAD DESPUÉS</b> | .181                            | 20 | .083              | .906         | 20 | .054 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

***Fuente: Elaboración propia***

En la tabla 32, se comprueba que la significancia de la Disponibilidad antes de implementado el TPM es de 0,278 y Disponibilidad después de implementado el TPM es 0,054. Por lo tanto y, en concordancia con la regla de dicisión, se determina que ambos casos tienden a un comportamiento paramétrico.

Por consiguiente, para demostrar que los índices de Disponibilidad han mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo T Student para la contrastación de la Hipótesis Específica 1

**H<sub>0</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

**H<sub>a1</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Regla de decisión:

$$\mathbf{H_0: } \mu_{Da} \geq \mu_{Dd}$$

$$\mathbf{H_{a1}: } \mu_{Da} < \mu_{Dd}$$

Tabla 33 Comparación de medias de Disponibilidad antes/después con T Student

| <b>Estadísticas de muestras emparejadas</b> |         |    |                     |                         |
|---|---------|----|---------------------|-------------------------|
|   | Media   | N  | Desviación estándar | Media de error estándar |
| <b>DISPONIBILIDAD ANTES</b>                 | .723988 | 20 | .0264745            | .0059199                |
| <b>DISPONIBILIDAD DESPUÉS</b>               | .819708 | 20 | .0360163            | .0080535                |

Fuente: *Elaboración propia*

Con la tabla 33, se demuestra que el valor de la media de la Disponibilidad antes (0,72399) es menor que el valor de la media de la Disponibilidad después (0,81971), por tanto no se cumple  $H_0: \mu_{Da} \geq \mu_{Dd}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación  $H_{a1}: \mu_{Da} < \mu_{Dd}$ , con lo que queda demostrado que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

Para confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis de la significancia de los resultados con la aplicación de la prueba T Student para ambos casos de la Disponibilidad (antes y después).

Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

Tabla 34 Prueba de significancia de Disponibilidad antes/después con T Student

|  | <b>Prueba de muestras emparejadas</b> |                     |                         |  |           | t       | gl | Sig. (bilateral) |
|--|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|--|-----------|---------|----|------------------|
|  | <b>Diferencias emparejadas</b>        |                     |                         |  |           |         |    |                  |
|  | Media                                 | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia |           |         |    |                  |
|  |                                       |                     | Inferior                | Superior                                       |           |         |    |                  |
| <b>DISPONIBILIDAD ANTES - DISPONIBILIDAD DESPUÉS</b> | -0.0957200                            | .0241042            | .0053899                | -.1070011                                      | -.0844389 | -17.759 | 19 | .000             |

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 34, se verifica que la significancia aplicada bilateralmente a la Disponibilidad antes y Disponibilidad después da un resultado de 0.000; por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión planteada, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_{a1}$ ) de la que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

### 3.2.3. Análisis de la hipótesis específica 2.

**$H_{a2}$ :** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Efectividad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Determinamos primero si los datos de la serie Efectividad antes y Efectividad después, tienden a un comportamiento paramétrico o no paramétrico. Como tenemos establecida una serie de 20 datos, se procede con el análisis de la normalidad con el estadígrafo de Shapiro-Wilk

Regla de decisión:

Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si  $p_{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

**Tabla 35 Prueba de Normalidad para Efectividad antes/después**

|                             | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|-----------------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                             | Estadístico                     | gl | Sig.  | Estadístico  | gl | Sig. |
| <b>EFFECTIVIDAD ANTES</b>   | .140                            | 20 | .200* | .973         | 20 | .807 |
| <b>EFFECTIVIDAD DESPUÉS</b> | .152                            | 20 | .200* | .905         | 20 | .050 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla 35, se desprende que la significancia de la Efectividad antes de implementado el TPM es de 0,807 y Efectividad después de implementado el TPM es 0,050. Por lo tanto y, en concordancia con la regla de decisión, se

determina que la Efectividad antes tiene un comportamiento paramétrico y la Efectividad después tiene un comportamiento no paramétrico

Por consiguiente, para demostrar que los índices de Efectividad han mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon para la contrastación de la Hipótesis Específica 2

**H<sub>0</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementa la Efectividad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

**H<sub>a2</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Efectividad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$$

$$H_{a2}: \mu_{Ea} < \mu_{Ed}$$

**Tabla 36 Comparación de medias de Efectividad antes/después con Wilcoxon**

| <b>Estadísticos descriptivos</b> |          |              |                            |               |               |
|----------------------------------|----------|--------------|----------------------------|---------------|---------------|
|                                  | <b>N</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
| <b>EFFECTIVIDAD ANTES</b>        | 20       | .732645      | .0113844                   | .7122         | .7539         |
| <b>EFFECTIVIDAD DESPUÉS</b>      | 20       | .859975      | .0298500                   | .7977         | .8962         |

*Fuente: Elaboración propia*

Con la tabla 36, se demuestra que el valor de la media de la Efectividad antes (0,7326) es menor que el valor de la media de la Efectividad después (0,8599), por tanto no se cumple  $H_0: \mu_{Ea} \geq \mu_{Ed}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación  $H_{a2}: \mu_{Ea} < \mu_{Ed}$ , con lo que queda demostrado que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Efectividad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

Para confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis de la significancia de los resultados con la aplicación de la prueba Wilcoxon para ambos casos de la Efectividad (antes y después).

Si  $\rho_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $\rho_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 37 Prueba de Significancia de la Efectividad antes/después con Wilcoxon.**

| <b>Estadísticos de prueba<sup>a</sup></b> |  |
|---|--|
|   | <b>EFFECTIVIDAD DESPUÉS -<br/>EFFECTIVIDAD ANTES</b> |
| <b>Z</b>                                  | -3,920 <sup>b</sup>                                  |
| <b>Sig. asintótica (bilateral)</b>        | .000   |

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 37, se evidencia que la significancia aplicada bilateralmente a la Efectividad antes y Efectividad después da un resultado de 0.000; por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión planteada, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_{a2}$ ) de la que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica

### **3.2.4. Análisis de la hipótesis específica 3.**

**H<sub>a3</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Establecemos primero si los datos de la serie Calidad antes y Calidad después, tienden a un comportamiento paramétrico o no paramétrico. Como se estableció una serie de 20 datos, se procede con el análisis de la normalidad con el estadígrafo de Shapiro-Wilk

Regla de decisión:

Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento no paramétrico

Si  $p_{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico

**Tabla 38 Prueba de Normalidad para la Calidad antes/después**

|                 | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |                   | Shapiro-Wilk |    |      |
|-----------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
|                 | Estadístico                     | gl | Sig.              | Estadístico  | gl | Sig. |
| CALIDAD ANTES   | .124                            | 20 | .200 <sup>*</sup> | .932         | 20 | .165 |
| CALIDAD DESPUÉS | .098                            | 20 | .200 <sup>*</sup> | .960         | 20 | .541 |

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 38, se muestra que la significancia de la Calidad antes de implementado el TPM es de 0,165 y Calidad después de implementado el TPM es 0,541. Por lo tanto y, en concordancia con la regla de dicisión, se determina que la Calidad en ambos casos (antes y después) tiene un comportamiento paramétrico.

Por consiguiente, para demostrar que los índices de Calidad han mejorado, se procederá al análisis con el estadígrafo de T Student para la contrastación de la Hipótesis Específica 3.

**H<sub>0</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) no incrementa la Calidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

**H<sub>a3</sub>:** El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Ca} \geq \mu_{Cd}$$

$$H_{a3}: \mu_{Ca} < \mu_{Cd}$$

Tabla 39 Comparación de medias para Calidad antes/después con T Student

| Estadísticas de muestras emparejadas |         |    |                     |                         |
|--------------------------------------|---------|----|---------------------|-------------------------|
|                                      | Media   | N  | Desviación estándar | Media de error estándar |
| CALIDAD ANTES                        | .875883 | 20 | .0180796            | .0040427                |
| CALIDAD DESPUÉS                      | .938345 | 20 | .0192953            | .0043146                |

*Fuente: Elaboración propia*

En la tabla 39, se define que el valor de la media de la Calidad antes (0,8758) es menor que el valor de la media de la Calidad después (0,9383), por tanto no se cumple  $H_0: \mu_{Ca} \geq \mu_{Cd}$ , por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación  $H_{a3}: \mu_{Ca} < \mu_{Cd}$ , con lo que queda demostrado que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

Para revalidar que el análisis es correcto, se procede al análisis de la significancia de los resultados con la aplicación de la prueba T Student para ambos casos de la Calidad (antes y después).

Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula

Si  $p_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 40 Prueba de Significancia para la Calidad antes/después con T Student**

| Prueba de muestras emparejadas             |                         |                        |                               |  |            |        |    |                     |
|--|-------------------------|------------------------|-------------------------------|--|------------|--------|----|---------------------|
|  | Diferencias emparejadas |                        |                               |  |            | t      | gl | Sig.<br>(bilateral) |
|  | Media                   | Desviación<br>estándar | Media de<br>error<br>estándar | 95% de intervalo de<br>confianza de la<br>diferencia |            |        |    |                     |
|  |                         |                        |                               | Inferior   | Superior   |        |    |                     |
| <b>CALIDAD ANTES -<br/>CALIDAD DESPUÉS</b> | -0.0624625              | .0292676               | .0065444                      | -0.0761602   | -0.0487648 | -9.544 | 19 | .000                |

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 40, se prueba que la significancia aplicada bilateralmente a la Calidad antes y Calidad después da un resultado de 0.000; por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión planteada, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  ( $p_{valor} \leq 0.05$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_{a3}$ ) en la que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad de las máquinas CNC en la Empresa Metal Mecánica.

## **IV. DISCUSIÓN**

La tesis desarrollada por Tuarez, César concluye que el OEE de la llenadora de botellas de gaseosas se encontraba inicialmente en un nivel de eficiencia de 66.67% y luego con la aplicación del TPM, estos índices alcanzaron un nivel de eficiencia de 74.84%, pero que no lograron ubicarlo en un nivel aceptable (>75%, considera aceptable el investigador). En los resultados del trabajo de investigación desarrollado en la Empresa Metal Mecánica se muestra que los niveles iniciales de los OEE se encuentra en 46.32% y luego de implementado el TPM (sólo en sus 02 fases iniciales), se incrementa en un 19.95%, con un tendencia a mejorar los niveles mostrados. “La implantación del TPM es una estrategia competitiva con el objetivo de la mejora de la eficiencia y por tanto de la rentabilidad” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.1119).

Examinando estos resultados con la investigación realizada por Sánchez, Diego en su trabajo de investigación quien concluye que el diagnóstico de los niveles de eficiencia OEE alcanzados por la línea de producción de su estudio, alcanzan un nivel promedio de 0,52 y que están por debajo de los estándares internacionales de una fábrica de nivel mundial, la que debe alcanzar niveles de eficiencia del 0,85. Determinar que niveles de Eficiencia Global de los Equipos se debe alcanzar para considerar que los niveles OEE son o no son aceptables para el desarrollo sostenido y gradual de una Organización y estimar su competitividad, es necesario realizar un análisis más profundo de la situación y del contexto empresarial a nivel nacional e internacional y revisar la realidad comercial de cada organización, para determinar cuales serán los resultados esperados, las metas y los objetivos propuestos en la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM). Cuatrecasas y Torrell (2010) indican que lo normal en la mayor parte de las organizaciones en tener OEE entre niveles de 0,40 a 0,60 y que alcanzar niveles de entre 0,80 y 0,90 es difícil, pero que se pueden obtener en base a un programa TPM.

Bojorquez, Fabiola indica en su estudio que, con el plan de Mantenimiento Productivo Total se busca la mejora para corregir un pobre desempeño, paradas ocasionales y la descompostura del equipo, así como evitar la pérdida de eficiencia y optimizar la vida de la maquinaria. Este estudio previo llega a un resultado similar con lo obtenido en la presente investigación respecto a la

Disponibilidad de los equipos, en la cual se observó un incremento de este factor, debido al control y disminución de las pérdidas producto de las averías ocurridas en plenos procesos productivos y las producidas por los tiempos de preparación de las máquinas para la puesta en marcha. “Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos para eliminar fallos esporádicos o aleatorios y fallos crónicos....” (Rey, 2001, p.61).

Silva, Jorge en su investigación sostiene que el control de la Efectividad Global de los Equipos (EGE) permite identificar el tipo de pérdida que afecta la efectividad de la máquinas, permitiendo atacar las causas y resolver los problemas, aumentando la productividad. El análisis realizado en el presente trabajo de investigación respecto a las pérdidas producidas por la mala operativa del equipo que involucran aspectos como una imperfecta selección de velocidades de corte, herramientas de corte inadecuados en los procesos de mecanizado, programas de mecanizado deficientes, interrupción de los procesos por reafilado de herramientas y otros, generaban pérdidas de Efectividad en las máquinas CNC; lo que se traducía en la disminución del nivel de este factor involucrado en los OEE. El control y disminución de estas pérdidas generó el incremento de la Efectividad como se demuestra en los resultados obtenidos. “Las mejoras que tratan las pérdidas de velocidad han de comenzar por conocer perfectamente cuál es la velocidad máxima del equipo en condiciones correctas de funcionamiento, y en que condiciones de trabajo son alcanzables (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.83).

## **V. CONCLUSIONES**

En concordancia con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación que se realizó en el área de mecanizados CNC de la Empresa Metal Mecánica, se desprenden las siguientes conclusiones que fundamentan los objetivos perseguidos por el estudio científico.

- Se implementó el Mantenimiento Productivo Total, en sus 02 primeras fases (Desarrollo y Aplicación), en la Empresa Metal Mecánica, lo cual resultó en el incremento en los niveles de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE); los cuales mostraron en la post-prueba un resultado del nivel del OEE en un 46.32%, para posteriormente a la implementación del TPM, durante 20 semanas de evaluación, alcanzar un nivel de la media OEE de 66.24% (ver tabla 25). “El resultado obtenido para la eficiencia global será un porcentaje, que, con anterioridad a la introducción de mejoras, deberá determinarse, para poder conocer cual es el punto de partida del equipo cuya eficiencia quiere mejorarse, y cómo se va obteniendo la progresión de la eficiencia a medida que se implantan las mejoras” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 113).
- Se determinó que El Mantenimiento Productivo Total incrementa la Disponibilidad de las máquinas CNC, ya que a través del desarrollo del Mantenimiento Autónomo por parte de los operadores, una vez capacitados en estas tareas de auto mantenimiento y control de sus propios equipos, lograron la disminución de los tiempos perdidos por conceptos de fallos y averías que estaban presentes en plenos procesos productivos. Tal es así que el nivel de la media de la Disponibilidad presente en la post-prueba se encuentra en un 72,40%, mientras que después de implementado el TPM, el valor de la media de la Disponibilidad se acrecienta en un 81,97% (ver tabla 26). “El coeficiente de disponibilidad tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras pérdidas por paradas.....” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 117).
- Se determinó que el Mantenimiento Productivo Total incrementa la Efectividad de las máquinas CNC, como consecuencia de la

capacitación del personal en la operativa de la máquina, y mejora de los parámetros de trabajo. Estas capacitaciones lograron acrecentar el conocimiento del rendimiento de las herramientas de corte, la selección de los insertos adecuados para cada operación, por concepto del tipo de material, dureza, avance, velocidades de corte, etc. los cuales no eran manejados de forma adecuada y que inducía a tiempos perdidos por concepto de la reducción de la velocidad de las máquinas CNC. De los resultados verificamos que los valores iniciales de la media de la Efectividad era de 73.26% y después de implementado el TPM, la media de la Efectividad tiende a un nivel de 86% (ver tabla 27). “El coeficiente de efectividad tiene en cuenta las pérdidas por tiempos de vacío, y paradas cortas y las pérdidas por reducción de velocidad. La mejora de este coeficiente implica, evidentemente, la erradicación de estas pérdidas” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p.117).

- Se determinó que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa los niveles de Calidad de las máquinas CNC de la Empresa Metal Mecánica, como resultado del mantenimiento preventivo de las máquinas y la consecuente recuperación de los estados de referencia iniciales de los equipos por el alineamiento de guías, husillos y otros. Esto permitió disminuir la variabilidad de las tolerancias presentes en los procesos de mecanizados y que producían defectos en los productos terminados. Se realizaron capacitaciones en el manejo de instrumentos de precisión utilizados en las mediciones que se realizan en los procesos de mecanizados (vernier, micrómetro, alexómetros, etc.). En la tabla 28 se observa que el nivel de la media del coeficiente de Calidad, antes del TPM, alcanza el 87,58% mientras que, después de implementado el TPM el valor de la media del coeficiente de Calidad crece a 93.83%. “El coeficiente de calidad tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos con calidad inferior a la esperada, es decir el tiempo para su recuperación o reprocesado de estos productos y las pérdidas que ocurren durante la puesta en marcha de la maquinaria” (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 118).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- La Gerencia como responsable del desarrollo integral del programa TPM deberá proseguir con la segunda etapa de implementación del TPM para trasladar esta experiencia a toda la organización, destinando los recursos apropiados para lograr la tercera fase del TPM que es el de Optimización y Mejora Continua. El desarrollo de esta etapa permitirá lograr mejorar los niveles alcanzados de OEE en sus distintos factores y cuya tendencia es mostrada en el gráfico 18.
- El grupo de fiabilización formado al momento de presentar el Desarrollo del plan piloto del Programa TPM, deberá proseguir con las capacitaciones a los operadores de los equipos del área de mecanizados CNC para mejorar y potenciar las habilidades y conocimientos; formando un grupo involucrado en el plan TPM de tal forma que llegado la segunda etapa de la implementación del TPM, trasladarán sus conocimientos a un grupo mayor de personas y en la que se tendrá una mayor resistencia al cambio que conllevan los conceptos del TPM, como lo experimentamos en el piloto implementado. Las tablas 13 y 14 muestran los niveles de cumplimiento alcanzado en el plan piloto desarrollado.
- El responsable de desarrollo del Programa TPM en Metal Mecánica, debe gestionar el presupuesto para que en las máquinas CNC se desarrollen los mantenimientos programados en los planes de mantenimiento propuesto; ya que esto permitirá mantener equipos con mayores índices de disponibilidad y, a la vez se conseguirá aumentar la vida útil de los equipos. En el anexo 15 se planteó un programa anual de mantenimiento preventivo acorde a los manuales del fabricante.
- La Organización debe implementar el desarrollo de un Sistema Integrado de Calidad, lo cual permitirá mejorar los indicadores de Calidad, de tal manera que esta gestión complementará en mayor grado el desarrollo del TPM no sólo dentro del área de Máquinas CNC sino al resto de las áreas de producción (máquinas convencionales).

## **VII. REFERENCIAS**

BECERRA, Gilberto. El Análisis de Confiabilidad como Herramienta para Optimizar la Gestión del Mantenimiento Preventivo de los Equipos de la Línea de Flotación en un Centro Minero. Tesis (Maestro en Ingeniería con Mención en Gerencia e Ingeniería de Mantenimiento). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Mecánica, 2012. 288 p.

BOJORQUEZ Fabiola. Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total para el Área de Texturizado de una empresa Productora de Yeso. Tesis (Ingeniero Industrial y de Sistemas). Sonora: Instituto Tecnológico de Sonora, Escuela de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008. 54 p.

CUATRECASAS, Lluís y TORRELL, Francesca. TPM en un Entorno Lean Management. 1ª. Ed. Barcelona: Profit Editorial, 2010. 411 p.

GARCÍA, Santiago. Introducción a la Economía de la Empresa. 1ª. Ed. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 1994. 357 p.

GÓMEZ, Carola. Mantenimiento Productivo Total. Una Visión Global. 1ª. Ed. Las Canarias

GUTIÉRREZ, Humberto. Calidad Total y Productividad. 3ª. Ed. México D. F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2010. 363 p.

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la Investigación. 5ª. Ed. México D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010. 613 p.

HUILLCA, María y MONZÓN Alberto. Propuesta de distribución d Planta Nueva y Mejora de Procesos Aplicando las 5S´S y Mantenimiento Autónomo en la Planta Metalmecánica que Produce Hornos Estacionarios y Rotativos. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2015. 100 p.

PARK, Alan. Manual del Ingeniero de Mantenimiento. 2ª. Ed. 281 p.

REY, Francisco. Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo. 1ª. E. Madrid: Fundación Confemetal Editorial,

2001. 350 p.

SÁNCHEZ Diego y LOZADA July. Estructuración del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como Herramienta de Mejoramiento Continuo en la Línea de Inyección de Aluminio Fábrica de Motores y Ventiladores Siemens. Tesis (Ingeniero de Producción). Bogotá D.C: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica Ingeniería de Producción, 2013. 104 p.

SILVA Jorge. Implantación del TPM en la Zona de Enderezadoras de Aceros Arequipa. Tesis (Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura: Universidad de Piura, Facultad de ingeniería, 2005. 82 p.

TUAREZ César. Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Distribuidora de Bebidas Gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total). Tesis (Magister en Gestión de la Productividad y la Calidad). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ciencias y Matemáticas, 2013. 125 p.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica. 2ª. Ed. Lima: Editorial San Marcos, 2013. 495 p.

VALDIVIA Juan. Optimización del Procedimiento de Trabajo para Reducción de la Necesidad de Mantenimiento en Tornos CNC. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2011. 93 p.

VIGO Fiorella y ASTOCAZA Reina. Análisis y mejora de Procesos de una línea Procesadora de Bizcochos empleando Manufactura Esbelta. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Pontificia universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013. 93 p.

## **ANEXOS**

Anexo 1 Reportes de fallas y averías en máquinas CNC

**REPORTE DE SERVICIO (RS-1)** 002 N° 00012

Fecha: 03.02.13 Modelo: VF-317 SR: 1003330 Estado Máquina:  En proceso de reparar  Reparado  Operando

**INFORMACION DEL CLIENTE:** Nombre: *MELBONIA*

**INFORMACION DE LA MAQUINA:** Marca: *118* Modelo: *12.01*

**REQUERIMIENTO DE SERVICIO:**  Reparar  Mantenimiento  Otro

**PROCESAMIENTO:** Problema: *falla cuando el centro de herramientas*

**VALORES DE TENSION:** [Gráfico de línea]

**DATOS DEL OPERARIO:** Nombre: *Mario Yajala*

**ESTADO:** Garantía:  Fuera de Garantía:

**AREA DE LA MAQUINA:** [Tabla de chequeo de componentes]

**ESTADO DE LA MAQUINA:** [Tabla de chequeo de componentes]

**TRABAJO ACEPTADO POR:** Nombre: *MELBONIA*

**REPORTE DE SERVICIO (RS-1)** 002 N° 000126

Fecha: 12.02.18 Modelo: SF-30 SR: 3090022 Estado Máquina:  En proceso de reparar  Reparado  Operando

**INFORMACION DEL CLIENTE:** Nombre: *MELBONIA (COTAC)*

**INFORMACION DE LA MAQUINA:** Marca: *118* Modelo: *12.18*

**REQUERIMIENTO DE SERVICIO:**  Reparar  Mantenimiento  Otro

**PROCESAMIENTO:** Problema: *falla en la compensación de las herramientas*

**VALORES DE TENSION:** [Gráfico de línea]

**DATOS DEL OPERARIO:** Nombre: *S. PABLO TORRES*

**ESTADO:** Garantía:  Fuera de Garantía:

**AREA DE LA MAQUINA:** [Tabla de chequeo de componentes]

**ESTADO DE LA MAQUINA:** [Tabla de chequeo de componentes]

**TRABAJO ACEPTADO POR:** Nombre: *S. PABLO TORRES*



**REPORTE DE SERVICIO (RS-1)** 003 N° 000152

Estado:  No disponible en campo  Disponible en campo  Disponible

Asesor:  Asesor  Asesor  Asesor

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
 Nombre: *SEÑOR RAFAEL LÓPEZ*  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_  
 Correo: \_\_\_\_\_  
 Municipio: \_\_\_\_\_  
 País: \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN DE LA MÁQUINA**  
 Marca: *DE* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*

**PARTES REEMPLAZADAS**

| Parte | Cant. | Costo | Descripción | Nota | Condición |
|-------|-------|-------|-------------|------|-----------|
|       |       |       |             |      |           |

**PROCEDIMIENTO DE SERVICIO**  No  Sí  No  Sí  No

**PROCEDIMIENTO**  
*1. Se le pide que limpie la máquina, por falta de mantenimiento.*  
*2. Se le pide que limpie el filtro de aire, por falta de mantenimiento.*  
*3. Se le pide que limpie el filtro de aceite, por falta de mantenimiento.*  
*4. Se le pide que limpie el filtro de agua, por falta de mantenimiento.*  
*5. Se le pide que limpie el filtro de gasolina, por falta de mantenimiento.*  
*6. Se le pide que limpie el filtro de aceite, por falta de mantenimiento.*

**VALORES DE TENSION**

| Medida | Valor | Unidad |
|--------|-------|--------|
|        |       |        |

**ESTADO DEL SERVIDOR**  
 Marca: *DE* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*  
 Marca: *11.12* Modelo: *11.12*

**ESTADO**  
 Bueno  
 Necesita mantenimiento  
 Necesita reparación

**ÁREA DE LA MÁQUINA**

| Área                         | Estado                                    |
|------------------------------|---|
| Motor                        | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Transmisión                  | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Carrocería                   | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Accesorios                   | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Iluminación                  | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Neumáticos                   | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de frenos             | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de dirección          | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de potencia           | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de refrigeración      | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de lavaparabrisas     | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de embrague           | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de aceite             | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de agua               | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de aire acondicionado | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de dirección          | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de potencia           | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de refrigeración      | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de lavaparabrisas     | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de embrague           | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de aceite             | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de agua               | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |
| Fluido de aire acondicionado | <input checked="" type="checkbox"/> Bueno |

**ESTADO DE LA MÁQUINA**

| Estado  | Descripción |
|---|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Bueno                             |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita mantenimiento                       |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita reparación                          |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita sustitución                         |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita pintura                             |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita limpieza                            |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita ajuste                              |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita lubricación                         |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita alineación                          |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita balanceo                            |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de aceite                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de filtro                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de bujías                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de pastillas                 |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de discos                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de cables                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de bujes                     |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de amortiguadores            |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de muelles                   |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de juntas                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de sellos                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de bombas                    |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de válvulas                  |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de pistones                  |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de cigüeñal                  |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de cojinete                  |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje                       |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de caja                      |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de diferencial               |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de transmisión        |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de dirección          |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de potencia           |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de refrigeración      |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de lavaparabrisas     |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de embrague           |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de agua               |             |
| <input type="checkbox"/> Necesita cambio de eje de aire acondicionado |             |

**TRABAJO REALIZADO POR**  
 Nombre: *[Firma]*  
 Fecha: *[Fecha]*

## Anexo 2 Formatos de evaluación del cumplimiento del TPM

| HOJA DE EVALUACIÓN NIVEL CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA TPM  |                  |                 |                                  |
|---|------------------|-----------------|----------------------------------|
| NIVEL DE CUMPLIMIENTO FASE I (DESARROLLO DEL PROYECTO TPM)  |                  |                 |                                  |
| ETAPAS  |                  |                 | NIVEL DE CUMPLIMIENTO (%)        |
| <b>DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN PARA IMPLEMENTAR EL TPM</b>   |                  |                 |                                  |
| Estrategia, meta y objetivos del TPM  |                  |                 |                                  |
| Compromiso de la dirección formalizado, transmitido y publicado   |                  |                 |                                  |
| Designación del piloto (responsable) para desarrollar el proyecto TPM   |                  |                 |                                  |
| <b>INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE TODA LA ESTRUCTURA DE LA EMPRESA</b>  |                  |                 |                                  |
| Adhesión de toda la organización mediante las estrategias establecidas  |                  |                 |                                  |
| Plan de comunicación del proyecto a todos los niveles   |                  |                 |                                  |
| Formación de los mandos y técnicos-animadores en la gestión del TPM   |                  |                 |                                  |
| Dar a conocer en forma general las tareas a desarrollar en el proyecto TPM  |                  |                 |                                  |
| <b>CREAR LA ESTRUCTURA DE ANIMACIÓN Y PILOTAJE DEL TPM</b>  |                  |                 |                                  |
| Creación de un comité de pilotaje, animado por el responsable del proyecto  |                  |                 |                                  |
| Creación de la célula o grupo de trabajo  |                  |                 |                                  |
| Formación del grupo o célula del pilotaje del proyecto TPM  |                  |                 |                                  |
| Se garantiza la estabilidad y continuidad de las acciones emprendidas dentro del proyecto TPM   |                  |                 |                                  |
| <b>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y ESTADO DE LOS LUGARES</b>   |                  |                 |                                  |
| Evaluación del nivel de performance de los equipos  |                  |                 |                                  |
| Evaluación de los indicadores de calidad y de eficiencia  |                  |                 |                                  |
| Evaluación de los niveles de capacitación y especialización de los operadores   |                  |                 |                                  |
| Banco de datos y valoración técnico-económica   |                  |                 |                                  |
| <b>ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL PROYECTO TPM</b>  |                  |                 |                                  |
| Redacción global y detallada del proyecto TPM   |                  |                 |                                  |
| Planificación   |                  |                 |                                  |
| <b>BAJO : 1</b>   | <b>MEDIO : 2</b> | <b>ALTO : 3</b> | <b>RESULTADO ESPERADO (100%)</b> |
|   |                  |                 | <b>51</b>                        |

| HOJA DE EVALUACIÓN NIVEL CUMPLIMIENTO DE PROGRAMA TPM  |                  |                 |                                  |
|---|------------------|-----------------|----------------------------------|
| NIVEL DE CUMPLIMIENTO FASE II (APLICACIÓN DEL PROYECTO TPM)   |                  |                 |                                  |
| ETAPAS  |                  |                 | NIVEL DE CUMPLIMIENTO (%)        |
| <b>LANZAMIENTO DEL PROGRAMA TPM</b>   |                  |                 |                                  |
| Reunión de comunicación - lanzamiento del TPM   |                  |                 |                                  |
| Presentación por el responsable del programa TPM de las fases y sus etapas, informando que es el OEE  |                  |                 |                                  |
| Presentación del área donde se desarrollará inicialmente el TPM, identificando las pérdidas de los procesos                                 |                  |                 |                                  |
| Presentación de los planes de acción a desarrollar dentro del área de aplicación del TPM  |                  |                 |                                  |
| Presentación de las acciones técnicas a desarrollar para recuperar los estados de referencia de los equipos                                 |                  |                 |                                  |
| Desarrollo de las etapas básicas de las 5 <sup>o</sup> S, para obtener áreas de trabajo limpias y ordenadas                                 |                  |                 |                                  |
| <b>IMPLANTACIÓN DE LA MEJORA CONTINUA EN LOS SISTEMAS Y PROCESOS</b>  |                  |                 |                                  |
| Análisis de los disfuncionamientos de los equipos y la eliminación progresiva de las causas que las originan                                |                  |                 |                                  |
| Identificación de las máquinas con mayor criticidad y mejorar su rendimiento operacional (OEE)  |                  |                 |                                  |
| Mejora de los procesos mediante la capacitación de los operadores. Implementar herramientas y equipos                                       |                  |                 |                                  |
| Intervención del grupo de fiabilización para recopilar la información y realizar el análisis para lograr el PDCA                            |                  |                 |                                  |
| <b>DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b>  |                  |                 |                                  |
| Reparar los equipos para llevarlos a los estados de referencia  |                  |                 |                                  |
| Capacitación de los operadores en las tareas del mantenimiento autónomo (limpieza, lubricación, chequeo general)                            |                  |                 |                                  |
| Definir los niveles de intervención del mantenimiento autónomo (operarios, técnicos)  |                  |                 |                                  |
| Desarrollo de las fichas de control del automantenimiento para ejecución del mismo por parte de los operadores                              |                  |                 |                                  |
| Se efectúa con rigor las tareas especificadas en el automantenimiento para conservar los estados de referencia                              |                  |                 |                                  |
| Se asegura la calidad de los procesos a través del desarrollo del Mantenimiento Autónomo (MA)   |                  |                 |                                  |
| <b>IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO O PROGRAMADO</b>   |                  |                 |                                  |
| Mejora de la gestión del mantenimiento y la creación del programa para reducción de los fallos y averías                                    |                  |                 |                                  |
| Se definen nuevos estados de referencia para alargar la vida útil de los equipos  |                  |                 |                                  |
| Desarrollar el mantenimiento preventivo total para generar el dominio de los planes de mantenimiento  |                  |                 |                                  |
| Establecer un sistema de prevención y mejora en las funciones de apoyo a la fabricación   |                  |                 |                                  |
| Mejora de la seguridad y las condiciones de trabajo a través del desarrollo del programa del MP   |                  |                 |                                  |
| <b>BAJO : 1</b>   | <b>MEDIO : 2</b> | <b>ALTO : 3</b> | <b>RESULTADO ESPERADO (100%)</b> |
|   |                  |                 | <b>63</b>                        |

Anexo 3 Check list de procesos de producción

| CHECK LIST DE CONTROL DE TRABAJOS |    |                                    |          |                |             |            |
|-----------------------------------|----|------------------------------------|----------|----------------|-------------|------------|
| APELLIDOS Y NOMBRES: _____        |    | SEMANA _____                       |          | DEL _____      |             | AL _____   |
| CARGO: _____                      |    | TURNO: _____                       |          | HORARIO: _____ |             |            |
| FECHA                             | OF | DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS | CANTIDAD | MAQUINA        | HORA INICIO | HORA FINAL |
| LUNES                             |    |                                    |          |                |             |            |
| MARTES                            |    |                                    |          |                |             |            |
| MIERCOLES                         |    |                                    |          |                |             |            |
| JUEVES                            |    |                                    |          |                |             |            |
| VIERNES                           |    |                                    |          |                |             |            |
| SABADO                            |    |                                    |          |                |             |            |

Firma del Trabajador

Firma del Supervisor General

Firma Supervisor de Turno

| CHECK LIST DE CONTROL DE TRABAJOS                 |         |   |          |                                    |             |            |
|---|---------|---|----------|------------------------------------|-------------|------------|
| APELLIDOS Y NOMBRES: <u>Gutierrez Gordon Omar</u> |         | SEMANA _____                                |          | DEL <u>12</u> AL <u>17-09-16</u>   |             |            |
| CARGO: <u>OPERARIO</u>                            |         | TURNO: <u>NOCTURNO</u>                      |          | HORARIO: <u>7:00</u> - <u>3:30</u> |             |            |
| FECHA   | OF      | DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS          | CANTIDAD | MAQUINA                            | HORA INICIO | HORA FINAL |
| 12-09-16  | 01-0927 | Cortado de melde JCPA<br>apoyo al compañero | 3        | VFS                                | 7:00        | 2:00       |
|   | 01-0926 |   | —        | —                                  | 2:00        | 3:30       |
| 13-09   | 01-0900 | TAPAS Holda                                 | 4        | VFS                                | 7:50        | 3:10       |
|   |         |   |          |                                    |             |            |
| 14-09   | 01-0843 | Tapa Portion                                | 2        | VFS                                | 7:30        | 1:00       |
|   | 01-0500 | Platina agujeros con signo                  | 1        | VFS                                | 1:00        | 5:00       |
|   |         | apoyo al compañero                          | —        | VFS                                | 5:00        | 5:40       |
| 15-09   | 0767    | Fresado Plancha Pulidora                    | 2        | VFS                                | 7:00        | 5:00       |
|   |         |   |          |                                    |             |            |
| 16-09   | 0767    | Fresado de Plancha Pulidora agujeros        | 6        | VFS                                | 7:00        | 2:00       |
|   |         |   |          |                                    |             |            |
| 17-09   | 0767    | Fresado de Plancha Pulidora                 | 6        | VFS                                | 7:00        | 12:00      |
|   |         | Rectificado de Matriz                       | 7        |                                    | 12:00       | 3:00       |

Anexo 4 Fichas de Reporte de Mantenimiento

|  |                            | <p align="center"><b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b></p> <p>SEMANAL: DEL ..... AL .....      NIVEL: 1</p> |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|---|----------------------------|--|---|--|---|---|-----------|---------------|--------------------------------|--------|---|-----------------|---------|---|---|--------|---|
| MAQUINA:  |                            |  |   | AREA :   |   |   |           | SEMANA: _____ |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| TURNOS<br>Turno mañana: .....<br>Turno tarde: .....<br>Turno noche: .....         |                            |  |   | Marca con una X si no existen anomalías.<br>Marcar con una R si necesita corregir/repasar. |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| TIPO DE MANTENIMIENTO   | LUNES                      |  |   | MARTES   |   |   | MIÉRCOLES |               |                                | JUEVES |   |                 | VIERNES |   |   | SÁBADO |   |
|   | M                          | T  | N | M  | T | N | M         | T             | N                              | M      | T | N               | M       | T | N | M      | T |
| LIMPIEZA  |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| ENGRASE   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| ELÉCTRICO   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| NEUMÁTICO MECÁNICO  |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| HIDRAÚLICO  |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| EQUIPO DE CONTROL   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| ASPIRACIÓN REFRIGERACIÓN  |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| HERRAMIENTAS DE CORTE   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| OTROS EXISTENTES NO CATEGORIZADOS   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| CORRECCIÓN DE FALLAS Y/O AVERÍAS  |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| A documentar por el operario de la maquina  |                            |  |   |  |   |   |           |               | A documentar por el Supervisor |        |   |                 |         |   |   |        |   |
| Hora  | Descripción de la anomalía |  |   |  |   |   |           |               | Responsable ejecución          |        |   | Tiempo estimado |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |
|   |                            |  |   |  |   |   |           |               |                                |        |   |                 |         |   |   |        |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|   | <b>CHECK LIST DEL ESTADO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS</b>   | <b>FECHA</b>   |
| <b>ÁREA DE MECANIZADOS CMC</b>   | <b>MÁQUINA</b>   | <b>OPERARIO</b> <input type="checkbox"/><br><b>PROFESIONAL</b> <input type="checkbox"/><br><b>TÉCNICO</b> <input type="checkbox"/> |
| Indique los principales problemas que observa en su puesto de trabajo y que dan lugar a disfuncionamientos en las máquinas y a alargar las intervenciones      | <u><b>AVERÍAS MÁS FRECUENTES E IMPORTANTES:</b></u><br><br><u><b>ASPECTOS DE MEJORA:</b></u>   |  |
| Indique las ideas que tenga para mejorar su puesto de trabajo en los siguientes aspectos:<br>- Calidad<br>- Averías<br>- Cambios de hras.<br>- Falta de medios | <u><b>PROBLEMAS DE CALIDAD MÁS FRECUENTES:</b></u><br><br><u><b>ASPECTOS DE MEJORA:</b></u><br><br><u><b>PROBLEMAS OBSERVADOS EN CAMBIOS DE HERRAMIENTAS Y CONTROLES:</b></u><br><br><u><b>ASPECTOS DE MEJORA:</b></u><br><b>FALTA DE MEDIOS (Documentación, Recambios, Formación, Limpieza, etc.)</b> |  |

Anexo 5 Reporte de No Conformidad

| <b>REPORTE DE NO CONFORMIDAD</b>  |                                  |   |
|---|----------------------------------|---|
|  | Cliente: _____                   |   |
|   | Fecha: _____                     |   |
|   | Nro de Orden Fabricación: _____  |   |
| <b>Sección 1.- Detalle de la NO conformidad</b>                                   |                                  |   |
| <b>Descripción del Problema</b>   |                                  |   |
| <input type="checkbox"/> Materia Prima  | <input type="checkbox"/> Proceso | <input type="checkbox"/> Producto Final |
|   |                                  |   |
| Responsable : _____   |                                  |   |
| <b>Sección 2.- Plan de Acción</b>   |                                  |   |
| Análisis de la Causa (¿Cámara/ Parque para?)                                      |                                  |   |
|   |                                  |   |
| Fecha y hora de inicio y terminación  |                                  |   |
|   |                                  |   |
| Acción Correctiva   |                                  |   |
|   |                                  |   |
| <b>Sección 3.- Verificación de Conformidad de la ejecución de plan de acción</b>  |                                  |   |
|   |                                  |   |

**Supervisor de Area** .....

**Anexo 6 Formato de Evaluación del OEE**

| TORNO ST-30  |   |                     |           |
|--|---|---------------------|-----------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA ..... |   |                     |           |
| TIEMPOS  | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | RESULTADO (MINUTOS) | RESULTADO |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)                               |   | 5400                | 5400      |
| TIEMPO DE CARGA (TC)                                 | PAROS PREVISTOS<br>MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS   |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)                                | AVERÍAS   |                     |           |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           |                     |           |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            |                     |           |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          |                     |           |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            |                     |           |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)                          | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            |                     |           |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS |                     |           |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR VC INADECUADA        |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                     | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         |                     |           |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            |                     |           |
|  | REPROCESOS                                      |                     |           |
|  |   |                     |           |
| OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE<br>OP = TOR/TO       |   | D = TO/TC           |           |
|  |   | E = OC x OP         |           |
|  |   | C = TOE/TOR         |           |
|  |   | OEE = D x E x C     |           |

| CENTRO DE MECANIZADO VF3 - YT                        |   |                     |           |
|--|---|---------------------|-----------|
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL (SEMANA ..... |   |                     |           |
| TIEMPOS  | TIPOS DE PÉRDIDAS                               | RESULTADO (MINUTOS) | RESULTADO |
| TIEMPO DISPONIBLE (TD)                               |   | 5400                | 5400      |
| TIEMPO DE CARGA (TC)                                 | PAROS PREVISTOS<br>MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS   |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO (TO)                                | AVERÍAS   |                     |           |
|  | REEMPLAZO DE INSERTOS                           |                     |           |
|  | ACONDICIONAMIENTO/MONTAJE DE EQUIPOS            |                     |           |
|  | CERADO DE HERRAMIENTAS                          |                     |           |
|  | TIEMPOS DE PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN            |                     |           |
|  | OTROS (ACUMULACIÓN DE VIRUTAS, MEDICIONES, ETC) |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO REAL (TOR)                          | PARADAS POR CORRECCIÓN DE PARÁMETROS            |                     |           |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR INSERTOS INADECUADOS |                     |           |
|  | REDUCCIÓN DE VELOCIDAD POR DUREZA DE MATERIAL   |                     |           |
| TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE (TOE)                     | TIEMPO POR PUESTA EN MARCHA POR CAD/CAM         |                     |           |
|  | PROCESOS DEFECTUOSOS                            |                     |           |
|  | REPROCESOS                                      |                     |           |
|  |   |                     |           |
| OC = FACTOR PROMEDIO RESULTANTE<br>OP = TOR/TO       |   | D = TO/TC           |           |
|  |   | E = OC x OP         |           |
|  |   | C = TOE/TOR         |           |
|  |   | OEE = D x E x C     |           |

Anexo 7 Formatos de Validez del Instrumento

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)**

| N° | DIMENSIONES/ ítems    | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|-----------------------|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |                       | Sí                       | No | Sí                      | No | Sí                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Desarrollo |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | Índice de Desarrollo  | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Aplicación |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | Índice de Aplicación  | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)**

| N° | DIMENSIONES/ ítems        | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---------------------------|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |                           | Sí                       | No | Sí                      | No | Sí                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Disponibilidad |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | Índice de Disponibilidad  | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Efectividad    |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | Índice de Efectividad     | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |
| 3  | DIMENSIÓN: Calidad        |                          |    |                         |    |                       |    |             |
|    | Índice de Calidad         | /                        |    | /                       |    | /                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia) SI HAY

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y Nombres del juez validador. Dr./Mg: LEONIDAS BRAVO POJAS      DNI: 08634346

Especialidad del validador: ING INDUSTRIAL, MBA, DR

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado  
<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto, y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

29 de 03 del 2017

  
Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

| N° | DIMENSIONES/ items                            | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Desarrollo<br>Índice de Desarrollo | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Aplicación<br>Índice de Aplicación | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)

| N° | DIMENSIONES/ items                                    | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Disponibilidad<br>Índice de Disponibilidad | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Efectividad<br>Índice de Efectividad       | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 3  | DIMENSIÓN: Calidad<br>Índice de Calidad               | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia) Si hay suficiencia.

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable []      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

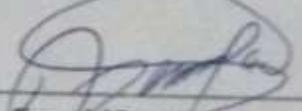
Apellidos y Nombres del juez validador. Dr. /Mg: RONALD JAVIER LAGUNA      DNI: 77423025

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto, y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

29 de 03 del 2017

  
 Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

| N° | DIMENSIONES/ ítems                            | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Desarrollo<br>Índice de Desarrollo | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Aplicación<br>Índice de Aplicación | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)

| N° | DIMENSIONES/ ítems                                    | Pertinencia <sup>1</sup> |    | Relevancia <sup>2</sup> |    | Claridad <sup>3</sup> |    | Sugerencias |
|----|---|--------------------------|----|-------------------------|----|-----------------------|----|-------------|
|    |   | Si                       | No | Si                      | No | Si                    | No |             |
| 1  | DIMENSIÓN: Disponibilidad<br>Índice de Disponibilidad | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 2  | DIMENSIÓN: Efectividad<br>Índice de Efectividad       | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |
| 3  | DIMENSIÓN: Calidad<br>Índice de Calidad               | ✓                        |    | ✓                       |    | ✓                     |    |             |

Observaciones (precisar si hay suficiencia)

*Si hay suficiencia*

Opinión de aplicabilidad:

Aplicable

Aplicable después de corregir

No aplicable

Apellidos y Nombres del juez validador. Dr./Mg:

*Silva Apaza Guido Rene*

DNI:

*4203023*

Especialidad del validador:

*Industria Sostenible*

<sup>1</sup> Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

<sup>2</sup> Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.

<sup>3</sup> Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto, y directo.

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

*28* de *mayo* del 2017

Firma del Experto Informante

## Anexo 8 Cotizaciones por repuestos y partes máquinas CNC



**Haas Factory Outlet**

Una División de GSS E.I.R.L.

Ref: Reparación CNC  
COTIZACION No. 2204-1509

Lima, 21 de Setiembre de 2015

Señores:  
Metal Mecánica Camacho S.A.C.  
Atención:  
Ing. Luis Seminario

Presente.

Nos es grato dirigimos a Ud. atendiendo a su solicitud para presente cotización de servicio para el centro de torneado SL-20 en referencia.

| Servicios:   | Precio total S/.            |
|--|-----------------------------|
| Servicio de alineamiento de Husillo, Torreta, base y contrapunta | 2,000.00                    |
| <b>TOTAL:</b>  | <b>S/ 2,000.00 + I.G.V.</b> |

Tiempo de entrega: coordinar una vez enviada la orden de servicio  
Horario y fecha: por acordar  
Validez de la oferta: 30 días  
Forma de pago: Depósito

Sirvase enviar orden de compra a nombre de: GSS E.I.R.L.  
RUC: 20259379530

|                                 |                  |                      |
|---------------------------------|------------------|----------------------|
| Banco de Crédito del Perú (BCP) |                  |                      |
| Tipo de cuenta                  | Número de cuenta | Código Interbancario |
| Corriente soles                 | 194-2043884-0-91 | 00219400204388409198 |
| Corriente dólares               | 193-1021072-1-68 | 00219300102107216813 |

Con gusto atenderemos cualquier consulta o aclaración que desee al respecto.  
Sin otro particular, hacemos propicia la oportunidad para enviarle nuestros cordiales saludos.

Dpto. Servicio Técnico

Over Jesus Pasache Eguizabal  
Gerente  
De Servicio Técnico

Jr. Los Jazmines 149 - Urb. Valle Hermoso - Lima 33 - Perú  
TELÉFONO (51 1) 2792014 - FAX (511) 2236717 - E-MAIL info@cncperu.com- WEB www.cncperu.com



## Haas Factory Outlet

Una División de GSS E.I.R.L.

Ref.: Reparación CNC  
COTIZACION N° 2498-1605

Lima, 13 de mayo del 2016

Señores  
**METAL MECANICA CAMACHO S.A.C.**  
Atención:  
**Roman Quispe Silupu**  
Departamento de Logística  
Presente.

Estimado señor Quispe:  
Nos es grato diríjimos a Ud. atendiendo a su solicitud para presente cotización de repuesto para el Centro de Tormado modelo SL-20 SN 70740 en referencia.

| Repuesto                           | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total |
|------------------------------------|----------|-----------------|--------------|
| Chuck hidráulico de 8" con N/P PC8 | 01       | 2,217.75        | 2,217.75     |

**TOTAL: US\$ 2,217.75 + I.G.V.**

Tiempo de entrega: 20 a 25 días una vez enviada la orden de compra  
Horario y fecha: Por acordar  
Validez de la oferta: 30 días  
Forma de pago: 50% en adelanto y saldo crédito a 30 días

Sírvase enviar orden de compra a nombre de: GSS E.I.R.L.  
RUC: 20259379530

Banco de Crédito del Perú (BCP)

|                   |                  |                      |
|-------------------|------------------|----------------------|
| Tipo de cuenta    | Número de cuenta | Código Interbancario |
| Corriente soles   | 194-2043884-0-91 | 00219400204388409198 |
| Corriente dólares | 193-1021072-1-68 | 00219300102107216813 |

Con gusto atenderemos cualquier consulta o aclaración que desee al respecto.  
Sin otro particular, hacemos propicia la oportunidad para enviarle nuestros cordiales saludos.

Dpto. Servicio Técnico

Over Jesús Pasache Eguzábal  
Gerente de Servicio Técnico

Jr. Los Jazmines 148 - Urb. Valle Hermoso - Lima 33 - Perú  
TELÉFONO (51 1) 2792014 - FAX (511) 2236717 - E-MAIL info@cncperu.com - WEB www.cncperu.com



## Haas Factory Outlet

Una División de GSS E.I.R.L.

Ref.: Reparación CNC  
COTIZACION N° 2501-1605

Lima, 16 de mayo del 2016

Señores  
**METAL MECANICA CAMACHO S.A.C.**  
Atención:  
**Roman Quispe Silupu**  
Departamento de Logística  
Presente.

Estimado señor Quispe:  
Nos es grato dirigimos a Ud. atendiendo a su solicitud para presente cotización de repuesto para el Centro de Torno modelo SL-20 SN 70740 en referencia.

| Repuesto                           | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total                  |
|------------------------------------|----------|-----------------|-------------------------------|
| Chuck hidráulico de 6" con N/P PC8 | 01       | 2,217.75        | 2,217.75                      |
| Descuento                          |          |                 | 50.00                         |
| <b>TOTAL:</b>                      |          |                 | <b>US\$ 2,167.75 + I.G.V.</b> |

Tiempo de entrega: 20 a 25 días una vez enviada la orden de compra  
Horario y fecha: Por acordar  
Validez de la oferta: 30 días  
Forma de pago: 50% en adelanto y saldo crédito a 30 días

Sírvase enviar orden de compra a nombre de: GSS E.I.R.L.  
RUC: 20259379530

Banco de Crédito del Perú (BCP)

|                |                  |                      |
|----------------|------------------|----------------------|
| Tipo de cuenta | Número de cuenta | Código Interbancario |
| Cuenta soles   | 194-2043884-0-91 | 00219400204388409198 |
| Cuenta dólares | 193-1021072-1-68 | 00219300102107216813 |

Con gusto atenderemos cualquier consulta o aclaración que desee al respecto.  
Sin otro particular, hacemos propicia la oportunidad para enviarle nuestros cordiales saludos.

Dpto. Servicio Técnico

Over Jesús Pasache Eguizabal  
Gerente de Servicio Técnico

Jr. Los Jazmines 149 - Urb. Valle Hermoso - Lima 33 - Perú  
TELÉFONO (51 1) 2792014 - FAX (511) 2236717 - E-MAIL [info@cnccperu.com](mailto:info@cnccperu.com) - WEB [www.cnccperu.com](http://www.cnccperu.com)



## Haas Factory Outlet

Una División de GSS E.I.R.L.

Ref.: Reparación CNC  
COTIZACION N° 2499-1605

Lima, 13 de mayo del 2016

Señores  
**METAL MECANICA CAMACHO S.A.C.**  
Atención:  
**Roman Quispe Silupu**  
Departamento de Logística  
Presente.

Estimado señor Quispe:  
Nos es grato dirigirnos a Ud. atendiendo a su solicitud para presente cotización de repuesto para el Centro de Torno modelo SL-20 SN 70740 en referencia.

| Repuesto                                     | Cantidad | Precio Unitario | Precio Total                  |
|--|----------|-----------------|-------------------------------|
| (*) Husillo en formato A2-6 con N/P 93-3600B | 01       | 7,292.75        | 7,292.75                      |
| <b>TOTAL:</b>                                |          |                 | <b>US\$ 7,292.75 + I.G.V.</b> |

**Importante: (\*) Por instrucción del fabricante la venta de este artículo está condicionada a la devolución de la parte a ser reemplazada.**

Tiempo de entrega: 20 a 25 días una vez enviada la orden de compra  
Horario y fecha: Por acordar  
Validez de la oferta: 30 días  
Forma de pago: 50% en adelanto y saldo crédito a 30 días

Sírvase enviar orden de compra a nombre de: GSS E.I.R.L.  
RUC: 20259379530

Banco de Crédito del Perú (BCP)

|                   |                  |                      |
|-------------------|------------------|----------------------|
| Tipo de cuenta    | Número de cuenta | Código Interbancario |
| Corriente soles   | 194-2043884-0-91 | 00219400204388409198 |
| Corriente dólares | 193-1021072-1-68 | 00219300102107216813 |

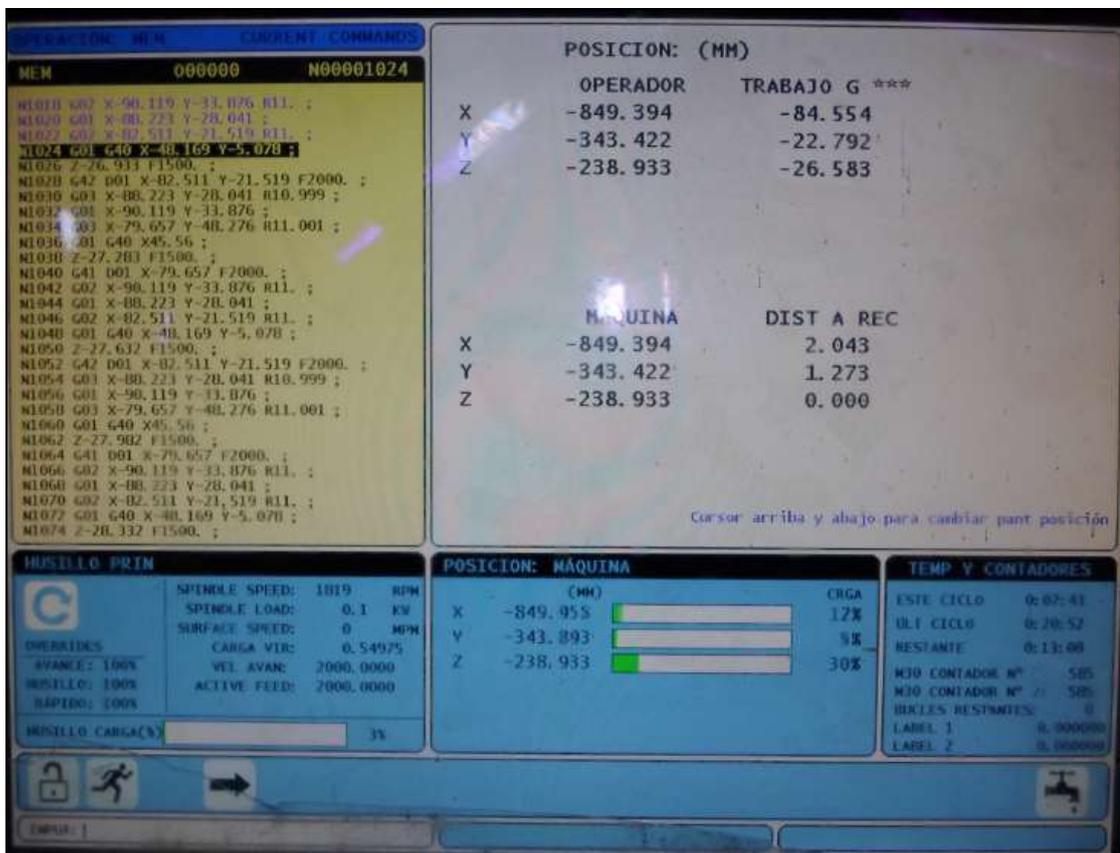
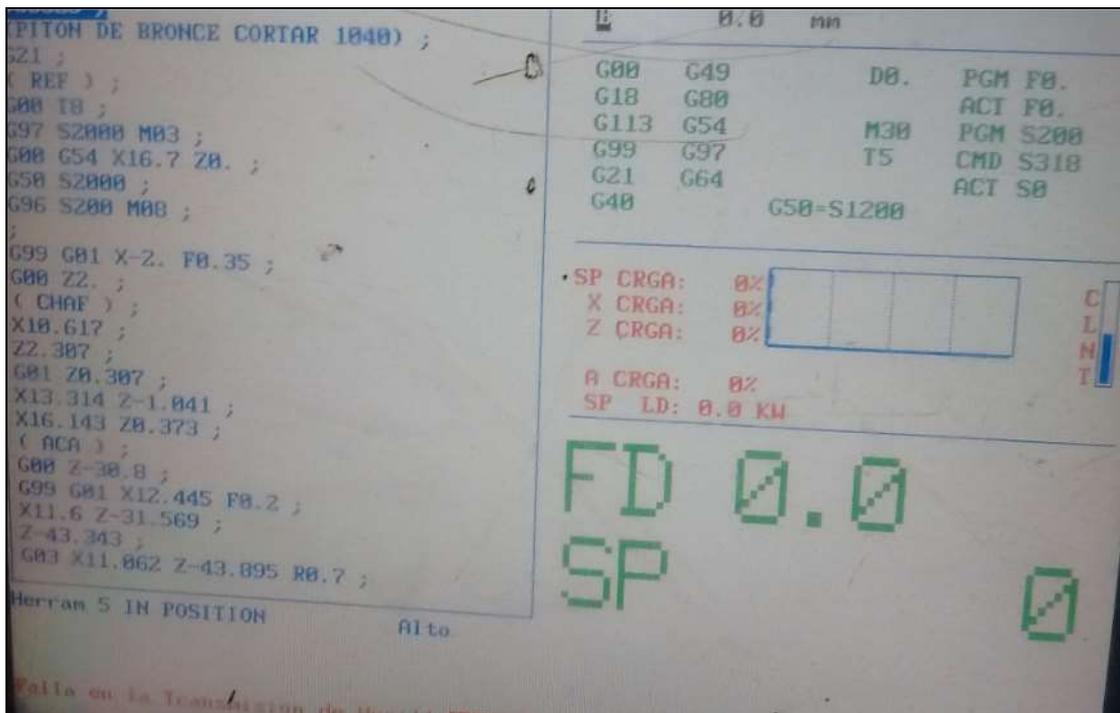
Con gusto atenderemos cualquier consulta o aclaración que desee al respecto.  
Sin otro particular, hacemos propicia la oportunidad para enviarle nuestros cordiales saludos.

Dpto. Servicio Técnico

Over Jesús Pasache Eguizábal  
Gerente de Servicio Técnico

Jr. Los Jazmines 148 - Urb. Valle Hermoso - Lima 33 - Perú  
TELÉFONO (51 1) 2792014 - FAX (511) 2236717 - E-MAIL info@cncperu.com - WEB www.cncperu.com

Anexo 9 Programas de mecanizado para evaluación de los tiempos en los OEE



Anexo 10 Manuales para el cálculo de las VC y determinar los tiempos en los OEE

DTGN

**External turning**

**DOUBLE CLAMP type**

Right hand 500  
holder shown

| Finish   | Light     | Medium  | Medium |
|----------|-----------|---------|--------|
| F11      | S1        | MV      | M4     |
| (110)    | (107)     | (110)   | (104)  |
| Standard | Stainless | G-Class | CBN    |
| (112)    | (105)     | (110)   | (107)  |

| Order Number   | Stock | Insert Number        | Dimensions (mm) |    |    |     |    |    | Shim | Lock Pin | Clamp Bridge | Spline | Clamp Spline | Wrench Part |      |
|----------------|-------|----------------------|-----------------|----|----|-----|----|----|------|----------|--------------|--------|--------------|-------------|------|
|                |       |                      | H1              | B  | L1 | L2  | H2 | F1 |      |          |              |        |              |             |      |
| DTGNR/L1615H16 | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM | 1604            | 16 | 16 | 100 | 25 | 16 | 20   | LLP25    | DCK118L      | DC12   | DC0385       | HKY32P      | LL14 |
| 2020K16        | ●     | TNMA<br>TNMG<br>TNMM | 1604            | 25 | 20 | 125 | 25 | 20 | 25   | LLP25    | DCK118L      | DC12   | DC0385       | HKY32P      | LL14 |
| 2525M16        | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM | 1604            | 25 | 25 | 150 | 25 | 25 | 32   | LLP25    | DCK118L      | DC12   | DC0385       | HKY32P      | LL14 |

\*Please use shim no. LLSTN3 with 3.16mm thick inserts. When using 3.16mm thick inserts, shim should be ordered separately.

---

ETGN

**External turning**

**ML type**

Right hand bar  
holder shown

| Finish   | Light     | Medium     | Medium  |
|----------|-----------|------------|---------|
| F11      | S1        | MV         | M4      |
| (111,10) | (102,2)   | (102,2)    | (102,2) |
| Standard | Stainless | G-Class    | CBN     |
| (112,2)  | (102,2)   | (111,10,2) | (110)   |

| Order Number | Stock | Insert Number                                | Dimensions (mm) |    |    |     |      |    | Shim  | Lock Pin | Stop Ring | Spinner |
|--------------|-------|--|-----------------|----|----|-----|------|----|-------|----------|-----------|---------|
|              |       |  | H1              | B  | L1 | H2  | F1   |    |       |          |           |         |
| ETGNR/L1212  | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1103            | 12 | 12 | 60  | 11.5 | 16 | -     | P321L    | ER2       | KY25    |
| 1616H32      | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1603            | 16 | 16 | 100 | 16.5 | 20 | -     | P322L    | ER3       | KY40    |
| 1616H33      | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1604            | 16 | 16 | 100 | 16.5 | 20 | -     | P322L    | ER3       | KY40    |
| 2020K32W     | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1603            | 20 | 20 | 125 | 19.5 | 35 | EST32 | P323W    | ER3       | KY40    |
| 2020K33W     | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1604            | 20 | 20 | 125 | 19.5 | 35 | EST32 | P323W    | ER3       | KY40    |
| 2525M33W     | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 1604            | 25 | 25 | 150 | 24.5 | 32 | EST32 | P334W    | ER3       | KY40    |
| 2525M43W     | ★★    | TNMA<br>TNMG<br>TNMM<br>TNQA<br>TNQA<br>TNMG | 2204            | 25 | 25 | 150 | 24.5 | 32 | EST43 | P434W    | ER4       | KY40    |

RECOMMENDED CUTTING CONDITIONS

| Work Material                          | Cutting Mode | Breaker | Grade  | Cutting Speed (m/min) |
|--|--------------|---------|--------|-----------------------|
| Mild Steel (S205MR)                    | Finish       | FB      | KA2025 | 150 - 200             |
|  | Light        | SL      | UB8015 | 150 - 200             |
|  | Medium       | MV      | UB8015 | 150 - 200             |
| Carbon Steel Alloy Steel (S45C - S50C) | Finish       | FB      | KA2025 | 110 - 150             |
|  | Light        | SL      | UB8015 | 110 - 150             |
|  | Medium       | MV      | UB8015 | 110 - 150             |

| Work Material            | Cutting Mode        | Breaker  | Grade  | Cutting Speed (m/min) |
|--------------------------|---------------------|----------|--------|-----------------------|
| Stainless Steel (S20190) | Finish              | FB       | KA2025 | 110 - 150             |
|                          | Light               | SL       | UB155  | 110 - 150             |
|                          | Medium              | MB       | UB155  | 110 - 150             |
| Cast Iron (FC250)        | Finish              | Standard | UB8015 | 110 - 150             |
|                          | Medium              | Standard | UB8015 | 110 - 150             |
|                          | Semi-Heavy Flat Top | Flat Top | UC9015 | 110 - 150             |

145

# RECOMMENDED CUTTING CONDITIONS

| Work Material     | Hardness                                   | Grade  | Cutting Speed (m/min) | φ 20, 22      |                         |                           | φ 25, 28      |                         |                           | φ 30, 32, 35  |                         |                           | φ 45, φ 50    |                         |                           |
|-------------------|--|--------|-----------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|
|                   |  |        |                       | Overhang (mm) | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm) | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm) | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm) | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) |
| Mild Steel        | S170HB                                     | PH7022 | 170                   | 180           | 1.0                     | 1.0                       | 170           | 1.0                     | 1.2                       | 180           | 1.2                     | 1.4                       | 180           | 1.2                     | 1.4                       |
|                   |  |        | 190                   | 210           | 0.8                     | 0.8                       | 230           | 0.8                     | 1.0                       | 230           | 1.0                     | 1.2                       | 240           | 1.0                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 240                   | 240           | 0.6                     | 0.6                       | 290           | 0.6                     | 0.8                       | 290           | 0.8                     | 1.0                       | 300           | 0.8                     | 1.0                       |
| Carbon Steel      | S45C                                       | PH7022 | 170                   | 180           | 0.8                     | 1.0                       | 170           | 0.8                     | 1.2                       | 180           | 1.0                     | 1.4                       | 180           | 1.0                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 190                   | 210           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.6                     | 1.0                       | 230           | 0.8                     | 1.2                       | 240           | 0.8                     | 1.0                       |
|                   |  |        | 240                   | 240           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.4                     | 0.8                       | 290           | 0.6                     | 1.0                       | 300           | 0.6                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S20C                                       | PH7022 | 130                   | 160           | 0.8                     | 0.8                       | 170           | 0.8                     | 1.0                       | 180           | 1.0                     | 1.2                       | 180           | 1.0                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 150                   | 210           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.8                     | 1.0                       | 240           | 0.8                     | 1.0                       |
|                   |  |        | 200                   | 240           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.6                     | 0.8                       | 300           | 0.6                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S35C                                       | PH7022 | 130                   | 160           | 0.8                     | 0.8                       | 170           | 0.8                     | 1.0                       | 180           | 1.0                     | 1.2                       | 180           | 1.0                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 150                   | 210           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.8                     | 1.0                       | 240           | 0.8                     | 1.0                       |
|                   |  |        | 200                   | 240           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.6                     | 0.8                       | 300           | 0.6                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S45C                                       | VP11TF | 120                   | 160           | 1.2                     | 0.8                       | 170           | 1.0                     | 1.0                       | 180           | 1.2                     | 1.2                       | 180           | 1.2                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 150                   | 210           | 0.8                     | 0.8                       | 230           | 0.8                     | 0.8                       | 230           | 1.0                     | 1.0                       | 240           | 1.0                     | 1.0                       |
|                   |  |        | 200                   | 240           | 0.6                     | 0.4                       | 290           | 0.6                     | 0.6                       | 290           | 0.8                     | 0.8                       | 300           | 0.8                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S50C                                       | VP10RT | 120                   | 160           | 1.0                     | 1.2                       | 170           | 1.0                     | 1.4                       | 180           | 1.2                     | 1.6                       | 180           | 1.2                     | 1.6                       |
|                   |  |        | 150                   | 210           | 0.8                     | 1.0                       | 230           | 0.8                     | 1.2                       | 230           | 1.0                     | 1.4                       | 240           | 1.0                     | 1.4                       |
|                   |  |        | 200                   | 240           | 0.6                     | 0.8                       | 290           | 0.6                     | 1.0                       | 290           | 0.8                     | 1.2                       | 300           | 0.8                     | 1.0                       |
| Cast Iron         | Cast iron of 1800N/mm <sup>2</sup>         | PH7022 | 180                   | 180           | 0.8                     | 1.0                       | 170           | 0.8                     | 1.2                       | 180           | 1.0                     | 1.4                       | 180           | 1.0                     | 1.4                       |
|                   |  |        | 210                   | 210           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.6                     | 1.0                       | 230           | 0.8                     | 1.2                       | 240           | 0.8                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 240                   | 240           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.4                     | 0.8                       | 290           | 0.6                     | 1.0                       | 300           | 0.6                     | 1.0                       |
| Ductile Cast Iron | Ductile cast iron of 1800N/mm <sup>2</sup> | VP11TF | 120                   | 180           | 0.8                     | 1.0                       | 170           | 0.8                     | 1.2                       | 180           | 1.0                     | 1.4                       | 180           | 1.0                     | 1.4                       |
|                   |  |        | 150                   | 210           | 0.6                     | 0.8                       | 230           | 0.6                     | 1.0                       | 230           | 0.8                     | 1.2                       | 240           | 0.8                     | 1.2                       |
|                   |  |        | 200                   | 240           | 0.4                     | 0.6                       | 290           | 0.4                     | 0.8                       | 290           | 0.6                     | 1.0                       | 300           | 0.6                     | 1.0                       |
| Hardened Steel    | HRC 50-55                                  | VP11TF | 70                    | 180           | 0.5                     | 0.6                       | 170           | 0.5                     | 0.8                       | 180           | 0.6                     | 1.0                       | 180           | 0.6                     | 1.0                       |
|                   |  |        | 90                    | 210           | 0.4                     | 0.4                       | 230           | 0.4                     | 0.6                       | 230           | 0.5                     | 0.6                       | 240           | 0.5                     | 0.6                       |
|                   |  |        | 95                    | 240           | 0.3                     | 0.2                       | 290           | 0.3                     | 0.4                       | 290           | 0.4                     | 0.6                       | 300           | 0.4                     | 0.6                       |

| Work Material     | Hardness                                   | Grade  | Cutting Speed (m/min) | φ 40 (φ 42 Shank) |                         |                           | φ 50, 63 (Shank type) |                         |                           | φ 50, 63 (Arbor type) |                         |                           | φ 80, 100, 125, 160 |                         |                           |
|-------------------|--|--------|-----------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
|                   |  |        |                       | Overhang (mm)     | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm)         | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm)         | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) | Overhang (mm)       | Axial Depth of Cut (mm) | Feed per Tooth (mm/tooth) |
| Mild Steel        | S170HB                                     | PH7022 | 170                   | 180               | 1.2                     | 1.5                       | 180                   | 1.4                     | 1.5                       | 150                   | 1.5                     | 1.5                       | 170                 | 1.5                     | 1.5                       |
|                   |  |        | 190                   | 240               | 1.0                     | 1.3                       | 240                   | 1.2                     | 1.3                       | 250                   | 1.3                     | 1.3                       | 300                 | 1.3                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 240                   | 300               | 0.8                     | 1.1                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 1.1                     | 1.1                       | 450                 | 1.0                     | 1.0                       |
| Carbon Steel      | S45C                                       | PH7022 | 170                   | 180               | 1.0                     | 1.5                       | 180                   | 1.2                     | 1.5                       | 150                   | 1.3                     | 1.5                       | 170                 | 1.3                     | 1.5                       |
|                   |  |        | 190                   | 240               | 0.8                     | 1.3                       | 240                   | 1.0                     | 1.3                       | 250                   | 1.1                     | 1.3                       | 300                 | 1.1                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 240                   | 300               | 0.6                     | 1.1                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 0.9                     | 1.1                       | 450                 | 0.8                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S20C                                       | PH7022 | 130                   | 180               | 1.0                     | 1.3                       | 180                   | 1.2                     | 1.3                       | 150                   | 1.3                     | 1.3                       | 170                 | 1.3                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 150                   | 240               | 0.8                     | 1.1                       | 240                   | 1.0                     | 1.1                       | 250                   | 1.1                     | 1.1                       | 300                 | 1.1                     | 1.1                       |
|                   |  |        | 200                   | 300               | 0.6                     | 0.9                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 0.9                     | 0.9                       | 450                 | 0.8                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S35C                                       | PH7022 | 130                   | 180               | 1.0                     | 1.3                       | 180                   | 1.2                     | 1.3                       | 150                   | 1.3                     | 1.3                       | 170                 | 1.3                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 150                   | 240               | 0.8                     | 1.1                       | 240                   | 1.0                     | 1.1                       | 250                   | 1.1                     | 1.1                       | 300                 | 1.1                     | 1.1                       |
|                   |  |        | 200                   | 300               | 0.6                     | 0.9                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 0.9                     | 0.9                       | 450                 | 0.8                     | 0.8                       |
| Free-Cut Steel    | S45C                                       | VP10RT | 120                   | 180               | 1.2                     | 1.3                       | 180                   | 1.4                     | 1.3                       | 150                   | 1.5                     | 1.3                       | 170                 | 1.5                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 150                   | 240               | 1.0                     | 1.1                       | 240                   | 1.2                     | 1.1                       | 250                   | 1.3                     | 1.1                       | 300                 | 1.3                     | 1.1                       |
|                   |  |        | 200                   | 300               | 0.8                     | 0.9                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 1.1                     | 0.9                       | 450                 | 1.0                     | 0.9                       |
| Free-Cut Steel    | S50C                                       | PH7022 | 150                   | 180               | 1.2                     | 1.7                       | 180                   | 1.4                     | 1.7                       | 150                   | 1.5                     | 1.7                       | 170                 | 1.5                     | 1.7                       |
|                   |  |        | 190                   | 240               | 1.0                     | 1.5                       | 240                   | 1.2                     | 1.5                       | 250                   | 1.3                     | 1.5                       | 300                 | 1.3                     | 1.5                       |
|                   |  |        | 240                   | 300               | 0.8                     | 1.3                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 1.1                     | 1.3                       | 450                 | 1.0                     | 1.3                       |
| Ductile Cast Iron | Ductile cast iron of 1800N/mm <sup>2</sup> | VP11TF | 120                   | 180               | 1.0                     | 1.5                       | 180                   | 1.2                     | 1.5                       | 150                   | 1.3                     | 1.5                       | 170                 | 1.3                     | 1.5                       |
|                   |  |        | 150                   | 240               | 0.8                     | 1.3                       | 240                   | 1.0                     | 1.3                       | 250                   | 1.1                     | 1.3                       | 300                 | 1.1                     | 1.3                       |
|                   |  |        | 200                   | 300               | 0.6                     | 1.1                       | -                     | -                       | -                         | 350                   | 0.9                     | 1.1                       | 450                 | 0.8                     | 0.8                       |
| Hardened Steel    | HRC 50-55                                  | VP11TF | 70                    | 180               | 0.6                     | 1.1                       | 180                   | 0.8                     | 1.1                       | 150                   | 0.9                     | 1.1                       | 170                 | 0.9                     | 1.1                       |
|                   |  |        | 90                    | 240               | 0.5                     | 0.9                       | 240                   | 0.6                     | 0.9                       | 250                   | 0.7                     | 0.9                       | 300                 | 0.7                     | 0.9                       |
|                   |  |        | 95                    | 300               | 0.4                     | 0.7                       | -                     | -                       | -                         | -                     | -                       | -                         | -                   | -                       | -                         |

① Table Feed Rate  
 $v(m/min) = N \times \text{Feed per Tooth} \times \text{Number of Teeth}$   
 ② Recommended width of cut (ae) is more than 60% of the cutting edge diameter.  
 ③ The above...

## Anexo 11 Acta de Compromiso para implementar el TPM

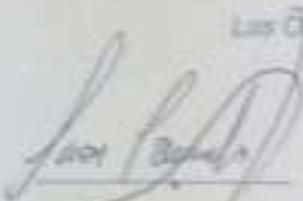
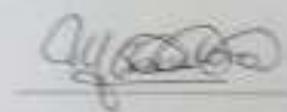
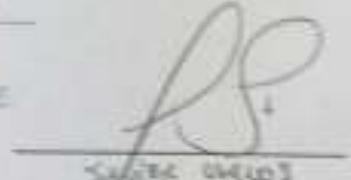
**ACTA DE COMPROMISO PARA IMPLEMENTAR PLAN PILOTO TPM**

Metal Mecánica Camacho SAC, representada por la Gerencia General y Gerencia Administrativa, suscribe el compromiso para implementar un programa piloto de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que se desarrollará en el área de mecanizados CNC; por lo cual se compromete al desarrollo del presente proyecto en los siguientes aspectos que involucran las bases para el desarrollo e implementación del plan piloto:

- Aprobar y destinar el presupuesto para el desarrollo del programa TPM en sus (3) fases de desarrollo: implementación y consolidación
- Aprobar el plan maestro para el desarrollo del TPM
- Aprobar la formación del grupo de feblización y el supervisor del desarrollo del programa TPM.
- Realizar las auditorías pertinentes para verificar si las metas propuestas en el plan son cumplidas y así promover la mejora continua del programa TPM.

Por lo expuesto, se declara por medio del presente documento, dar inicio al programa TPM (programa piloto) que se desarrollará en el área de Máquinas CNC y posteriormente logrados los objetivos y las metas propuestas en el plan, esta experiencia se trasladará a toda la planta de maestranza dando inicio a la segunda fase del proyecto, el cual involucra toda la Planta (procesos productivos y logísticos).

Las Olivos, 04 de Noviembre del 2016

|  |  |  |
|--|--|--|
| <br>Miguel Camacho E. | <br>Juan Camacho A. | <br>Michell Sandoval V. |
|  | <br>SURE OLIVOS     |  |

**Anexo 12 Acta de Conformación del Grupo de Dirección del programa TPM**

**ACTA DE CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE DIRECCIÓN DEL  
PROGRAMA TPM EN EL ÁREA CNC**

*El desarrollo del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM), requiere de un cambio organizacional y de mentalidad; por lo que es fundamental para lograr una eficiente organización y posteriormente fundamentar las acciones que deberán cumplirse durante las fases de desarrollo, implementación y consolidación y el consecuente desarrollo de cada una de las etapas que involucra cada una de las fases, de una dirección convencida que las acciones lograrán alcanzar las metas propuestas y que inspire confianza e involucramiento en el proyecto.*

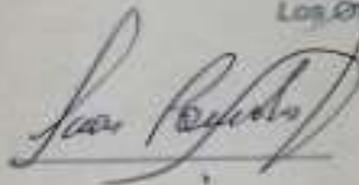
*Expuesto estos puntos, se propone al siguiente grupo de dirección y fiabilización, debido a su alto compromiso con la organización y a su desempeño dentro de las áreas en las cuales desarrollan sus actividades y que sustentarán el desarrollo del proyecto TPM.*

*Miguel Camacho Escudero, Director del proyecto TPM.*

*Luis Seminario Cerdán, promotor o gestor del proyecto TPM.*

*Omar Gutiérrez Cerdán, líder estratégico de la célula del TPM en el área CNC.*

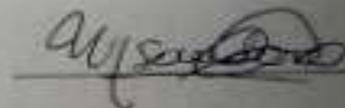
Los Olivos, 10 de Noviembre de 2016



Juan Camacho A.



Miguel Camacho E.



Michelli Sandoval V.

5w3en cehaf  
2



*PROYECTO DE  
IMPLEMENTACIÓN  
TPM*

METAL MECÁNICA



## **PLAN MAESTRO TPM**

## **1. Metal Mecánica SAC.**

### **1.1 Contexto de la empresa**

Metal Mecánica, es una empresa que pertenece al sector metal mecánico, dedicada a la fabricación de partes y piezas para el sector industrial y a los servicios de mantenimiento y repotenciación de equipos y maquinarias para los distintos sectores industriales.

### **1.2. Misión**

Fabricar productos y brindar servicios con la más alta calidad y tecnología, con precios justos, mano de obra calificada y entrega en el momento justo.

Trabajar poniendo todo nuestro esfuerzo y capacidad para el desarrollo de la industria, para el crecimiento y la satisfacción de nuestros Clientes, de nuestra Empresa y de nuestras Familias

### **1.3. Visión**

Lograr que Metal Mecánica sea reconocida como Empresa Líder en el rubro metalmeccánico a nivel Nacional e Internacional, marcando la diferencia no sólo por la calidad, tecnología y búsqueda del mejoramiento continuo que brinda nuestra institución, sino por la calidad profesional y humana de cada uno de nuestros Colaboradores

## **2. Fundamentos del proyecto TPM**

### **2.1. El proceso de cambio**

#### **2.1.1. Procedimientos**

El proceso de cambio en la empresa Metal Mecánica comienza con la necesidad de un crecimiento rentable y sostenido de la compañía.

Las necesidades de la empresa, el permanente interés de implementar nuevas metodologías, los casos conocidos de otras compañías, un enfoque hacia el desarrollo integral de las personas, el interés por maximizar la eficiencia global de la planta y reducir las pérdidas durante las tareas de producción y mantenimiento, llevan a Metal Mecánica a la necesidad de implementar el TPM. MMC concibe el TPM como el mantenimiento productivo

realizado por todos los empleados de la organización a través de actividades dando una nueva dirección a la producción.

El crecimiento sostenido de la empresa está claramente dirigido al desarrollo integral de las personas, encontrando así en el TPM, el soporte para lograr el mejoramiento continuo del personal y el desarrollo de sus habilidades, siendo conscientes en que el crecimiento rentable solo es posible disminuyendo las pérdidas y aumentando la productividad (eficiencia y eficacia)

El TPM basa su éxito en el trabajo en conjunto de todo el personal de la planta, desde la alta dirección hasta llegar al personal operativo. Los integrantes del departamento de producción son los primeros involucrados en las tareas de mantenimiento, realizando actividades como: una correcta operación de las máquinas y un ajuste adecuado de las mismas (limpieza, lubricación, apriete de tuercas, etc.) todo esto con el fin de prevenir y evitar el deterioro del sistema, garantizando las condiciones básicas del equipo (esta primera labor de mantenimiento lleva por nombre mantenimiento autónomo-MA)

Al tener gran variedad de productos y producir de acuerdo a la demanda del mercado, hace que mantener unos altos niveles de efectividad sea complejo y predominen las pérdidas (adaptaciones de equipos, cambios de herramientas, velocidad reducida, fallos, etc.), es así como con la implementación del TPM, MMC se enfoca en el crecimiento rentable como pilar estratégico.

Para dar inicio al TPM en Planta 1 se elige un área piloto, en este caso el área de máquinas CNC; por ser un área muy sensible y de mayor criticidad por aspectos de pérdidas por averías y fallos en pleno proceso, altos costos de reparación y bajos niveles de capacitación del personal. Una vez implementado y consolidado el programa TPM en el área, este se replicará a las otras áreas de producción de Planta 1 – MMC. Y se desarrollará la tercera fase complementaria del programa TPM

### **2.1.2. Inicio**

El proceso de cambio, entendido como una metodología para encaminar a MM a un sistema de producción de clase mundial, surge desde la alta gerencia, como lo propone el TPM, y que Consolidará a MM como una empresa de clase mundial y que se garantiza la elaboración de productos de alta calidad a costos competitivos. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, proyectos y departamentos administrativos.

MM, debido al bajo presupuesto con el que cuenta busca estudiar las experiencias anteriores como el caso Meals Manizales y el caso Forsa para, por medio de estos proyectos exitosos, fundamentar el desarrollo del Plan Maestro del TPM, siendo el responsable del análisis, desarrollo del proyecto y la implementación del mismo, Luis Seminario Cerdán, Jefe de Planta; por la experiencia que sustenta en el conocimiento de los procesos y problemática existente en el área donde se implementará el proyecto piloto TPM.

Se nombrará el líder estratégico para dar soporte a cada pilar del TPM, quien recibirá entrenamiento por el promotor del proyecto TPM.

### **2.2. Control inicial**

El plan piloto del TPM que se desarrollará en el área CNC, contará con la dirección del responsable del proyecto y el líder de grupo designado, quienes realizarán funciones de acuerdo al rol asignado, teniendo como tareas soportar las actividades de avance dentro de cada fase y sus consecuentes etapas, y de esta manera monitorear y respaldar todo lo relacionado con dicha acción. Estas actividades son aparte de las labores propias de su puesto de trabajo. Inicialmente sólo se encargará a estos 02 responsables el desarrollo del programa porque, el área sólo cuenta con 06 operadores y será menos complejo establecer los procedimientos y tareas a desarrollar.

Considerando que comunicar a toda la organización que, el TPM es un objetivo fundamental para la preparación de la estrategia, la Gerencia convocará a los empleados a diferentes reuniones para informar acerca de la

implementación del TPM. Transmitir la importancia de la estrategia a todos los niveles de la organización permite establecer la atmósfera adecuada para incrementar la dedicación de personal, brindando la información pertinente sobre el comienzo de la implementación, la estructura de promoción, el plan maestro, las políticas y los objetivos del programa TPM

Se genera el eslogan del TPM en MMC **“Transformando pensamientos, realizando acciones, caminando hacia la perfección”**, que plasmará en los Colaboradores una metodología que les ayuda a tener una mejor calidad de vida, por medio de un proceso más estable y garantizando su seguridad.

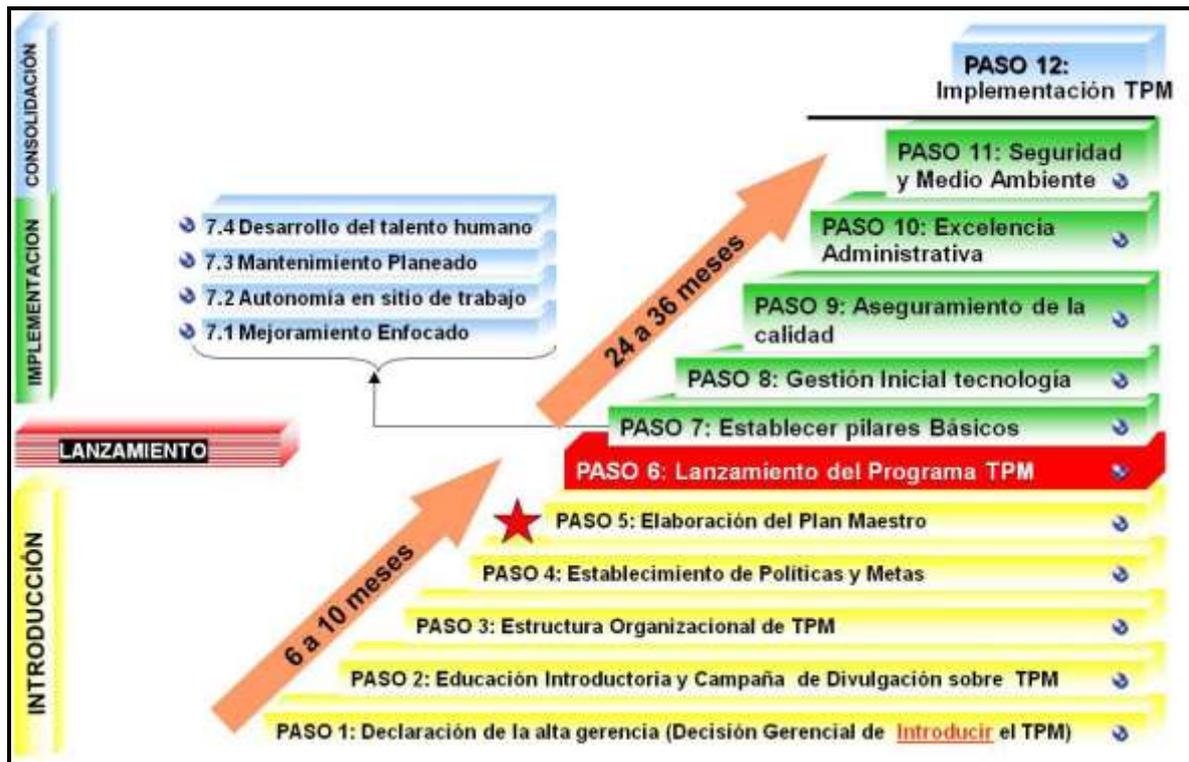
### **2.3. Transición**

Los líderes del programa TPM en MM, acompañados del pilar de educación y entrenamiento, son los encargados de realizar el entrenamiento y las capacitaciones a todos los operadores dentro del área. Cuando una persona se incorpore al área, se le realizará una inducción general, para luego ser entrenada en su cargo específico, incluido en TPM.

Para la implementación del TPM se proponen en total doce pasos (figura 1), los cuales se desarrollarán en 04 fases a medida que se avanza. Los doce pasos son desarrollados en cuatro etapas: la fase de preparación que contempla los pasos 1 al 5, la fase de introducción con el paso 6, la fase de implantación con los pasos del 7 al 11 y la consolidación con el paso 12.

Al momento de desarrollar los 7 pasos en el pilar de Mantenimiento autónomo, MM propone implementar un paso 0, desarrollando las tres primeras “S” Seiri: Separar, Seiton: Clasificar y Seisou: Limpiar, con el objetivo de establecer las condiciones de orden y aseo del área; así tener los elementos, en las cantidades necesarias, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, para así lograr un mayor y mejor avance de los pasos de TPM en MA.

Ilustración 1. 12 pasos para implementar el TPM en MM



### 3. Plan para el desarrollo del programa TPM

El programa piloto TPM que se pretende implementar en MM, se realizará bajo 03 fases:

- Fase de Introducción.
- Fase de Implantación.
- Fase de Consolidación.

#### 3.1. Fase de Introducción

Esta fase comienza con el anuncio de la decisión por parte de la Gerencia de introducir el plan piloto del TPM dentro de MM y culmina con la formulación inicial del Plan Maestro del desarrollo del TPM en el área de mecanizados CNC.

Esta fase contará con los siguientes pasos:

##### 1. Anuncio formal de la decisión de implementar el TPM.

Todos los empleados deben comprender por qué se va a introducir TPM en Metal Mecánica y estar convencidos de su necesidad. Sin embargo, cuando la

Gerencia formule este compromiso, debe dejar clara su intención de seguir el programa TPM hasta su finalización, por lo que se firmará un Acta de Compromiso de desarrollo del Programa TPM. Se informará a todos los empleados y áreas involucrados (toda la organización) que la Gerencia comprende el valor estratégico del TPM y que facilitará el apoyo físico y organizacional que se requiera.

## **2. Campaña publicitaria y educación introductoria sobre TPM.**

Antes de poner en práctica el programa de TPM en MM, debe comprenderse el programa. Para garantizar que todos comprenden las características del TPM y las razones estratégicas que han llevado a la Gerencia a aceptarla, se distribuirán documentos informativos de los principales conceptos, características y objetivos que persigue la implementación de esta herramienta de mejora dentro de Metal Mecánica. Se usarán correos informativos a todos los colaboradores, en el periódico mural se informará de la importancia del proyecto y otros documentos informativos que garanticen la comprensión en su totalidad del programa TPM. Se publicará un eslogan generado para la realización del programa y motivar la participación de los involucrados en la fase inicial (plan piloto).

## **3. Creación de una organización promocional del TPM.**

El TPM se promueve a través de una estructura de trabajo en equipo que se fomentará en MM con el fin de desplegar metas y objetivos por toda la empresa. En dicho sistema se buscarán líderes de cada área para incentivar el conocimiento y desarrollo del TPM dentro de Metal Mecánica Camacho SAC. Para el piloto inicial, se estableció un grupo de fiabilización, en concordancia con el Acta de Conformación del Grupo de Fiabilización que se resolvió en la fase de preparación. Las metas que se proponen alcanzar se detallan a continuación:

- Disminución de los costos de mantenimiento y reparación en un 40%.
- Aumentar la Eficiencia global de los equipos entre 60 – 70%.
- Mantener la capacitación de los operadores para alcanzar mejor operatividad de los equipos y evitar posibles colisiones en los

procesos, aumentando la vida útil de los Tronos CNC y Centros CNC del área.

#### **4. Establecer los objetivos y políticas básicas TPM.**

La política TPM básica debe ser parte integral de la política global de la empresa y debe indicar los objetivos y directrices de las actividades a realizar. Los objetivos TPM deben relacionarse con la planificación estratégica de la empresa, es decir, con los objetivos a medio y a largo plazo de la compañía. Para conseguir el desarrollo de este paso, debe revisarse la misión y visión de la organización para que el proyecto TPM sea considerado dentro de las estrategias de desarrollo y crecimiento de Metal Mecánica. Los objetivos a lograr con la implementación del proyecto piloto TPM, busca los siguientes resultados específicos y que son congruentes con las estrategias planteadas por Metal Mecánica:

- Disminuir los costos de producción que se da primordialmente con la eliminación de retrasos y paradas operativas. Si los operarios se encuentran preparados para la búsqueda y eliminación de fallas los costos de producción disminuirán considerablemente.
- Mejorar la calidad de los productos ya que los operadores por medio de respuestas rápidas a las interrupciones en los procesos pueden prevenir ajustes subsecuentes o mejorar los mismos.
- Aumentar la seguridad, ya que sin el TPM, frecuentemente operadores y mecánicos pueden recurrir a métodos inseguros para simplificar sus trabajos. Ellos pueden no tener las herramientas adecuadas, entrenamiento o suministros para realizar un trabajo seguro.
- Reducir pérdidas, ya que entre las metas del TPM incluye maximizar la efectividad de los equipos y eliminar el desperdicio causados por estos.
- Mejorar el estado del mantenimiento, debido a que los operadores se vuelven dueños de sus equipos siendo más conscientes de las funciones que el equipo debe realizar y son capaces de realizar reparos menores, hacer chequeos de ajuste y mantenimiento preventivo.

- Mejorar la disponibilidad de los equipos, debido a que menos tiempo será utilizado en la espera por el personal de mantenimiento.
- Mejorar el trabajo en equipo entre el personal de producción y mantenimiento. Con el TPM ambas partes trabajan juntos para buscar áreas en las cuales puedan complementarse, comenzando a compartir conocimientos y habilidades entre operarios y técnicos.
- Mejorar habilidades y flexibilidad de los empleados, ya que cada uno está mejor preparado para responder a las necesidades del equipo.

### **5. Diseñar un Plan Maestro para implementar el TPM**

El plan maestro consiste en definir las actividades a poner en práctica dentro de los pilares tradicionales de TPM en un periodo de tiempo para lograr los objetivos propuestos dentro de MM. Este es desarrollado por el gestor del programa con apoyo del personal involucrado en el proyecto. Es una visión de las mayores actividades de TPM en un periodo determinado. Para garantizar el cumplimiento efectivo del programa TPM, éste deberá cumplirse en un plazo determinado. El piloto del TPM que se implementará en el área de máquinas CNC de Metal Mecánica tendrá entre las 03 primeras fases de Preparación, Introducción e Implementación una duración aproximada de 40 días, lo cual se muestra en un diagrama de Gantt ([anexo 1](#)) al final del presente Plan Maestro. Posteriormente a la experiencia inicial del plan piloto, se desarrollará la fase de Consolidación, ya que esta será explicada en la segunda etapa del programa TPM, el cual se desarrollará en todos los procesos de la Planta 1 – MM.

### **6. Arranque, lanzamiento del TPM.**

Una vez que se ha aprobado el plan maestro, tiene lugar el “saque inicial” del TPM. Este comienzo debe perfilarse para cultivar una atmósfera que eleve la moral e inspire dedicación entre los involucrados en el proyecto piloto. Se inicia con la presentación del proyecto en el área y la capacitación del personal del área CNC en los objetivos que persigue el TPM, cuáles serán los resultados esperados y cuáles los beneficios cuantitativos y cualitativos de implementar el programa TPM dentro del área CNC de MM. Debe generarse una

introducción con conceptos claros para que los involucrados no sientan rechazo hacia el inicio del programa y por el contrario, sientan que será de gran beneficio para su desarrollo profesional al generarles mayores responsabilidades más allá de sus labores ya conocidas y mejores conocimientos que los ya adquiridos.

### **3.2. Fase de Implantación.**

En esta fase se realizan actividades para lograr los objetivos del plan maestro. Aquí se ajusta el orden y plazo de las actividades de los pasos 7 al 11, y se adaptan a las características de MMC Esta fase consta de los siguientes pasos:

### **7. Establecimiento de un proceso para mejorar la eficiencia.**

Este paso involucra realizar actividades del pilar de Mejoras Enfocadas, fundamentada en el TPM, establecer y desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo, implementar un programa de Mantenimiento Planeado y formar y entrenar al personal en capacidades de mantenimiento y operación. Para conseguir el desarrollo de estos objetivos planteados en este paso se trabajará en los siguientes aspectos:

- Se realizará el análisis de la situación actual del área para determinar los niveles de eficiencia alcanzados antes de la implementación del proyecto de mejora que se plantea para MM. Debemos determinar cómo están realmente los niveles de eficiencia de los equipos (OEE) para poder medir las metas logradas y de esta manera conseguir la mejora continua. Para este fin se ha desarrollado el formato de Evaluación del Rendimiento Operacional de los Equipos (**anexo 2**)
- Los niveles de eficiencia serán medidos a través de las pérdidas ocasionadas por fallos y averías, pérdidas por procedimientos inadecuados, pérdidas por defectos y calidad, y pérdidas por velocidades de producción inadecuadas. Estas serán analizadas mediante los tiempos de producción utilizados en cada uno de los

equipos como son el Torno SL-20, Torno SL-30, Centro VF3-YT, Fresadora TM-3P y la fresadora TM-2.

- Se genera un programa de capacitaciones que involucra a los 06 operadores de los equipos CNC, las cuales serán realizadas cumpliendo 02 métodos: capacitadores internos y capacitadores externos (**anexo 3**). Las capacitaciones internas serán desarrolladas por Luis Seminario, que desarrollará aspectos de conocimiento del TPM (objetivos, propuestas, metas y beneficios), aspectos técnicos (velocidades de corte, instrumentos de precisión, lectura de planos), aspectos de mantenimiento autónomo (lubricación, desarrollo de check list de equipos) y Omar Gutiérrez, que desarrollará aspectos técnicos (programaciones, Master CAM, manejo de manual Mitsubishi). Para los capacitadores externos se propone solicitar convenios con nuestros proveedores como GSS-Máquinas CNC, Mitsubishi, Trade Tools, Cipesa.

#### **8. Crear un sistema para la Gestión Inicial de equipos.**

Para lograr este objetivo es importante diseñar y desarrollar un instrumento que nos permita medir los niveles de eficiencia que genera cada uno de los equipos y de esta manera realizar las estimaciones promedio de toda el área. Esto permitirá tomar las acciones necesarias para incrementar los OEE bajo los 03 factores que involucra esta variable: índice de Efectividad, índice de Disponibilidad y el Índice de Calidad. El instrumento desarrollado lo podemos observar al final del Plan Maestro (**Anexo 5**). El sistema de gestión debe involucrar análisis inicial de equipos (niveles de OEE), realizar los mantenimientos preventivos de los equipos, los cuales se realizarán con la empresa GSS (máquinas CNC) para poner en operatividad las máquinas existentes en el área, para llevar a los estados de referencia a las máquinas y generar mayores índices de eficiencia. Este objetivo conlleva a la generación de un presupuesto y que se contempla en el **anexo 4**.

#### **9. Crear un sistema de Mantenimiento de la Calidad.**

Las causas que producen la falta de calidad en un proceso se fundamenta en 02 razones, siendo la primera la organización (logística, fiabilidad de los

equipos, formación, etc.) con un peso porcentual entre 75-85% y la segunda el personal involucrado (falta de atención, cansancio, falta de destreza) con un peso de entre 15-25%. El proyecto TPM brinda a MM la oportunidad de mejorar la calidad de sus productos mediante el desarrollo sistematizado del mantenimiento autónomo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento programado.

Para lograr este paso, se debe desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que se inicia en el punto 9 y posteriormente se desarrollará, mediante los manuales de los equipos, un programa de mantenimiento anual (**ver gestión de mantenimiento**) el cual debe afianzarse con la designación de un presupuesto aprobado por la Gerencia. En este paso debe desarrollarse cuatro fases:

**Fase 1.** Reducir la variación de la ley normal entre la menor y la mayor vida útil del equipo, lo cual se consigue con las siguientes procedimientos:

- Identificar las condiciones de buen funcionamiento y utilización del equipo.
- Aplicar con rigor el mantenimiento autónomo desarrollado por los propios operadores de las máquinas CNC. Esto permite mantener las condiciones básicas el equipo, eliminando deterioros o degradaciones de las máquinas.

**Fase 2.** Prolongar el tiempo de vida útil del equipo a través de:

- Eliminar fallos y averías existentes.
- Mejorar los puntos débiles que puedan existir en las máquinas CNC.
- Mejorar las habilidades y competencias de los operadores.

**Fase 3.** Restaurar periódicamente la degradación de los parámetros de trabajo o deterioro de componentes observados en un plan de inspecciones programadas. Para lograr el desarrollo de este punto tenemos que:

- Estimar el tiempo de la menor vida útil del equipo para programar los chequeos e inspecciones de control.
- Planificar las inspecciones programadas en todos los equipos.
- Optimizar las tareas y frecuencias de las inspecciones propuestas.

**Fase 4.** Practicar la prevención de impactos con técnicas de diagnóstico para mejorar la vida útil de las máquinas CNC. Esto paso por:

- Tomar conclusiones sobre las averías y fallos catastróficos, analizando el estado de componentes, superficies de rotura, reemplazo de componentes.
- Tomar medidas de mejora para alargar la vida útil de los componentes deteriorados o con señales de deterioro, producto de los impactos.

#### **10. Crear un sistema TPM en Departamentos Administrativos.**

El programa TPM, como se indicó en los fundamentos del proyecto, es una herramienta de mejora continua que no sólo pasa en mejorar los sistemas productivos, sino que involucra a toda la cadena de suministro de Metal Mecánica. Por esta razón fundamental se debe involucrar a todas las áreas en los objetivos y las metas que propone el desarrollo del proyecto TPM y que brindará la oportunidad de conseguir en un menor plazo los resultados y las metas propuestas.

#### **11. Desarrollar un sistema de Gestión de la Seguridad y del Medio Ambiente.**

Uno de los objetivos que debe lograrse en Metal Mecánica con la implementación del TPM, es conseguir puestos de trabajo con mayor seguridad, mejores condiciones para el desarrollo de las actividades propias de los procesos y mejorar el entorno con mayor ventilación, iluminación y promoviendo puestos de trabajo basados en la mejora de la ergonomía de cada puesto. Se promoverá la correcta y eficiente eliminación y el reciclaje de los desechos producidos en los procesos productivos, los lubricantes y refrigerantes deberán eliminarse apropiadamente, los cuales deben ser biodegradables para contribuir al cuidado del medio ambiente.

#### **3.3. Fase de Consolidación.**

En esta fase se mantienen los niveles logrados durante el desarrollo de las tres primeras fases. Para la conclusión de esta última fase, no se tiene previsto en el cronograma mostrado en el anexo 2, ya que el TPM al ser una filosofía de mejora continua, buscará afianzar y mejorar todos los aspectos logrados durante la implementación de esta. En proyectos similares

establecidos en otras empresas (caso Forsa), el TPM se logró constituir como parte de la estrategia en un plazo de 02 años aproximadamente.

## **12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos.**

Metal Mecánica, crecerá persiguiendo continuamente, objetivos cada vez más elevados, objetivos que reflejen una visión de lo que MMC cree debe llegar a ser. Esta visión se ve reflejada en el la propuesta del eslogan para el desarrollo del proyecto TPM: **“transformando pensamientos, realizando acciones, caminando hacia la perfección”**

# **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

Cabe señalar la importancia de la gestión productiva del mantenimiento considerando primeramente las actividades bajo el ambiente correctivo del mismo, que se genera alrededor de las máquinas o equipos teniendo en cuenta su criticidad, lo que genera la premisa de:

1. Interacción bajo un elevado porcentaje de acciones de tipo “corregir”.
- 2- Si a la acción “corregir” se le antepone la acción “detectar”, se produce de inmediato una correlación de acciones que dinamizan el sistema.
3. Por otra parte, la acción “corregir” bajo la premisa “detectar” genera un mínimo de 03 derivaciones que pueden ocurrir: corrección inmediata, corrección a corto plazo y corrección a mayor plazo.

La correlación detectar, mantener, recuperar y prevenir ensamblados en una correlación de dependencia, garantizan la protección de las máquinas, alivian su correcta recuperación y dinamizan la progresiva mejora de la calidad del mantenimiento.

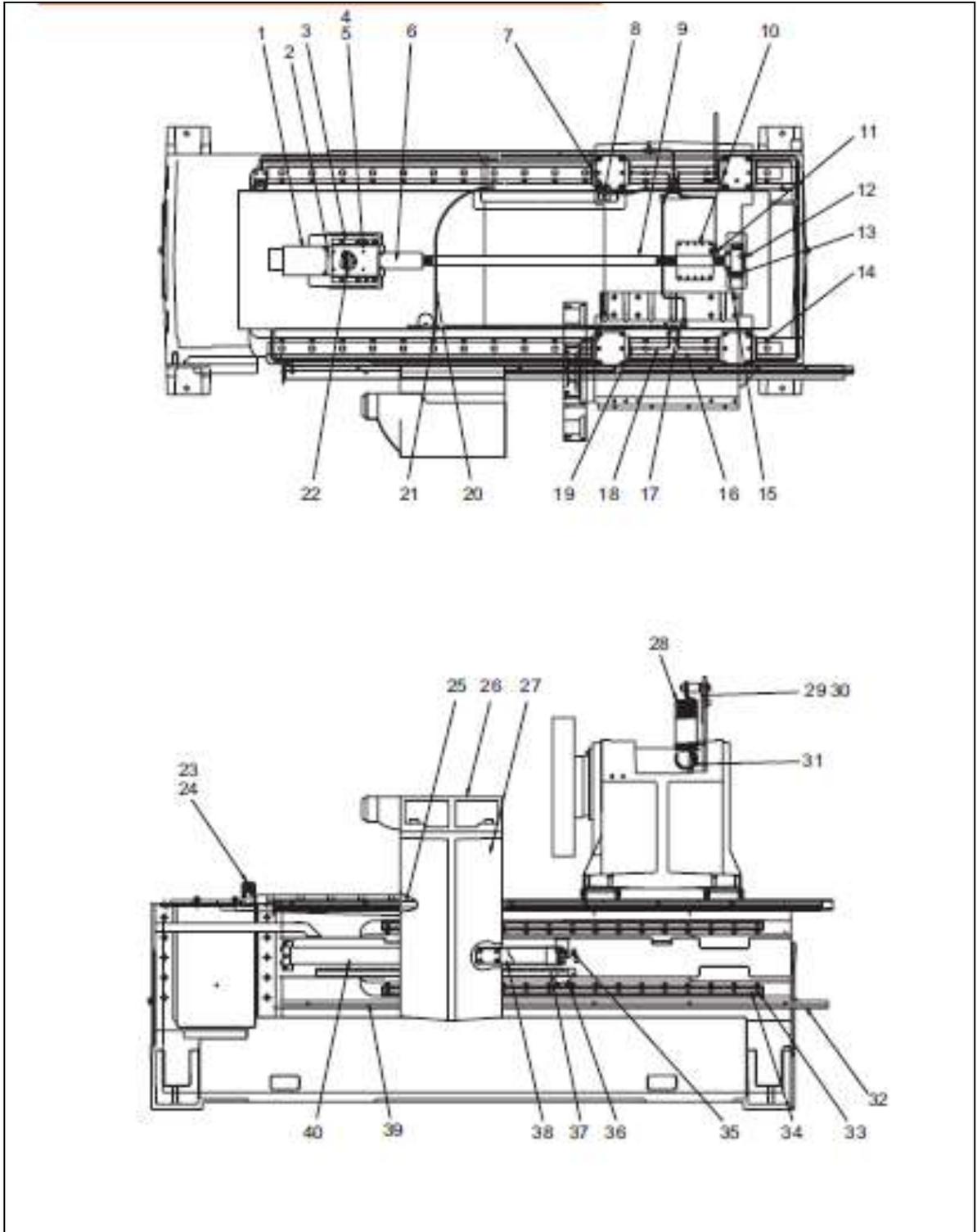
La Gestión temprana de equipos como uno de los pilares del TPM, indica que durante la fase de operación-mantenimiento y basándose en inspecciones regulares programadas, se restaura, modifica y sustituye el equipo. Los datos del mantenimiento recogidos en este proceso proporcionan la base para la investigación del mantenimiento.

Es justamente en este punto donde el programa TPM desarrollado en MMC, debe enfocarse, ya que al tratarse de equipos que han sido instalados en un periodo no mayor de 05 años, todavía no se cuenta con la suficiente estadística para determinar la periodicidad del reemplazo de partes y piezas que pudieran someterse a fallos debido a la caducidad por tiempo de trabajo y por fatiga por el tiempo de trabajo de los equipos.

Por tanto la gestión del mantenimiento de los equipos estará diseñado en base a las especificaciones que proporcionó el fabricante, respetando los planes de mantenimiento preventivo propuesto en los manuales proporcionados. A la vez se expondrán las equipos y sus diferentes partes para el desarrollo de las capacitaciones de los mantenimientos autónomos que se desarrollarán de acuerdo al programa TPM en cada uno de los equipos.

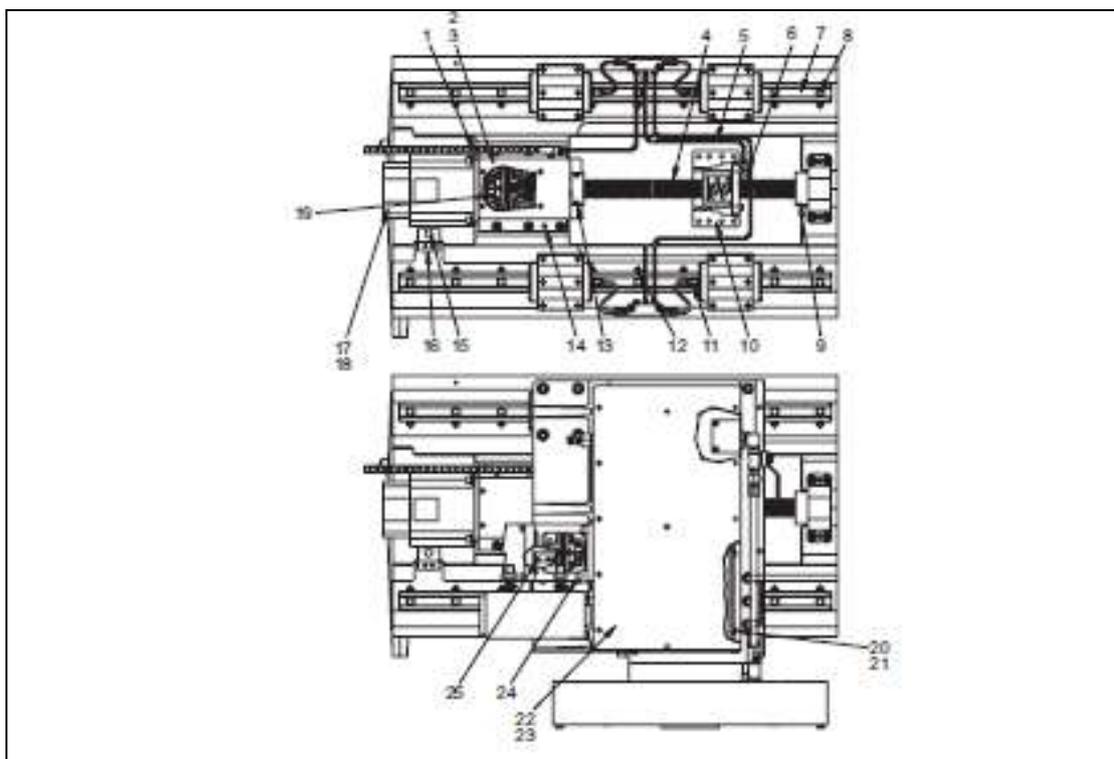
# TORNO ST-30

## CONJUNTO DE LA FUNDICIÓN CON CONTRAPUNTO



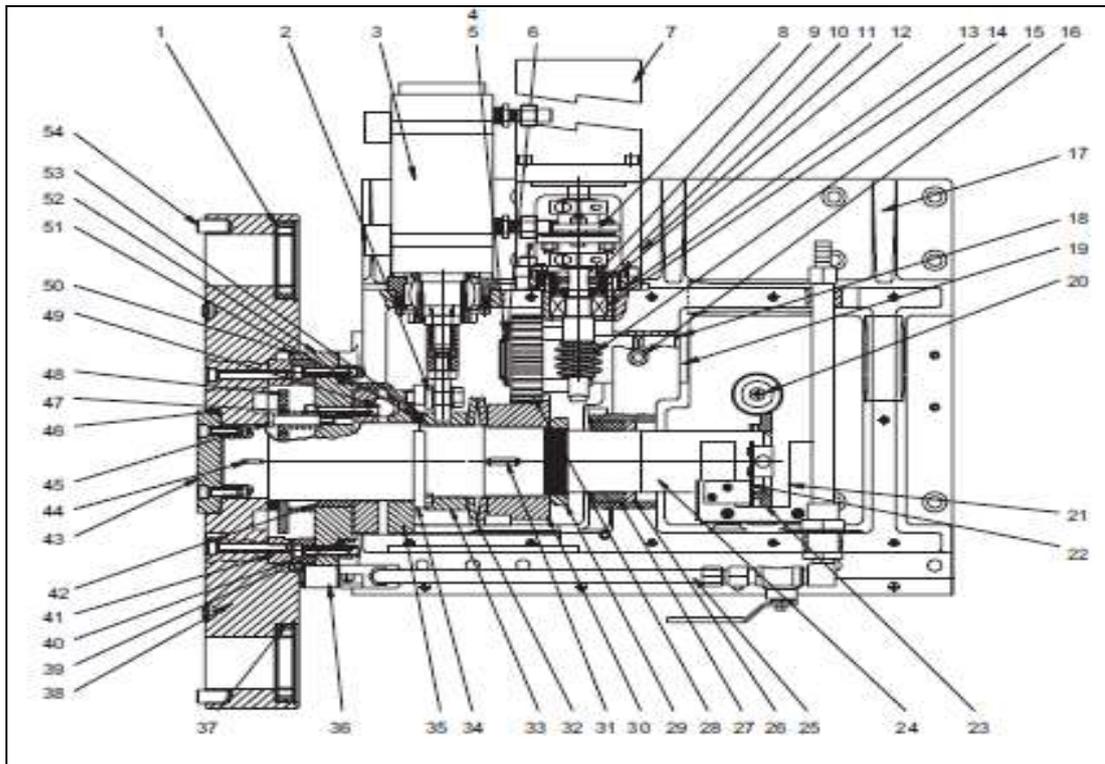
| LISTA DE PARTES DEL CONJUNTO DE LA BANCADA CON CONTRAPUNTO |  |
|--|--|
| 1  | Llave del eje adaptador/eje de la corona dentada                         |
| 2  | Servomotor Yashawa 13 sin freno  |
| 3  | Montaje del motor con mecanización 40 y 50mm husillo de bolas            |
| 4  | Montaje del motor de la placa de la cubierta                             |
| 5  | Junta, escudo deflector  |
| 6  | Tope de arandela estática de bloqueo                                     |
| 7  | Soporte de montaje del sensor de proximidad                              |
| 8  | Interruptor de origen 5,5 pies NC  |
| 9  | Conjunto del husillo de bolas del eje Z                                  |
| 10   | Alojamiento de la tuerca de 40mm del husillo de bolas                    |
| 11   | Codo Banjo 5/16 F x M6 M   |
| 12   | Soporte del tope   |
| 13   | Clavija de 3/8" x 1-1/2"   |
| 14   | Leva de la guía lineal   |
| 15   | Tope del eje X   |
| 16   | Guía lineal del eje X  |
| 17   | Tapón del carril de la guía  |
| 18   | Conjunto de la línea de aceite   |
| 19   | Adaptador 1/8 M BSPT - 5/16 F  |
| 20   | Tubo de nylon de 5/32"   |
| 21   | Codo Banjo 5/16 F x M6 M   |
| 22   | Conjunto de acoplamiento   |
| 23   | Rueda de guía  |
| 24   | Soporte del rodillo  |
| 25   | Cinta de sellado   |
| 26   | cabezal del contrapunto  |
| 27   | Cuerpo del contrapunto   |
| 28   | Muelle, carro trnasversal  |
| 29   | Muelle del brazo de balanceo   |
| 30   | Muelle del brazo de balanceo del casquillo                               |
| 31   | Soporte del muelle del T/C   |
| 32   | Cinta del husillo de bolas de la guía interior de la protección de guías |
| 33   | Tapón del carril de la guía  |
| 34   | Guía lineal  |
| 35   | Acople del cilindro del contrapunto                                      |
| 36   | Conjunto del cabezal de lectura del codificador                          |
| 37   | Cinta del codificador  |
| 38   | Brazo del contrapunto  |
| 39   | Guía, protección de guía interior del contrapunto                        |
| 40   | Cilindro hidráulico  |

## CONJUNTO DE LA CUÑA



| <b>LISTA DE PARTES DEL CONJUNTO DE LA CUÑA</b> |  |    |  |
|--|--|----|--|
| 1  | Conjunto de la línea de aceite del eje X     | 14 | Clavija 3/8" x 1-1/2"                            |
| 2  | Montaje del motor de la placa de la cubierta | 15 | Interruptor de origen 1,5 pies NC                |
| 3  | Junta, escudo deflector                      | 16 | Montaje del soporte del eje X                    |
| 4  | Conjunto del husillo de bolas                | 17 | Llave del eje adaptador/eje de la corona dentada |
| 5  | Accesorio de la línea del aceite de la cuña  | 18 | Servomotor SEM C8 con freno                      |
| 6  | Codo Banjo 5/16 F x M6 M                     | 19 | Conjunto de acoplamiento                         |
| 7  | Guía lineal 35 x 760 eje X                   | 20 | Placa de acceso del T/C                          |
| 8  | Tapón del carril de la guía                  | 21 | Junta, placa de accesos del T/C                  |
| 9  | Tope del extremo del soporte del eje X       | 22 | Junta, cubierta del T/C                          |
| 10   | Mecanizado del alojamiento de la tuerca      | 23 | Alojamiento de la cubierta del T/C               |
| 11   | Guía lineal métrica de ajuste Str            | 24 | Espaciador anti rotación del T/C                 |
| 12   | Leva de la guía lineal                       | 25 | Señal de activación del sensor de proximidad     |
| 13   | Tope del eje X                               |    |  |

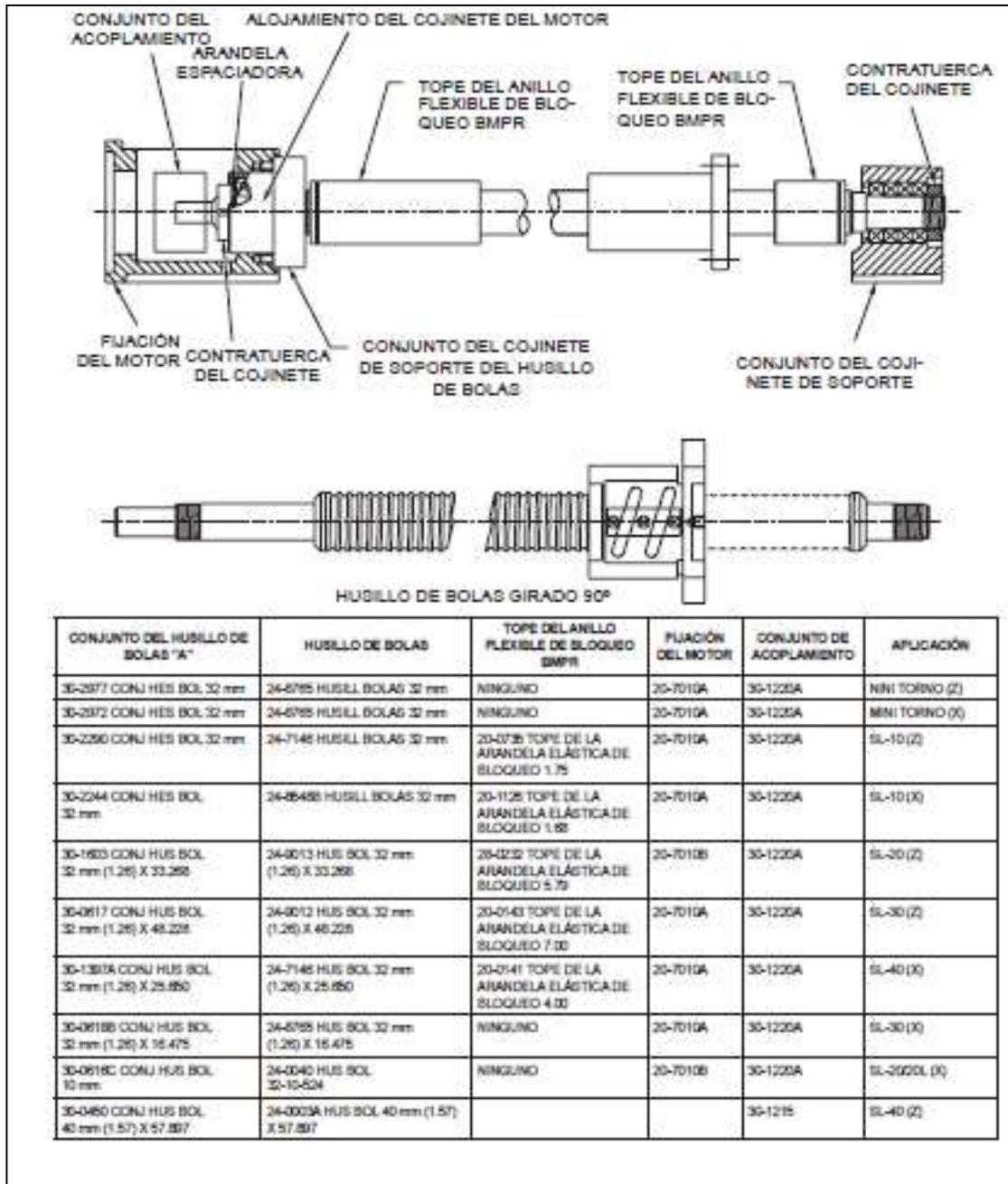
## CONJUNTO DEL CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS



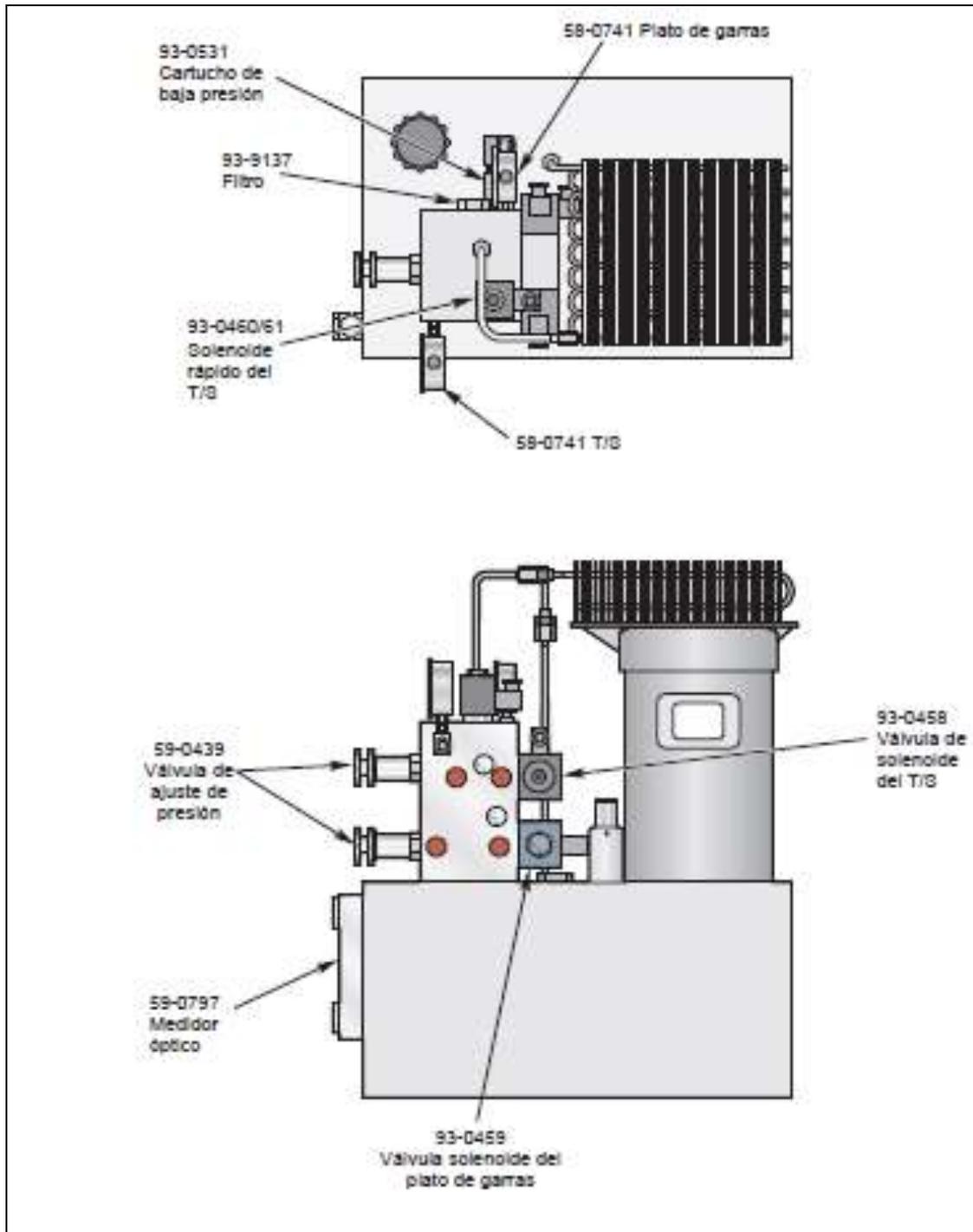
**LISTA DE PARTES DEL CONJUNTO DE CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS**

|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Arandela de empuje TRB-3446                          | 28 | Juego de engranajes del T/C                            |
| 2  | Barra espaciadora del extremo del T/C                | 29 | Contratuercas N-13                                     |
| 3  | Conjunto del cilindro del aire                       | 30 | Rueda cilíndrica del T/C                               |
| 4  | Arandela de retención 1500 SH                        | 31 | Llave de la rueda cilíndrica del T/C                   |
| 5  | Arandela de acero de 1-1/2, grosor de 0,075          | 32 | Arandela Bellville                                     |
| 6  | Arandela de acero de 1-1/2, grosor de 0.002          | 33 | Espaciador Bellville del T/C                           |
| 7  | Servomotor SEM 8 sin freno                           | 34 | Palanca de la leva del T/C                             |
| 8  | Conjunto de acoplamiento                             | 35 | Conjunto de mejora de la leva de la torreta del torno  |
| 9  | Sello 0.625 CR6372                                   | 36 | Conjunto de la punta de transferencia del refrigerante |
| 10 | Contratuercas del cojinete BH-04                     | 37 | Junta tórica 2-039 Buna                                |
| 11 | Toirnillo sin fin del alojamiento                    | 38 | Torreta del T/C  |
| 12 | Abrazadera del tornillo sin fin del cojinete del T/C | 39 | Junta tórica 2-258 Buna                                |
| 13 | Junta tórica 2-150 V-1164-75                         | 40 | Acoplamiento macho de la torreta                       |
| 14 | R cojinete angular M 20-47-20.6                      | 41 | Acoplamiento hembra de la torreta                      |
| 15 | Eje del tornillo sin fin                             | 42 | Casquillo delantero de la torreta                      |
| 16 | Bola 5/16" de acero                                  | 43 | Retén de la torreta del T/C                            |
| 17 | Cambiador de herramienta mecanizado                  | 44 | Llave de la torreta del T/C                            |
| 18 | Junta tórica 2-130 Buna                              | 45 | Perno con hombrera 3/8" x 1-1/2"                       |
| 19 | Eje de transferencia del T/C                         | 46 | Junta tórica 2-240 Buna                                |
| 20 | Muelle de retención del T/C                          | 47 | Resorte de pastilla                                    |
| 21 | Soporte del interruptor limitador de fijación        | 48 | Muelle de retención del T/C                            |
| 22 | Soporte del interruptor de inicio                    | 49 | Bola 15/16" de acero                                   |
| 23 | Interruptor anular de inicio                         | 50 | Junta tórica 2-274 Buna                                |
| 24 | Eje de la torreta del T/C                            | 51 | Arandela de empuje TRD-4860                            |
| 25 | Transferencia, conjunto de la línea de refrigerante  | 52 | Acoplamiento de la fijación de la torreta              |
| 26 | Sello 2.375 CR23646                                  | 53 | Cojinete de empuje de agujas                           |
| 27 | Cojinete posterior del T/C                           | 54 | Clavija 1/2" x 1" de arrastre                          |

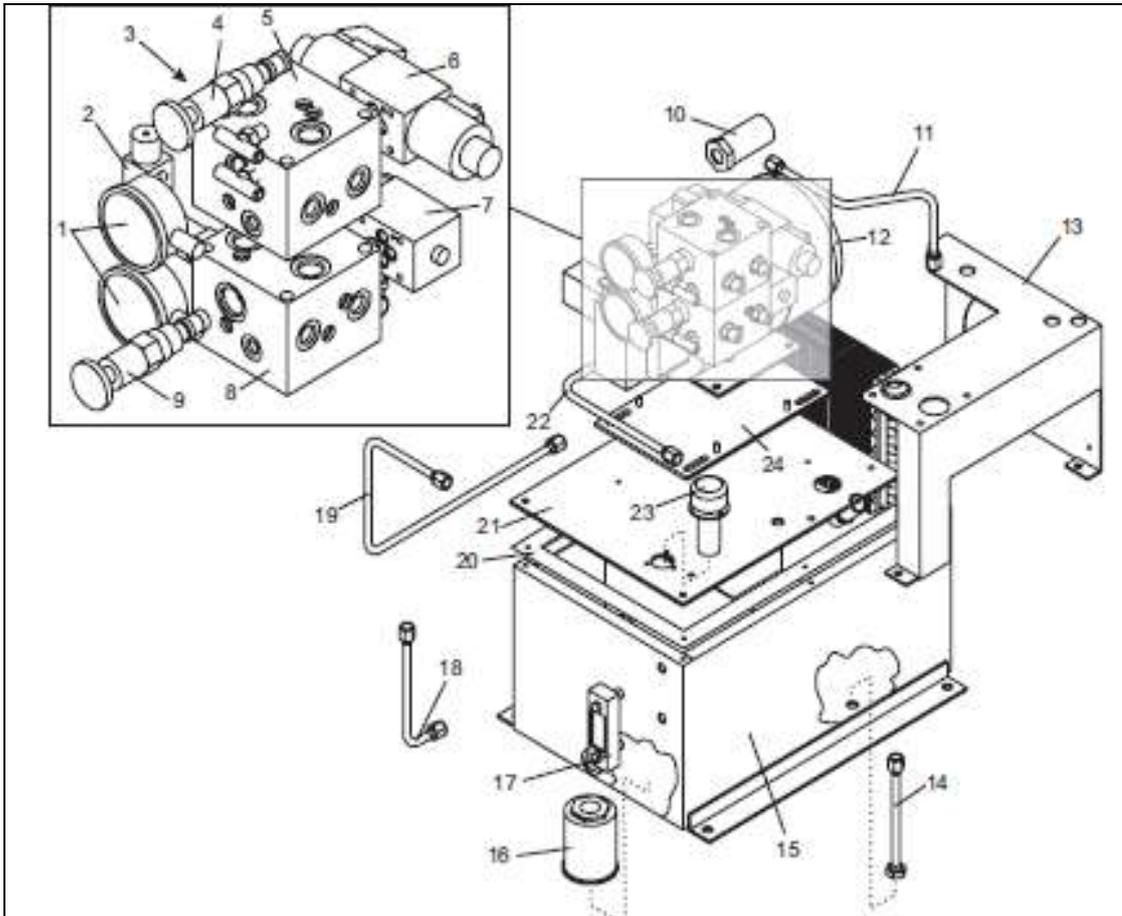
## CONJUNTO DEL HUSILLO DE BOLAS



## UNIDAD PRINCIPAL HIDRÁULICA REXTRON

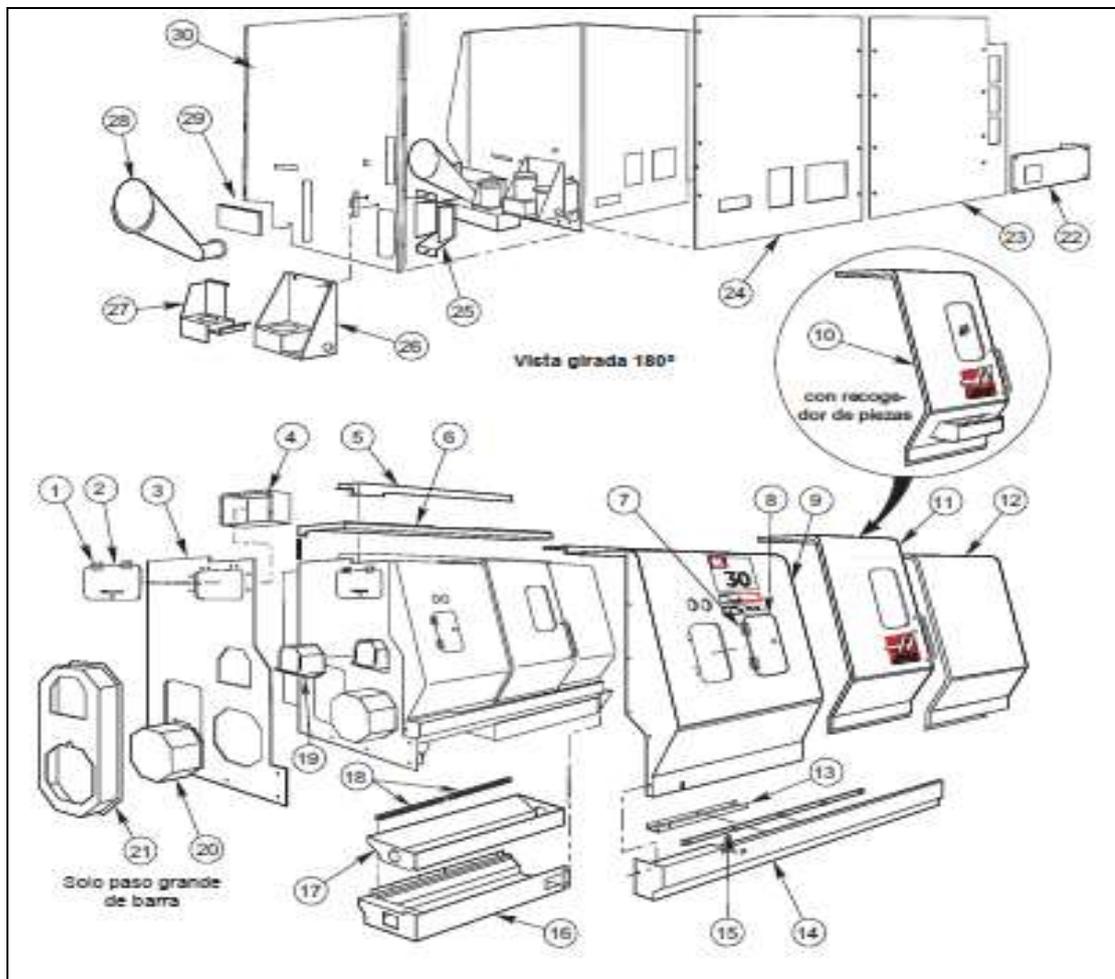


## UNIDAD HIDRÁULICA HAAS



| LISTA DE PARTES DE LA UNIDAD HIDRÁULICA HAAS |                                      |    |   |
|--|--------------------------------------|----|---|
| 1  | Manómetros                           | 13 | Soporte del bloque de válvulas            |
| 2  | Interruptor de presión               | 14 | Tubo hidráulico                           |
| 3  | Válvula hidráulica                   | 15 | Contenedor                                |
| 4  | Válvula de ajuste de presión         | 16 | Colador de succión                        |
| 5  | Bloque de válvulas (contrapunto)     | 17 | Medidor de nivel                          |
| 6  | Válvula hidráulica (contrapunto)     | 18 | Retorno del tubo hidráulico               |
| 7  | Válvula hidráulica (plato de garras) | 19 | Presión del tubo hidráulico               |
| 8  | Bloque de válvulas (plato de garras) | 20 | Junta de depósito                         |
| 9  | Válvula de ajuste de presión         | 21 | Placa de la cubierta del depósito         |
| 10   | Filtro de línea                      | 22 | Presión del tubo hidráulico               |
| 11   | Tubo hidráulico                      | 23 | Respiradero del filtro                    |
| 12   | Motor de bomba                       | 24 | Placa secundaria de la fijación del motor |

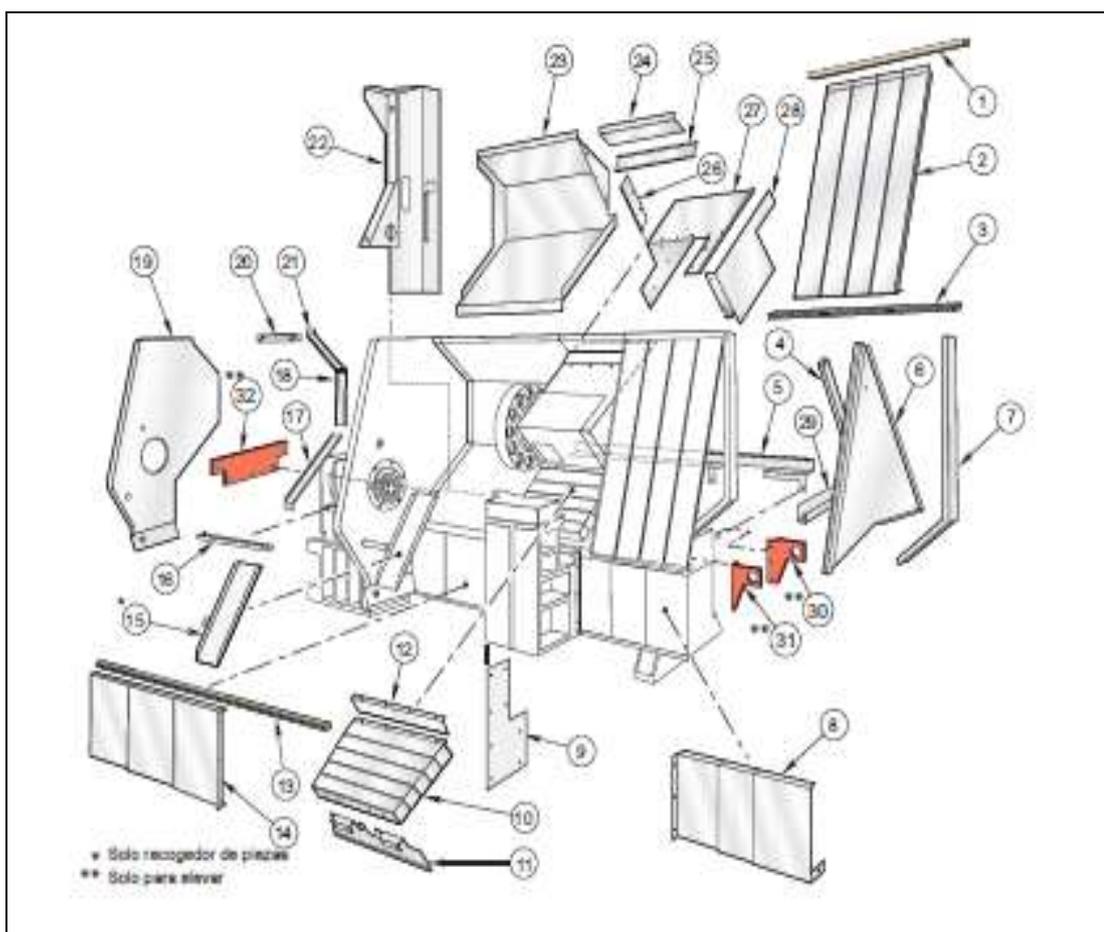
## CUBIERTA METÁLICA EXTERNA



### LISTA DE PARTES DE LA CUBIERTA EXTERNA

|    |  |    |   |
|----|--|----|---|
| 1  | Bisagras de puerta                           | 16 | Colector de viruta                                      |
| 2  | Puerta de la caja de herramientas            | 17 | Cubeta del extractor de viruta sin fin                  |
| 3  | Panel lateral izquierdo                      | 18 | Guía de la protección de guías del contrapunto inferior |
| 4  | Caja de herramientas                         | 19 | Colector del refrigerante                               |
| 5  | Montaje del rodillo de la puerta superior    | 20 | Cerramineto del motor                                   |
| 6  | Panel superior derecho                       | 21 | Cerramineto del motor(paso grande de barra)             |
| 7  | Bisagras de puerta                           | 22 | Panel psterior inferior izquierdo                       |
| 8  | Puerta de acceso                             | 23 | Panel trasero central                                   |
| 9  | Panel frontal izquierdo                      | 24 | Panel trasero derecho                                   |
| 10 | Conjunto de la puerta conrecogedor de piezas | 25 | Cubeta de aceite lubricante oscilnte                    |
| 11 | Conjunto de la puerta                        | 26 | Soporte de la bomba de alta presión                     |
| 12 | Panel delantero derecho                      | 27 | Fijación de la bomba del refrigerante                   |
| 13 | Bandeja de goteo de la puerta                | 28 | Canaleta de descarga del extractor sin fin              |
| 14 | Carril delantero                             | 29 | Rellenado del colector de virutas                       |
| 15 | Recorrido en V de la puerta                  | 30 | Panel lateral derecho                                   |

## CUBIERTA METÁLICA INTERNA



**LISTA DE PARTES DE LA CUBIERTA METÁLICA INTERNA**

|    |  |    |   |
|----|--|----|---|
| 1  | Guía de la protección de guías superior del eje Z                | 17 | Conjunto de la escobilla inferior del eje Z             |
| 2  | Protección de guía del eje Z                                     | 18 | Conjunto de la escobilla intermedia del eje Z           |
| 3  | Guía de la protección de guías inferior del eje Z                | 19 | Mamparo fijo  |
| 4  | Soporte del mamparo móvil  | 20 | Conjunto de la escobilla de la puerta                   |
| 5  | Cubierta del canal de cables                                     | 21 | Conjunto e la escobilla superior del eje Z              |
| 6  | Manparo móvil  | 22 | Soporte del techo derecho                               |
| 7  | Soporte del extremo derecho                                      | 23 | Cubierta deslizante trasera                             |
| 8  | Protección de guía del contrapunto derecha                       | 24 | Panel del túnel del cambiador de herramientas           |
| 9  | Cubierta del contrapunto   | 25 | Conjunto de la escobilla superior del eje X             |
| 10 | Protección de guías del cambiador de herramientas                | 26 | Conjunto de la escobilla lateral del eje X              |
| 11 | Protección de guías de la cuña frontal                           | 27 | Tapa deslizante del cambiador de herramientas del eje X |
| 12 | Fijación de la protección de guías del cambiador de herraminetas | 28 | Escudo de salpicaduras del cambiador de herramientas    |
| 13 | Guía de la protección de guías superior del contrapunto          | 29 | Canal de goteo del eje X                                |
| 14 | Protección de guías del contrapunto izquierdo                    | 30 | Soporte de elevación posterior derecho                  |
| 15 | Bandeja del recogedor de piezas                                  | 31 | Soporte de elevación anterior derecho                   |
| 16 | Bandeja del goteo del eje Z                                      | 32 | Soporte de elevación del extremo izquierdo              |

## PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TORNO ST-30

| Intervalo   | Mantenimiento realizado  |
|---|--|
| Diario  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compruebe el nivel del refrigerante. Revisar el nivel del depósito de lubricante de las vías.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie las virutas presentes en las protecciones de guías y el contenedor inferior.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie las virutas de la torreta, alojamiento, unión giratoria y tubo de extensión. Asegúrese de que la placa que cubre el tubo de tracción sea instalada en la unión giratoria o en plato de garras de salida.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compruebe el nivel de aceite de la unidad hidráulica (sólo en DTE-25). Capacidad: 8 galones (10 galones para SL-30B y superior).</li> </ul>   |
| Semanal:  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise el funcionamiento adecuado de la trampa de agua del tubo para escape automático del aire.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise el manómetro o regulador del aire a 85 psi.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie las superficies exteriores con un producto limpiador suave. No use disolventes.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie el contenedor de recogida de virutas pequeñas en el depósito del refrigerante.</li> </ul>  |
| Mensual:  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise el funcionamiento adecuado de las cubiertas de las guías y lubríquelas con un aceite ligero si es necesario.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retire la bomba del depósito del refrigerante. Limpie los sedimentos de interior del depósito. Vuelva a instalar la bomba.</li> </ul>   |
| <p><b>¡PRECAUCIÓN! Apague la bomba de refrigeración desde el controlador y Apague el control antes de trabajar en el depósito del refrigerante.</b></p> |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vacíe el recipiente de drenaje de aceite. Revise el nivel de aceite de la Caja de Engranajes (si es aplicable). Si el aceite no fuera visible en la superficie inferior del indicador de mirilla, retire el panel extremo y añada DTE-25 a través del agujero de llenado superior hasta que sea visible en el indicador de la mirilla.</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compruebe la acumulación de polvo en las ventilaciones del regulador tipo vector del armario eléctrico (debajo del interruptor de alimentación). Si hubiera acumulación de polvo, abra el armario y limpie las ventilaciones con un paño limpio. Aplique aire comprimido cuando sea necesario para retirar la acumulación de polvo.</li> </ul>    |
| Cada seis meses   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambie el líquido refrigerante y limpie completamente el depósito del refrigerante.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustituya el filtro de aceite de la unidad hidráulica.</li> </ul>   |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revise que no haya grietas en todas las mangueras y en las tuberías de lubricación.</li> </ul>  |
| Anualmente  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustituya el aceite de la caja de engranajes.</li> </ul>  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpie el filtro de aceite situado en el interior del depósito de aceite del panel del aire de lubricación y los residuos presentes en la parte inferior del filtro.</li> </ul>   |

**¡PRECAUCIÓN! No utilice una manguera de lavado de canal en el torno Haas, para que no sea causa de daño en el husillo.**



El flujo de Refrigerante Pobre puede ser causado por un filtro sucio. Para limpiar el filtro, apague la bomba del refrigerante, suba la tapa del depósito de refrigeración y retire el filtro. Limpie y reinstale el filtro.

#### LUBRICACIÓN

| Sistema                          | Lubricante       | Cantidad    |
|----------------------------------|------------------|-------------|
| Guía de lubricación y neumáticas | Mobile Vactra #2 | 2-2.5 qts   |
| Transmisión                      | Mobil SHC 625    | 2.25 litros |
| Torreta                          | DTE-25           | 2 pintas    |

#### MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Dentro de las pantallas Current Commands (comandos actuales), existe una página de mantenimiento periódico, con el título "Maintenance" (mantenimiento). Acceda a la pantalla pulsando CURNT COMDS (comandos actuales) y desplácese por la página utilizando Page Up o Page Down (página siguiente, página anterior).

Se puede seleccionar un elemento de la lista pulsando las teclas de flecha arriba y abajo. Una vez seleccionado, el artículo puede activarse o desactivarse al presionar la tecla Origin (Origen). Si un elemento está activo, se mostrarán las horas restantes; en el caso de un elemento desactivado, se mostrará "—" en su lugar.

Se puede ajustar el tiempo de un elemento de mantenimiento utilizando la flecha derecha e izquierda. Se puede reinstalar el tiempo fijado de fábrica al presionar la tecla Origin (origen).

Los artículos se rastrean ya sea por medio del tiempo acumulado cuando la máquina se encuentra encendida (ON-TIME) o por el tiempo transcurrido en Inicio de Ciclo (CS-TIME). Cuando el tiempo llegue a cero se mostrará el mensaje "Maintenance Due" (mantenimiento pendiente) en la parte inferior de la pantalla (un número negativo de horas indicará el tiempo sobrepasado en horas).

El mensaje mencionado anteriormente no es una alarma y no interfiere con la operación de la máquina. Una vez que se haya ejecutado el mantenimiento necesario, el operador podrá seleccionar ese elemento en la pantalla "Scheduled Maintenance" (mantenimiento planificado), pulse la tecla Origin (origen) para desactivarlo y, a continuación, pulse una vez más la tecla Origin (origen) para activarlo con el número de horas restantes predeterminado.

Consulte los ajustes 167-186 para disponer de los valores predeterminados de mantenimiento adicionales. Tenga en cuenta que los ajustes 181-186 se usan como alertas de mantenimiento libres para teclear un número. El número de mantenimiento se mostrará en la página Current Commands (comandos actuales) una vez se agregue un valor (tiempo) en el ajuste.

#### **MANTENIMIENTO DEL PLATO DE GARRAS**

Asegúrese de que todas las piezas móviles están engrasadas minuciosamente

Compruebe el desgaste excesivo en las abrazaderas

Compruebe el desgaste excesivo de las tuercas T.

Compruebe que no hay daño en los pernos de retención frontal.

Los platos de garras deben romperse de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Desmonte e inspeccione el plato de garras una vez al año.

Consulte el manual del plato de garras para los procedimientos de desmontaje.

Compruebe si hay un desgaste excesivo.

Compruebe el gripado o el ruido.

Limpie las guías de la contaminación de virutas o de refrigerante

Lubrique el plato de garras antes de volver a montarlo.

**¡PRECAUCIÓN!** La falta de grasa reduce significativamente la fuerza de fijación y puede provocar vibración, fijación indebida, o lanzamiento de piezas.

#### **Garras del plato**

Cada abrazadera de las garras del plato dos carreras de grasa cada 1000 ciclos de sujeción/liberación, o al menos una vez a la semana. Utilice la pistola engrasadora provista para la lubricación del plato de garras. El tipo de lubricación será Grasa de Disulfato de Molibdeno (de 20% a 25% de contenido de molibdeno).

## SISTEMA DE LUBRICACIÓN MÍNIMO

El sistema de lubricación mínimo consta de dos subsistemas para optimizar la cantidad de lubricación que se aplica a los componentes de la máquina. El sistema sólo suministra lubricación cuando se requiere; esto reduce la cantidad de aceite de lubricación requerida para una máquina, así como la posibilidad de que un exceso de aceite contamine el refrigerante.

- (1) Un sistema de lubricación para lubricar las guías lineales y husillo de bolas
- (2) Un sistema de aire/aceite para lubricar los cojinetes del husillo.

El sistema de lubricación mínimo se ubica junto al armario de control. Se usa una puerta con bloqueo para proteger el sistema.

### Operación

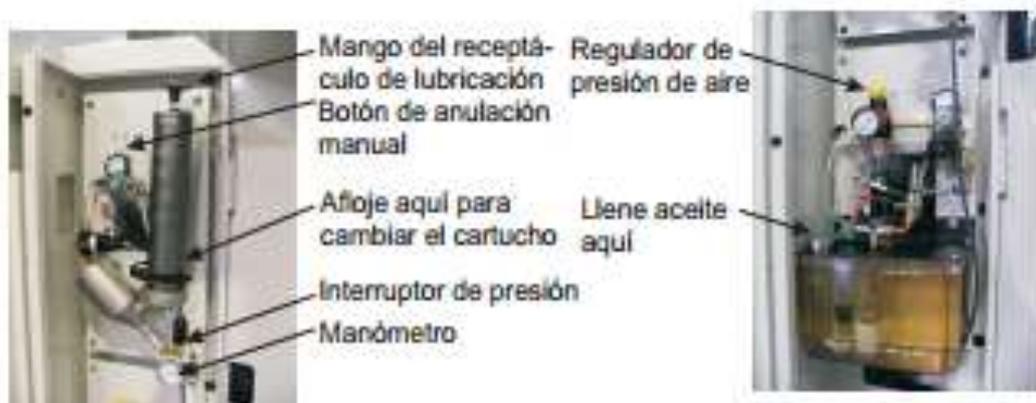
**Sistema de lubricación** - La lubricación mínima para las guías lineales y husillos de bolas es un sistema de lubricación.

El sistema de lubricación inyecta lubricación basada en la distancia del recorrido del eje en lugar de en el tiempo. La grasa de lubricación se inyecta una vez que cualquiera de los ejes ha recorrido la distancia definida en el parámetro 811. Esta grasa de lubricación se distribuye equitativamente a cada uno de los puntos de lubricación para todos los ejes.

Cada cartucho de grasa de lubricación contiene grasa suficiente para 400 inyecciones. La mayoría de los clientes utilizarán entre 1 y 3 cartuchos de grasa de lubricación cada año.

**Sistema de aire/aceite** - El sistema de lubricación mínimo para el husillo es una mezcla de aire/aceite. El sistema del aire/aceite inyecta lubricación basada en el número de revoluciones reales del husillo. También se utiliza un ciclo de inyección de aire/aceite para la operación del husillo a baja velocidad para asegurar una cantidad adecuada de lubricación al husillo.

Un depósito individual debería durar al menos 1 año de operación continua del husillo.



## **Mantenimiento**

**Sistema de grasa de lubricación:** verifique que el cartucho de grasa de lubricación esté vacío tirando hacia arriba sobre el mango del compresor de grasa de lubricación. La distancia que puede levantarse el mango indica claramente la cantidad de grasa que queda en el cartucho. Si no se puede levantar el mango con facilidad, el cartucho de grasa de lubricación está vacío y debe ser reemplazado. Importante: Pulse el mango hacia abajo después de comprobar la cantidad de grasa de lubricación. Apriete la pestaña de bloqueo en la parte superior del receptáculo de grasa de lubricación y empuje el mango hacia abajo todo el recorrido posible.

Si el mango se levanta fácilmente, pero se ha mostrado la alarma 803 o 804, debería llevarse a cabo una inspección del sistema de lubricación para determinar si se ha producido una fuga.

### **Sustitución del cartucho de grasa de lubricación:**

1. Tire del mango del receptáculo de grasa de lubricación hasta el recorrido máximo y bloquéelo con la pestaña. Esto evitará que la grasa se vierta accidentalmente al retirarse la presión de la grasa de lubricación presente en el receptáculo.
  2. Desatornille el receptáculo.
  3. Para retirar el cartucho vacío, sujete el mango del cartucho de grasa de lubricación y apriete la pestaña de bloqueo para permitir que el pistón lo empuje fuera del receptáculo. Deseche el cartucho vacío adecuadamente.
  4. Tire una vez más del mango todo el recorrido para comprimir por completo el resorte del pistón.
  5. Retire los tapones de los dos extremos de un cartucho de grasa de lubricación Mobil XHP 221 e introdúzcalo en el receptáculo (la apertura más pequeña en primer lugar).
  6. Atornille con fuerza el receptáculo a la pistola de grasa.
  7. Sujete firmemente el mango del receptáculo y apriete la pestaña de bloqueo para permitir que el pistón aplique presión a la grasa de lubricación. Presione el mango hasta que esté completamente replegado manteniendo sujeto el mango a la vez.
  8. Apriete el botón de anulación manual sobre la válvula de aire operada por solenoide y manténgalo apretado 20 segundos. Libere el botón durante 60 segundos. Repita 2 veces más para cebar el sistema de lubricación.
- Alarmas 803 y 804 del sistema de lubricación. Si se produce una alarma, lleve a cabo los pasos necesarios para solucionar el problema en un período de tiempo razonable. La máquina sufrirá daños si se ignora una alarma durante un período de tiempo prolongado.

### **Llenado del depósito de aceite:**

1. Limpie la parte superior del depósito.
2. Abra el tapón de llenado y vierta aceite DTE-25 en el depósito hasta que el nivel alcance la línea máxima.

**Alarmas del sistema de aceite:** La alarma del sistema de aceite es la alarma 805. Si se produce una alarma, lleve a cabo los pasos necesarios para solucionar el problema en un período de tiempo razonable. La máquina sufrirá daños si se ignora una alarma durante un período de tiempo prolongado.

**Sistema de aire/aceite:** Validación del sistema de lubricación: Con el husillo girando a baja velocidad, apriete el botón de anulación manual sobre la válvula de aire operada por solenoide y manténgalo apretado 5 segundos; libérela a continuación. El aceite se observará en cantidades muy pequeñas en el acoplamiento entre la línea de cobre de la mezcla de aire hasta la manguera de aire. Pueden requerirse varios segundos antes de que se observen restos de aceite.

### **REFRIGERANTE Y DEPÓSITO DE REFRIGERANTE**

El refrigerante de la máquina debe ser agua soluble, con base en aceite sintético o refrigerante/lubricante con base sintética. **El uso de aceites de corte mineral dañará los componentes de goma de la máquina y anulará la garantía.**

Se requiere refrigerante protector de óxido. No utilice agua pura como refrigerante; los componentes de la máquina se oxidarán.

No utilice líquidos inflamables como refrigerante.

El uso de Aceites Minerales para cortar dañarán los componentes en toda la máquina.

Vea la sección de seguridad y el etiquetado concerniente a líquidos y materiales explosivos e inflamables.

El depósito del refrigerante deberá limpiarse de forma cuidadosa y especialmente para fresadoras equipadas con refrigerante de alta presión.

### **Descripción general del refrigerante**

Cuando funciona la máquina, el agua se evaporará por lo que cambiará la concentración del refrigerante. El refrigerante también se transporta con las piezas.

Una mezcla de refrigerante adecuada estará entre el 6% y el 7%. Para rellenar el refrigerante sólo se podrá utilizar más refrigerante o agua desionizada. Asegúrese de que la concentración está dentro del rango. Se podrá utilizar un refractómetro para comprobar la concentración.

El refrigerante se podrá reemplazar a intervalos regulares. Se podrá establecer una planificación y mantenerla. Esto evitará una acumulación del aceite de la máquina. También asegurará que se establecerá el refrigerante con la adecuada concentración y lubricidad.

---

**¡ADVERTENCIA!** Cuando esté mecanizando piezas fundidas o coladas, arena del proceso de fundición y las propiedades abrasivas del aluminio fundido e hierro fundido acortarán la vida de la bomba del refrigerante a menos que se use un filtro especial además del filtro estándar. Póngase en contacto con Haas Automation para disponer de más recomendaciones.

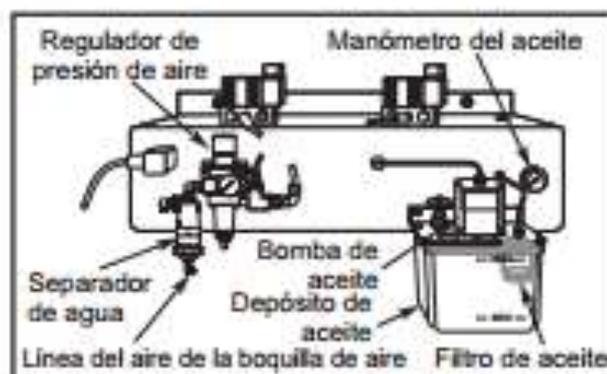
---

El mecanizado de cerámicas y objetos parecidos anula todas las reclamaciones de la garantía por desgaste y se realizará bajo la absoluta responsabilidad y riesgo del cliente. Es absolutamente necesario que se amplie la planificación de mantenimiento cuando se trabaja con virutas metálicas abrasivas. El refrigerante tiene que cambiarse más a menudo, y limpiarse el depósito completamente de sedimentos en el fondo del mismo.

La disminución de la vida útil de la bomba, la reducción de la presión del refrigerante y el aumento en el mantenimiento son normales y se esperan en ambientes abrasivos, y todo esto no lo cubre la garantía de la máquina.

#### SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Toda la lubricación de la máquina se suministra por el sistema de lubricación externo. El depósito está localizado en la parte inferior trasera de la máquina (vea la figura). El nivel vigente de aceite es visible en el depósito. Si se necesita agregar más aceite, quite el tapón de la entrada de llenado y agregue aceite al nivel apropiado.



*Sistema de lubricación externo*

---

**¡ADVERTENCIA!** No añada aceite por encima de la línea marcada como "high" (alta) en el depósito. No permita que el nivel baje de la línea marcada como "low" (baja) en el depósito ya que se podría dañar la máquina.

### Filtro de aceite

El elemento del filtro del aceite de la guía de lubricación es un filtro de metal poroso de 25 micras (94-3059). Se recomienda sustituir el filtro anualmente o después de cada 2000 horas de funcionamiento de la máquina. El elemento del filtro se situará en el cuerpo del filtro, que está situado en el depósito de la bomba del aceite (filtros internos).

Para cambiar el elemento del filtro siga los siguientes pasos:

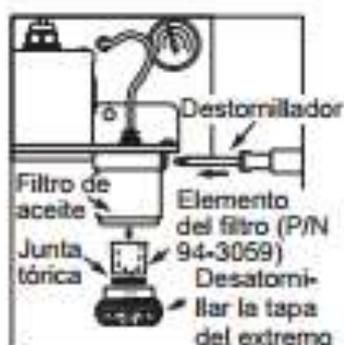
1. Retire los tornillos que mantienen el depósito de aceite al cuerpo de la bomba, baje cuidadosamente el depósito y póngalo aparte.
2. Use una llave de abrazadera, una llave de tubo o unas tenazas ajustables para desatornillar la tapa final (vea la figura).

**¡PRECAUCIÓN!** Utilice un destornillador o una herramienta similar para evitar el giro del filtro mientras se retira la tapa del extremo.

3. Retire el elemento del filtro del aceite del cuerpo del filtro una vez se haya retirado el tapón terminal y limpie el interior del alojamiento del filtro y el tapón terminal si fuera necesario.

4. Coloque el nuevo elemento del filtro del aceite (P/N 94-3059), un anillo y la tapa final. Utilice las mismas herramientas que se utilizaron para retirar la tapa final del filtro, para tensarlo - No apriete en exceso.

5. Sustituya el depósito de aceite; asegúrese de que la junta se acomoda adecuadamente entre el depósito y en el manguito superior.



### ACEITE DE TRANSMISIÓN

#### Comprobación de aceite

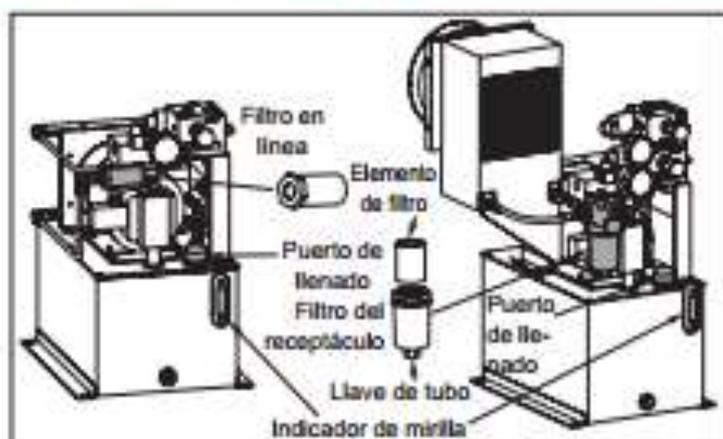
Compruebe el nivel de aceite en el indicador óptico a través de la abertura en el lado de la máquina como se muestra en la ilustración. Llénelo cuando se necesite a través del puerto de llenado en la parte superior de la caja de engranajes.

### Cambio del aceite

1. Retire la cubierta metálica necesaria para acceder a la transmisión, y extraiga los catorce (14) SHCS del recipiente de aceite y retírelo. Inspeccione el tapón de vaciado para detectar la presencia de partículas de metal.
2. Limpie el recipiente de aceite y vuelva a instalarlo con una nueva junta. Soplo hacia abajo con una manguera de aire en las inmediaciones de la placa de acceso para evitar que se introduzca suciedad y partículas de metal en la caja de engranajes. Retire la placa de acceso.
3. Llene la caja de engranajes con 2¼ litros de aceite para engranajes Mobil SHC-625. Compruebe el indicador de nivel. El nivel debería de estar a 3/4 de su capacidad total. Llene según se necesite.
4. Coloque la placa de acceso con una junta nueva, y realice un calentamiento del husillo y compruebe si hay fugas.



### UNIDAD DE ALIMENTACIÓN HIDRÁULICA (HPU)



### Comprobar el nivel de aceite

Compruebe que el nivel de aceite está por encima de la línea de llenado en el indicador de mirilla de la HPU. Si no fuera así, use el puerto de llenado para suministrar aceite DTE-25 a la unidad. Llene la unidad hasta que se observe el aceite en la parte superior del indicador de mirilla.

### Sustitución del filtro de aceite

**En línea:** Desenrosque el filtro en ambos extremos, retírelo de la unidad y sustitúyalo con un nuevo filtro en línea. Desheche el filtro antiguo.

**Receptáculo:** Desenrosque el receptáculo usando la llave para tubos en la parte inferior, retire el elemento de filtro y sustitúyalo por uno nuevo. Apriete el receptáculo con una llave de tubo. Desheche el elemento de filtro antiguo.

NOTA: Si se conectara un alimentador de barras o un cargador automático de piezas al torno, retírelo nuevamente para acceder a la unidad de alimentación hidráulica.

| SL-30B / SL-40 Filtros y elementos de repuesto |                                      |  |
|--|--------------------------------------|--|
| Fabricante del filtro                          | Número de pieza del filtro de aceite | Número de pieza del elemento de repuesto |
| Pall   | 58-1064                              | 58-1065                                  |
| Hydac  | 58-1064                              | 58-8034                                  |
| Flow Ezy                                       | 58-1064                              | 58-1067                                  |

### EXTRACTOR DE VIRUTAS SIN FIN

Durante el uso normal, la mayoría de las virutas se desechan de la máquina mediante el tubo de descarga. Sin embargo, algunas de las virutas más pequeñas se moverán por el drenaje y se acumularán en el colador del depósito de refrigerante. Para prevenir que se bloquee el drenaje, limpie el colador regularmente. Si el drenaje llega a bloquearse y provoca que el refrigerante se acumule en el contenedor, apague primero la máquina, mueva las virutas que se acumularon en el colador del drenaje y permita que el refrigerante salga. Limpie el colador del depósito para poder continuar operando la máquina.

### Residuos de mecanizado

El extremo de la barra de residuos deberá recoger de la misma forma que las piezas al utilizar el alimentador de barras. Retire los restos con la mano o utilizando un recogedor de piezas, prográmelo para recoger los restos. Los tubos de descarga o los recipientes del extractor de virutas sin fin que tengan residuos dentro y no serán cubiertos bajo la garantía.

### SUSTITUCIÓN DEL ELEMENTO DEL FILTRO AUXILIAR

Cambie la bolsa del filtro cuando el medidor del filtro muestre un nivel de -5 pulg. Hg o más. Evite que la succión exceda de -10 pulg. Hg o se podrían producir daños en la bomba. Sustitúyala con una bolsa de filtro de 25 micras (Haas P/N 93-9130).

Atoje las mangueras fijas y libres, y después retírelas. Utilice la manija para retirar la canasta (el elemento del filtro se retirará con la canasta). Retire el elemento del filtro de la canasta y tírela. Limpie la canasta. Coloque un nuevo elemento de filtro y sustituya la canasta (con el elemento). Cierre la pestaña y asegúrela apretando fijaciones.

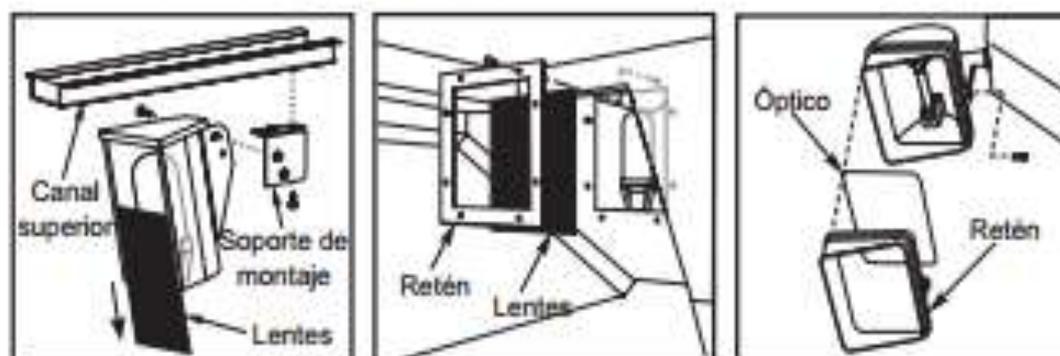
### MANTENIMIENTO DEL HPC DE 1000 PSI

Antes de llevar a cabo cualquier mantenimiento en el sistema de 1000 psi, desconecte la fuente de alimentación; desenchúfela de la fuente de alimentación.

Revise el nivel del aceite diariamente. Si el aceite estuviera bajo, añádale a través del tapón de llenado en el depósito. Llene el depósito aproximadamente un 25% del límite de llenado con aceite sintético 5-30W.

### LUZ DE TRABAJO

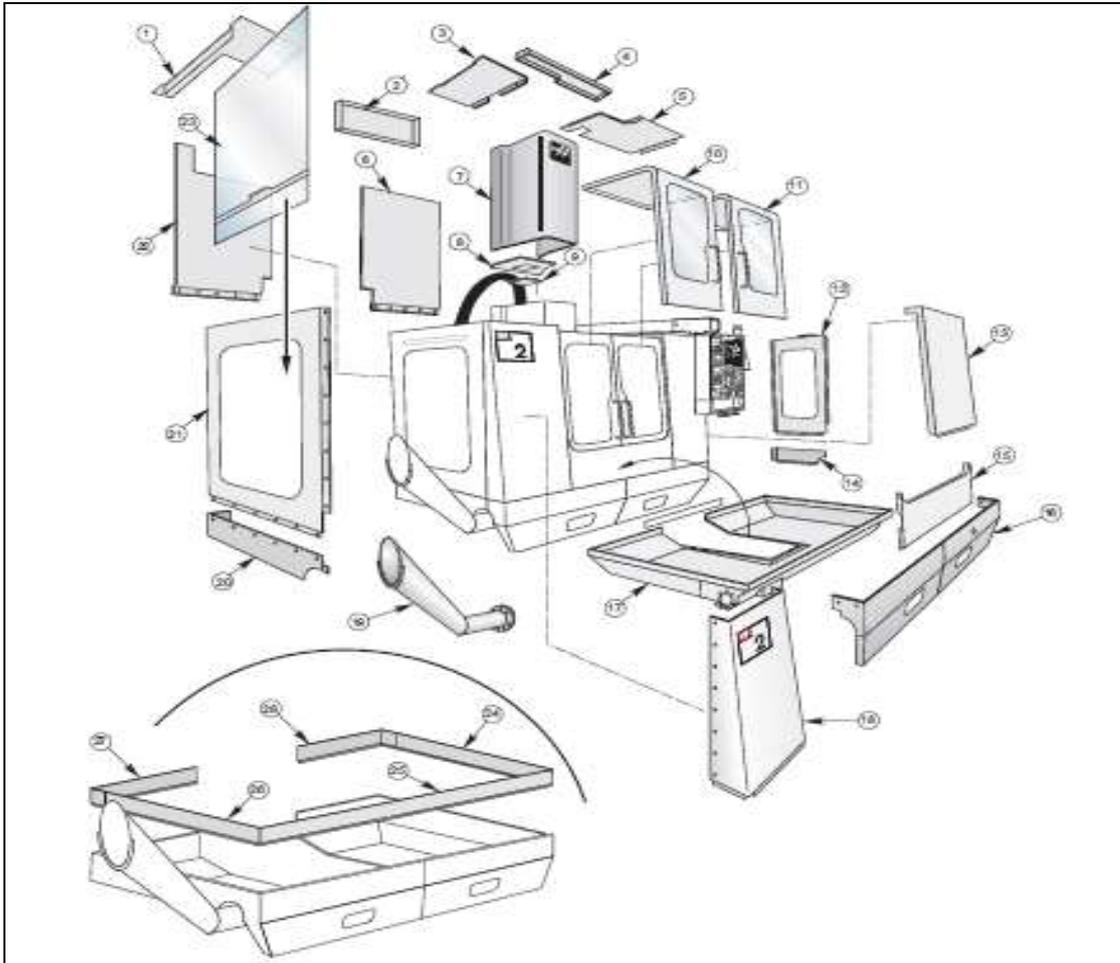
Antes de hacer cualquier trabajo en el torno, apague la alimentación de la máquina en el interruptor principal.



NOTA: La alimentación de la luz de trabajo procede del circuito del GFI. Si la luz de trabajo no se encendiera, compruébela primero y que se puede reiniciar en el lateral del panel de control.

## CENTRO DE MECANIZADO VF3-YT

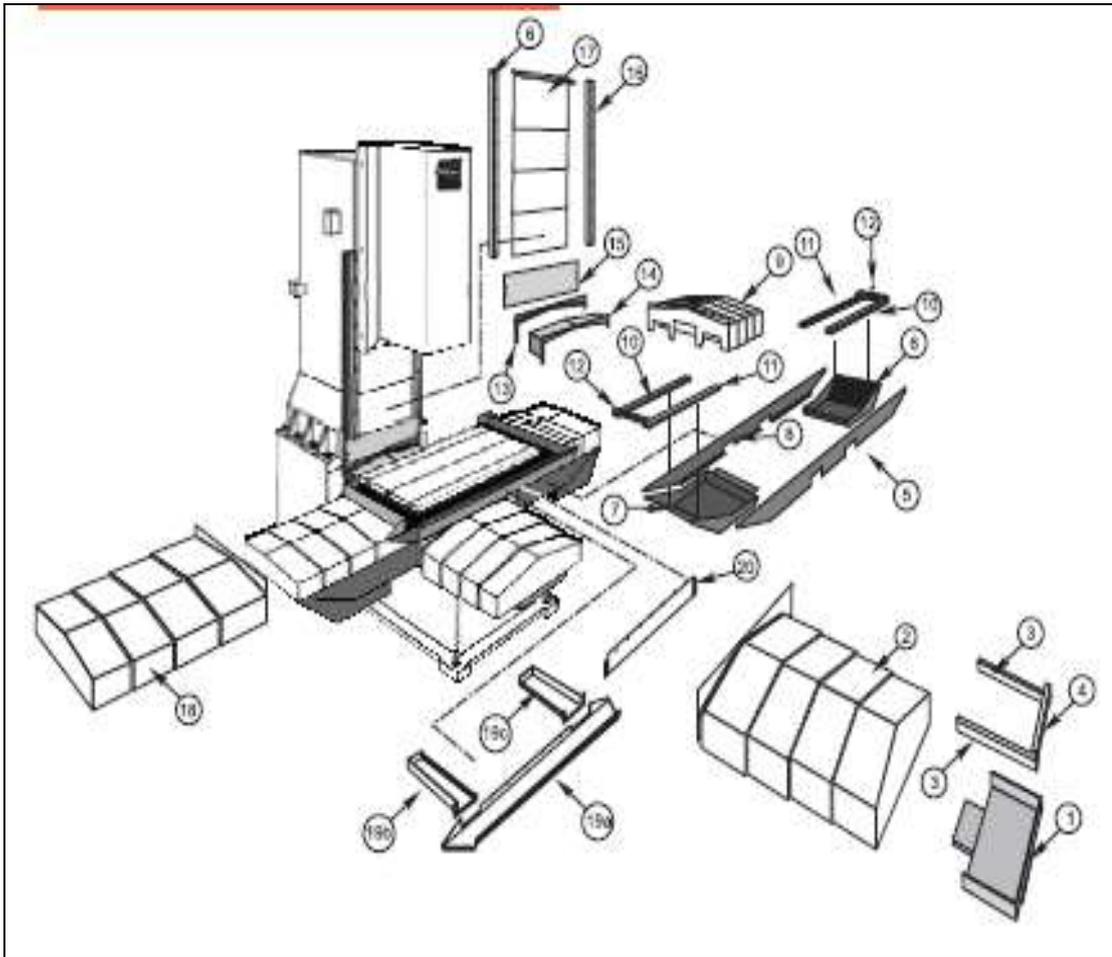
### CUBIERTA METÁLICA EXTERIOR



**LISTA DE PARTES DE LA CUBIERTA METÁLICA EXTERIOR**

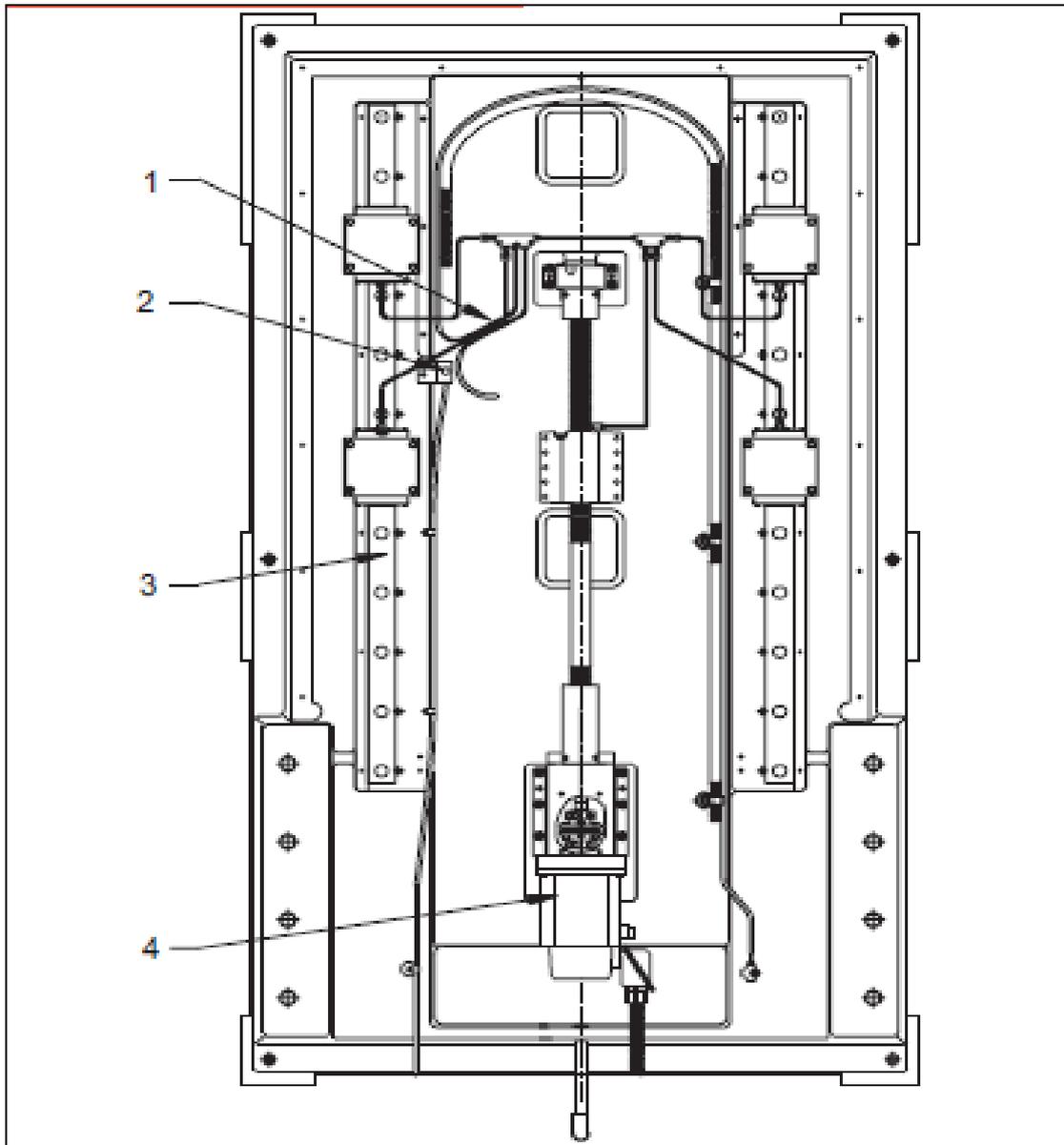
|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Placa superior izquierda                       | 15 | Panel derecho frontal                  |
| 2  | Espaciador del panel trasero                   | 16 | Guardapies izquierdo                   |
| 3  | Panel superior izquierdo                       | 17 | Recipiente, cerramieto de las virutas  |
| 4  | Abrazadera de la puert superior                | 18 | Panel izquierdo frontal                |
| 5  | Placa superior derecha                         | 19 | Conducto de las virutas                |
| 6  | Panel derecho posterior                        | 20 | Extensión del guardapies izquierdo     |
| 7  | Cubierta del cabezal del husillo               | 21 | Panel lateral izquierdo                |
| 8  | Cubierta del cabezal del husillo, inferior     | 22 | Panel izquierdo posterior              |
| 9  | Protección antivirutas del cabezal del husillo | 23 | Ventana lateral (manija sin incluir 9) |
| 10 | Conjunto de la puerta izquierda                | 24 | Separador lado derecho                 |
| 11 | Conjunto de la puerta derecha                  | 25 | Separador central                      |
| 12 | Panel lateral derecho                          | 26 | Separador lado izquierdo               |
| 13 | Panel derecho frontal                          | 27 | Separador trasero izquierdo            |
| 14 | Extensión del guardapies derecho               | 28 | Separador trasero derecho              |

## PARTES SUSTITUIBLES INTERIORES



| LISTA DE PARTES SUSTITUIBLES INTERIORES |                                     |    |  |
|---|-------------------------------------|----|--|
| 1                                       | Canalón del eje Y                   | 11 | Carriles de la guía del eje X              |
| 2                                       | Protección de guía del eje Y        | 12 | Soporte de las protecciones de guía        |
| 3                                       | Carriles de guía del eje Y          | 13 | Escobilla del eje Y                        |
| 4                                       | Soporte de las protecciones de guía | 14 | Protección de guía del eje y               |
| 5                                       | Cubierta del sillín derecha         | 15 | Soporte de la protección de guía del eje Z |
| 6                                       | Canalón del eje X                   | 16 | Protección de virutas del eje Z            |
| 7                                       | Canalón del eje X                   | 17 | Protección de virutas del eje Z            |
| 8                                       | Cubierta sillín izquierda           | 18 | Protección de guía del eje X               |
| 9                                       | Protección de guías del eje X       | 19 | Canalón de la mesa                         |
| 10                                      | Carriles de la guía del eje X       | 20 | Protección antivirutas del eje X           |

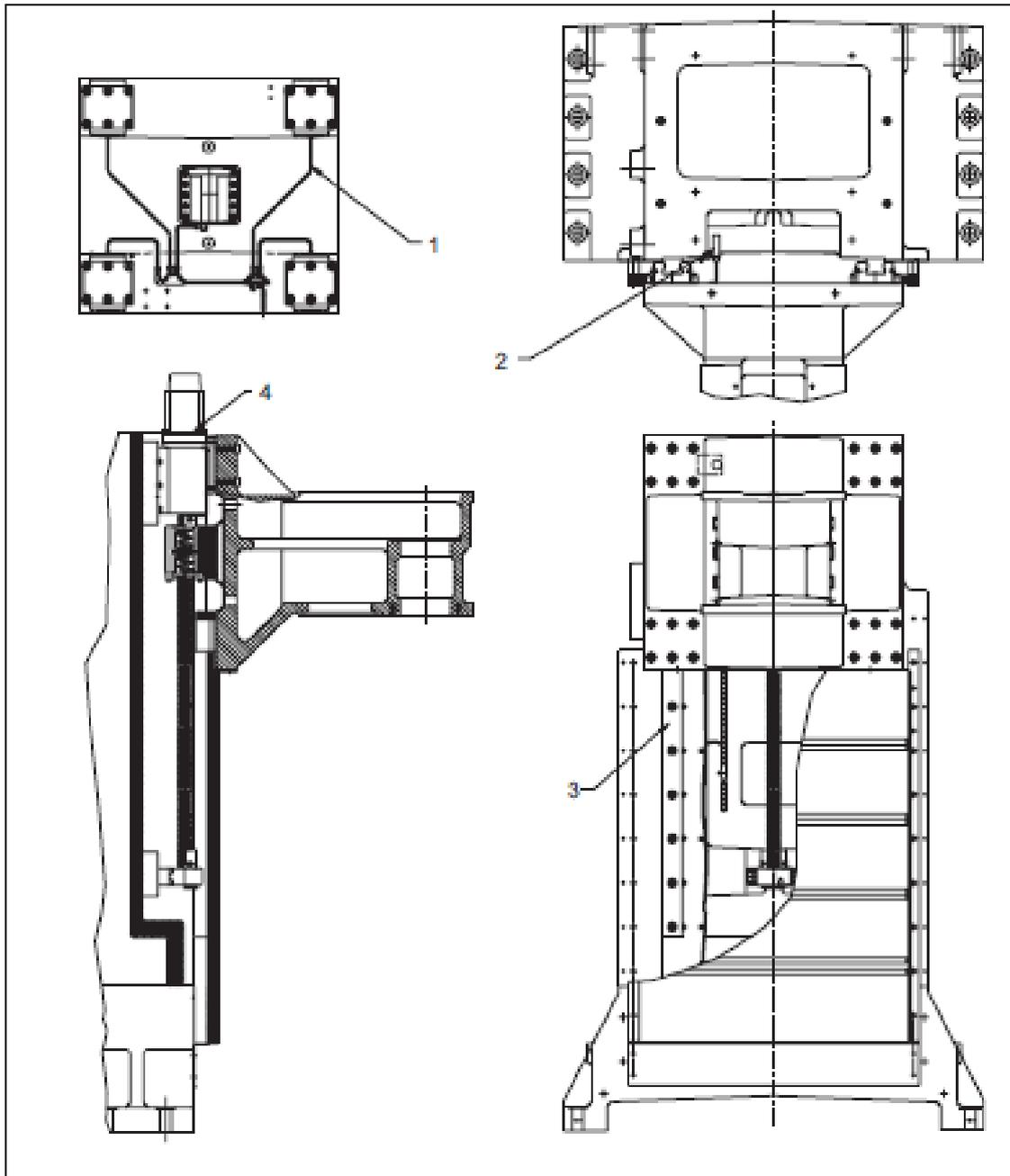
## BASE DEL VF



### LISTA DE PARTES DE LA BASE

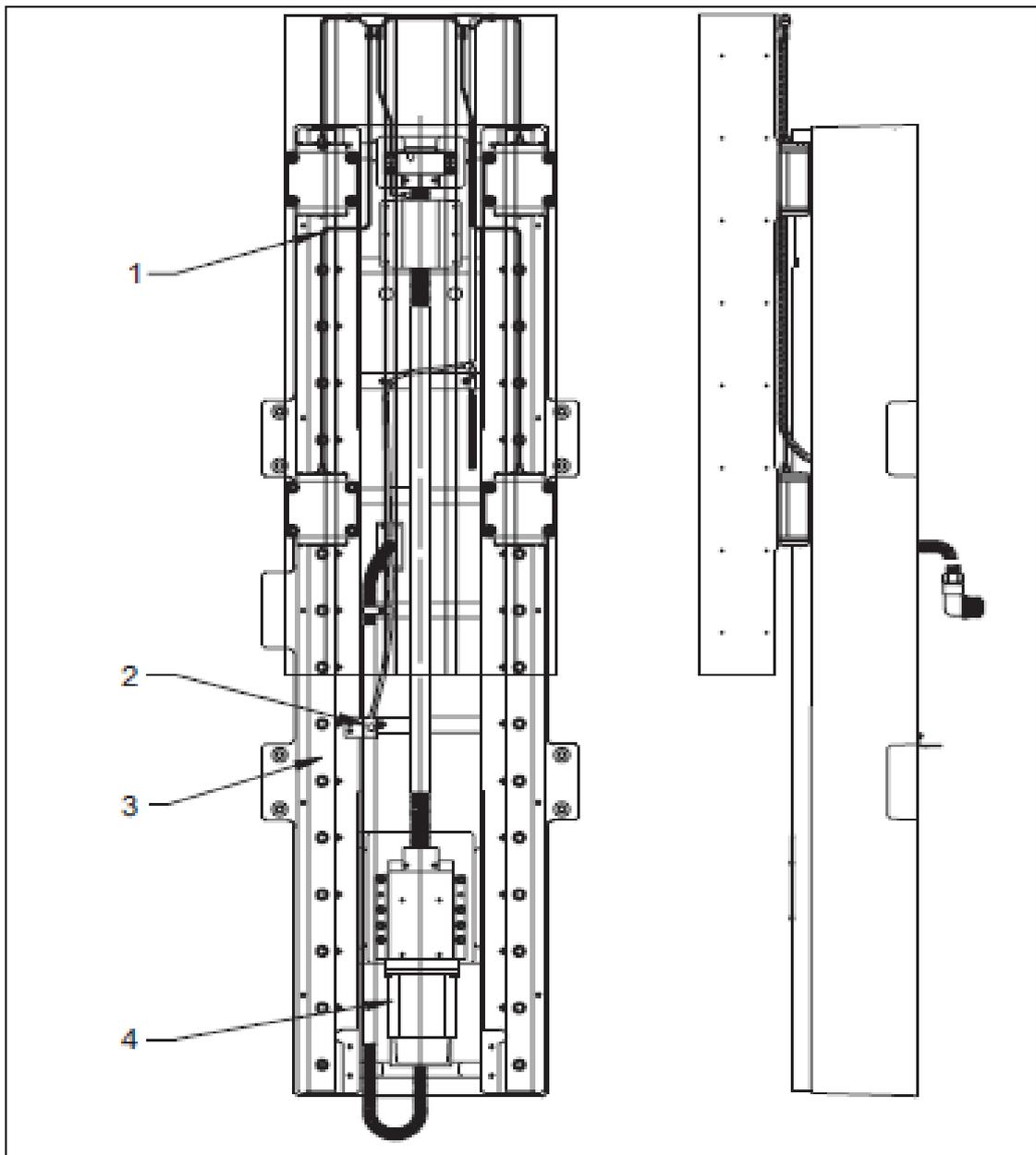
|   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1 | Conjunto de la línea de aceite |
| 2 | Conjunto del interruptor       |
| 3 | Guía lineal                    |
| 4 | Conjunto del motor             |

## COLUMNA DEL VF



| <b>LISTA DE PARTES DE LA COLUMNA</b> |                                |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| 1                                    | Conjunto de la línea de aceite |
| 2                                    | Conjunto del interruptor       |
| 3                                    | Guía lineal                    |
| 4                                    | Motor                          |

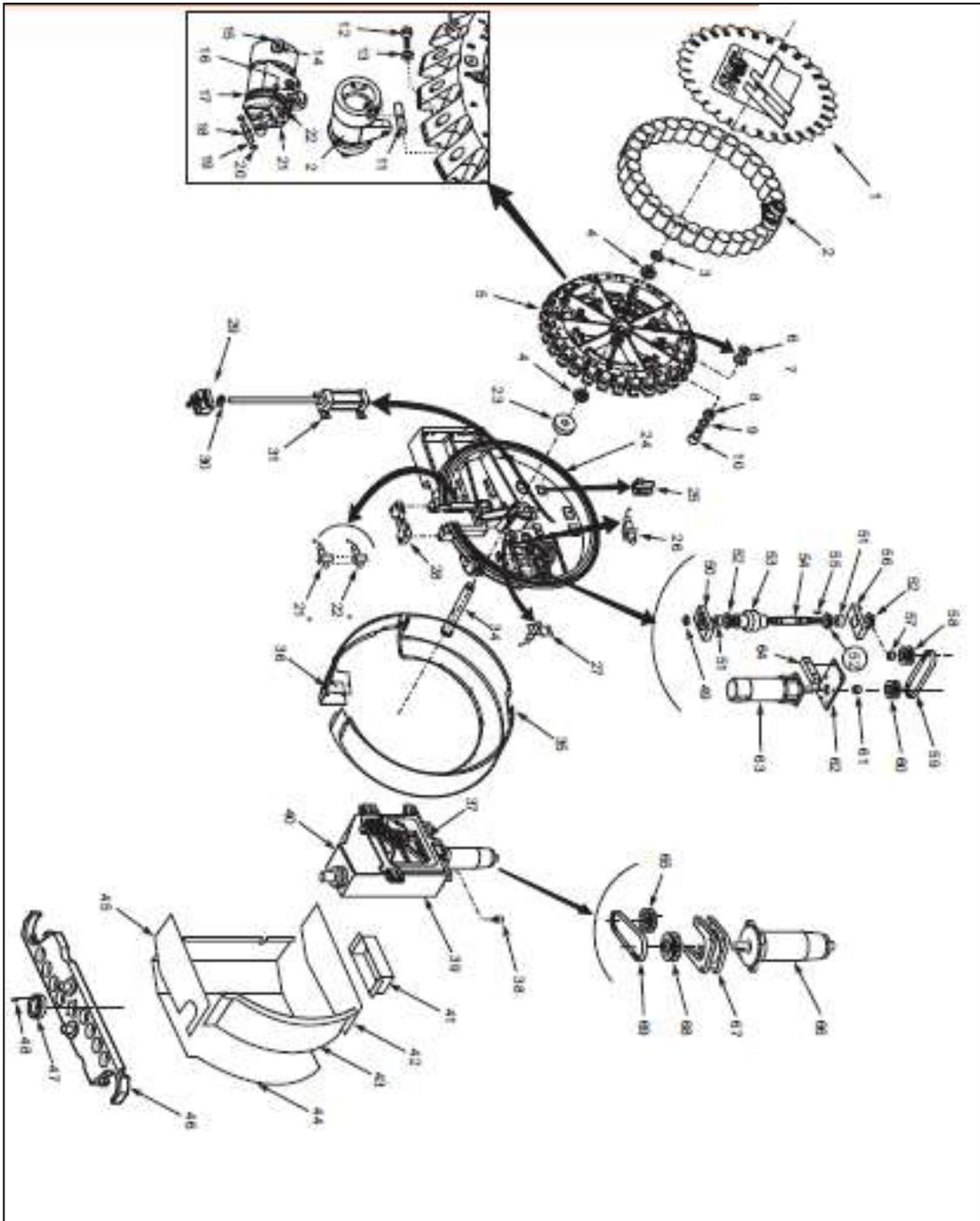
## SILLÍN DEL VF



### LISTA DE PARTES DEL SILLÍN

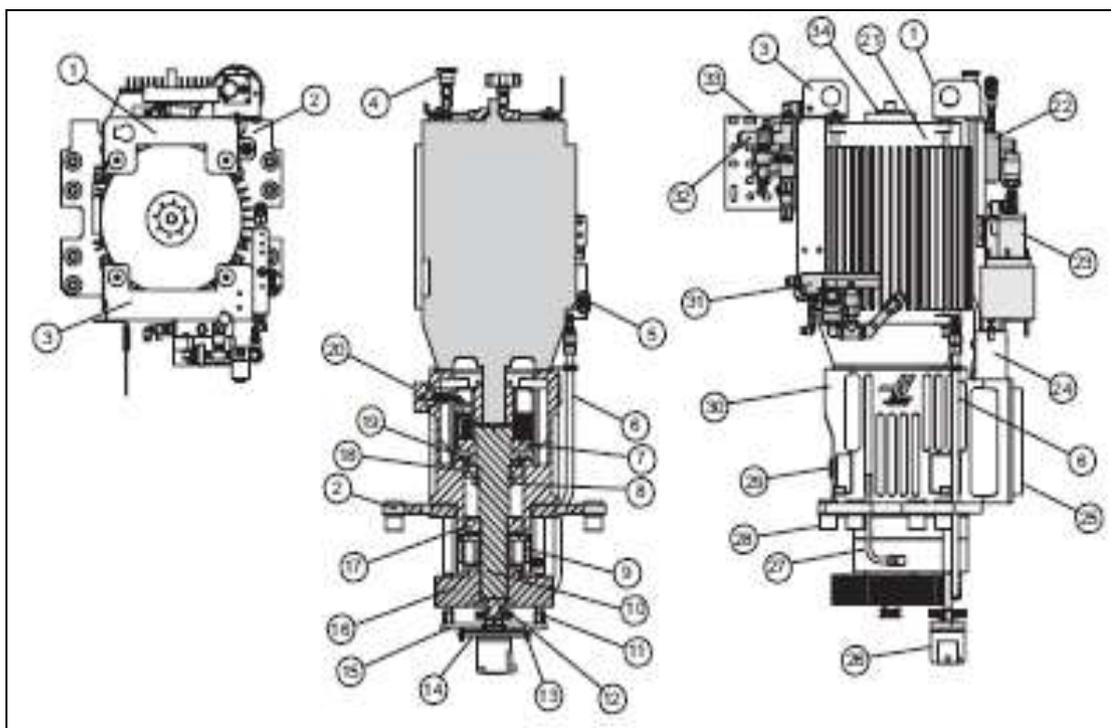
|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 | Conjunto de la línea del aceite |
| 2 | Conjunto del interruptor        |
| 3 | Guía lineal                     |
| 4 | Motor                           |

# CONJUNTO DEL CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS



| LISTA DE PARTES DEL CAMBIADOR DE HERRAMIENTAS |  |    |  |
|---|--|----|--|
| 1   | Cubierta del carrusel                      | 36 | Bastidor de la esquina                   |
| 2   | Alojamiento de la herramienta 50T          | 37 | Cubierta de la caja de levas             |
| 3   | Contratuerca del cojinete                  | 38 | Silenciador                              |
| 4   | Cojinete                                   | 39 | Carcaza de la caja de levas              |
| 5   | Carrusel 50T                               | 40 | Conjunto de la caja de levas             |
| 6   | Cobratuerca                                | 41 | Cubierta del motor                       |
| 7   | Arandela plana                             | 42 | Placa superior                           |
| 8   | Casquillo cónico                           | 43 | Cubierta delantera                       |
| 9   | Arandela                                   | 44 | Cubierta derecha                         |
| 10  | Seguidor de la leva                        | 45 | Cubierta inferior                        |
| 11  | Eje del rodillo del alojamiento            | 46 | Conjunto del brazo doble                 |
| 12  | Pinza de retención                         | 47 | culo del brazo                           |
| 13  | SHCS                                       | 48 | (8x) SHCS 1/4" - 20 - 1                  |
| 14  | Arandela                                   | 49 | Contratuerca del cojinete                |
| 15  | Tornillo                                   | 50 | Soporte inferior de la leva del carusel  |
| 16  | Chaveta del brazo                          | 51 | Cojinete                                 |
| 17  | Émbolo del alojamiento                     | 52 | Contratuerca del cojinete                |
| 18  | Muelle                                     | 53 | Leva del carrusel                        |
| 19  | Rodillos del alojamiento de la herramineta | 54 | Eje del carrusel                         |
| 20  | Eje del alojamiento e la herramienta       | 55 | Espárrago de la chaveta                  |
| 21  | Seguidor de la leva                        | 56 | Soporte superior de la leva del carrusel |
| 22  | Tuerca                                     | 57 | Casquillo                                |
| 23  | Arandela de ajuste de presión              | 58 | Polea                                    |
| 24  | Alojamiento del ATC                        | 59 | Correa                                   |
| 25  | Alojamiento del solenode                   | 60 | Polea                                    |
| 26  | Interruptor de proximidad                  | 61 | Casquillo                                |
| 27  | Interruptor de proximidad                  | 62 | Placa de fijación del motor              |
| 28  | Corredera del alojamiento                  | 63 | Conjunto del motor                       |
| 29  | Tope del alojamiento                       | 64 | Bloque de la fijación del motor          |
| 30  | Contratuerca 3/4" - 16                     | 65 | Polea                                    |
| 31  | Cilindro del aire                          | 66 | Conjunto del motor                       |
| 32  | Interruptor de proximidad                  | 67 | Bse de fijación del motor                |
| 33  | Interruptor de proximidad                  | 68 | Polea                                    |
| 34  | Eje del T/C                                | 69 | Correa                                   |
| 35  | Bastidor                                   |    |  |

## CONJUNTO DE LA CAJA DE ENGRANAJES



| LISTA DE PARTES DE LA CAJA DE ENGRANAJES |   |    |                                       |
|--|---|----|---------------------------------------|
| 1  | Soporte de la bomba de aceite                 | 18 | Cojinete                              |
| 2  | Placa de transmisión                          | 19 | Anillo del cojinete                   |
| 3  | Soporte del solenoide                         | 20 | Colector del aceite                   |
| 4  | Copa de llenado del aceite                    | 21 | Motor del husillo                     |
| 5  | Válvula de comprobación del TSC               | 22 | Válvula de cambio                     |
| 6  | Tubo de recogida del aceite                   | 23 | Soporte de la bomba de aceite         |
| 7  | Engranaje de salida                           | 24 | Cambiador de cilindros                |
| 8  | Contratuercas del cojinete                    | 25 | Placa de la cubierta del alojamiento  |
| 9  | Recipiente de aceite                          | 26 | Codificador Rtap                      |
| 10                                       | Eje de salida                                 | 27 | Varrilla del nivel de aceite          |
| 11                                       | Anclaje del codificador                       | 28 | Tapón de separación de la transmisión |
| 12                                       | Polea del husillo                             | 29 | Indicador óptico del nivel de aceite  |
| 13                                       | Arandela del resorte del codificador          | 30 | Caja de engranajes del alojamiento    |
| 14                                       | Placa del resorte del codificador             | 31 | Conjunto de la válvula de regulación  |
| 15                                       | Placa de fijación del resorte del codificador | 32 | Conjunto del solenoide del TRP TSC    |
| 16                                       | Polea del husillo                             | 33 | Soporte del conector del husillo      |
| 17                                       | Cojinete de ranura profunda                   | 34 | Tope del soporte del eje X            |

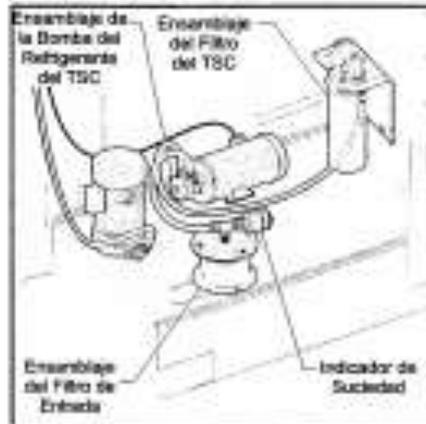
## PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CENTRO VF3-YT

A continuación se muestra una lista del mantenimiento regular necesario para los Centros de Máquinado Vertical Haas Series-VF. En el listado está la frecuencia del servicio, las cantidades y tipos de fluidos necesarios. Estas especificaciones indicadas deben cumplirse para así mantener la máquina en buenas condiciones y proteger su garantía.

| INTERVALO         | MANTENIMIENTO EJECUTADO  |
|-------------------|--|
| <b>DIARIO</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar el nivel del líquido refrigerante cada 8 horas. (especialmente durante el uso pesado del (TSC) Refrigerante a través del Husillo).</li> <li>✓ Revisar el nivel del tanque del lubricante de las vías.</li> <li>✓ Limpiar las virutas en las cubiertas de las vías y en el recipiente inferior.</li> <li>✓ Limpiar las virutas en el cambiador de herramientas.</li> <li>✓ Limpiar la cavidad del husillo con un trapo limpio y aplicar aceite ligeramente.</li> </ul>   |
| <b>SEMANAL</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar los filtros del Refrigerante por el Husillo (TSC). Si es necesario, limpie o cambie el elemento.</li> <li>✓ Revisar el funcionamiento adecuado de la trampa de agua del tubo para escape automático del aire.</li> <li>✓ En las máquinas con la opción de Refrigerante por el Husillo (TSC), limpie la cesta para virutas en el tanque del refrigerante. Quite la cubierta del tanque y quite el sedimento dentro del tanque. <b>APAGUE</b> el control antes de trabajar en el tanque del refrigerante y tenga cuidado al desconectar la bomba del refrigerante y el control. <b>Hacer esto MENSUALMENTE en las máquinas sin la opción de Refrigerante por el Husillo (TSC).</b></li> <li>✓ Revisar el manómetro o regulador del aire a 85 psi. Para máquinas con Husillo 15K, verifique que la presión del aire en el regulador se encuentre en 20 psi.</li> <li>✓ En las máquinas con la opción de Refrigerante por el Husillo (TSC), ponga una ligera capa de grasa en el reborde en V de las herramientas. <b>Hacer esto MENSUALMENTE en las máquinas sin la opción de Refrigerante por el Husillo (TSC).</b></li> <li>✓ Limpiar las superficies exteriores con un producto limpiador moderado. <b>NO USAR</b> solventes.</li> <li>✓ Revisar la presión hidráulica del contrapeso de acuerdo a las especificaciones de la máquina.</li> </ul> |
| <b>MENSUAL</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Revisar el nivel de aceite en la caja de engranajes. <b>Para Husillos de Afilamiento # 40 (También llamados CT40 o BT40):</b> Quite la tapa de inspección debajo de la cabeza del husillo. Agregue aceite lentamente hasta que el aceite empiece a gotear por el tubo de rebosamiento en el fondo del tanque colector de aceite. Vea la sección 1.4.<br/><b>Para Husillos de Afilamiento #50 (También llamados CT50 o BT50):</b> Revisar el nivel de aceite por la ventanita de vidrio. Agregarle aceite por el lado de la caja de engranajes si es necesario. Vea la sección 1.5.</li> <li>✓ Revisar el funcionamiento adecuado de las cubiertas de las vías y lubricarlas con un aceite ligero, si es necesario.</li> <li>✓ Poner una ligera capa de grasa en el borde exterior de los rieles de la guía del cambiador de herramientas; después ejecute un ensayo cambiando todas las herramientas.</li> </ul>  |
| <b>SEMESTRAL</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambiar el líquido refrigerante y limpiar completamente el tanque del refrigerante.</li> <li>✓ Revisar que no haya grietas en todas las mangueras y en la tubería de ubicación.</li> </ul>  |
| <b>ANUALMENTE</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambiar el aceite de la caja de engranajes. Vaciar el aceite por la parte inferior de la caja de engranajes. Quitar la cubierta de inspección debajo del cabezal del husillo; agregue el aceite lentamente por la parte de arriba hasta que el aceite empiece a gotear por el tubo de rebosamiento en el fondo del tanque colector.</li> <li>✓ <b>Para Husillos de Afilamiento #50 (También llamados CT50 o BT50):</b> Agregarle aceite por la caja de engranajes si es necesario.</li> <li>✓ Revisar el filtro del aceite y limpiar los residuos en el fondo del filtro.</li> <li>✓ <b>Cambie el filtro de aire en la caja de control cada dos (2) años.</b></li> </ul>  |

## MANTENIMIENTO DEL TSC

- Revise el indicador de suciedad en un filtro de 100 micras o micrones con el sistema TSC corriendo y sin ninguna herramienta en el husillo. Cambie el elemento cuando el indicador alcance la zona roja del indicador.
- En máquinas más nuevas, limpie la entrada del filtro de la bomba cuando el indicador esté en la zona roja. Restablezca el indicador a su lugar apretando el botón. Todos los filtros de entrada pueden ser limpiados con un cepillo de alambre.
- Después de cambiar o limpiar los filtros, corra el sistema TSC sin ninguna herramienta en el husillo por lo menos un minuto para lubricar el sistema.



Ensamblaje de la bomba del refrigerante del TSC.

Limpieza el filtro de entrada.

## IMPORTANTE!



Para limpiar el filtro:

- Apague la bomba del refrigerante.
- Quite el filtro.
- Limpie y reinstale el filtro.

**1.2 TABLA DE LUBRICACIÓN**

| SISTEMA:<br>REFRIG. | LUBRICADOR DE VIAS Y PNEUMATICOS  | TRANSMISIÓN                                   | TANQUE DEL                              |
|---------------------|---|---|---|
| LUBRICACIÓN         | Debajo de la caja de control en la parte Máquina posterior de la máquina  | Arriba del Cabezal del Husillo                | A un lado de la                         |
| DESCRIPCIÓN         | Bomba de pistón con un ciclo de 30- minutos. La bomba solo se enciende si el husillo está girando o si los ejes se están moviendo |   |   |
| LUBRICACIÓN         | Gulas lineales, tuercas esféricas y husillo   | Solo la Transmisión                           |   |
| CANTIDAD            | 2-2.5 Qts. dependiendo del tipo de bomba  | Afilamiento#40 2-QT<br>Afilamiento#50 3.5 OZ. | 40 Galones<br>80 Galones<br>(VF 6-10)   |
| LUBRICANTE          | Mobil Vactra #2   | Mobil DTE 25                                  | Base del Refrigerante debe de ser agua* |

\* Los Aceites Minerales para cortar dañarán los componentes de hule en toda la máquina.

**¡ADVERTENCIA!**

La bomba T&C es una bomba de engranajes de precisión y se desgastará más rápido y perderá presión si partículas abrasivas (material que se usa para esmerilar o lijar) están presentes en el refrigerante.

El uso de Refrigerantes con humedad extremadamente baja puede dañar la junta del T&C y la bomba misma.

Cuando está maquinando piezas fundidas o coladas, arena del proceso de fundición y las propiedades abrasivas del aluminio fundido e hierro fundido acortarán la vida de la bomba a menos que se use un filtro especial además del filtro de sección de 100 tejidos (mesh). Contacte Haas Automation para más recomendaciones.

Maquinado de cerámicas y cosas parecidas anula todos los reclamos de garantía por desgaste y se debe hacer bajo la absoluta responsabilidad y riesgo del cliente. Es absolutamente querido que la cantidad de los horarios de mantenimiento aumente cuando se trabaje con virutas metálicas abrasivas. El refrigerante tiene que ser cambiado más a menudo, y el tanque completamente limpiado de todo sedimento en el fondo del mismo. Se recomienda un tanque de refrigerante más grande.

Vida acortada de la bomba, reducción de presión y aumento en el mantenimiento son normales y se esperan en ambientes abrasivos y todo esto no lo cubre la garantía en la máquina.



### 1.7 MANTENIMIENTO PERIODICO

En el control de la máquina, se ha sumado una pagina relacionada con el mantenimiento periodico de la misma y esta se encuentra en la pantalla de Current Commands o Comandos Corrientes bajo el titulo de SCHEDULE MAINTENANCE u Horario de Mantenimiento. Esta pagina tiene acceso al presionar PAGE UP o PAGE DOWN lo cual le permite al operador activar o desactivar una serie de puntos a checar (vease la lista a continuacion).

Algun articulo en la lista puede ser seleccionado al presionar las teclas con la flecha hacia arriba o abajo. Una vez seleccionado, el articulo puede ser activado o desactivado al presionar la tecla ORIGIN. Si el articulo se encuentra activo, las horas restantes se mostrarán a la derecha del mismo. Si el articulo es desactivado, el simbolo "--", se mostrara en su lugar. Los articulos son rastreados ya sea por medio del tiempo acumulado cuando la máquina se encuentra encendida (ON-TIME) o por el tiempo transcurrido en Inicio de Ciclo (CS-TIME). Cuando el poder se encuentra encendido y durante cada hora que transcurre, el tiempo restante de cada uno de los articulos correrá de una manera regresiva. Cuando este llega a cero (o ha pasado a un numero negativo), se mostrará en la parte inferior de la pantalla el mensaje MAINTENANCE DUE. Un numero negativo de horas significa que el numero de horas ha expirado. Se puede ajustar el tiempo para el articulo que necesita el mantenimiento al utilizar las teclas con flecha de izquierda y derecha. Se puede restar o sumar una hora por cada vez que se presione la tecla hasta un máximo de 10,000 horas y un mínimo de 1 hora. Se puede reinstalar el tiempo fijado de fabrica al presionar la tecla ORIGIN.

El mensaje mencionado anteriormente no es una alarma y no interfiere de ninguna manera con la operacion de la máquina. El intento del mensaje es el advertir al operador que alguno de los articulos en la lista requiere atención. Una vez que se halla ejecutado el mantenimiento necesario, el operador puede seleccionar, en la pagina de SCHEDULE MAINTENANCE, el articulo el cual ha recibido el mantenimiento. Una vez seleccionado, presione la tecla ORIGIN para desactivarlo, entonces presione una vez mas la tecla ORIGIN para activarlo y asi comenzara el conteo regresivo para ese articulo con el numero de horas restantes que ha sido fijado de fabrica (este valor es determinado por el software y no puede ser alterado por el operador. Los articulos disponibles para el chequeo son:

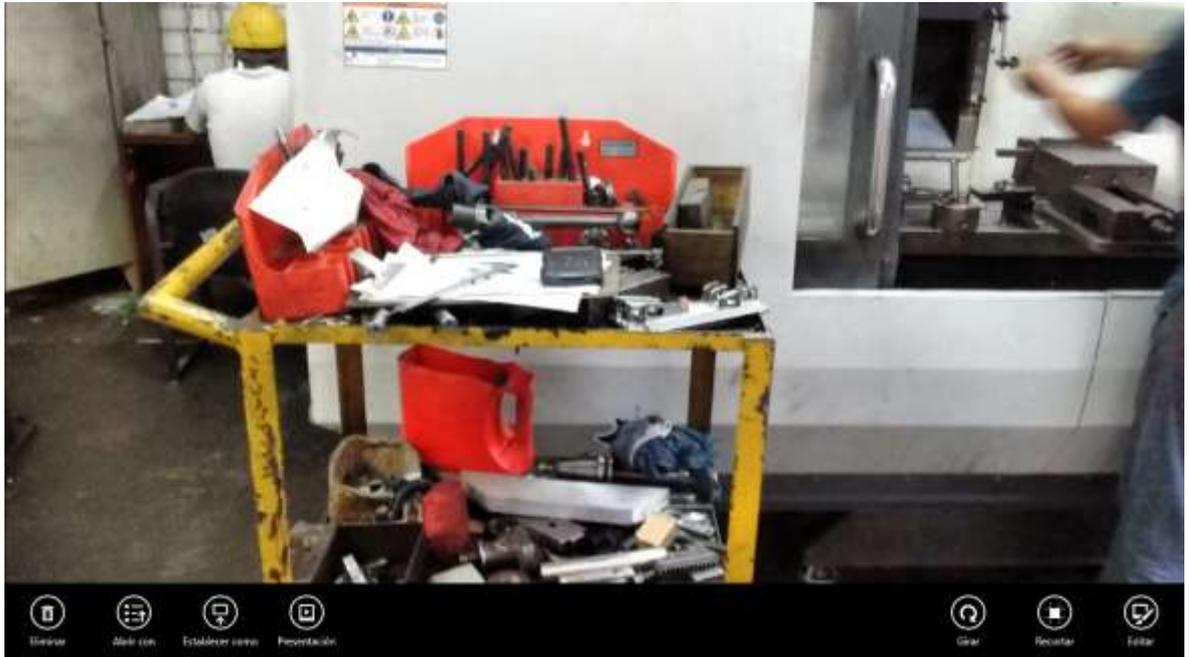
|  |      |                                      |
|--|------|--------------------------------------|
| REFRIGERANTE-Necesita ser reemplazado                              | 100  | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| FILTRO DE AIRE en el gabinete de control-reemplazar                | 250  | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| FILTRO DE ACEITE- Reemplazar                                       | 250  | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| ACEITE CAJA DE ENGRANES- reemplazar                                | 1800 | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| TANQUE DE REFRIGERANTE- nivel, goteos<br>aceite en el refrigerante | 10   | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| SISTEMA LUBRICACION EN LAS VIAS- verificar nivel                   | 50   | CS-TIME. Tiempo de inicio de ciclo   |
| FILTRO DE ALIMENT. DE AIRE- chequee por agua                       | 10   | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |
| SELLOS/LIMPIADORES rotos, perdidos, goteando                       | 50   | CS-TIME. Tiempo de inicio de ciclo   |
| ACEITE HYDRAULICO- verificar el nivel                              | 250  | ON-TIME. Tiempo de máquina encendida |

### 1.8 VENTANAS/GUARDIAS

las ventanas de policarbonato y los guardias se debilitan cuando se encuentran expuestos a liquidos para cortar y quimicos que contengan aminos. Es posible el perder hasta el 10% de la fortaleza de la ventana anualmente. Se debe reemplazar la ventana en un intervalo de no mas de 6 años si se sospecha que existe degradacion de la ventana.

**Las ventanas y los guardias deben reemplazarse si se encuentran severamente dañadas o rasguñadas- Reemplace las ventanas dañadas inmediatamente.**

## Anexo 14 Implementación de las 5 S



Anexo 15 Programa de mantenimiento preventivo

|  |                | PROGRAMA MANTENIMIENTO ANUAL DE MÁQUINAS CNC |                          |     |     |     |     |     |     |    |     |     | 2017 |     |               |            |
|---|----------------|--|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|---------------|------------|
| ITEM  | CODIGO ALMACEN | EQUIPO                                       | MANTENIMIENTO PREVENTIVO |     |     |     |     |     |     |    |     |     |      |     | OBSERVACION   |            |
|   |                |  | En                       | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ag | Set | Oct | Nov  | Dic | Mantenimiento |            |
| 1   | CNC 01         | Centro de Torneado CNC HASS SL-20            |                          |     |     | X   | X   |     |     |    |     | X   |      |     |               | Preventivo |
| 2   | CNC 02         | Fresadora CNC HASS TM-1                      |                          |     | X   |     |     |     |     | X  |     |     |      | X   |               | Preventivo |
| 3   | CNC 03         | Pantógrafo CNC                               | X                        |     |     |     |     | X   |     |    |     |     |      | X   |               | Preventivo |
| 4   | CNC 05         | Centro de Mecanizado CNC HAAS VF-3YT/50      |                          | X   |     |     |     |     |     |    | X   |     |      |     |               | Preventivo |
| 5   | CNC 06         | Centro de Mecanizado CNC HASS TM - 3         |                          |     | X   |     |     |     |     | X  |     |     |      | X   |               | Preventivo |
| 6   | CNC 07         | Centro de Torneado HASS CNC ST - 30          | X                        |     |     | X   |     |     |     |    | X   |     |      |     | X             | Preventivo |
| 7   | COM 01         | Compresora Wayne WV 40G/350 10HP             | X                        | X   | X   | X   | X   | X   | X   | X  | X   | X   | X    | X   | X             | Preventivo |
|   |                |  |                          |     |     |     |     |     |     |    |     |     |      |     |               |            |
|   |                |  |                          |     |     |     |     |     |     |    |     |     |      |     |               |            |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| X | PROGRAMADO               |
| X | PROGRAMADO NO REALIZADO  |
| X | PROGRAMADO Y EFECTUADO   |
| X | REPROGRAMADO Y EFECTUADO |

Anexo 16 Mantenimiento autónomo desarrollado por el Personal

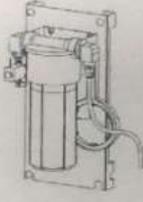
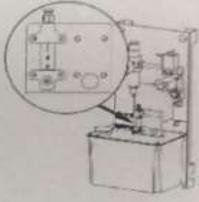




## Anexo 17 Capacitaciones al personal involucrado en el programa TPM





| OPERACIÓN: MEM   |  | DIAGNOSTIC |  | GAUGES  |  | CONFIGURATION |  | I/O  |  | I/O 2 |  | IMPUTS 2   |  | BAR FEEDER |  | LUBE |  |
|--|--|------------|--|---|--|---------------|--|--|--|-------|--|------------|--|------------|--|------|--|
| MEM 000000   |  | N80000342  |  | Axis Lubrication<br>Next lube cycle in 720 minutes  |  |               |  | Spindle Lubrication<br>Next lube cycle in 11 minutes   |  |       |  |            |  |            |  |      |  |
| <pre> PROGRAM (PROGRAM NAME - PERNOS CINCO OCTAVOS) ; (OO BORGH RIGHT - 00 DEC. INSERT - CMC 17.04.00) ; G00 F3 ; G10 ; G97 S1000 M03 ; G00 G54 X0. 20.3 M00 ; G50 S1000 ; G96 S275 ; G39 G01 X-1.6 F0.15 ; G00 Z-55 ; X20. ; Z0.15 ; G01 X-1.6 ; G00 Z2.3 ; X70. ; Z0. ; G01 X-1.6 ; G00 Z2. ; M03 ; G00 X300. Z100. ; (CENTER DRILL - 12. DIA.) ; G00 Z0 ; G10 ; G97 S1000 M03 ; G00 G54 X0. Z5. M00 ; Z2. ; G01 Z-6. F0.05 ;           </pre> |  |            |  |  <p>F2 - Axis Lubrication Test</p> |  |               |  |  <p>F3 - Spindle Lubrication Test</p>   |  |       |  | < 7 of 7 > |  |            |  |      |  |
| <b>HUSILLO PRIM</b><br> SPINDLE SPEED: 0 RPM<br>SPINDLE LOAD: 0.0 KW<br>PROGRAM RPM: 1500 RPM<br>COMMAND RPM: 1500 RPM<br>OVERRIDES<br>AVANCE: 100% VEL. AVAN: 0.0000<br>HUSILLO: 100% ACTIVE FEED: 0.0000<br>RAPIDO: 100%<br>HUSILLO CARGA(%): 0%  |  |            |  | <b>POSICION: TRABAJO G54</b><br>(MM)<br>X -203.450<br>Z -425.968<br>B -298.2  |  |               |  | <b>TEMP Y CONTADORES</b><br>CRGA 38%<br>ESTE CICLO 0:02:21<br>(LT CICLO 0:02:22<br>RESTANTE 0:00:00<br>M30 CONTADOR N° 20<br>M30 CONTADOR N° 20<br>BUCLES RESTANTES: 0<br>LABEL 1 0.000000<br>LABEL 2 0.000000 |  |       |  |            |  |            |  |      |  |

## Anexo 18 Cotizaciones por Mantenimientos Preventivos



**Haas Factory Outlet**

Una División de GSS E.I.R.L.

### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA TORNO CNC ST-30

Nos complace ofrecer a nuestros distinguidos clientes el Programa de Mantenimiento Preventivo (MP) que tiene por objetivo proteger la inversión realizada en maquinaria y por otro lado maximizar la productividad de la misma. El Programa consta de varios servicios. A continuación se enumeran los trabajos incluidos.

#### Área mecánica:

Control de la nivelación.  
Inspección del Chuck  
Inspección de alineación del husillo.  
Inspección de la alineación de la torreta.  
Inspección de la caja de engranes. (1)  
Cambio de aceite de la caja de engranes. (1-2)  
Inspección de las fajas.  
Inspección y ajuste de torreta (2)  
Inspección de los cobertores de cada eje.  
Inspección del encoder del roscado rígido.  
Inspección de la bomba hidráulica.  
Inspección del drenador de aceite

#### Sistema de lubricación:

Limpieza de filtros.  
Inspección de tuberías y conexiones.  
Verificación del ciclo de lubricación de guías.  
Verificación de la lubricación del husillo.

#### Circuito del líquido refrigerante:

Ref.:

(1) solo para opciones adicionales Instaladas  
(2) cuando corresponda

Revisión de la bomba.  
Inspección de la tubería y mangueras.  
Inspección del tanque del líquido refrigerante.

#### Circuito neumático:

Limpieza de filtros.  
Control y ajuste de presiones.  
Búsqueda de fugas de aire.

#### Circuitos eléctricos y electrónicos:

Limpieza del gabinete eléctrico.  
Limpieza de equipos y tarjetas electrónicas.  
Inspección de conexiones y terminales.  
Control y ajuste de voltajes.  
Inspección del cableado y tierras físicas.  
Inspección de los interruptores de seguridad y sensores.  
Inspección del motor y servomotores

**Precio del Programa para  
Tornos CNC Haas serie SL:**

**S/. 800.00 + I.G.V.**

**Duración estimada:**

**16 horas**

**Horario y fechas:**

**por acordar**

**Forma de pago:**

**Transferencia a la cta. cte. BCP**



**Haas Factory Outlet**

Una División de GSS E.I.R.L.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA CENTROS DE MECANIZADO  
Serie VF's**

Nos complace ofrecer a nuestros distinguidos clientes el Programa de Mantenimiento Preventivo (MP) que tiene por objetivo proteger la inversión realizada en maquinaria y por otro lado maximizar la productividad de la misma. El Programa consta de varios servicios. A continuación se enumeran los trabajos incluidos.

**Área mecánica:**

Control de la nivelación.  
Inspección de alineación del husillo.  
Inspección de la caja de engranes. (1)  
Verificación de la orientación del husillo.  
Cambio de aceite de la caja de engranes (1-2)  
Inspección de las fajas.  
Inspección y ajuste del cambiador automático de herramientas. (2)  
Inspección del cono del husillo.  
Inspección de los cobertores de cada eje  
Control de la altura del Draw bar.  
Inspección del encoder del roscado rígido.  
Control del sistema de contrabalanza. (1-2)  
Inspección de mangueras y cables.

**Sistema de lubricación:**

Limpieza de filtros.  
Inspección de tuberías y conexiones.  
Verificación del ciclo de lubricación de guías.  
Verificación de la lubricación del husillo.

*Ref.:*

(1) *solo para opciones adicionales instaladas*

(2) *cuando corresponda*

**Circuito del líquido refrigerante:**

Revisión de la bomba.  
Inspección de la tubería y mangueras.  
Inspección del tanque del líquido refrigerante.

**Circuito neumático:**

Limpieza de filtros.  
Control y ajuste de presiones.  
Búsqueda de fugas de aire.

**Circuitos eléctricos y electrónicos:**

Limpieza del gabinete eléctrico.  
Limpieza de equipos y tarjetas electrónicas.  
Inspección de conexiones y terminales.  
Control y ajuste de voltajes.  
Inspección del cableado y tierras físicas.  
Inspección de los interruptores de seguridad y sensores  
Limpieza de los motores de escobilla.

**Precio del Programa para**

**Centros de Mecanizado Haas serie VF:**

**S/. 1,300.00 + I.G.V.**

Duración estimada:

16 horas

Horario y fechas:

por acordar



**Haas Factory Outlet**

Una División de GSS E.I.R.L.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA FRESADORAS CNC  
Serie TM**

Nos complace ofrecer a nuestros distinguidos clientes el Programa de Mantenimiento Preventivo (MP) que tiene por objetivo proteger la inversión realizada en maquinaria y por otro lado maximizar la productividad de la misma. El Programa consta de varios servicios. A continuación se enumeran los trabajos incluidos.

**Área mecánica:**

Control de la nivelación.  
Inspección de alineación del husillo.  
Inspección de alineación de los ejes  
Verificación de la orientación del husillo.  
Inspección de las fajas.  
Inspección y ajuste del cambiador automático de herramientas. (1)  
Inspección del cono del husillo.  
Inspección de los cobertores de cada eje  
Control de la altura del Draw bar.  
Inspección del encoder del roscado rígido.

**Sistema de lubricación:**

Inspección de tuberías y conexiones.

**Circuito del líquido refrigerante:**

Revisión de la bomba.

*Ref.:*

(1) solo para opciones adicionales instaladas

Inspección de la tubería y mangueras.

**Circuito neumático:**

Limpieza de filtros.  
Control y ajuste de presiones.  
Búsqueda de fugas de aire.

**Circuitos eléctricos y electrónicos:**

Limpieza del gabinete eléctrico.  
Limpieza de equipos y tarjetas electrónicas.  
Inspección de conexiones y terminales.  
Control y ajuste de voltajes.  
Inspección del cableado y tierras físicas.  
Inspección de los interruptores de seguridad y sensores  
Limpieza de los motores de escobilla.

**Precio del Programa para  
Fresadoras CNC Haas serie TM:**

**S/. 900.00 + I.G.V.**

**Duración estimada:**

**12 horas**

**Horario y fechas:**

**por acordar**

**Forma de pago:**

**Transferencia a la cta. cte. BCP**



**Haas Factory Outlet**

Una División de GSS E.I.R.L.

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA CENTROS DE MECANIZADO  
Serie SL's**

Nos complace ofrecer a nuestros distinguidos clientes el Programa de Mantenimiento Preventivo (MP) que tiene por objetivo proteger la inversión realizada en maquinaria y por otro lado maximizar la productividad de la misma. El Programa consta de varios servicios. A continuación se enumeran los trabajos incluidos.

**Área mecánica:**

Control de la nivelación.  
Inspección del Chuck  
Inspección de alineación del husillo.  
Inspección de torreta.  
Inspección de la caja de engranes. (1)  
Verificación de la orientación del husillo.  
Cambio de aceite de la caja de engranes. (1-2)  
Inspección de las fajas.  
Inspección y ajuste del cambiador automático de herramientas. (2)  
Inspección de los cobertores de cada eje.  
Inspección del encoder del roscado rígido.  
Inspección de la bomba hidráulica.  
Inspección del drenador de aceite.

**Sistema de lubricación:**

Limpieza de filtros.  
Inspección de tuberías y conexiones.  
Verificación del ciclo de lubricación de guías.

Verificación de la lubricación del husillo.

**Circuito del líquido refrigerante:**

Revisión de la bomba.  
Inspección de la tubería y mangueras.  
Inspección del tanque del líquido refrigerante.

**Circuito neumático:**

Limpieza de filtros.  
Control y ajuste de presiones.  
Búsqueda de fugas de aire.

**Circuitos eléctricos y electrónicos:**

Limpieza del gabinete eléctrico.  
Limpieza de equipos y tarjetas electrónicas.  
Inspección de conexiones y terminales.  
Control y ajuste de voltajes.  
Inspección del cableado y tierras físicas.  
Inspección de los interruptores de seguridad y sensores  
Inspección del motor y servomotores

*Ref.:*

(1) Solo para opciones adicionales instaladas

(2) Cuando corresponda

**Precio del Programa para  
Centros de Torno marca Haas serie SL:**

**S/. 1,400.00 + I.G.V.**

## Anexo 19 Matriz de Consistencia

| LÍNEA INVESTIGACIÓN   | EMPRESA   | PROBLEMA  | OBJETIVO   | HIPÓTESIS   | VARIABLES   | DIMENSION         | INDICADORES   | INDICES   | METODOLOGÍA   |
|---|---|---|--|---|---|-------------------|---|---|---|
| GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA  | M<br>E<br>T<br>A<br>L<br><br>M<br>E<br>C<br>Á<br>N<br>I<br>C<br>A | ¿De qué manera la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017? | Implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la Eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017 | La implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Eficiencia en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017 | Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM) | Desarrollo        | Índice de Desarrollo  | $NCumplim = \frac{Ra}{Re}$ <p>Donde:<br/>                     NCumplim = Nivel de cumplimiento<br/>                     Ra = Resultado alcanzado<br/>                     Re = Resultado esperado</p> | Tipo de investigación:<br>Aplicada, con nivel descriptivo, explicativo y longitudinal |
|   |   |   |  |   |   |                   |   | Método:<br>Método Hipotético - Deductivo  |   |
|   |   | ¿De qué manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017?                | Determinar que el Mantenimiento Productivo Total incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017      | El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Disponibilidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017                | Dependiente: Eficiencia Global de Equipos OEE       | Efectividad       | Índice de Efectividad   | $Do = \frac{TF}{TR}$ <p>Do = Disponibilidad operacional<br/>                     TF = Tiempo de funcionamiento</p>  | Muestra: La muestra es igual a la población. No se emplea muestreo                    |
|   |   |   |  |   |   |                   |   | Técnicas:<br>Observación de campo.<br>Análisis documental.<br>Bases teóricas  |   |
|   |   | ¿De qué manera el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad en las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017?                       | Determinar que el Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad de las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017       | El Mantenimiento Productivo Total (TPM) incrementa la Calidad de las máquinas CNC de una Empresa Metal Mecánica, Lima-Perú 2017                       | Efectividad   | Índice de Calidad | $C = \frac{TOE}{TOR}$ <p>C = Coeficiente de calidad<br/>                     TOR = Tiempo operativo efectivo<br/>                     TOE = Tiempo operativo real</p> | Técnicas para el procesamiento de datos:<br>Clasificación de los datos obtenidos<br>Análisis estadístico descriptivo e inferencial mediante Excel y SPSS  |   |
| Instrumentos:<br>Formato de evaluación del OEE<br>Reportes de mantenimientos<br>Check list de equipos<br>Reportes de no conformidad |   |   |  |   |   |                   |   |   |   |