



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE  
IMPLEMENTAR UN ÁREA DE  
MANTENIMIENTO EN SISPRO S.A.**

Autor

Manuel Andrés Madriñan Chaparro

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2019



ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE IMPLEMENTAR UN ÁREA DE  
MANTENIMIENTO EN SISPRO S.A.

**Manuel Andrés Madriñan Chaparro**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero mecánico**

Asesores:

Juan Carlos Orrego Barrera, Ingeniero mecánico

Camilo Andrés Pineda, Ingeniero mecánico

Línea de Investigación:

Mantenimiento

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Medellín, Colombia

2019.

---

## **ANÁLISIS DE LA PERTINENCIA DE IMPLEMENTAR UN ÁREA DE MANTENIMIENTO EN SISPRO S.A.**

### **Resumen**

Un análisis sobre la pertinencia de implementar un área de mantenimiento para la zona de forjas de la compañía SISPRO S.A. fue llevado a cabo en el presente informe. Lo anterior debido a los continuos fallos en la maquinaria y equipos los cuales ocasionan paradas imprevistas que afectan la producción y por tanto la rentabilidad de la empresa.

Desde sus inicios, la compañía no ha contado con un área dedicada al mantenimiento y hasta el momento según la percepción general solo con un técnico mecánico y de servicios generales basta para sobrellevar los imprevistos y reparaciones tanto en la maquinaria como requerimientos locativos.

Este análisis comenzó con la recopilación de la información existente en campo, para ello se definió los principales equipos de la planta considerando aspectos relacionados con su productividad y demanda.

Particularmente se realizó un registro de las ordenes de producción y los procesos de fabricación de productos similares que se repiten en un número determinado de veces, con el fin de establecer las máquinas de mayor uso.

A la maquinaria seleccionada se le realizó un análisis de eficiencia global de planta (OEE por sus en inglés), dicho análisis es el resultado del producto de la disponibilidad, eficiencia y calidad; el valor de cada uno de los términos mencionados se encontró como resultado de encuestas tanto al personal operativo como al técnico mecánico, además de reportes de reprocesos que documenta el área de calidad. Dado que la única base de datos mes a mes corresponde a la del área de calidad, se dejaron constantes los términos hallados de disponibilidad y eficiencia, para analizar la variación de la eficiencia global en función de la información reportada por esta área.

Luego el dato de eficiencia global de los equipos se promedió para relacionarse con la rentabilidad de la compañía a lo largo del periodo analizado, no superior a un año; de esta manera se establece el valor máximo para el indicador de eficiencia global que no compromete las utilidades de la empresa.

Después se relacionó el comportamiento de otras empresas dedicadas a la producción de tornillería forjada, con el de la compañía en estudio, comparando el indicador ROA (por sus siglas en inglés Return On Assets); este análisis se realiza bajo el modelo de Benchmarking el cual busca una

comparación con los principales competidores directos e indirectos con el único fin de mejorar y complementar metodologías de las empresas, así es como se construye una escala del indicador de eficiencia global donde se puede clasificar, la eficiencia global de planta y se realizan propuestas del impacto que se tendría sí se implementa un área de mantenimiento.

Lo anterior permitió establecer el valor de los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad, los cuales son 89,3%, 70,9% y 85,4% respectivamente. Específicamente, estos indicadores establecieron el valor objetivo del OEE para proyecciones de mejora hasta un valor de 62%, donde se establece el valor máximo a llegar y mantener, mientras se realiza seguimiento y control al comportamiento de la utilidad de la compañía y establecer una relación de máximo OEE sin comprometer la Utilidad de la compañía.

Esto permitió verificar que el estado de los equipos influye en la rentabilidad del negocio puesto que el promedio de la eficiencia global de en los equipos para el tiempo estudiado es de 54.1%, valor que se ubica en el rango definido como regular según el análisis de Benchmarking (58% >OEE> 42%). Dados los resultados ya mencionados se concluye que es pertinente la implementación de labores de mantenimiento programadas para aumentar la disponibilidad eficiencia y calidad hasta el valor objetivo del OEE en la compañía.

## 1 Introducción

Sispro S.A. (Sistemas Integrales de Alta Producción) desempeña su actividad en el sector de manufactura metalmecánica, fabricando diferentes productos como tornillos, pernos estructurales, formaletería, rejas, anclajes, riostras, cangilones, cadenas, carcasas para quemadores, entre otros; cabe resaltar que cada uno de los productos elaborados, se realizan con todo el rigor técnico para cumplir la normatividad pertinente. El mercado objetivo de la compañía se enfoca en el área minera, petroquímica, agroindustria y de infraestructura. Por otro lado, es importante el crecimiento del sector para la economía colombiana, ya que en 2018 se reportó un crecimiento de 14.8% en su producción real, y de 19.1% en sus ventas reales (Ministerio de comercio, industria y turismo, 2018) ratificando la importancia del sector para la economía del país.

A lo largo del funcionamiento de la empresa, Sispro S.A., no se ha implementado o estudiado la posibilidad de implementar un área de mantenimiento, ya que se carece de, la disponibilidad temporal y técnica para realizar dicho análisis, en consecuencia, no existe registro alguno de eventualidades, relacionadas con las maquinas sobre la ocurrencia de averías en los equipos. Sin embargo, mediante una investigación preliminar, con el personal de la empresa y con datos cualitativos, se pudo determinar que en los equipos hay alta generación de fallas, dicha situación, acarrea gran número de problemas como, sobre costo en el producto fabricado, incertidumbre en los tiempos de manufactura y defectos de calidad, entre otros. Cabe resaltar, que tanto la falta de personal técnico destinado a esta área, como la falta de un protocolo de documentación de eventualidades, incrementan la dificultad para examinar la conveniencia de implementar un área de mantenimiento, pero a su vez, confirma la necesidad de esta.

Por tal motivo, se presenta la propuesta de, un estudio para determinar el costo/beneficio de contar con un área de mantenimiento, para tal fin, el estudio tendrá punto de partida en la búsqueda de bibliografía, sobre indicadores financieros y de calidad, que permitan visualizar el funcionamiento de la compañía, relacionado con la operación y estado de la maquinaria. Además, se buscarán experiencias exitosas, sobre la puesta en marcha de un área de mantenimiento y poder comparar el antes y después de la implementación. Con tal información se puede presentar un análisis que evidencie la necesidad o no, de un área de mantenimiento en la compañía Sispro S.A.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la pertinencia de implementar un área de mantenimiento en Sispro S.A.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analizar el estado de los equipos y su influencia en la rentabilidad del Negocio.
- Analizar mediante indicadores de costos, productividad, y calidad la necesidad de contar con un área de mantenimiento.
- Sugerir la mejor alternativa para la compañía.

## **3 Marco Teórico**

### **3.1 Importancia del mantenimiento:**

Cuando se plantea en una empresa aumentar su competitividad comercial, se plantean mejoras e innovaciones en productos, servicios y procesos productivos, pero existen opciones alternas para mejorar dicha capacidad y tiene que ver con los índices de disponibilidad de los equipos, estos a su vez se relacionan con la implementación de técnicas de mantenimiento, que repercuten significativamente en la productividad de una empresa [3].

Para evaluar la conveniencia de implementar un área de mantenimiento es necesario definir un efecto de falla (que pasa) y una consecuencia de falla (cuanto y como afecta el modo de falla) [3].

### **3.2 Ficha técnica:**

Las fichas técnicas son documentos que organizan y estructuran en formatos definidos los datos del equipo, como condiciones de operación y capacidades para desempeñar su función y elaborar determinado producto. En el contenido de dicho registro se evidencian datos de identificación como, ubicación, instalación y clasificación para la empresa, además los datos de diseño contienen referencia del fabricante como nombre, designación del modelo y características de diseño. También en los datos de aplicación se debe incluir la operación, fecha en que se instaló la unidad o equipos, fecha de inicio de producción, periodo de monitoreo y parámetros operativos como energía, velocidad, etcétera [4].

Mantenimiento: Proceso en el que se determina qué actividades se deben realizar a cualquier activo físico y asegurar que continúe en operación, conservando las funciones de sus componentes a lo largo de su vida técnica y útil. Algunas actividades a priori que se realizan son:

- Selección y aplicación de técnicas según sea el contexto de la compañía.
- Administración de fallas y sus consecuencias.

Las actividades en mención tienen como finalidad la satisfacción de dueños y usuarios, considerando en primera instancia la rentabilidad generada por adoptar funciones relacionadas con el mantenimiento de los activos físicos [2].

Objetivos del mantenimiento:

- Conservar la capacidad de producción de las instalaciones (Disponibilidad).
- Conservar las instalaciones, sistemas y equipos productivos (disponibilidad operacional).
- Minimizar los impactos negativos, ocasionados por la ocurrencia de fallas.
- Disminuir costos.
- Garantizar la seguridad del personal y de los recursos físicos.

### **3.3 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

#### **3.3.1 Mantenimiento Correctivo**

Se basa fundamentalmente en los datos que se registran debido a fallas, ya que luego de analizada la información sobre las averías, busca eliminar la falla y la ejecución de retrabajos o de actividades de mantenimiento a mediano plazo. Este tipo de mantenimiento realizado después de ocurrida una falla en el equipo presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, ya que puede implicar el cambio de algunas piezas del equipo en caso de ser necesario [1].

#### **3.3.2 Mantenimiento Circunstancial o de oportunidad:**

Mantenimiento aplicado a los sistemas que sirven de apoyo al proceso y cuyas actividades se encuentran programadas y la decisión de ejecutarlas no depende de la organización de mantenimiento sino de otros entes o factores de la organización, tal es el caso de incorporación o no de líneas de producción al proceso, trabajar de acuerdo con determinados horarios o ciertas condiciones climáticas o del ambiente, etc.

En este tipo de mantenimiento se tiene la planificación y programación de las actividades, ya sea rutinarias o programadas, para cuando se dé el inicio o el arranque del equipo, si durante su funcionamiento, se presentan fallas, se atacan, se analizan y se corrigen [1].

### 3.3.3 Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo es el producto de la aplicación de los tipos de mantenimiento antes mencionados y emplea el análisis estadístico de la data de las acciones ejecutadas a los sistemas para determinar los parámetros de mantenimiento, haciendo ingeniería de mantenimiento y a partir de dichos estudios se retroalimenta la información de la gestión de mantenimiento ya que busca optimizar este proceso. En este tipo de mantenimiento, se aplica en gran medida la ingeniería de mantenimiento, ya que se basa en la determinación de los parámetros básicos de mantenimiento referidos a tiempos entre fallas y tiempos para reparar, fundamentales para la determinación de la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad [1].

### 3.4 Principio de Pareto

El principio de Pareto establece que, en la mayoría de los casos, un problema es originado por un grupo pequeño de un total de posibles causas. El diagrama que surge como consecuencia de aplicar este principio se denomina Diagrama de Pareto, y permite identificar las causas de mayor importancia y magnitud capaces de provocar el efecto o conveniente estudiado. Según este principio, y en cualquier conjunto de elementos, eventos o causas, unos pocos factores son significativos que el resto; razón por la cual se los llama los pocos y significativos. También conocida como la regla del 80-20, asegura que casi siempre existen pocas (~20%) causas que contribuyen mayoritariamente (~80%) a generar el efecto total. A las causas pocas y significativas se les conoce también como causas vitales, dejando el término causas triviales para el 80% restante. Así, el 80% de las causas serían responsables de contribuir sólo en un 20% al problema total. Si trasladamos el principio de Pareto a la industria, se podría asegurar, por ejemplo, que el 80% de las pérdidas de un equipo o instalación serían producidas solo por el 20% del total posible de causas o modos de falla.[6]

### 3.5 Eficiencia global de planta (OEE)

El indicador se obtiene de multiplicar tres razones porcentuales: disponibilidad, eficiencia y calidad.

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

(1)

El OEE es un indicador integral de eficacia valido para el tiempo de funcionamiento, resulta útil para evaluar la eficacia del manto, si las tareas de manto son efectivas no deberían existir grandes pérdidas por calidad ni por bajo rendimiento operativo.; de la misma forma, las detenciones no programadas tendrían que ser mínimas [6].

La eficiencia General en los Equipos o OEE por sus en inglés (Overall Equipment Effectiveness)

### 3.5.1 Disponibilidad

Se define como disponibilidad operacional de un equipo, conjunto de equipos o línea de producción, al porcentaje del tiempo en que estuvo disponible para el proceso de operación en las condiciones de seguridad y calidad establecidas en [6]. Aunque la disponibilidad de los equipos se ve afectada por variadas razones, estas se pueden clasificar en paros programados y no programados, de los cuales se listan a continuación los que aplican para SISPRO S.A.

**Paro programado:** paradas que al ser planificadas no afectan el componente de disponibilidad para el OEE.

Paro por falta de demanda.

**Paro no programado:** paros súbitos e inesperados, que tienen que ver con la gestión de mantenimiento

- Paro por averías electromecánicas, de estas se encuentran 2 tipos:

De corta duración: que son solucionadas por el mismo operario (de duración entre 1 y 20 min)

De media y larga duración: Solucionadas por el técnico mecánico (de duración mayor a 20 min).

La expresión que describe el tiempo disponible está dada por la ecuación (2)

$$Disponibilidad = \frac{JL - HPM}{JL} \quad (2)$$

Donde  $JL$  representa la jornada laboral y  $HPM$  es el tiempo que la producción para debido a paradas de la maquinaria que se le atribuyen a la gestión de mantenimiento.

### 3.5.2 Eficiencia

La eficiencia mide las perdidas ocurridas por funcionar a un régimen de marcha inferior al nominal pautado para el equipo. Este valor se conoce como

capacidad nominal, y es la cantidad de producto que teóricamente puede fabricarse por unidad de tiempo. La capacidad nominal constituye una condición de diseño comprobada y aceptada por la organización. Un rendimiento menor a lo esperado constituye una pérdida. [6].

### 3.5.3 Calidad

Expresa la proporción de la producción defectuosa respecto al volumen total de la producción, es decir, cuánto se ha fabricado bueno en su primera vez en cada proceso respecto del total de la producción realizada [6].

$$Calidad = \frac{Piezas\ buenas}{producidas\ (buenas\ y\ malas)} \quad (3)$$

## 3.6 Benchmarking

En la búsqueda de las mejores prácticas, el término en inglés que referencia tal procedimiento se conoce como Benchmarking; el Benchmarking es un proceso sistemático para comparar y evaluar productos, servicios o procedimientos de trabajo que permite mejorar los propios; vale decir, *aprender del que mejor hace las cosas*. Mirando y analizando como otro realiza una buena práctica puede asimilarse el conocimiento y acelerar el proceso de aprendizaje.

Sin embargo, es importante destacar que la aplicación del benchmarking en mantenimiento y producción, si bien es atractivo, debe hacerse con cuidado. Hay quienes confunden benchmarking con *copiar* o *replicar* y, lo que es peor, exigir el mismo resultado a todo sistema productivo solamente porque es apenas similar [6].

### 3.6.1 ROA

Término asociado a sus siglas en inglés "Return On Assets", también se le conoce como "Return on Investments" o ROI. Se puede considerar como un indicador financiero que posee mayor relevancia en la actualidad, es frecuentemente usado por las empresas que desean establecer su rentabilidad. El ROA, consiste en calcular la relación que existe entre el beneficio obtenido en un determinado período y los activos globales de una empresa.

Este indicador permite registrar directamente el nivel de eficiencia que poseen los activos totales de una empresa, independientemente de las formas de financiación utilizadas, así como de la carga fiscal del país en el que la

empresa desarrolla sus actividades comerciales; es decir, el ROA le permite al área financiera de una compañía, medir el potencial que tienen los activos de una empresa para generar renta por ellos mismos [8].

Este indicador muestra la capacidad de hacer de la compañía con los activos que se posee; en otras palabras, **cuánta rentabilidad le proporciona cada peso invertido en la misma**. Es de utilidad para la comparación de empresas dentro del mismo sector, ya que la rentabilidad puede variar sustancialmente en empresas de diferentes sectores. En general, un buen ROA es aquel cuyo valor es superior al 5% [8].

$$ROA = \frac{Utilidad_{Neta}}{Activos_{Total}} \quad (4)$$



## 4 Metodología

### 4.1 Definición del área productiva y las máquinas de mayor uso.

Con base en información suministrada por las áreas de producción, costos e ingeniería se establece los productos de mayor elaboración de la empresa y las maquinas usadas para tal fin.

#### 4.1.1 Áreas productivas

Se llevó a cabo un estudio del histórico de producción desde el mes agosto del 2018 hasta junio del 2019, en relación con los datos correspondientes a cantidad de órdenes de producción y los kilogramos producidos por cada planta. Se encontró que la compañía clasifica sus productos según la ubicación donde se realiza la fabricación de este, planta forjados y/o planta estructuras. A continuación, se presentan las cifras mencionadas.

**Tabla 1:** *Distribución de ordenes de producción y peso procesado por cada planta*

<b>Planta</b>	<b>% Ordenes de Producción</b>	<b>% Peso</b>
<b>Estructuras</b>	37%	59%
<b>Forjas</b>	63%	41%

En la Tabla 1 se puede visualizar que la planta de Forjas a pesar de tener mayor cantidad de órdenes de producción, la planta de estructuras tiene mayor presencia en cuanto a cantidad de kilogramos producidos.

#### 4.1.2 Productos SISPRO S.A.

En esta parte se lista todos los productos que fabrica la compañía y a partir de estos se seleccionan los productos que comparten procesos similares en su elaboración. A los productos seleccionados se les clasificó según la regla de Pareto la cual permite determinar aquellos productos que más se fabrican.

#### 4.1.2.1 Portafolio de productos

Los productos que oferta la compañía se listan en la Tabla 2.

**Tabla 2:** *Productos ofertados por la compañía*

<b>Productos en general</b>		Tornillería especial con cabezas de formas diversas, roscas en milímetros y/o pulgadas.
		Cadenas de ingeniería.
		Cangilones.
		Tablillas.
		Roldanas.
		Anclajes para hornos en Acero inoxidable. 310 y 304.
<b>Productos según la industria.</b>	<b>Tornillería especial</b>	Tornillería, Norma ASTM A325 – A490 – A307.
		Tensores hasta 12 metros de longitud.
		Anclajes en “J” y en “L”.
		Anclajes F1554 gr 36, 55 y 105.
		Vigas reforzadas.
		Estructuras medianas.
		Pasamanos-Escaleras.
		Tuerca Calota, Planchuelas, Arandelas Cónicas.
		Tornillos en rosca ACME.
		Elementos metálicos de aplicación en formaletería.
		Estructuras metálicas para torres de energía
	<b>Minera</b>	Elementos para dragas
		Tuercas de alta capacidad.
		Cangilones.
		Cadenas de arrastre.
		Tornillos para molino de bolas.
		Pasadores, bujes y platinas para cadenas.
		Estructuras.
		Carros metálicos o vagonetas.
	<b>Petroquímica</b>	Espárragos
		Tornillos
		Tuercas
		Arandelas
	<b>Agroindustria</b>	Tornillos carruaje
		Tornillos hexagonales
		Servicio de reparación y fabricación de cadenas.
		Tablillas onduladas.
		Cangilones

#### 4.1.2.2 Productos de mayor elaboración

Con fin de determinar los productos de mayor elaboración se indagan sobre las principales características de las ordenes de producción, como son: la cantidad de veces que se repite una orden similar y las toneladas totales que se procesan de dichas ordenes, después de simplificar el listado general de productos que se fabrican se filtran los productos de mayor elaboración mediante la regla de Pareto

#### 4.2 Maquinaria para elaborar los productos de mayor demanda

Así como hay productos que comparten procesos similares para su fabricación, la compañía dispone de dos y hasta tres opciones de máquinas para realizar cada proceso; por tal motivo es importante presentar la totalidad de la maquinaria con la que está equipada la planta y después presentar para cada proceso las alternativas existentes.

Se clasifica el análisis en la planta de forjados, bajo los siguientes criterios:

**Mayor rentabilidad entre plantas:** Información suministrada por el área financiera y de costos de la compañía a pesar de procesar menor cantidad de kilogramos, información justificada con el hecho de tener menor cantidad de competidores

**Mayor desgaste de la maquinaria:** Presente, debido a una mayor cantidad de ordenes de producción que en la planta de estructuras, esto conlleva un cambio constante de formatos de la materia prima a procesar, variando características como la geometría y la dureza

#### 4.2.1 Maquinaria disponible en la planta de forjas para producción

A continuación, se lista la totalidad de la maquinaria disponible en la planta de forjas.

**Tabla 3:** Listado de la maquinaria existente en la empresa

Ítem	Nombre de la máquina	Marca
1	Sierra Circular con alimentador hidráulico	Sterra
2	Sierra Circular sin alimentador	Sterra
3	Torno Convencional pequeño	Doinville J30
4	Troqueladora Horizontal	Toledo
5	Compresor aire pequeño	Indura
6	Forja Troqueladora Vertical	TME Toledo
7	Esmeril (Motor asincrónico inducción)	N/A
8	Esmeril (Motor asincrónico inducción)	N/A
9	Torno Landis	Leifeld
10	Laminadora (2 motores asíncronos)	N/A
11	Torno Convencional universal	Mashstroy
12	Taladro Fresador	Imodrill DM40-20
13	Fresadora CNC - Leadwell	N/A
14	Torno - Yang	N/A
15	Torno - Baoji	N/A
16	Torno OKUMA (banca inclinada)	N/A
17	Horno 1 – Jimok Alimentación a gas, (quemador)	N/A
18	Horno 2 (Alimentación gas). (quemador)	N/A
19	Horno 3 (Alimentación gas,) (quemador)	N/A
20	Equipo de soldadura	Welder
21	Compresor	Ingersoll rand
22	Fresadora FIRST	N/A

#### 4.2.2 Maquinaria usada para fabricar los productos con mayor demanda

Para los productos previamente identificados, se enuncian los procesos necesarios para fabricarse y los equipos que pueden desempeñar tal fin.

#### 4.2.3 Desarrollo de la ficha técnica de las máquinas y equipos

Elaboración de la ficha técnica de los equipos usados en la manufactura de los productos con mayor demanda.

#### 4.3 Análisis de costos y gastos asociados al mantenimiento

Para establecer la relación entre el estado de la maquinaria y la rentabilidad de la compañía se hace uso del indicador OEE por sus siglas en inglés, dicho indicador requiere establecer una cultura de recolección de datos para

garantizar la veracidad de los mismos, actualmente en la empresa SISPRO S.A. no se dispone de un método para recolectar todos los datos necesarios para establecer los indicadores porcentuales de los cuales depende el OEE; para establecer los datos que no se han documentado se busca en el recurso humano ya que se dispone de personal de planta que lleva hasta 8 años operando la maquinaria de la empresa, convirtiéndose en una fuente de información con la cual se pueden generar datos aproximados para completar el indicador OEE.

Es importante mencionar que se hallara un indicador OEE visto desde la afectación que genera la falta de un área de mantenimiento y no desde la totalidad de las variables de producción que afectaría la eficiencia global de planta OEE.

#### **4.3.1 Verificación del estado de la maquinaria**

Mediante visitas a la planta se documenta la información verbal suministrada por parte de los operarios que manipulan las máquinas de mayor uso. Se detallan las eventualidades, daños y reparaciones ocurridas en la maquinaria durante la producción.

Con base en los datos de costos y el estado de la maquinaria, se determina la influencia de las averías en la utilidad de la compañía, estableciendo una hoja de cálculo que relacione los costos por parada de máquina, mano de obra y repuestos con la rentabilidad del negocio.

- ✓ **Investigación documental de indicadores:** Buscar y organizar información de la compañía y clasificarla en indicadores financieros de costos, producción y calidad.
- ✓ **Comparación de indicadores:** Clasificar la información relativa a los indicadores, para posteriormente contrastarla y medir el comportamiento de estos.

#### **4.3.2 Relación mes a mes entre el indicador OEE vs la utilidad de la empresa**

Para llevar a cabo esta comparación se establece la relación entre el indicador OEE con la utilidad de la empresa, la cual define el valor máximo a alcanzar del indicador OEE sin comprometer las utilidades de la compañía.

Se recolectan datos de los operarios de la maquinaria seleccionada por su impacto operacional. Se realizaron encuestas a los operarios de cada máquina para estimar el tiempo en que las máquinas no estaban disponibles debido a fallas o averías mecánicas.

#### 4.3.2.1 Disponibilidad

Para determinar la disponibilidad se halla el valor total de horas para la jornada laboral en un periodo igual a un año y mediante una encuesta se determina en promedio cuanto paran los equipos seleccionados debido al mantenimiento en el mismo periodo de tiempo.

$$JL = \text{Jornada Laboral} = \frac{\text{Turno}}{\text{día}} \times \frac{\text{horas}}{\text{turno}} \times \frac{\text{días laborados}}{\text{año}} \quad (5)$$

De la encuesta realizada al personal se definen las horas que paran las maquinas debido a mantenimiento correctivo, a este tiempo se les denomina HPM.

#### 4.3.2.2 Eficiencia

Para encontrar la eficiencia se definen las capacidades de las maquinas con las cuales fueron diseñadas y se relaciona con las capacidades reales de funcionamiento; dichas capacidades se conocieron de la ficha técnica para cada máquina y en la encuesta con el personal operativo se establecieron las capacidades reales de funcionamiento pensando en el año 2018.

Las capacidades de operación varían para cada máquina

#### 4.3.2.3 Calidad

Para el indicador sólo se tienen en cuenta las unidades que salieron buenas a la primera, por lo que las unidades que son reparadas no hacen parte del cálculo.

La información se encuentra en el seguimiento que realiza el área de calidad donde se relaciona la cantidad de piezas procesadas versus la cantidad de órdenes que se procesan

#### 4.3.2.4 Indicador OEE mes a mes vs la utilidad de la compañía

En la empresa no se cuenta con un método de documentación o archivo con información que permita establecer ni la disponibilidad ni la eficiencia, estos valores se han encontrado a partir de las encuestas y consultas realizadas tanto al personal operativo como al de mantenimiento, sin embargo, el área de calidad cuenta con un control de productos no conformes que han surgido en la producción mes a mes. Tomando constantes los valores hallados para la disponibilidad y la eficiencia se deja el valor del indicador OEE en función del valor de calidad.

Los valores encontrados para cada mes de la cantidad de productos no conformes a lo largo de su proceso se cruzan con la cantidad de ordenes

procesadas para cada mes, determinando así el indicador de calidad para cada mes y su promedio.

### **Utilidad de la compañía**

Esta información se solicita al área de costos y finanzas de la compañía con previa autorización de la gerencia, los datos solicitados deben ser a los meses correspondientes al OEE hallado.

Con fin de relacionar el comportamiento de los datos y definir el máximo valor del OEE que no comprometa la rentabilidad de la compañía, se presenta la utilidad en porcentaje, fijando como 100% la meta mensual de SISPRO S.A. Además de encontrar la utilidad de la compañía mes a mes, es importante saber cómo es su variación por lo que se usa la ecuación:

$$\Delta U = U_f - U_o \quad (6)$$

Donde  $U_f$  es el valor del mes presente y  $U_o$  es el valor del mes inmediatamente anterior.

### **4.4 Análisis de benchmarking**

Ya obtenido el valor de OEE y su relación con la utilidad de la compañía, se clasifica su estado, utilizando como referencia el valor del indicador ROA, con respecto al entorno competitivo de SISPRO S.A. y se define si existe potencial de mejora o corresponde a la media general del sector industrial analizado.

Ya que el análisis del indicador OEE se centra en la maquinaria de la planta de Forjados, se buscan empresas que dediquen su actividad industrial a la fabricación de productos similares a los identificados como, de mayor producción en SISPRO S.A.

Definiendo el indicador ROA para SISPRO S.A. y 4 principales competidores se construye una tabla de clasificación que relacione los indicadores hallados de OEE y utilidad, diagnosticando así su estado.

Mediante consulta a la página de la superintendencia de sociedades en el portal de información empresarial [6] se descargan los estados financieros de 4 principales competidores, donde se encuentran los valores para definir el indicador ROA correspondiente

**Clasificación y análisis:** A partir de la clasificación se identifica la posibilidad de mejorar del indicador ROA, luego se relaciona con el dato máximo estimado de OEE que no compromete las utilidades de la compañía.

**Empresas analizadas:** Para la selección de las empresas se tuvo en cuenta la relación con la actividad industrial; de los cuales se tiene:

**Industrias Gutembergto S.A:** Esta compañía se dedica a la fabricación de tornillería, tuercas, remaches, además ofrece el servicio de desarrollo; su oferta de fabricación flexible y a la medida presenta gran similitud con la propuesta hacia la que está enfocada la compañía SISPRO S.A. [10]

**Forjas Bolivar S.A.S:** Forjas Bolívar es una compañía con 50 años de experiencia en metalmecánica, especializada en el proceso de forjado en caliente, dedicados a brindar soluciones de transporte de materiales a nuestros clientes, complementados con servicios de ingeniería y montaje [11].

**Industrias cato S.A.S:** Industrias CATO es una empresa vallecaucana establecida desde hace 47 años en la ciudad de Cali, Colombia y su negocio principal son las ventas industriales tanto de tornillos estándar como especiales [12].

**Arcoli S.A.S:** es una empresa dedicada a la elaboración de elementos de fijación como son remaches ciegos, remaches sólidos, remaches semitubulares, remaches con y sin arandela, además tornillos hexagonales [13].

#### **4.5 Planteamiento de alternativas de acción:**

Con base en los análisis realizados, buscar opciones que sean acordes a la situación operacional de la empresa.

**Propuesta a la compañía:** Planteamiento formal a la empresa sobre la mejor alternativa, soportada en el análisis realizado.

##### **4.5.1 Situación actual de las actividades de mantenimiento**

Se describe brevemente la forma en que se lleva acabo las labores de mantenimiento.

## 5 Resultados y análisis

### 5.1 Definición del área productiva y las máquinas de mayor uso

#### Simplificación de productos elaborados

Después de separar los productos por planta de producción se simplifican algunos ítems que a pesar de ser productos diferentes comparten procesos similares, a continuación, se listan dichos productos.

**Tabla 4:** Lista de productos de mayor elaboración en la compañía

<b>Simplificación de productos más elaborados</b>	
1	Pernos F1554 + Per.A307
2	Tllo hex + Tcas
3	Pernos variados
4	Perno A449
5	Cadenas
6	Perno sp 54242-45 d/masa rlo
7	Anclaje met vs-25 9.5x67mm inox 310
8	Pasador inox 420 sp 04h05-61
9	Tobera sp 52970-08 y esparrago sp 54242-31
10	Anclajes
11	Placas de aluminio perforadas
12	Varilla corrugada roscada 1" y accesorios
13	Cuñas-planchuela-centrador plástico
14	Cuña en acero a-36 para perno de 1"

#### 5.1.1 Identificación de productos de mayor elaboración mediante la regla de Pareto

El 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos.

**Simplificaciones:** para evitar desviar los resultados del objetivo inicial del proceso, el cual es la identificación de la maquinaria con mayor demanda, se asocian productos que comparten los mismos procesos, en las mismas máquinas, aun cuando su nombre y norma que los rige son diferentes, por ejemplo, los pernos F1554 y los pernos A307 solo difieren en el tratamiento térmico, por lo cual se deja una sola de los dos, sumando los productos de ambas denominaciones.

A dicha clasificación se le asocio el análisis de 2 cantidades representativas, las cuales son el número de órdenes realizadas, y la cantidad en toneladas

procesadas, esto con el fin de asociarlo a indicadores que lleva el área financiera y de costos.

En la Tabla 4 se presentan los datos y los productos a analizar

**Tabla 4** Cantidad de órdenes y toneladas procesadas de los productos fabricados

#	Producto	Cant de órdenes	Toneladas
1	Pernos F1554 + perno A307	44	19,9
2	Perno sp 54242-45 d/masa Tllo	1	0,2
3	Cuña en acero A36 para perno de 1"	1	0,1
4	Cuñas-planchuela-centrador plástico	1	4,8
5	Pasador Inox. 420 SP 04H05-61	1	0,1
6	Tllo hex + Tcas	32	3,1
7	Perno a449	7	2,9
8	Cadenas	2	2,6
9	Pernos variados	12	0,8
10	Tobera sp 52970-08 y esparrago sp 54242-31	1	0,7
11	Varilla corrugada roscada 1" y accesorios	1	9,4
12	Anclajes	1	0,6
13	Anclaje met vs-25 9.5x67mm Inox. 310	1	0,2
14	Placas de aluminio perforadas	1	0,1

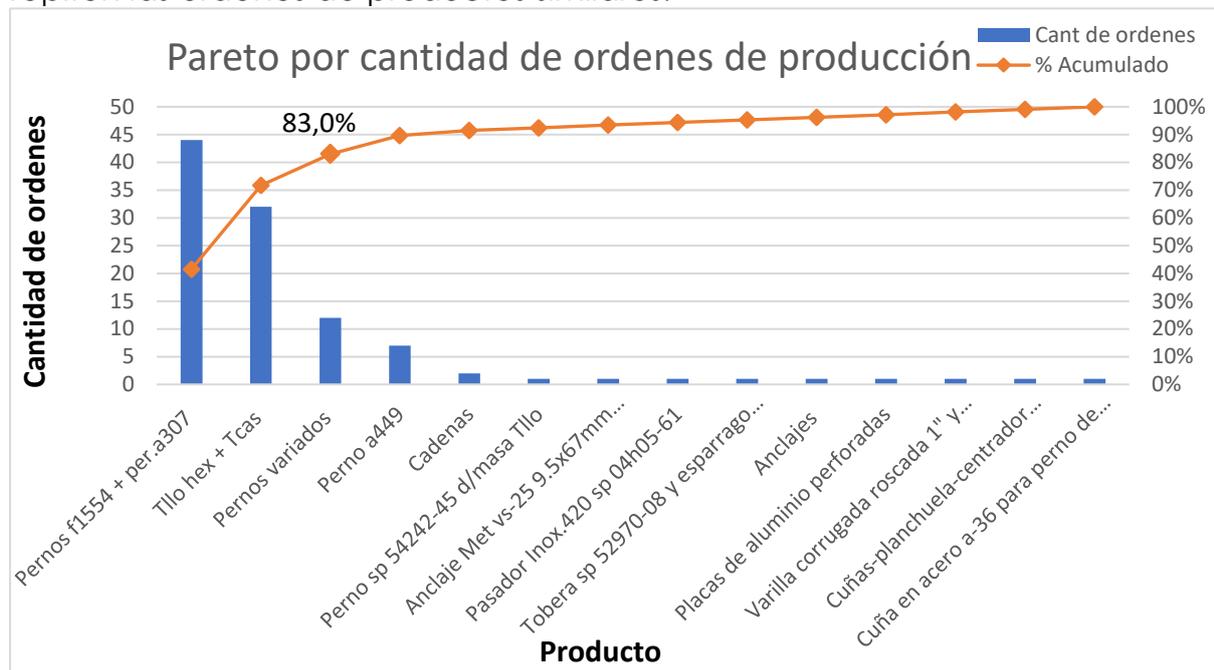
### Pareto órdenes según la cantidad de órdenes de producción

En la Tabla 5 se presentan filtrados en orden descendente por el número de veces que se repite

**Tabla 5** Orden descendente de los equipos por cantidad de órdenes de producción

#	Producto	Cant. de órdenes	% de Cant. de órdenes	% Acumulado
1	Pernos f1554 + per.A307	44	41,5%	42%
2	Tllo hex + Tcas	32	30,2%	72%
3	Pernos variados	12	11,3%	83%
4	Perno a449	7	6,6%	90%
5	Cadenas	2	1,9%	92%
6	Perno sp 54242-45 d/masa Tllo	1	0,9%	92%
7	Anclaje Met vs-25 9.5x67mm Inox. 310	1	0,9%	93%
8	Pasador Inox.420 sp 04h05-61	1	0,9%	94%
9	Tobera sp 52970-08 y esparrago sp 54242-31	1	0,9%	95%
10	Anclajes	1	0,9%	96%
11	Placas de aluminio perforadas	1	0,9%	97%
12	Varilla corrugada roscada 1" y accesorios	1	0,9%	98%
13	Cuñas-planchuela-centrador plástico	1	0,9%	99%
14	Cuña en acero a-36 para perno de 1"	1	0,9%	100%
	Total	106	100%	

En la Ilustración 1 se presenta el diagrama de Pareto según las veces que se repiten los pedidos de productos similares.



### Pareto productos según la cantidad de toneladas procesadas

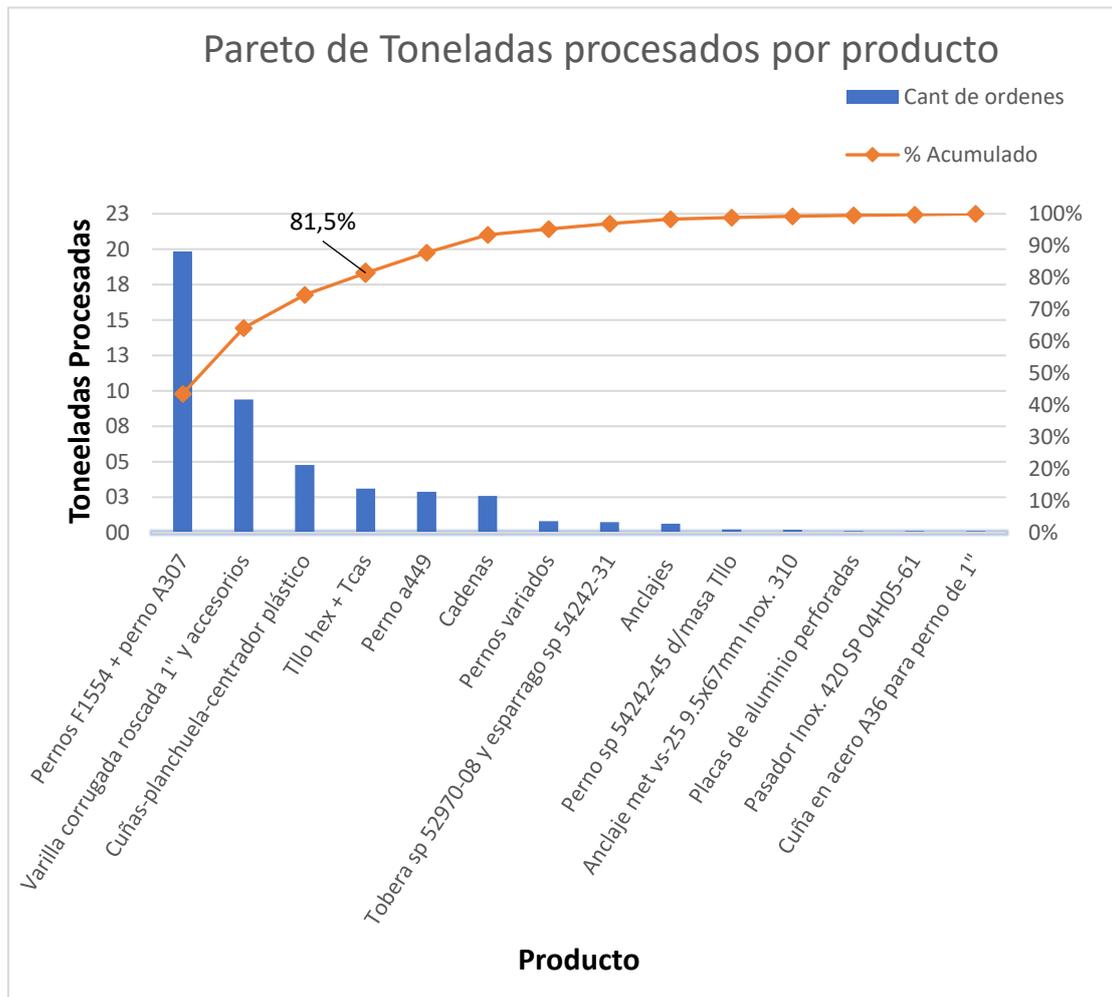
En la Tabla 6 se presentan filtrados en orden descendente por la cantidad de toneladas que se procesan por producto.

**Ilustración 1** Diagrama de Pareto para cantidad de pedidos de producción

**Tabla 6** Orden descendente de los productos por cantidad de toneladas procesadas

#	Producto	Toneladas	% de Toneladas	% Acumulado
1	Pernos F1554 + perno A307	19,9	43,6%	44%
2	Varilla corrugada roscada 1" y accesorios	9,4	20,6%	64%
3	Cuñas-planchuela-centrador plástico	4,8	10,5%	75%
4	Tillo hex + Tcas	3,1	6,8%	81%
5	Perno a449	2,9	6,3%	88%
6	Cadenas	2,6	5,7%	93%
7	Pernos variados	0,8	1,8%	95%
8	Tobera sp 52970-08 y esparrago sp 54242-31	0,7	1,6%	97%
9	Anclajes	0,6	1,4%	98%
10	Perno sp 54242-45 d/masa Tillo	0,2	0,5%	99%
11	Anclaje met vs-25 9.5x67mm Inox. 310	0,2	0,4%	99%
12	Placas de aluminio perforadas	0,1	0,3%	100%
13	Pasador Inox. 420 SP 04H05-61	0,1	0,3%	100%
14	Cuña en acero A36 para perno de 1"	0,1	0,2%	100%
	Total	45,57873	100%	

En la Ilustración 2 se presenta el diagrama de Pareto según los valores hallados



**Ilustración 2** Diagrama de Pareto para cantidad producida en Toneladas.

Como se puede observar en los diagramas de Pareto los productos más fabricados según la clasificación planteada se detallan en la Tabla 7:

**Tabla 7:** Resumen de los diagramas de Pareto

Ordenes de producción			Kilogramos procesados		
Jerarquía	Producto	%	Jerarquía	Producto	%
1	Pernos F1554 + Per.A307	41,5%	1	Pernos F1554 + Per.A307	43,6%
2	Tllo hex. + Tcas	30,2%	2	Varilla corrugada roscada 1" y accesorios	20,6%
3	Pernos variados	11,3%	3	Cuñas-planchuela-centrador plástico	10,5%
	<b>total</b>	<b>83,0%</b>	4	Tllo hex + Tcas	6,8%
			<b>total</b>	<b>81,5%</b>	

En ambos diagramas de Pareto se encuentran casi los mismos productos, confirmando que dichas referencias tienen mayor fabricación en la planta de forjados

### Productos con mayor demanda

Se definen como los productos de mayor fabricación:

- Pernos F1554 + Per.A307
- Tllo hex. + Tcas
- Pernos variados
- Varilla corrugada roscada 1" y accesorios
- Cuñas-planchuela-centrador plástico

### 5.2 Procesos productivos y equipos de mayor uso

Para los productos, previamente seleccionados, se listan los procesos necesarios para su fabricación y las maquinas disponibles en la planta para desempeñar tal actividad.

- **Pernos F1554 + Per.A307**

**Tabla 8:** Procesos y máquinas para la elaboración de los pernos F1554+ pernos A307

ÍTEM	PROCESO	MÁQUINA Opc.1	MÁQUINA Opc.2	MÁQUINA Opc.3
1	Corte	Sierra CNC	Sierra "manual"	NA
2	Centro punto	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
3	Torno laminación	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
4	Rebaba	Esmeril 1	Esmeril 2	NA
5	Rosca laminación	Laminadora	NA	NA
6	Tratamiento	Horno Tratamientos (1)	Horno Tratamientos (2)	Horno Tratamientos (3)

- **Tllo hex. + Tcas**

**Tabla 9** Procesos y máquinas para la elaboración de Tllo hex. + Tcas

ÍTEM	PROCESO	MÁQUINA Opc.1	MÁQUINA Opc.2	MÁQUINA Opc.3
1	Corte	Sierra CNC	Sierra "manual"	NA
2	Centro punto	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
3	Forja	Troqueladora Toledo	Troqueladora horizontal	NA
4	Torno laminación	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
5	Rebaba esmeril	Esmeril 1	Esmeril 2	Esmeril 2
6	Rosca laminación	Laminadora	NA	NA

- **Pernos variados**

**Tabla 10** Procesos y máquinas para la elaboración de Pernos variados

ÍTEM	PROCESO	MÁQUINA Opc.1	MÁQUINA Opc.2	MÁQUINA Opc.3
1	Corte	Sierra CNC	Sierra "manual"	NA
2	Centro punto	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
3	Forja	Troqueladora Toledo	Troqueladora horizontal	NA
4	Torno laminación	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
5	Rebaba esmeril	Esmeril 1	Esmeril 2	Esmeril 2
6	Rosca laminación	Laminadora	NA	NA
7	Rosca Mecanizada	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji

- **Varilla corrugada roscada 1" y accesorios**

**Tabla 11** Procesos y máquinas para la elaboración de Varilla corrugada roscada 1" y accesorios

ÍTEM	PROCESO	MÁQUINA Opc.1	MÁQUINA Opc.2	MÁQUINA Opc.3
1	Corte	Sierra CNC	Sierra "manual"	NA
2	Centro punto	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
3	Forja	Troqueladora Toledo	Troqueladora horizontal	NA
4	Torno laminación	Torno CNC Okuma	Torno CNC Yang	Torno CNC Baoji
5	Rebaba esmeril	Esmeril 1	Esmeril 2	NA
6	Rosca laminación	Laminadora	NA	NA

- **Cuñas-planchuela-centrador plástico**

**Tabla 12** Procesos y máquinas para la elaboración de Cuñas-planchuela-centrador plástico

ÍTEM	PROCESO	MÁQUINA Opc.1	MÁQUINA Opc.2	MÁQUINA Opc.3
1	Mecanizado	Centro de mecanizado Leadwell	NA	NA
2	Perforación y fresado	Taladro fresador (1)	Taladro fresador (2)	NA
3	Rebaba esmeril	Esmeril 1	Esmeril 2	NA

### 5.2.1 Resumen de máquinas identificadas con mayor uso en la planta de forjas

En la columna de la izquierda se lista la totalidad de las maquinas que cuenta el área productiva para fabricar los productos ya clasificados, y en la columna de la derecha están las maquinas que más carga tienen al ser la primera opción para fabricar estos productos, por consiguiente, su uso es mayor.

**Tabla 13** Máquinas identificadas con mayor uso en la planta de forjas

Ítem	listado total de máquinas para realizar los procesos	Ítem	Primeras opciones para fabricación
1	Sierra CNC	1	Sierra CNC
2	Sierra "manual"	2	Torno CNC Okuma
3	Torno CNC Okuma	3	Torno CNC Baoji
4	Torno CNC Baoji	5	Laminadora
5	Torno CNC Yang	6	Horno Forja (1)
6	Esmeril 1	7	Troqueladora Toledo
7	Esmeril 2	8	Centro de mecanizado Leadwell
8	Laminadora		
9	Horno Forja (1)		
10	Horno Tratamientos (2)		
11	Horno Tratamientos (3)		
12	Troqueladora Toledo		
13	Troqueladora horizontal		
14	Centro de mecanizado Leadwell		
15	Taladro fresador (2) (First)		

### 5.3 Ficha técnica de los equipos de mayor uso

Se construyó la ficha técnica de los equipos a partir de archivos que contienen información técnica de los equipos, estos documentos fueron adquiridos con la compra de máquinas, cabe resaltar que la mayoría de los equipos comprados por SISPRO S.A. son de segunda mano, y en la mayoría de los casos esta información no se entrega con la venta de una máquina, por lo que la mayoría de la información de la ficha fue hallada por trabajo de campo e investigación de características de equipos con capacidades, marca y versiones similares.

### 5.4 Presupuesto para gastos de mantenimiento

Luego de consultas al área financiera y costos de la compañía se encontró que SISPRO S.A. no dispone de un presupuesto para mantenimiento de maquinaria; en el presente año se inició un centro de costos para la maquinaria que presenta mayor carga de producción, dicho archivo es para llevar un control del consumo que generan estos equipos por mantenimientos

correctivos y a futuro poder utilizar esta información como base para definir un presupuesto para el área de mantenimiento.

## 5.5 Eficiencia global de planta OEE

Se presentan los datos hallados para definir los indicadores que componen al OEE.

### 5.5.1 Disponibilidad

De la encuesta realizada se obtienen los siguientes datos

**Tabla 14:** Resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas

Número de veces por	Máquina	Operarios		Técnico	
		Veces	Duración	Veces	Duración
		Unidad	[h]	Unidad	[h]
Año	Horno de tratamientos	3	6	1	4
	Troqueladora Toledo	1	4	2	8
	Sierra CNC	1	6	1	6
Mes	Laminadora de Roscas	8	1	3	6
	Fresadora Leadwell	6,5	1	1	8
	Torno CNC Baoji	8	1	1	12
	Torno Okuma	10	1	1	4

Para la jornada laboral se eliminaron los días dominicales y los días festivos [7]

Aplicando la ecuación (8) para 2 turnos por día, 8 horas por turno, 244 días laborados por año se obtiene:

$$JL = 2 \frac{\text{Turno}}{\text{día}} \times 8 \frac{\text{horas}}{\text{Turno}} \times 244 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 3094 \frac{\text{hora}}{\text{año}}$$

Según la encuesta realizada el valor de *HPM* es de 418 horas; para llegar a este valor, se tomó el resultado numérico de las encuestas operando los valores críticos (mayores) suministrados, ya haya sido por el mecánico o el operario para cada máquina; luego mediante la ecuación (2) se obtiene el siguiente resultado.

$$\text{Disponibilidad} = 89,3\%$$

Dentro de los reportes que más veces se repite, según el personal técnico operativo y de mantenimiento, por maquina están las siguientes acciones correctivas:

### Horno de tratamientos

- Cambio de tubería.
- Balanceo aspas Blower.
- Apriete y ajuste de sujeción del Blower.

### Troqueladora Toledo

- Cambio de Tornillo de ariete.
- Rectificado de mesa de montaje.

### Laminadora de Roscas

- Cambio de dado en el empalme de cardanes.
- Cambio de rodamientos en los brazos de transmisión.

### Sierra CNC

- Ajuste y calibración en la electroválvula de accionamiento.
- Limpieza de lubricante.

### Fresadora Leadwell

- Ajuste y calibración de electroválvula de control de magazín
- Limpieza de fuga en sistema de bombeo de refrigeración

### Torno CNC Baoji

- Ajuste, calibración y cambio de sensores (encoder).
- Ajuste y calibración del porta-herramientas.

#### 5.5.2 Eficiencia

Las capacidades de operación varían para cada máquina, a continuación, se detalla cada una de ellas:

- **Torno CNC Okuma:** A lo largo de su funcionamiento en el año 2018 duro 2 meses con una torreta, teniendo capacidad para 2, es decir 2 meses al 50% y 10 meses al 100%

$$E_O = \frac{2}{12} * 50\% + \frac{10}{12} * 100\% = 91,7\%$$

- **Torno CNC Baoji:** A lo largo de su funcionamiento en el año 2018 duro 7 meses con una herramienta, teniendo capacidad para 4, es decir 7 meses al 25% y 5 meses al 100%

$$E_B = \frac{7}{12} * 25\% + \frac{5}{12} * 100\% = 56,3\%$$

- **Centro de mecanizado Leadwell:** A lo largo de su funcionamiento en el año 2018 duro 2 meses con una herramienta, teniendo capacidad para 16, es decir 2 meses al 6.25% y 10 meses al 100%.

$$E_L = \frac{2}{12} * 6.25\% + \frac{10}{12} * 100\% = 84.4\%$$

- **Laminadora:** la maquina está diseñada para hacer roscas con un solo pasón, pero a lo largo del año 2018 fue necesario de 2 hasta 4 pasones para poder realizar la rosca; por lo que se promedia y se realiza la comparación con 3 pasones reales funcionando a un tercio de su capacidad

$$E_{lr} = \frac{1}{3} * 100\% = 33.33\%$$

- **Proceso de Forjas:** comprende el horno y la troqueladora Toledo, el proceso está restringido por la capacidad del horno de calentar las piezas, por eficiencia energética se determinó que está funcionando a un 75% según estudios realizados mediante análisis termográfico [9], con lo cual se puede determinar una eficiencia de proceso mediante el producto de ambas eficiencias

$$E_F = 75\% * 100\% = 75\%$$

- **Sierra CNC:** La eficiencia de la maquina se ve afectada por el tiempo de montaje que tarda el operario para dar inicio al corte, ya que debe ubicar, según el diámetro, varios ejes y amarrarlos previamente a dar ciclo Start; la eficiencia medida del operario es del 85%, dato hallado de la duración promedio que tarda la maquina en cortar la totalidad de materia prima por montaje versus el tiempo que tarda el operario en ejecutar el montaje.

$$E_S = \frac{T_{total\ corte} - T_{montaje}}{T_{total\ corte}} = \frac{20min - 3min}{20min} * 100\% = 85\%$$

Promedio de las eficiencias:

$$Eficiencia_{promedio} = 70,9\%$$

### 5.5.3 Calidad

Valor hallado de un archivo suministrado por el área de calidad en el cual se documentan las eventualidades de productos no conforme por orden de producción para cada mes (este archivo se empezó a llevar desde agosto del 2018); después cruzando los datos con la cantidad de ordenes procesadas para cada mes, se determinó de las ordenes que están en curso cuantas presentaban algún reporte de producto no conforme en alguno de sus procesos, también a la hora se suministra el archivo el área de calidad informa que en promedio la proporción que presenta novedades de las ordenes reportadas es de hasta un 50%, en la Tabla 15 se presenta el resultado del indicador de calidad aplicando la ecuación (3) en función de los datos encontrados en el archivo suministrado por el área.

**Tabla 15** Indicador de calidad mes a mes en función de la cantidad de reportes de producto no conforme debido al funcionamiento de los equipos.

Mes de reporte	Cantidad de ordenes con reporte	50% la orden con novedades	Cantidad de ordenes procesadas	% de calidad
ago-18	1	0,5	19	97,4%
sep-18	5	2,5	13	80,8%
oct-18	1	0,5	24	97,9%
nov-18	12	6	20	70,0%
dic-18	10	5	15	66,7%
ene-19	5	2,5	21	88,1%
feb-19	8	4	22	86,4%
mar-19	7	3,5	25	86,0%
abr-19	8	4	25	84,0%
may-19	2	1	11	90,9%
jun-19	3	1,5	18	91,7%
			<b>Promedio</b>	<b>85,43%</b>

Según los datos históricos de calidad a lo largo del último año desde el mes de agosto hasta junio del presente año se encuentra un valor promedio de calidad equivalente a:

$$\text{Calidad} = 85,4\%$$

Obteniendo el valor para disponibilidad, eficiencia y calidad se determina el valor del indicador OEE.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 89,3\% \times 70,9\% \times 85,4\% = 54,1\%$$

#### 5.5.4 Relación mes a mes entre el indicador OEE vs la utilidad de la empresa

Tomando constantes los valores hallados de disponibilidad y eficiencia se define el OEE mes a mes en función del indicador de calidad.

$$\text{Disponibilidad} = 89,3\%$$

$$\text{Eficiencia}_{\text{promedio}} = 70,9\%$$

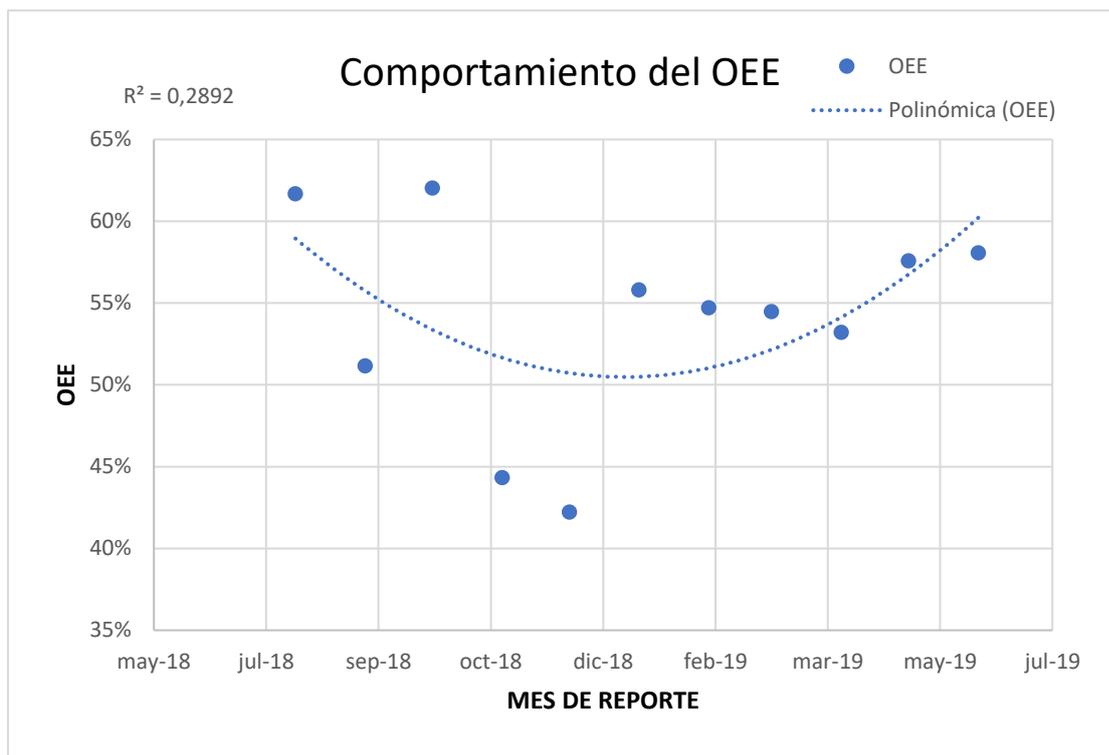
$$\text{OEE}_{\text{por mes}} = 89,3\% * 70,9\% * \text{Calidad}_{\text{por mes}}$$

Variación del OEE en función del indicador de calidad de mes a mes.

**Tabla 16** Valor mes a mes del indicador OEE

Mes de reporte	% de calidad	OEE
ago-18	97,4%	61,7%
sep-18	80,8%	51,2%
oct-18	97,9%	62,0%
nov-18	70,0%	44,3%
dic-18	66,7%	42,2%
ene-19	88,1%	55,8%
feb-19	86,4%	54,7%
mar-19	86,0%	54,5%
abr-19	84,0%	53,2%
may-19	90,9%	57,6%
jun-19	91,7%	58,1%

El comportamiento de los datos que se relacionan en Tabla 16 se representa en la Ilustración 3.



**Ilustración 3** Comportamiento mes a mes del indicador OEE en función del indicador de calidad

El modelo de regresión lineal que representa el mejor ajuste es polinómica, a pesar que este modelo de línea de tendencia es el que mejor se ajusta al comportamiento de los datos, no representa el comportamiento, debido a que tiene una similitud del 29%; este comportamiento se puede atribuir a la variación constante que se tiene de cantidad de ordenes de producción con productos diferentes. Y los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad están directamente relacionados con la carga laboral de la compañía SISPRO S.A.

### Utilidad de la compañía

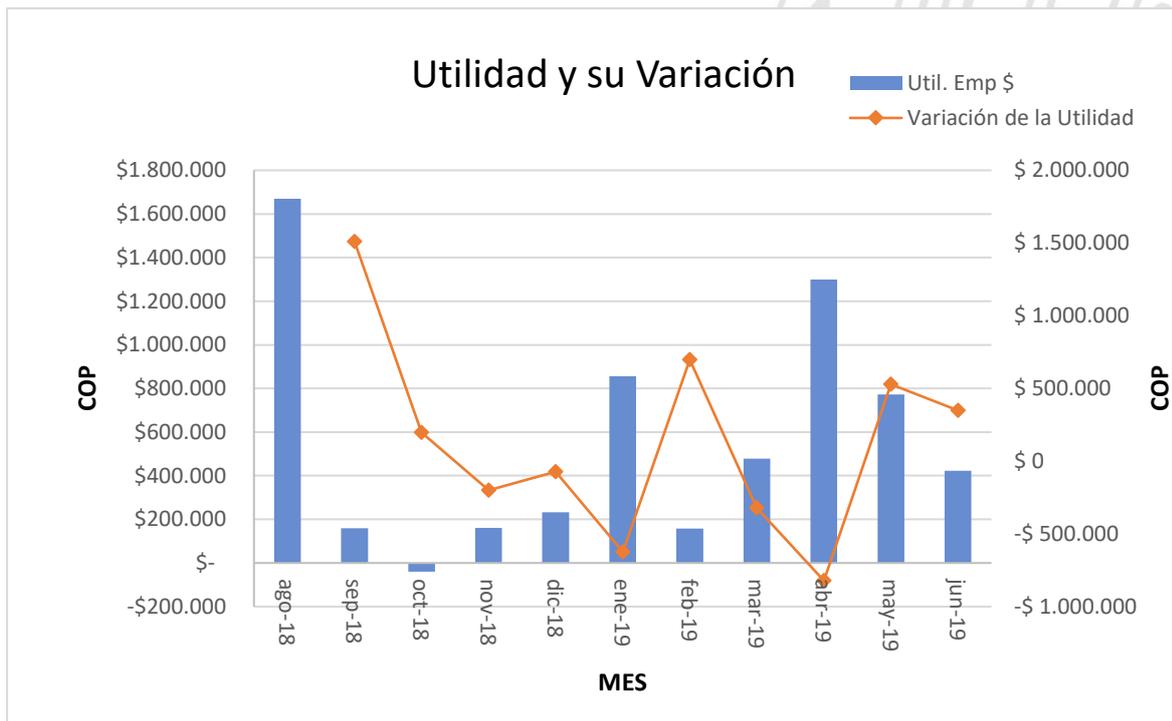
Dato suministrado por el área de costos de la compañía para los meses correspondientes al OEE hallado.

La compañía solicita plantear el análisis con valores representativos que expongan el comportamiento de la utilidad, que tengan un comportamiento equivalente para poder llevar a cabo el estudio, los datos se presentan en Tabla 17. Donde la variación se define por la ecuación ( 6)

**Tabla 17** Utilidad y variación mes a mes de la compañía por producción en la planta de forjados

Mes de reporte	Util. Emp \$	Variación de la Utilidad
ago-18	\$ 1.669.361	
sep-18	\$ 158.679	\$ 1.510.682
oct-18	-\$ 39.156	\$ 197.835
nov-18	\$ 160.901	-\$ 200.057
dic-18	\$ 233.069	-\$ 72.168
ene-19	\$ 855.787	-\$ 622.718
feb-19	\$ 157.624	\$ 698.164
mar-19	\$ 478.062	-\$ 320.438
abr-19	\$ 1.300.000	-\$ 821.938
may-19	\$ 771.913	\$ 528.087
jun-19	\$ 423.321	\$ 348.592

El comportamiento de los datos que se presentan en Tabla 17 se evidencia en la Ilustración 4.



**Ilustración 4** Comportamiento de la utilidad y su variación mes a mes

Como se puede detallar la volatilidad de los datos no permite generalizar una tendencia; una vez más la implicación que los productos se fabriquen a la medida y necesidad del cliente generan un comportamiento atípico en la utilidad de la compañía.

El comportamiento de los datos no permite establecer una tendencia que represente el modelo real, por lo que se establecen proyecciones de mejora porcentuales desde el promedio hallado hasta el límite establecido por el resultado hallado ( $OEE = 54,1\%$ ) en el comportamiento del mercado en el análisis de benchmarking.

## 5.6 Benchmarking

Para encontrar los datos necesarios para definir el ROA, se descargó de la página de la superintendencia de sociedades el balance general de los estados financieros de las compañías en estudio, donde se obtiene el resultado del ejercicio o utilidad neta y los activos totales; como criterio de análisis se estableció un mismo periodo contable equivalente al año 2015, año en el que se dispone de la información para todas las compañías.

En la Tabla 18 se muestran los datos resultado de la investigación y el ROA según la ecuación (4)

**Tabla 18** Estados financieros en el año 2015 para determinar el indicador ROA.

Periodo de estudio 2015	Utilidad neta	Total activo	ROA
<b>Industrias Gutembergto S.A</b>	\$ 344.032	\$ 21.077.115	1,63%
<b>Forjas Bolivar S.A.S:</b>	\$ 2.534.697	\$ 42.411.081	5,98%
<b>Industrias CATO S.A.S</b>	\$ 656.391	\$ 11.915.179	5,51%
<b>Arcoli S.A.S</b>	\$ 883.647	\$ 11.926.043	7,41%
<b>Sispro S.A.</b>	\$ 917.096	\$ 11.583.240	7,92%

Antes de definir el estado de la compañía SISPRO S.A. en el mercado es importante tener en cuenta algunos detalles que se evidencian para el ROA; según la literatura un valor favorable para el ROA debe superar el 5% y para el sector y las compañías analizadas este aspecto se cumple; basado en este criterio y en los resultados encontrados se construye la siguiente clasificación para estar monitoreando para futuras comparaciones del ROA.

Teniendo el menor registro de 1,63% de industrias Gutembergto S.A., se establece que inferior a esta cifra el ROA es inaceptable. En el rango de 1,63% a 5% se puede considerar regular. De 5% al 7% aceptable y de 7% en adelante bueno; esta información se resume en la Tabla 19.

**Tabla 19** Distribución del ROA según el sector analizado

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Bueno</b>	ROA > 7%
<b>Aceptable</b>	7% > ROA > 5%
<b>Regular</b>	5% > ROA > 1,6%
<b>Inaceptable</b>	1,6% > ROA

Para la construcción de los rangos en los que aplicaría una la clasificación para la actividad industrial relacionada con la fabricación de tornillería especial, se tomó un mismo periodo de estudio, equivalente al año 2015, como se evidencia en la Tabla 18; ahora, se ubica en esta clasificación el comportamiento del ROA para el año 2018; año en el que se realizó el análisis del indicador OEE.

**Tabla 20** Clasificación del ROA para SISPRO S.A. equivalente al año 2018

<b>Periodo de estudio 2018</b>	<b>Utilidad neta</b>	<b>Total activo</b>	<b>ROA</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Sispro S.A.</b>	\$ 1.825.144	\$ 29.501.390	6,19%	Aceptable

Con respecto a la clasificación realizada, el valor actualizado del ROA en la compañía SISPRO S.A. evidencia la posibilidad de mejora; para relacionar este hecho con el estado de los equipos de la planta de forjado, se realiza una clasificación del OEE vinculada a la clasificación del ROA a través de la utilidad de la compañía; para definir estos rangos se usó la información suministrada tanto por el área de costos y finanzas como del valor del OEE para cada mes definido en función del registro y seguimiento del área de calidad;; en la Tabla 21 se muestra la clasificación.

**Tabla 21** Relación del OEE con el ROA mediante la utilidad

Ítem de reporte	Util. Emp \$	Rango Utilidad	%ROA	%OEE	Rango %OEE	Clasificación
1	\$ 16.693.608	U > \$16.693.607	ROA > 7%	62%	OEE > 62%	Bueno
2	\$ 13.000.000	\$16.693.607		62%	62%	
3	\$ 8.557.873	> U >	7% > ROA > 5%	58%	>OEE>	Aceptable
4	\$ 7.719.128	\$7.719.127		58%	58%	
5	\$ 4.780.618	\$7.719.127		56%	58%	
6	\$ 4.233.206	> U >	5% > ROA > 1,6%	55%	>OEE>	Regular
7	\$ 2.330.693	\$1.576.236		54%	42%	
8	\$ 1.609.012			53%		
9	\$ 1.586.785	\$1.576.236		51%	42%	
10	\$ 1.576.237	> U	1,6% > ROA	44%	> OEE	Inaceptable
11	-\$ 391.562			42%		

Dada la clasificación del ROA y el OEE SISPRO S.A. se ubica en un estado regular ya que por la ecuación (1) el valor del OEE es igual al 54,1%

## 5.7 Propuesta a la compañía

Basado en el análisis realizado de rentabilidad del negocio soportado en el estado de la maquinaria, los indicadores de mantenimiento y el diagnóstico de cómo se realizan las funciones del mantenimiento en la compañía, se detallan los aspectos más relevantes y se presenta una propuesta que dé solución, a los fallos recurrentes y agilice las actividades de mantenimiento en la maquinaria, permitiendo impactar de manera positiva los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad.

### 5.7.1 Panorama general

Se presenta de forma detallada la forma en que se realizan las labores de mantenimiento en la compañía

¿Como se lleva a cabo el mantenimiento en Sispro?

La persona vinculada, que presta el servicio de mantenimiento, no tiene formación técnica, pero debido a su pericia y experiencia en el área, presenta soluciones eficaces a los paros de la maquinaria, su jefe directo es el supervisor de planta, y obedece a las solicitudes en cuanto a reparaciones de la maquinaria y arreglos locativos; después que se le ha informado verbalmente cual es la necesidad el acude a realizar una inspección, interrumpiendo la

tarea que está desempeñando (No hay personal administrativo que priorice las actividades de manto), luego de la inspección inicial, identifica cual es el problema y si es necesario algún(os) repuesto(s), después se encarga del desplazamiento y consecución de los repuestos y el mismo se encarga de la consecución del mismo (No hay personal administrativo que gestione con los proveedores de repuestos), (el único técnico de la compañía realiza múltiples tareas las cuales atendiendo la solicitud que se perciba con mayor prioridad.

### **5.7.2 Alternativas de acción**

#### **Personal de mantenimiento**

Dada la condición actual de SISPRO S.A. en el mercado y con las cifras existentes de utilidad y estado de la maquinaria se proponen labores de diagnóstico, inspección y reparación de la maquinaria que impacta negativamente los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad. A continuación, se presentan algunas actividades discriminadas para influir en cada indicador:

#### **Disponibilidad**

Hacer un chequeo rutinario de inspección y seguimiento a los aspectos mencionados en los paros de la maquinaria debido a acciones correctivas que reportan tanto el personal de operaciones como el de mantenimiento.

#### **Eficiencia**

Generar un plan de diagnóstico para verificar la posibilidad de recuperar las capacidades perdidas, con las que fue diseñada la maquinaria analizada.

#### **Calidad**

Establecer un análisis de calibración para las maquinas que tienen mayor generación de fabricación de producto no conforme, e identificar los elementos a ajustar o reemplazar.

El técnico de la compañía debe estar al mando de una figura superior que canalice las solicitudes para distribuir según la prioridad cada requerimiento, de igual forma debe tener la capacidad de implementar los planes de acción propuestos para mejorar cada indicador, sumado al seguimiento y control de los indicadores para confirmar el resultado del plan de acción.

No es conveniente aplicar en primera instancia una filosofía de mantenimiento, es importante que se analicen sus bases teóricas y primeros pasos, para iniciar la construcción de una base de datos de la maquinaria, que permita a mediano plazo (1 año) proponer la filosofía más adecuada.

## **6 Conclusiones**

A pesar de que los valores mes a mes del indicador OEE relacionado con la utilidad no son concluyentes en cuanto el máximo valor a obtener sin comprometer la utilidad de la compañía, si establece un punto de partida y un una cifra objetivo a alcanzar dados los rangos establecidos en el benchmarking, el cual establece que la empresa con el OEE que tiene (54,1%) está en el rango bueno de ROA (6,2%), permitiendo implementar labores de mantenimiento sin arriesgar de manera peligrosa la rentabilidad de SISPRO S.A. de manera, aun así se proponen labores conservadoras de actividades de mantenimiento específicas para favorecer directamente los indicadores sin comprometer grandes recursos humanos y económicos, por lo cual más que un área de mantenimiento se plantea una reorganización del recurso existente para obtener mejores resultados con el mismo costo.

Se encontró que la maquinaria tiene modos de falla que afectan directamente los indicadores de disponibilidad, eficiencia y calidad, aun así se presenta un resultado favorable en los balances generales analizados, sin embargo, en la clasificación que se tiene el estado de los equipos (regular) permite proponer proyecciones de mejoras y así aumentar la capacidad de planta que permita disminuir los tiempos de entrega y posesionar en el mercado el sello de la compañía en cuanto a cumplimiento y calidad

## 7 Referencias bibliográficas

[1] Zambrano, Sony et Al. Fundamentos Básicos de Mantenimiento. FEUNET (2007). 128p.

[2] Slideshare.net. (2019). Mantenimiento En Latinoamérica. [online] Available at:  
[https://www.slideshare.net/mantonline?utm\\_campaign=profiletracking&utm\\_medium=sssiste&utm\\_source=ssslideview](https://www.slideshare.net/mantonline?utm_campaign=profiletracking&utm_medium=sssiste&utm_source=ssslideview) [Accessed 20 Jan. 2019].

[3] Garrido, S. (2019). Tipos de Mantenimiento. [online] [www.mantenimientopetroquimica.com](http://www.mantenimientopetroquimica.com). Available at:  
<http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/2-tipos-de-mantenimiento> [Accessed 20 Jan. 2019].

[4] Y. Rodriguez, "Programa de capacitación para el desarrollo del personal de Armalco S.A.," Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2013.

[5] [Pie.supersociedades.gov.co](http://pie.supersociedades.gov.co). (2019). [online] Available at:  
<http://pie.supersociedades.gov.co/Pages/default.aspx#/> [Accessed 5 Oct. 2019].

[6] Pistarelli, A. (2010). Manual de mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización. 1st ed. Buenos Aires.

[7] [Colombia.workingdays.org](https://colombia.workingdays.org). (2019). Días laborables en año 2018 en Colombia. [online] Available at:  
[https://colombia.workingdays.org/dias\\_laborables\\_feridos\\_2018.htm#aewd](https://colombia.workingdays.org/dias_laborables_feridos_2018.htm#aewd) [Accessed 6 Oct. 2019].

[8] Mateos, S. (2019). ¿Qué es el ROA? o conocido como Return On Assets. [online] [Economía Finanzas](https://www.economiafinanzas.com). Available at:  
[https://www.economiafinanzas.com/que-es-el-roa/#El\\_ROA\\_facilita\\_la\\_comparacion\\_entre\\_empresas](https://www.economiafinanzas.com/que-es-el-roa/#El_ROA_facilita_la_comparacion_entre_empresas) [Accessed 28 Sept. 2019].

[9] Gil Rodas, P. (2018). Diseño y prefabricación de un horno para el proceso de forjado destinado a la empresa SISPRO S.A. 1st ed. Medellín-Colombia.

[10] Tornillos gutemberto. (2019). *Tornillos Gutemberto | Tornillos, tuercas y desarrollos especializados*. [online] Available at: <https://tornillosgutemberto.site/> [Accessed 9 Sep. 2019].

[11] Forjasbolivar.com. (2019). *Compañía*. [online] Available at: <https://www.forjasbolivar.com/nosotros/1/1/fb3/> [Accessed 9 Sep. 2019].

[12] Cato.com.co. (2019). [online] Available at: <http://www.cato.com.co/quienes-somos> [Accessed 9 Sep. 2019].

[13] Catalogo.procolombia.co. (2019). [online] Available at: <https://catalogo.procolombia.co/es/arcoli-S.A.S.-699> [Accessed 9 Sep. 2019].





Anexo 2 Formato ficha técnica diligenciado las características de la fresadora CNC  
Leadwell

<h1>FICHA TÉCNICA</h1>		 Sistemas Integrales de Alta Producción			
					
NOMBRE: Centro de mecanizado vertical		UBICACIÓN: Forjas			
FABRICANTE: Leadwell		CONSUMO ENERGÉTICO: 3,73 Kw			
MODELO: MCV-OP		PESO	ALTO	LARGO	ANCHO
		3000 kg	2800 mm	1250 mm	2440 mm
FUNCIONES Y CAPACIDADES		MANTENIMIENTO Y CONSUMIBLES			
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fresado en escuadra</li> <li>-Planeado</li> <li>-Corte</li> <li>-Ranurado</li> </ul> <p>Recorrido en X: 500 mm                      Recorrido en Y: 350 mm                      Recorrido en Z: 400 mm                      Velocidad husillo: 60-6.000 rpm                      Cono ISO 40                      Sistema de control Fanuc Series O-M</p>					
VALOR:		FECHA ADQUISICIÓN:			
TIEMPO MONTAJE: 1-50 min		TIEMPO DE USO:			
OPERARIOS: -CARLOS MARIO MEJÍA -JUAN ESTEBAN PALACIO					