

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**



**“PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE ALQUILER Y VENTA  
DE MAQUINARIA PESADA PARA MINERÍA Y  
CONSTRUCCIÓN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR  
TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**EDWIN DANIEL RÍOS PÉREZ**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24- Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA  
MOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMIA Y PLANIFICACION**

**“PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA DE ALQUILER Y VENTA DE  
MAQUINARIA PESADA PARA MINERÍA Y CONSTRUCCIÓN”**

PRESENTADO POR:

**EDWIN DANIEL RIOS PEREZ**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTAR EL TITULO DE  
**INGENIERO EN GESTION EMPRESARIAL**

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO

M. Sc. María Inés Núñez Gorriti  
PRESIDENTE

Dra. Vilma Elvira Gómez Galarza  
ASESORA

Dr. Ampelio Ferrando Perea  
MIEMBRO

Dr. Jimmy Oscar Callohuanca Aceituno  
MIEMBRO

LIMA-PERÚ

2021

## **DEDICATORIA:**

A mi padre Edwin, quien me alentó  
para continuar cuando estaba por rendirme,  
por ser mi ejemplo y modelo a seguir en la vida.

A mi madre María, quien nunca dejó de creer  
en mi, a pesar de las adversidades.

Este trabajo es para ustedes.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos.....	2
III. CUERPO DEL TRABAJO.....	2
3.1. Intervención del profesional de la carrera de Ing. Gestión Empresarial UNALM .....	2
3.1.1. Descripción de las funciones desempeñadas en Unimaq y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional .....	2
3.1.2. Describir aspectos propios de la puesta en práctica de lo aprendido durante los cinco años de estudio .....	4
3.1.3. Contribución en la solución de situaciones problemáticas que se hayan presentado en su estancia en la empresa.....	5
3.1.4. Análisis de su contribución en términos de las competencias y habilidades adquiridas en su formación profesional, considerando la revisión de literatura actualizada y pertinente .....	5
3.1.5. Explicar el nivel de beneficio obtenido por el centro laboral de su contribución a la solución de las situaciones problemáticas.....	6
3.2. Revisión de bibliografía.....	7
3.2.1. Definiciones principales.....	7
3.2.1.1. Definición de maquinaria pesada .....	7
3.2.1.2. Maquinaria pesada Caterpillar .....	7
3.2.1.3. Venta y Alquiler de Maquinaria Pesada en Perú .....	8

3.2.1.4.	Maquinaria pesada en la modernidad .....	8
Unimaq S.A .....		8
3.2.2.	Índice de Productividad .....	8
3.2.3.	Análisis de desperdicios.....	9
3.2.4.	Planeamiento y Control de Producción (PCP).....	9
3.2.5.	Proyecciones o pronósticos.....	11
3.2.6.	Optimización de los procesos .....	12
3.2.7.	Análisis de costos.....	14
3.2.8.	Ventaja Operativa .....	15
3.2.9.	Desperdicios: .....	15
3.2.10.	Riesgo operativo:.....	15
3.2.11.	Utilidad del negocio: .....	16
3.3.	Análisis de la situación actual: baja productividad en el proceso de alquiler y venta de maquinaria pesada para minería y construcción .....	16
3.4.	Identificación los motivos de la baja productividad en el proceso de alquiler y venta de maquinaria pesada para minería y construcción .....	25
3.5.	Metodología y desarrollo de la implementación.....	33
3.5.1.	Problemática .....	33
3.5.1.1.	Problema Principal.....	33
3.5.1.2.	Problemas específicos.....	33
3.5.1.3.	Limitaciones.....	34
3.5.1.4.	Alcance .....	34
3.5.1.5.	Herramientas .....	34
3.5.2.	Organización del equipo del proyecto .....	35
3.6	Proceso de elaboración del proyecto .....	35
3.6.1.	Ruta metodológica .....	35
3.6.1.1	Solución de problemas específicos .....	37
3.6.1.2	Solución de problema general.....	43

3.6.1.3. Implementación a nivel nacional .....	46
3.7. Logros obtenidos .....	48
3.7.1. Indicadores .....	48
3.7.2. Beneficio .....	48
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES].....	51
4.1. Conclusiones.....	51
4.2. Recomendaciones .....	51
V. Bibliografía.....	52
VI. ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Total Facturación de alquiler y ventas de maquinaria pesada 2015-2016 .....	16
Figura 2: Comparación de facturación de ventas y alquiler de maquinaria pesada y sus costos y gastos .....	18
Figura 3: Análisis del índice de productividad mensual/anual y objetivo de la empresa	19
Figura 4: Diagrama de Pareto – Desperdicios – 2016 .....	25
Figura 5: Árbol de causas y efectos .....	27
Figura 6: Mapa de proceso productivo .....	29
Figura 7: Organigrama de implementación de Lean .....	35
Figura 8: Ruta metodológica .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de desperdicios .....	21
Tabla 2: Cálculo de índices de la situación actual .....	24
Tabla 3: Indicadores del proceso actual.....	28
Tabla 4: Cantidad de unidades.....	30
Tabla 5: Equipos en Alquiler.....	31
Tabla 6: Recursos humanos.....	32
Tabla 7: Sueldos .....	32
Tabla 8: Facturación al año 2016 – Unimaq.....	33
Tabla 9: Programación de horas no operativas .....	38
Tabla 10: DAP Proceso actual de mantenimientos preventivos .....	39
Tabla 11: Cambios en el proceso actual de ejecución de mantenimientos preventivos.	41
Tabla 12: Proceso de mejora de la ejecución de mantenimientos preventivos.....	42
Tabla 13: Reducción de tiempo por mantenimiento y servicio programado .....	43
Tabla 14: Pérdidas de calidad por desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo .....	43
Tabla 15: Implementación de mejora .....	44
Tabla 16: Análisis general de la mejora .....	46
Tabla 17: Modelo simplificado de la implementación de la mejora.....	47
Tabla 18: Comparación de indicadores de proceso actual y proceso de mejora .....	48
Tabla 19: Inversión de automatización.....	49
Tabla 20: Ahorros .....	49
Tabla 21: Escenario Esperado - Flujo de Caja del Proyecto.....	50



## PRESENTACIÓN

El presente trabajo describe la experiencia laboral durante el período 2015-2016 en la empresa Unimaq S.A., perteneciente al Grupo Ferreycorp, donde el bachiller desempeñó el cargo de asistente del área de Logística y Procesos. Se pusieron en práctica los conceptos y herramientas aprendidas en la carrera de Ingeniería Gestión Empresarial, y fue especialmente útil el enfoque integral y herramientas como Planeamiento y Control de la Producción.

Unimaq S.A. es una mediana empresa del grupo Ferreycorp dedicada a la venta y alquiler de maquinaria pesada para la industria de construcción y minería. Su sede principal está en la ciudad de Lima y tiene sucursales en Arequipa, Cajamarca, Cusco, Chiclayo, Huancayo, Ilo, Piura y Trujillo. Presta asistencia técnica en el ámbito nacional. Cuenta con un almacén de 6000 m<sup>2</sup> con un inventario de más de 1000 equipos y 70 000 repuestos originales, con una inversión aproximada USD 3 millones, con un *staff* de 711 trabajadores y 58 empresas prestadoras de servicios.

En el año 2012, debido al crecimiento de la industria de la construcción y la minería se abrieron nuevas empresas de alquiler de maquinaria pesada. Como consecuencia y para mantener sus niveles de ingresos, la empresa Unimaq S.A se planteó como objetivo elevar el índice de productividad (reducir los despilfarros) en el proceso de logística de sus recursos para venta y alquiler de maquinaria pesada. Para este fin debía de identificar las causas que influyeron en la baja productividad de los servicios para posteriormente eliminarlos o reducirlos. Justamente el bachiller participó en la solución a esta problemática y constituye el tema del trabajo profesional que se presenta.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Las empresas mineras y de construcción, en años anteriores al 2012, contaban con una flota importante de equipos pesados propios que no eran utilizados plenamente, afectando la eficiencia de sus negocios debido al tiempo muerto de uso de los equipos; en ocasiones estos solo se usaban dos horas al día. Debido a esta realidad el alquiler se consolidó como la mejor opción para estas empresas, reduciendo así los riesgos financieros y técnicos relacionados, ya que, el cliente solo tiene que pagar por el uso de los equipos. A partir de 2012, esta nueva estrategia fue generando una demanda importante para las empresas de alquiler de maquinaria pesada, que dio la posibilidad de crecer rápido y extender su negocio a las principales empresas del rubro como: Unimaq S.A., Triton S.A., Transfar S.A.C., entre otros. Sin embargo, esto duró solo algunos años, a partir de lo cual los márgenes en los precios de alquiler y venta disminuyeron debido al surgimiento de nuevas empresas de alquiler. Esta competencia generó a la empresa Unimaq S.A. la disminución de sus ingresos y la revisión de la productividad de la misma en relación con sus procesos de logística y operaciones.

Se partió de la suposición de que existían de forma generalizada tiempos muertos, tiempos de espera en los procesos que estaban de más y que podían obviarse dentro del desarrollo de los servicios que brindaba la empresa; ante esto, Unimaq S.A. puso a disposición todos los instrumentos y datos necesarios para la investigación de sus procesos. En consecuencia, al identificarse las causas de la baja productividad de los procesos, se evidenciaron los desperdicios, se determinó el problema general concluyendo que el principal problema de la producción es tener productos sobrantes y tiempos muertos en los servicios de alquiler. Cabe resaltar que el resultado de este trabajo fue implementado en el 2015 por la empresa Unimaq S.A. inicialmente en la sede principal de Lima y posteriormente en las sedes de Arequipa, Cajamarca, Cusco, Chiclayo, Huancayo, Ilo, Piura y Trujillo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Diseño e implementación de una propuesta de mejora para incrementar el índice de la productividad en los servicios de alquiler y venta de maquinaria pesada para minería y construcción en la empresa Unimaq S.A.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Optimizar el tiempo de trabajo con el fin de incrementar la productividad.
- Optimizar los procesos de mantenimientos preventivos, reduciendo el tiempo de ejecución del proceso.
- Optimizar el tiempo de rotación del personal, cambiando el régimen laboral de los trabajadores.

## **III. CUERPO DEL TRABAJO**

En esta sección se desarrolla la propuesta. Se empieza señalando la intervención del Bachiller:

### **3.1. Intervención del profesional de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial (UNALM).**

#### **3.1.1. Descripción de las funciones desempeñadas en Unimaq y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional.**

##### **a. Experiencia del profesional**

2008-2013: Bachiller de la carrera de Ingeniería en Gestión Empresarial de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

2013-2014: Constructora Corporación Valenzuela SAC. Practicante de logística.

2013-2014: Diplomado en Logística Internacional (Instituto ADEX).

2014-2015: Especialización en Operaciones y Logística (Universidad ESAN).

2015-2016: Unimaq, inicia su trabajo como auxiliar de Logística, luego asistente de Logística y Procesos y finaliza en el Área de Planeamiento de ventas y alquiler de equipos.

Aportes del profesional en la solución de la problemática 2015-2016:

- El bachiller aplicó definiciones y teorías de planeamiento y control de la producción, adaptado al proceso de ventas y alquiler de equipos pesados.
- El bachiller participó en el planteamiento de la rotación del régimen de trabajo del personal operativo.
- El bachiller conformó el equipo de identificación de las causas de baja productividad para elevar la productividad del área de ventas y alquiler de equipos pesados.
- El bachiller participó en el planeamiento de mantenimientos preventivos y correctivos.

## **b. Funciones**

- Coordinación de tiempos de entrega de productos y servicios según lo indicado en las cláusulas de OC/OS emitidas por el cliente.
- Negociación de costos de importación y fletes de los distintos equipos mediante el uso adecuado de *incoterms* (International Commercial Terms).
- Generación de órdenes de compras a proveedores nacionales e internacionales de las distintas marcas representadas.
- Seguimiento de embarques y entregas de equipos al almacén aduanero y equipos nacionalizados.
- Coordinar con fábrica el *lead time* de los equipos de alta y baja rotación.
- Coordinación con el área comercial y RRVV el estatus de pedidos de equipos y repuestos a nivel nacional e internacional.

### **3.1.2. Descripción de los aspectos propios de la puesta en práctica de lo aprendido durante los cinco años de estudio**

Las siguientes funciones están relacionadas a los diferentes campos de la carrera Ingeniería en Gestión Empresarial:

- Planificación y Control de la Producción: Eficiencia *versus* eficacia, o el patrón de que las máquinas y el personal produzcan a su máxima capacidad para reducir el costo de producción.
- Administración General: Planificar y coordinar las diferentes actividades para alcanzar una producción óptima.
- Administración de Recursos Humanos: Ausencia o renuncia de personal técnico para el cumplimiento de los planes de producción, siendo arduo conseguir personal especialista de algunos procesos o equipo específico.
- Gestión de Proyectos: Seguimientos de tiempos a las diferentes tareas asignadas y KPI's.
- Administración de Operaciones: Aplicar técnicas de planeación para tomar decisiones en la administración de sistemas de producción de bienes y servicios.
- Psicología Organizacional: Activar el potencial de realización del factor humano, propiciar el bienestar y satisfacción de los trabajadores, así como contribuir al desarrollo de las organizaciones.
- Dirección Estratégica: Búsqueda del ajuste o acoplamiento adecuado de la empresa con su entorno, que le permita sobrevivir y alcanzar los objetivos propuestos.
- Gestión de la Calidad: Problemas con la calidad de los equipos deteriorados o reparados, muchas veces por el uso de herramientas de baja calidad o averiados, etc.

### **3.1.3. Contribución en la solución de algunos problemas críticos que se presentaron durante la estancia del bachiller en la empresa.**

La función en este trabajo estuvo vinculado al planteamiento para elevar el índice de productividad en el proceso de logística de sus recursos para venta y alquiler de maquinaria pesada. Para este fin había que identificar las causas que influyen en la baja productividad de sus servicios para posteriormente eliminarlos o reducirlos y así disminuir los costos.

Actualmente, la baja productividad de 1.16 de la empresa constituye uno de los principales problemas de la mayoría de las empresas, relacionado directamente con el rendimiento de los recursos humanos cuando el negocio operativo es la provisión de servicios. La productividad de 1.16 indica que es S/ 1.16 de ingreso por cada S/ 1 de costos y gastos, y la meta de la empresa era de por lo menos 1.25.

Cabe señalar que existen diferentes situaciones en las empresas que afectan el rendimiento de la planta y, entre ellas, son pocas las que se han detenido a analizarlas y solucionarlas en Perú. La solución de la baja productividad durante el periodo de 2015-2016 se realizó con éxito logrando mejorar el proceso de alquiler y ventas de equipos pesados en la empresa Unimaq S.A.

### **3.1.4. Análisis de su contribución en términos de las competencias y habilidades adquiridas en su formación profesional**

<b>COMPETENCIAS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS EN LA FORMACION PROFESIONAL DEL BACHILLER</b>	
<b>Competencias adquiridas</b>	<b>Aplicación en el campo laboral</b>
Conocimientos básicos generales	Tener detallados y amplios conocimientos de las técnicas e instrumentos utilizados actualmente en su trabajo.
Capacidad de síntesis y análisis	Percibir más profundamente las realidades a las que nos enfrentamos, sintetizar su descripción y desarrollar nuevos conocimientos a partir de otros adquiridos.
Resolución de problemas	Analizar los problemas identificando sus aspectos más relevantes y sus causas para elegir las soluciones de mayor calidad en el plazo temporal fijado.

Toma de decisiones	Tomar decisiones de manera rápida y emitir el juicio, aunque puedan ser difíciles o arriesgados.
Capacidad de negociación	Identificar nuestras posiciones y contrapartes en una negociación, alcanzando acuerdos que beneficien a ambas partes.
Trabajo en equipo	Trabajar de manera abierta, sociable y cooperativamente con otras personas, facilitando el trabajo del equipo.
Planificación y organización	Definir prioridades, establecer los planes de acción necesarios para alcanzar las metas fijadas ajustándose a los presupuestos; distribuir los recursos; definir las metas intermedias y las contingencias que puedan presentarse; establecer las oportunas medidas de control y seguimiento.

### **3.1.5. Explicar el nivel de beneficio obtenido por el centro laboral por su contribución a la solución de las situaciones problemáticas**

- Se elevó el índice de productividad en el proceso de logística de los recursos para venta y alquiler de maquinaria pesada, al incluir aspectos de gestión empresarial con enfoque de administración de recursos humanos.
- Nuevo planteamiento de procesos logísticos como una estrategia para mantener un nivel óptimo de productividad en la empresa.
- El planteamiento sirvió para optimizar los procesos de logística y reducir los desperdicios existentes, haciendo a la empresa más rentable y competitiva.
- Se modificó el régimen laboral del personal técnico y administrativo, generando de esta manera que el personal tenga un mejor descanso y aumente el nivel de productividad.
- El bachiller obtuvo la felicitación de la alta gerencia por haber logrado con éxito el cambio del proceso.

## **3.2. Revisión de bibliografía**

### **3.2.1. Definiciones principales**

#### **3.2.1.1. Definición de maquinaria pesada.**

Maquinaria pesada se define como “Maquinaria rodante de construcción o minería: Vehículo automotor destinado exclusivamente a obras industriales, incluidas las de minería, construcción y conservación de obras, que sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas” (SUIN, 2002).

Maquinaria pesada se refiere a vehículos pesados, especialmente diseñados para ejecutar tareas de construcción, con mayor frecuencia que involucran operaciones de movimiento de tierras u otras tareas de construcción de gran tamaño. El equipo pesado generalmente comprende cinco sistemas de equipo: implementación, tracción, estructura, tren de fuerza, control e información (Tatum, Vorster, y Klingler).

Las máquinas pesadas están relacionadas principalmente con diferentes industrias como la construcción, minería y canteras, manejo de materiales, reciclaje, manejo de concreto, pavimentación y asfaltado, demolición u obras públicas y municipales. Dentro del primer grupo clasifican las excavadoras, bulldozers, cargadores, manipuladores telescópicos, grúas o camiones volquetes ordinarios, mientras que las máquinas apiladoras y perforadoras, bombas de hormigón o mezcladoras, manipuladores de materiales, máquinas de minería subterránea o adoquines se clasifican en maquinaria pesada especializada. (Seifried y Schmid).

#### **3.2.1.2. Maquinaria pesada Caterpillar**

La fabricación de vehículos para la construcción la revolucionó Benjamin Holt; quien, creó una solución para que los tractores no se hundieran en los arenosos terrenos del oeste de los Estados Unidos. Holt agregó cada vez más ruedas a sus modelos hasta el lanzamiento de la tractor oruga a principios del siglo veinte, el que inspiró a su vez los sistemas que usaron los tranques de combate en las guerras mundiales. Aunque Holt dominaba el mercado de tractores de guerra, por otro lado, Clarence Leo Best dominaba el mercado de maquinaria agrícola. En lugar de competir, ambas compañías unieron sus fuerzas en 1925 y formaron la Caterpillar Tractor Company, diferenciándose la línea de



maquinaria para construcción al pintarla de color amarillo, color que se ha mantenido hasta ahora y que otras marcas han imitado. En la actualidad la marca fabrica multitud de máquinas incluidas excavadoras, cuyas piezas son tan grandes que se necesitan varios camiones para transportarlas (Al-Aani, Darr, Powell, y Covington).

### **3.2.1.3. Venta y alquiler de maquinaria pesada en Perú**

De acuerdo con la empresa Ferreycorp en el Perú, el negocio de alquiler y venta de equipos usados de la misma había crecido más del triple en cinco años. Al 15 de diciembre de 2014, las ventas excedieron los USD 165 millones de dólares en el periodo de septiembre 2013 a septiembre 2014. Indicaron que este resultado había crecido sustancialmente con respecto a hace diez años, cuando la línea de alquiler y venta de equipos usados representaba en ventas a USD 20 millones (Ferreycorp, 2014).

### **3.2.1.4. Maquinaria pesada en la modernidad**

La modernidad ha llegado también a las compañías que comercializan estas máquinas, en especial si analizamos la variedad de repuestos y equipos Caterpillar, que ha crecido con el transcurso del tiempo. Además, desde hace unos años es posible alquilar o comprar maquinaria pesada en portales de venta *online*, donde encontramos información para adquirir de forma sencilla y cómoda uno de estos ingenios de la construcción (Agronline, 2019).

### **3.2.1.5. Unimaq S.A.**

La empresa Unimaq S.A. del Grupo Ferreycorp se especializa en el servicio integral de la venta y alquiler de equipos nuevos y usados, además del soporte posventa en el ámbito nacional. Su objetivo es ofrecer una solución integral a las necesidades de equipos de sus clientes. Otras empresas del grupo son Ferreyros S.A., Motored, Soltrak, etc.

## **3.2.2. Índice de productividad**

El índice de productividad es la relación de los resultados logrados y recursos utilizados, llegando a la conclusión de que cuanto menor sea el tiempo utilizado mayor será la productividad de la empresa (Sumanth, 2008).

$$\text{Índice de productividad} = \frac{(\text{Resultados logrados})}{(\text{Recursos utilizados})}$$

En donde:

Resultados logrados: Ganancias de Ventas y Alquiler Netas de Unimaq

Recursos utilizados: Costos directos de Unimaq (planillas, materiales empleados, etc.).

### **3.2.3. Análisis de desperdicios**

Se tomará como método el denominado “Mejora Continua o Kaizen”. Este método parte del concepto que el tiempo es el indicador de toda competitividad, reconociendo y eliminando los desperdicios de una empresa, tiene resultados concluyentes en un periodo relativamente corto y a un bajo costo, incrementando las utilidades. (Banks, 1989). Su metodología trae consigo resultados concretos, tanto cualitativos como cuantitativos, en un lapso relativamente corto y a un bajo costo (por lo tanto, aumenta el beneficio), apoyado en la sinergia que genera el trabajo en equipo de la estructura formada para alcanzar las metas establecidas por la dirección de la compañía (Omachonu y Ross, 2004).

### **3.2.4. Planeamiento y Control de Producción (PCP)**

La planificación y el control de la producción es una tarea importante del gerente de producción. Tiene que ver que el proceso de producción se decida adecuadamente por adelantado y se lleve a cabo según el plan. La producción está relacionada con la conversión de materias primas en productos terminados. Este proceso de conversión implica una serie de pasos como el de decidir qué producir, cómo producir, cuándo producir, etc. Estas decisiones son parte de la planificación de la producción. Simplemente decidir sobre la tarea no es suficiente. Todo el proceso debe llevarse a cabo de la mejor manera posible y al menor costo. El gerente de producción tendrá que ver que las cosas procedan según los planes. Esta es una función de control y debe llevarse a cabo tan meticulosamente como la planificación. Tanto la planificación como el control de la producción son necesarios para producir bienes de mejor calidad a precios razonables y de la manera más sistemática (Jeon y Kim, 2016).

La planificación y el control de la producción generalmente implican la organización y planificación del proceso de fabricación. Específicamente, consiste en la planificación del enrutamiento, programación, despacho e inspección, coordinación y control de materiales, métodos, máquinas, herramientas y tiempos de operación. El objetivo final es la organización del suministro y el movimiento de materiales y mano de obra, la utilización de la máquina y las actividades relacionadas, para lograr los resultados de fabricación deseados en términos de cantidad, tiempo y lugar (Akmal, Podgorodnichenko, Greatbanks, y Everett, 2018).

La planificación y el control de la producción es la coordinación de una serie de funciones de acuerdo con un plan que utilizará económicamente las instalaciones de la planta y regulará el movimiento ordenado de mercancías a lo largo de todo el ciclo de fabricación, desde la adquisición de todos los materiales hasta el envío de productos terminados en una tasa predeterminada (Baumung, Gloeckle, y Fomin, 2019).

La planificación y el control de la producción se refieren a dos estrategias que funcionan de manera coherente durante todo el proceso de fabricación. La planificación de la producción implica qué producir, cuándo producir, cuánto producir y más. Es necesaria una visión a largo plazo de la planificación de la producción para optimizar completamente el flujo de producción. El control de producción utiliza diferentes técnicas de control para alcanzar un rendimiento óptimo del sistema de producción para alcanzar los objetivos de rendimiento (Schuh, Reuter, Prote, Brambring y Ays, 2017). La planificación y el control de la producción es un proceso predeterminado que incluye el uso de recursos humanos, materias primas, máquinas, etc.

La PCP es la técnica para planificar cada paso en una larga serie de operaciones separadas. Ayuda a tomar la decisión correcta en el momento correcto y en el lugar correcto para lograr la máxima eficiencia (Reuter, Brambring, Hempel y Kopp, 2017).

### **3.2.5. Proyecciones o pronósticos**

Pronosticar es determinar lo que sucederá en el futuro analizando lo que sucedió en el pasado y lo que sucede en el presente. Es una herramienta de planificación que ayuda a las personas de negocios en sus intentos de hacer frente a la incertidumbre de lo que podría ocurrir y lo que no. El pronóstico se basa en datos y análisis de tendencias pasadas y actuales. La administración de la empresa, los departamentos gubernamentales, los economistas y los inversores utilizan pronósticos para decidir cómo asignar sus recursos y preparar informes. También lo usan para planificar los gastos anticipados. En lo que respecta a las empresas, esto se basa principalmente en la demanda prevista de sus bienes o servicios (Walpole, Myers R., Myer S., y Ye, 2007).

El pronóstico comienza con ciertos supuestos basados en la experiencia, el conocimiento y el juicio de la gerencia. Estas estimaciones se proyectan en los próximos meses o años utilizando una o más técnicas, como los modelos de Box-Jenkins, el método Delphi, el suavizado exponencial, los promedios móviles, el análisis de regresión y la proyección de tendencias. Dado que cualquier error en los supuestos dará como resultado un error similar o ampliado en el pronóstico, se utiliza la técnica de análisis de sensibilidad que asigna un rango de valores a los factores inciertos (variables). (Poll, Polyvyanyy, Rosemann, Röglinger, y Rupprecht, 2018).

La proyección o pronóstico determina la precisión y el poder requeridos de las técnicas, y por lo tanto gobierna la selección. Decidir si ingresar a un negocio puede requerir solo una estimación bastante torpe del tamaño del mercado, mientras que un pronóstico hecho con fines presupuestarios debe ser muy preciso. Las técnicas apropiadas difieren en consecuencia. Si el pronóstico es establecer un "estándar" para evaluar el desempeño, el método de pronóstico no debe tener en cuenta acciones especiales, como promociones y otros dispositivos de marketing, ya que están destinados a cambiar patrones y relaciones históricas y, por lo tanto, formar parte del "desempeño" a ser evaluado. Los pronósticos que simplemente bosquejan cómo será el futuro si una empresa no realiza cambios significativos en las tácticas y estrategias generalmente no son lo suficientemente buenos para fines de planificación. Por otro lado, si la gerencia quiere un pronóstico del efecto que una determinada estrategia de marketing en debate tendrá sobre el crecimiento de las

ventas, entonces la técnica debe ser lo suficientemente sofisticada como para tener en cuenta explícitamente las acciones y eventos especiales que conlleva la estrategia. (Vlasov, Novikov A., Novikov I. y Shevtsova, 2018)

El pronóstico se refiere a la práctica de predecir lo que sucederá en el futuro teniendo en cuenta los eventos del pasado y el presente. Básicamente, es una herramienta de toma de decisiones que ayuda a las empresas a hacer frente al impacto de la incertidumbre del futuro mediante el examen de datos históricos y tendencias. Es una herramienta de planificación que permite a las empresas trazar sus próximos movimientos y crear presupuestos que con suerte cubrirán cualquier incertidumbre que pueda ocurrir. (Bulatov, 2018).

### **3.2.6. Optimización de los procesos**

La optimización de procesos es la disciplina de ajustar un proceso para mejorar un conjunto específico de parámetros sin violar alguna restricción. Los objetivos más comunes son minimizar el costo y maximizar el rendimiento y la eficiencia. Esta es una de las principales herramientas cuantitativas en la toma de decisiones industriales. (Biegler, Cervantes, y Wächter, 2002).

El objetivo principal de la optimización del proceso es reducir o eliminar el tiempo y el desperdicio de recursos, costos innecesarios, cuellos de botella y errores al lograr el objetivo del proceso. Solo pasamos tiempo corrigiendo un error si existe el error. No es suficiente saber eso, sino saber cómo lograrlo. Los siguientes son los pasos para lograr dicha optimización: (1) Identificar, (2) Repensar, (3) Implementar, (4) Automatizar y (5) Monitorear. (Syracos, 2003).

La optimización de procesos comerciales es la práctica de aumentar la eficiencia organizacional al mejorar los procesos. Es parte de la disciplina de la gestión de procesos empresariales (BPM – *Business Process Management*). Los procesos optimizados conducen a objetivos comerciales mejorados (Eevera, Rajendran y Saradha, 2009).

Algunos ejemplos de optimización incluyen:

- Eliminación de redundancias.
- Simplificación de los flujos de trabajo.
- Mejoramiento de la comunicación.
- Previsión de cambios (Biegler, Cervantes y Wächter, 2002).

La optimización del proceso es el acto de tomar sus viejos procesos y mejorarlos para la eficiencia. La idea general es hacerlo más eficiente; sin embargo, los medios para hacerlo pueden variar mucho. La optimización es uno de los pasos finales para la gestión de procesos (BPM), una metodología que aboga por la constante reevaluación y mejora de los procedimientos. Entonces, para que funcione, ya debería haber llevado a cabo los primeros tres pasos críticos para cualquier iniciativa de BPM. (Biegler, Cervantes y Wächter, 2002).

Las iniciativas de optimización de procesos comerciales dependen del entorno competitivo que enfrenta una organización dentro de su industria. Por ejemplo, los procesos de la cadena de valor del servicio al cliente son muy importantes en los servicios financieros y los sectores gubernamentales donde la interacción con el cliente es una preocupación principal. Las aplicaciones amigables para el cliente que permiten el acceso a la información, administrar las finanzas y comprar productos financieros son características importantes para los proveedores de servicios financieros, como bancos, compañías de seguros y casas de bolsa. Por el contrario, las principales prioridades que enfrentan muchas empresas manufactureras se centran en los programas de la cadena de suministro y la demanda de los clientes de autoservicio y acceso a la información (Meyer, 2006).

Independientemente de la industria, el proyecto de optimización de procesos de una empresa debe identificar formas de hacer que sus procesos comerciales sean manejables, con información formal y procesable sobre cómo y qué tan bien se está ejecutando el proceso. Al igual que cualquier otro proyecto, un proyecto de optimización de procesos de negocio debe definir el alcance del proceso para eliminar la confusión y establecer los límites del proyecto. Identificará los objetivos de mejora del proceso, como la reducción

del tiempo de ciclo, la mejora del servicio al cliente o la reducción de costos, etc. Identificará los entregables, como mapas de procesos, estudios de tiempo, oportunidades de mejora sistémica, por nombrar algunos. Además, asignará los recursos necesarios, incluidos expertos en la materia, para definir las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas existentes del proceso. Y establecerá un cronograma para el desarrollo y la ejecución de mejoras de optimización de procesos (Meyer, 2006).

El *Manual de ingeniería de calidad de Taguchi* (Genichi Taguchi, Subir Chowdhury y Yuin Wu) define la optimización del proceso como la disciplina de ajustar un proceso para perfeccionar (hacer el mejor o más efectivo uso) un conjunto específico de parámetros sin violar alguna restricción. La optimización de procesos se puede utilizar en muchas áreas pero, en el ámbito de los procesos comerciales, se refiere a tomar un proceso existente que se utiliza para guiar la actividad y mejorar ese proceso para cumplir con un objetivo comercial determinado y ya definido. (Taguchi, *et al.* 2004).

### **3.2.7. Análisis de costos**

El análisis de costos es el acto de desglosar un resumen de costos en sus componentes y estudiar e informar sobre cada factor. El análisis de costos es la comparación de costos (como estándar con los reales o por un período determinado con otro) con el propósito de revelar e informar sobre condiciones sujetas a mejoras (Çiçek, Barthe, Gaboardi, Garg, y Hoffmann, 2017).

El análisis de costos se refiere a la medida de la relación costo-producto, es decir, los economistas se preocupan por determinar el costo incurrido en la contratación de los insumos y qué tan bien se pueden reorganizar para aumentar la productividad (producto) de la empresa. En otras palabras, el análisis de costos se refiere a determinar el valor monetario de los insumos (mano de obra, materia prima), denominado costo total de producción que ayuda a decidir el nivel óptimo de producción (Pearce, 2016).

### **3.2.8. Ventaja operativa**

Es la ventaja que una empresa tiene respecto a otras; sin embargo, en un mercado tan variable no hay realmente ventajas operativas que puedan mantenerse por mucho tiempo. En este estudio, consideramos que la ventaja operativa es la relación entre el aumento de utilidades y el aumento de producción, con respecto a la simulación de reducción de costos, ofreciendo productos de menor costo, sin que afecte las utilidades de la empresa por la reducción de precios a nivel nacional (Sumanth, 2008).

La ventaja operativa mide el aumento de utilidades de acuerdo con la producción o ventas, según la reducción de costos. La ventaja operativa genera el objetivo de una estrategia guía en costos, ofreciendo productos y servicios al menor costo posible de la misma industria. El desafío es obtener utilidades adecuadas para la empresa, en lugar de operar bajo pérdidas reduciendo inventarios y reduciendo personal (Sumanth, 2008).

### **3.2.9. Desperdicios**

En manufactura, los desperdicios son aquellas actividades que disminuyen la productividad de una empresa. El proceso productivo se enfoca en la reducción y, si es posible, en la eliminación de ocho desperdicios (exceso de producción, tiempo de espera, inventario, defectos, recursos humanos utilizados por debajo de su nivel, movimientos, exceso de procesados, transporte). Al eliminar los desperdicios, mejora la calidad, aumenta la productividad y disminuye el tiempo de producción y costos directos. (Omachonu y Ross, 2004).

### **3.2.10. Riesgo operativo**

El incremento del riesgo operativo se debe a la dificultad de disminuir los costos fijos en el caso de bajas temporales o permanentes de la demanda de la producción, como es el caso actual de China, Estados Unidos y los países europeos quienes son los mayores compradores de cobre debido a la recesión de sus economías y su recuperación. El riesgo operativo se encuentra relacionado con los índices de la ventaja operativa (VO), ya que frente a un riesgo operativo alto el financiamiento debe ser propio. Por el contrario, si el grado de la ventaja operativa es bajo tiene como consecuencia un riesgo operativo



también bajo y la empresa podrá solicitar capital de terceros como inversionistas. (Omachonu y Ross, 2004).

### 3.2.11. Utilidad del negocio

La utilidad es el interés o el provecho que se obtiene de alguna actividad o empleo, por tanto, se trata de la utilidad determinada que el empleado o la empresa reciben en mano. Para el caso de una empresa de alquiler y ventas de equipos pesados, la utilidad parte de la facturación obtenida por el alquiler y venta de equipos dentro del periodo de un año. (Omachonu y Ross, 2004).

### 3.3. Análisis de la situación actual: baja productividad en el proceso de alquiler y venta de maquinaria pesada para minería y construcción

La empresa Unimaq S.A. identificó un problema en la facturación en el área de venta y alquiler de maquinaria pesada. En los gráficos 1 y 2 se muestra la facturación de alquiler y venta de la empresa para los años 2015 y 2016.

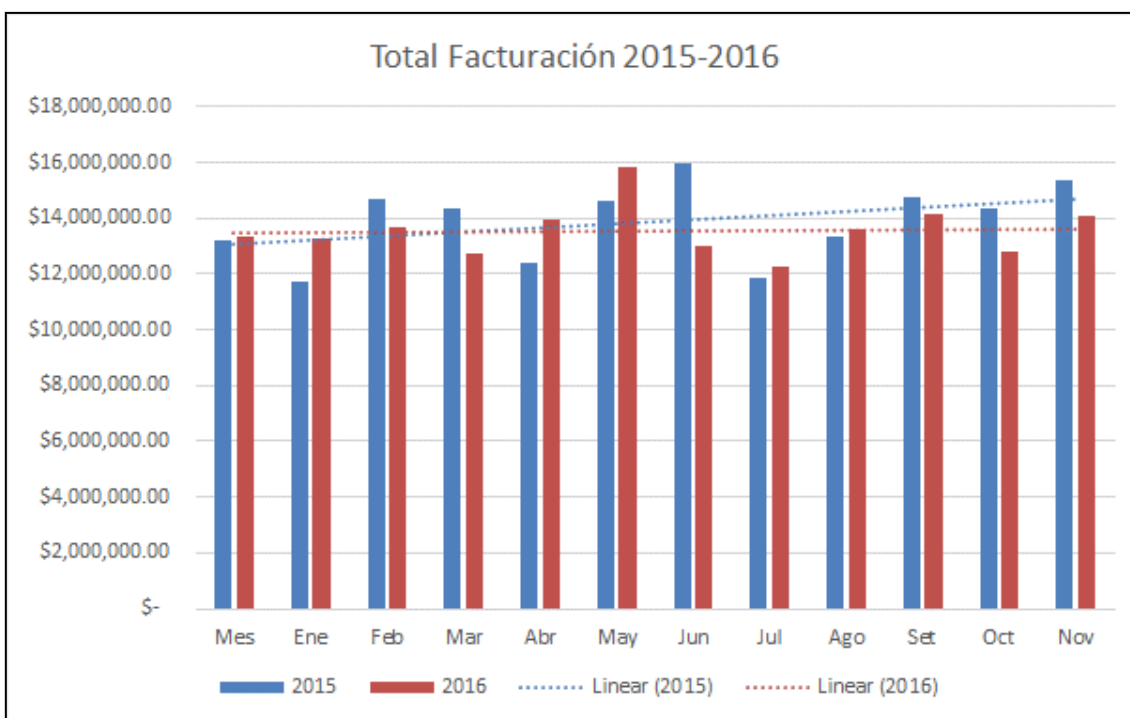


Figura 1: Total facturación de alquiler y ventas de maquinaria pesada 2015-2016. Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

- Al comparar los montos de facturación se evidencia una disminución de la facturación en estos años de -2.3 % equivalente a USD -3 938 694.33.
- La tendencia de crecimiento de las ventas del año 2015 fue positiva, pero decreciente en el año 2016. Debido a la fuerte competencia se supuso que el año 2017 la tendencia negativa del año 2016 respecto al 2015 podría continuar hacia la disminución.

Al desglosar la facturación de las ventas y alquiler de equipos por mes en los años 2015 y 2016, se observa que las proporciones que siguen ambas facturaciones tiene la misma tendencia que si se analizan conjuntamente.

Por otro lado, al comparar la facturación de alquiler y ventas de la empresa *versus* los costos y carga de planilla de la misma se planteó que los costos deberían de disminuir de 80 % en promedio al 74 % como meta para el año 2017, la solución del problema identificado. La meta para los costos supone una disminución de 122 millones.

- Los gastos y carga de planillas para el 2015 fue de USD 10 379 562.04 por año y representa el 6.23 % de la facturación de las ventas. Para el año 2016 los costos representaron el 6.38 % de las ventas. Se considera un promedio de 711 operarios en planilla para ambos años. Esto señala que el problema radica en la disminución de las ventas al comparar 2015 y 2016, manteniendo los costos constantes.

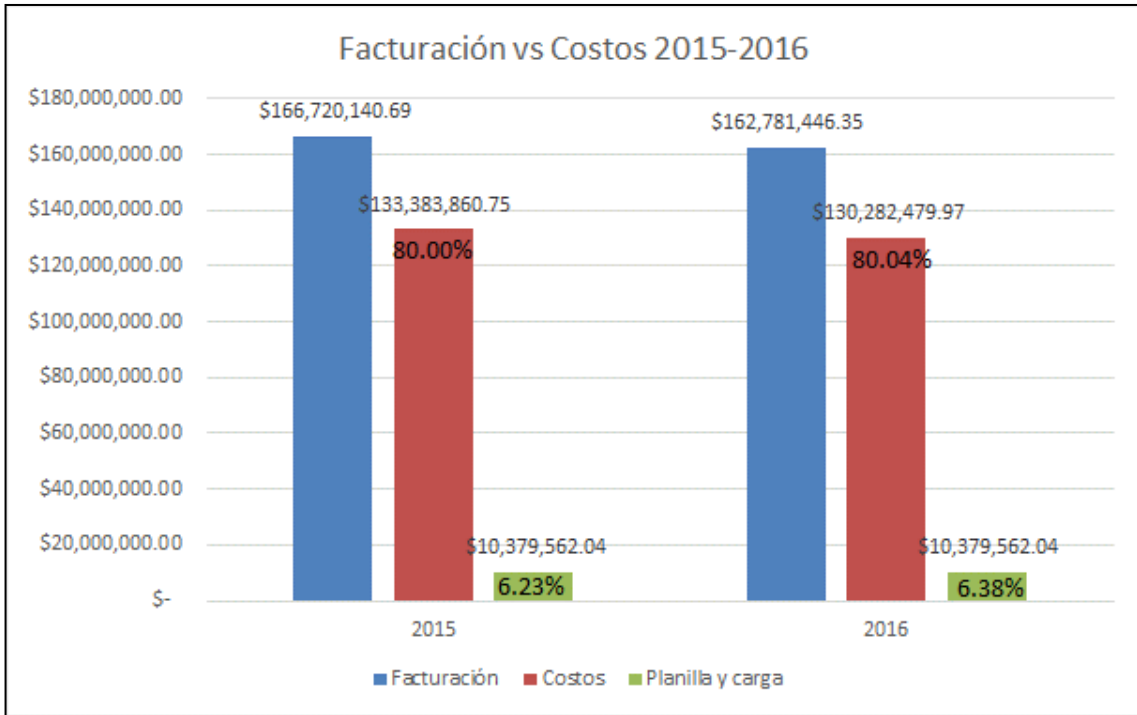


Figura 2: Comparación de facturación de ventas y alquiler de maquinaria pesada y sus costos y gastos. Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

### **Análisis de productividad (véase figura 3):**

Respecto a la productividad, en el año 2015 fue de 1.14 y en el año 2016 fue de 1.16. La empresa planteó como meta incrementar el promedio de productividad de 1.16 a 1.25.

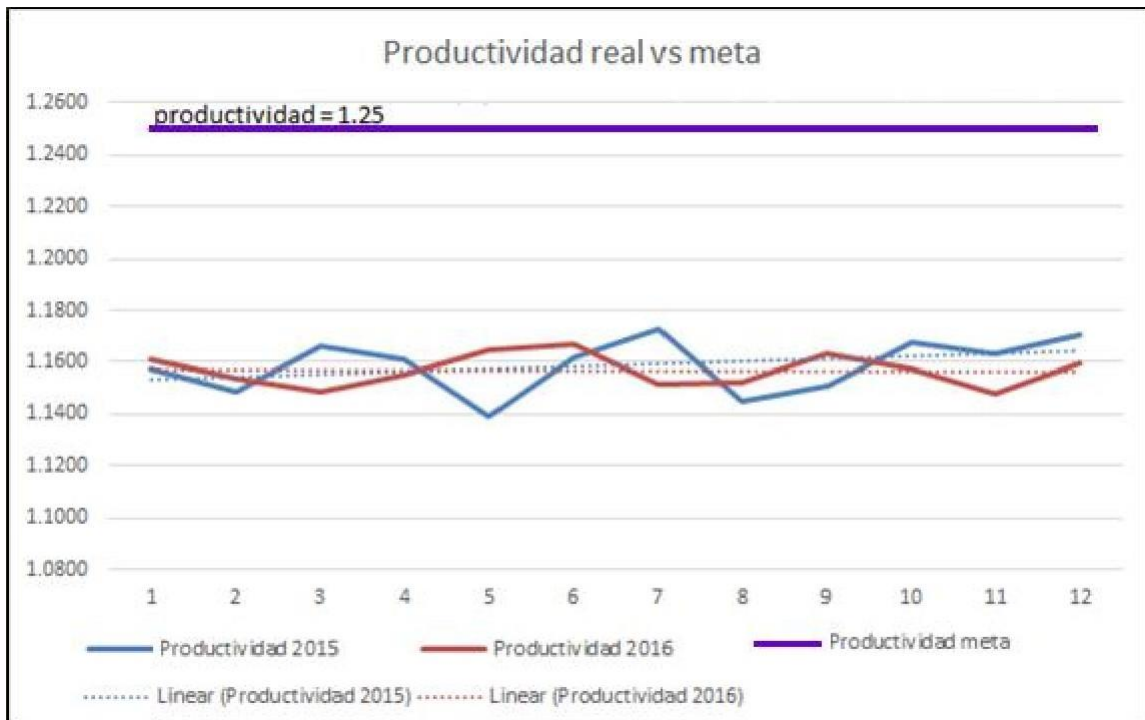


Figura 3: Análisis del índice de productividad de los años 2015, 2016 y la productividad objetivo de la empresa.

Basado en los datos históricos de la empresa.

- De acuerdo con los objetivos de la empresa, al reducir el costo a un equivalente del 74 % de las ventas sería la meta de un índice de productividad de 1.25, al considerar un punto más en el total de costos la meta se movería a 1.23.
- El índice de productividad del año 2015 y 2016 es de un aproximado de 1.16 mensual.
- Sin embargo, el índice de productividad para el año 2015 (línea azul), tuvo una tendencia positiva y para el año 2016 una tendencia constante (línea roja).

Por lo tanto, se establece que el problema es la baja productividad.

- Se observa que la programación de paradas es alta ya que representa el 22.51 % del total de las horas teóricas equivalente a 1972 horas de producción; es decir, disponible para la venta y alquiler de maquinaria pesada.

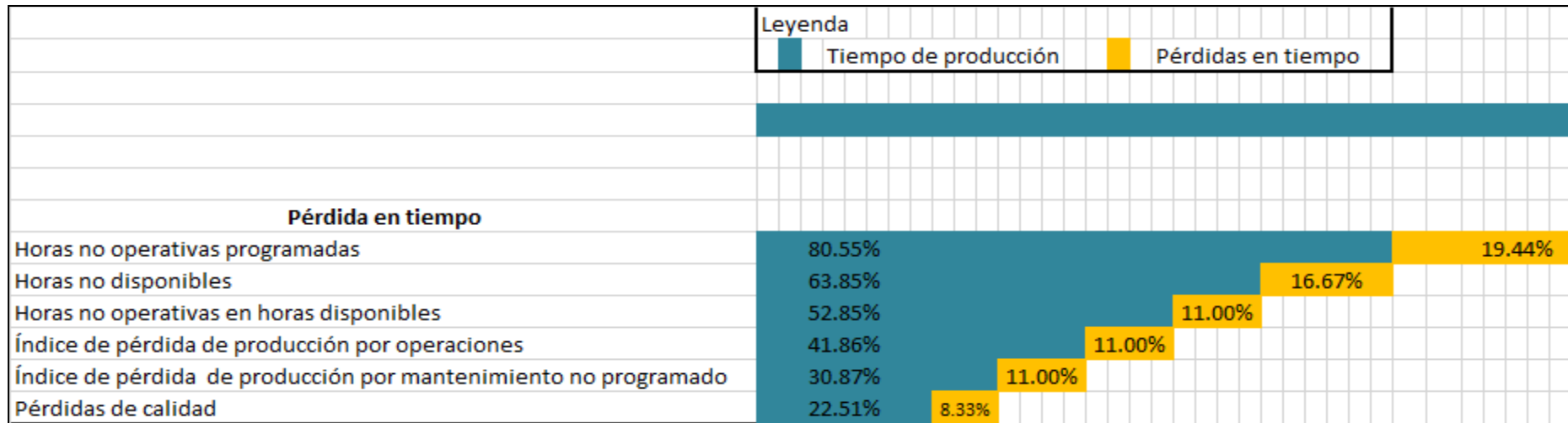
- Al considerarse 12 días feriados en Perú para el año 2016, y 52 domingos, el total es de 1704 horas equivalente al 19.45 % del total de horas por año.
- El servicio de mantenimiento preventivo programado es de 1463 horas; sin embargo, el proceso toma 5.25 días por ejecución de mantenimiento preventivo lo que debería ser de 2.75, según la meta impuesta por la empresa.
- Las capacitaciones y cambios de turnos son de 963 horas equivalente a 10.99 % al igual que en las actividades de paradas por tiempos de espera en general y por mantenimientos correctivos (ejecución de mantenimientos no programados).

Tabla 1:  
Análisis de desperdicios

Como la meta de la empresa es disminuir los costos de 80 % a 74 %, el equipo de trabajo realizó un análisis de desperdicios, encontrando los principales motivos de pérdidas de tiempo en los procesos.

<b>Situación Actual - Desperdicios</b>					
Días de trabajo	365 días				
Horas	24 horas/día				
Tiempo total	8760 horas			100%	8760
				Operativo	Pérdida
<b>Pérdida en tiempo</b>		<b>Ejemplos</b>		<b>%</b>	<b>horas</b>
Horas no operativas programadas	Feridos		80.55%	19.45%	1704
Horas no disponibles	Mantenimiento y servicio programado		63.85%	16.70%	1463
Horas no operativas en horas disponibles	Capacitación, cambios de turnos		52.85%	10.99%	963
Índice de pérdida de producción por operaciones	Tiempos de espera en general		41.86%	10.99%	963
Índice de pérdida de producción por mantenimiento no programado	Por ejemplo la rotura parcial de un equipo		30.87%	10.99%	963
Pérdidas de calidad	Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo		22.51%	8.36%	732
			Total Pérdida	77.49%	6788
			<b>Total de producción real</b>	<b>22.51%</b>	<b>1972</b>

Por lo tanto, se detectan los principales motivos de pérdidas de tiempo en los procesos y los tiempos de producción reales.



Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

En conclusión (véase tabla 2):

- En la tabla 2, se han colocado los datos de la empresa Unimaq S.A, como el número de operarios (711), unidades de alquiler (1400) y unidades de venta (1705), las que incluyen equipos usados, seminuevos y nuevos.
- La facturación anual promedio por año del servicio de alquiler es de USD 135 millones y el de las ventas por un promedio de USD 30 millones, siendo la planilla y carga de planilla una constante de USD 10 379 562.04.
- Los costos directos de la facturación de venta y alquiler son un aproximado de USD 132 millones por año, equivalente al 80 % de las ventas y alquiler.
- Se ha calculado la renta anual de USD 6.8 millones y la utilidad neta después del pago de impuestos es de USD 15 834 306.57.
- La producción por trabajador por año es de \$189,873.42 para el servicio de alquiler y de \$42,194.09 para las ventas, es decir la producción por trabajador por año es de \$232,067.51
- Y el índice de productividad incluyendo las planillas es de 1.16 anual.



Tabla 2:  
Cálculo de índices de la situación actual

<b>Análisis general</b>	
Unimaq	
Trabajadores	711
Unidades de alquiler	1400
Unidades de venta	1705
Facturación anual alquiler	\$ 135,000,000.00
Facturación anual ventas	\$ 30,000,000.00
Planilla y carga de planilla	\$ 1,218,857.14
Costos y Gastos	\$ 132,000,000.00
Impuestos renta	\$ 9,534,342.86
Utilidad neta	\$ 22,246,800.00
<b>Índices</b>	
<b>Alquiler</b>	
producción por trabajador por año	\$ 189,873.42
<b>Venta</b>	
producción por trabajador por año	\$ 42,194.09
<b>Total</b>	
producción por trabajador por año	\$ 232,067.51
ratio US\$ alquiler/venta	4.50
ratio unidades alquiler/venta	0.82
utilidad/venta	0.13
<b>Productividad total</b>	
ventas/costos +gastos	1.16
incluye planillas	

Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

En consecuencia, las conclusiones son las siguientes:

- El problema principal es la baja productividad de 1.16, ya que la meta de la empresa es de 1.25.
- Las no conformidades se refieren al exceso de paradas en los procesos logísticos, estableciéndose que el tiempo operativo o productivo es de 1972 horas por año equivalente al 22.51 % del total de 8760 horas anuales.

### 3.4. Identificación de las causas de baja productividad en el proceso de alquiler y venta de maquinaria pesada para minería y construcción

Después de determinar el exceso de costos en el proceso de venta y alquiler de maquinaria pesada se identificó que el problema principal era el índice bajo de la productividad de 1.16 cuando la meta de la empresa era de por lo menos 1.25. Los analistas se preguntaron el porqué del bajo índice de productividad.

Al analizar los datos históricos de la empresa, se detectaron que las paradas programadas y no programadas de la empresa disminuyen el tiempo de producción (véase tabla 1) es de 22.51 % equivalente solo a 1972 horas de las 8760 horas anuales. Los datos señalaron como desperdicio principal bajo la metodología que es el tiempo de espera, lo cual incluye paradas programadas, días considerados como feriados, aunque no lo sean, exceso en el tiempo de ejecución de los mantenimientos preventivos (programados) y tiempo de descanso por desgaste de los operarios a lo largo del tiempo operativo como se observa en el siguiente diagrama de Pareto de desperdicios en el proceso de venta y alquiler de maquinaria pesada:

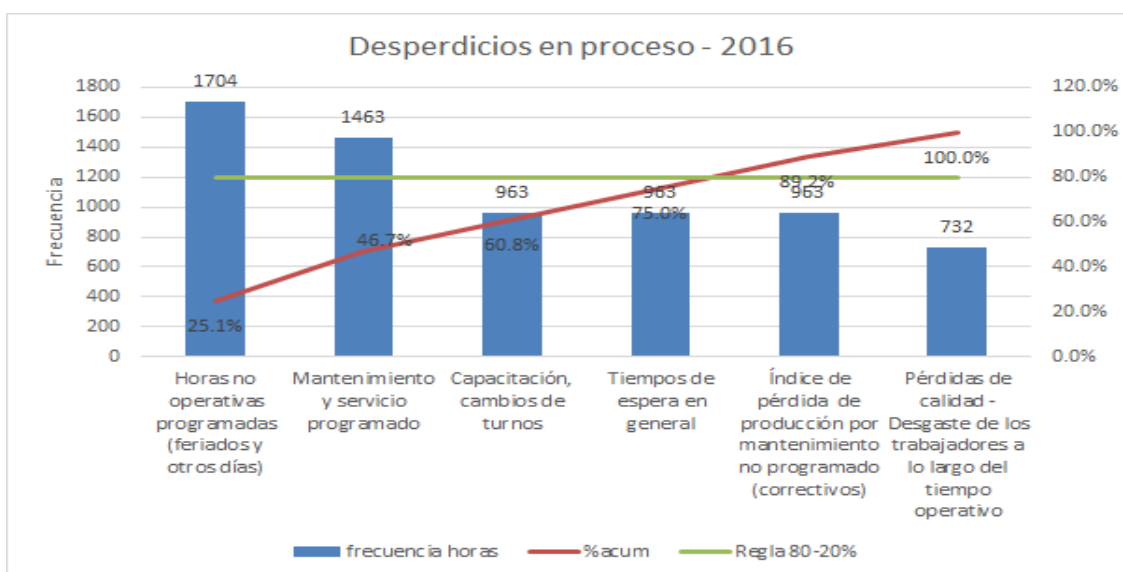


Figura 4: Diagrama de Pareto – Desperdicios – 2016. Basado en los datos históricos de la empresa.

En la figura 4 se muestra que la frecuencia en horas de las paradas más notables son los días feriados y que fueron considerados como operativos. En este caso, la jefatura de

recursos humanos indicó como feriados los 52 domingos del año 2016, además de los 12 feriados decretados como tales en Perú, sumando una parada de 1704 horas equivalente al 25.1 % del total de horas teóricas. La segunda parada más importante es el tiempo que se programa para la ejecución de servicios y mantenimiento a los equipos de alquiler y equipos usados y casi nuevos para su posterior venta, los cuales deben de tener un alto control de calidad, de tal manera que se provee a los clientes, un servicio y un producto con los mejores estándares de operatividad. Esta parada representa 1463 horas equivalente al 21.6 % del total de horas teóricas.

Las siguientes tres paradas, por 963 horas cada una de ellas, equivalen al 14.2 % del total. Las capacitaciones, tiempos de espera y mantenimientos correctivos deben mantenerse de acuerdo con las indicaciones de la empresa. Por último, las pérdidas de calidad, específicamente el desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo reflejado en tiempos de descanso de aproximadamente diez minutos por cada dos horas genera paradas acumuladas de 732 horas equivalente a 10.8 % del total de horas teóricas.

En consecuencia, se realizó el análisis de causas de cada una de las paradas consideradas como no conformidades, llegando a la causa raíz de la deficiencia en la planificación del tiempo de paradas en el proceso de ventas y alquiler de maquinaria pesada como se muestra a continuación:

En la figura 5, se observa que las causas de segundo nivel de las causas de primer nivel (no conformidades) que generan el efecto (o la consecuencia) principal del exceso de costos por deficiencia en la estandarización del proceso en cuanto al tiempo de paradas responden a la pregunta de por qué, así como la causa raíz responde a la pregunta por qué de las causas de segundo nivel.

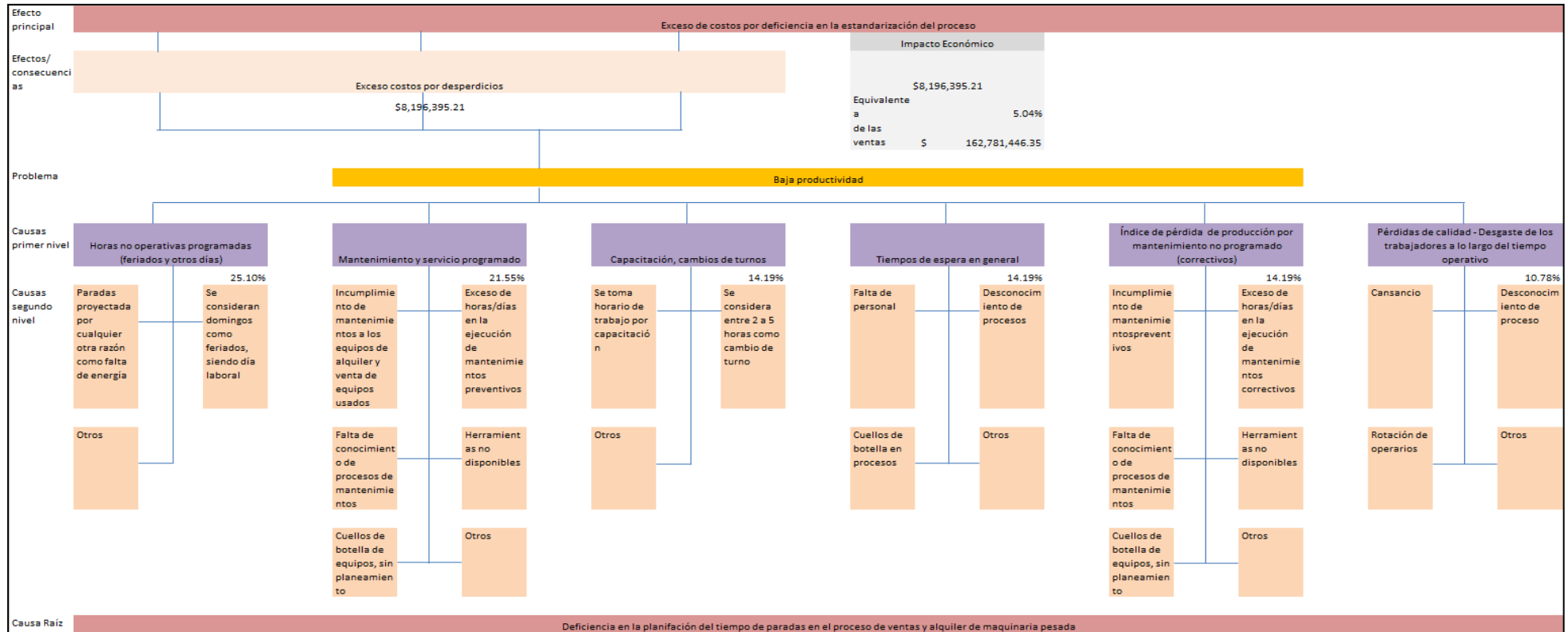


Figura 5: Árbol de causas y efectos.  
Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

Por lo tanto, se ha calculado el índice de productividad, así como los indicadores de costos directos con respecto a la facturación de la empresa, el índice del nivel de servicio lo cual significa el porcentaje de los procesos que se han entregado a tiempo, y el de demora, que es el porcentaje de los procesos que se han entregado con demora ( $1 - \text{nivel de servicio}$ ), como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3:  
*Indicadores del proceso actual*

Indicadores	Actual	Unidades	Objetivo acción	Objetivo numérico	Teoría
Productividad	1.16	índice	Incrementar	$\geq 1.25$	Productividad
Costos directos	80.04%	porcentaje	Disminuir	74%	Utilidad bruta de 25% o más
Nivel de servicio a tiempo	75.10%	porcentaje	Incrementar	95%	Nivel de confianza
Demora	24.90%	porcentaje	Disminuir	5%	Margen de error

Elaboración propia, basado en los datos históricos de la empresa.

El proceso actual tiene una productividad de 1.16, lo que indica que por cada USD 1.16 que ingresa, USD 1 es el costo directo y USD 0.16 es la ganancia. Los costos son altos de 80.04 % comparado al objetivo de la empresa de 74 %, el nivel de servicio, es decir, que la utilidad bruta sólo es de 20 %.

#### Mapa del proceso productivo

A continuación, se muestra el proceso que se ha modificado en la mejora:

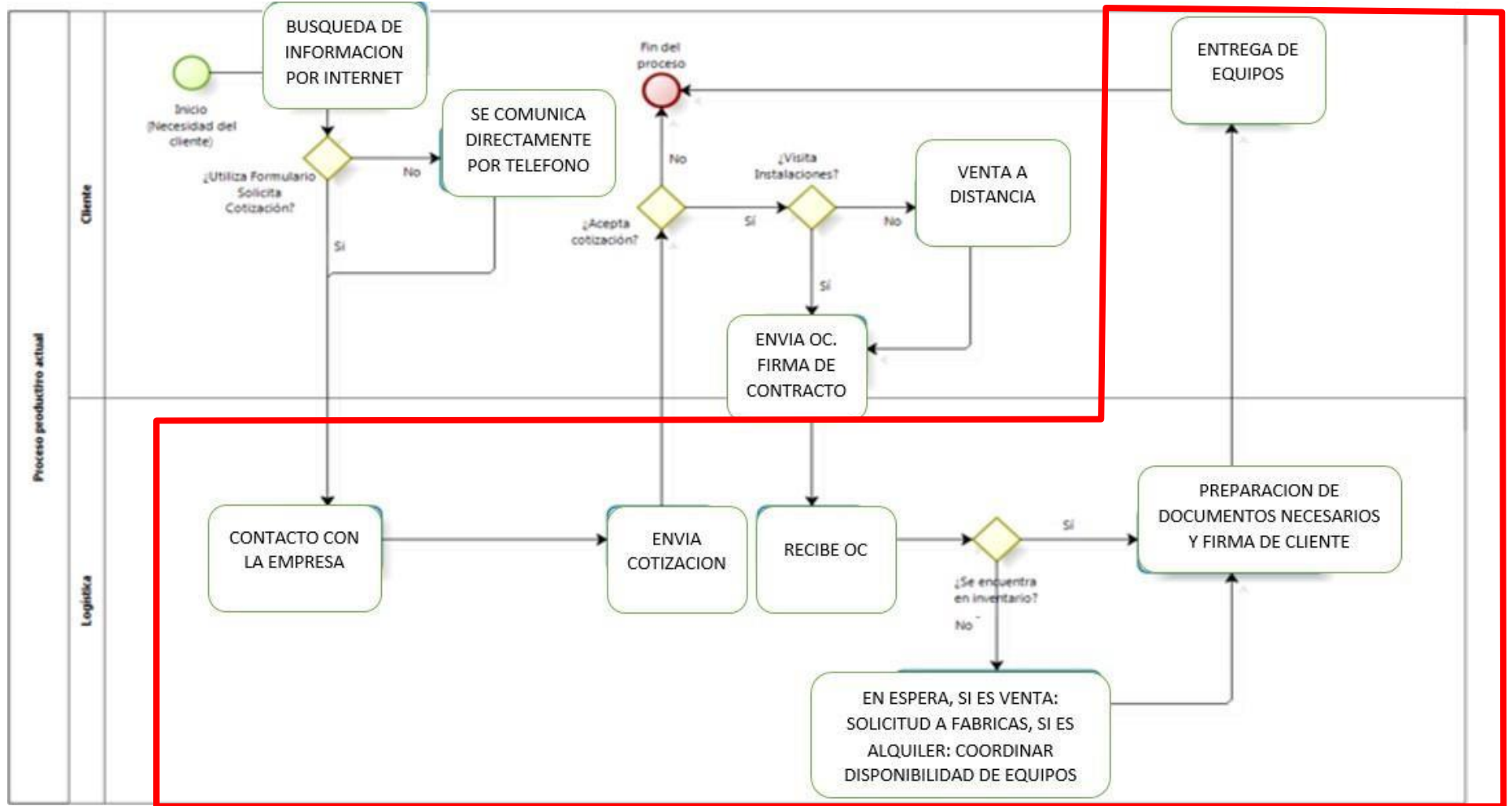


Figura 6: Mapa de proceso productivo.  
Fuente: La empresa.

En la figura 6 se observa que el proceso comprendido en el presente proyecto se considera solo y únicamente lo que interesa a la empresa y no al cliente, ya que este depende exclusivamente de la toma de decisiones de ellos.

La empresa Unimaq tiene un total de 1400 unidades en alquiler y 1705 unidades de venta al año como promedio.

Tabla 4:  
*Cantidad de unidades*

Datos obtenidos	
Unidades alquiler (1)	1400
Unidades venta (2)	1705
Total (3): (1) + (2)	3105

Fuente: la empresa.

Cuenta con la representación de veinte marcas de importante trayectoria y prestigio. Además, incluye un amplio inventario de equipos disponibles para demostración: Caterpillar con más de 60 modelos, Konecranes (montacargas elevadores de alto tonelaje), Wacker Neuson, equipos para construcción, entre otras.

Unimaq ofrece los siguientes servicios:

- Venta de equipos nuevos: Además de los equipos de más de veinte marcas, el cliente tiene acceso a repuestos originales y servicio de posventa.
- Venta de equipos usados: Proviene de su flota de alquiler, conservada con eficiencia y cumpliendo los mantenimientos preventivos y correctivos según las recomendaciones de sus respectivas fábricas utilizando repuestos originales para los sectores de construcción de equipos ligeros y hasta grupos electrógenos estacionarios y portátiles.
- Alquiler de equipos: Un rango amplio de líneas desde equipos pequeños a maquinaria pesada a tarifas rentables. Renovación de flota cada tres años con equipos nuevos y vigentes en tecnología. Los equipos cubren los trabajos de movimiento de tierra, energía e iluminación, compactación y

concreto, trabajo en altura e izaje, manipuleo de carga, perforación y aire comprimido

- Servicio de posventa: Talleres especializados en todas sus sucursales, además de servicio en campo, inspecciones y reparación en locación los 365 días. Además, ofrecen capacitación y entrenamiento en operación y mantenimiento.
- Repuestos: La empresa tiene un almacén de 6000 m<sup>3</sup> con un inventario de más de 70 mil piezas originales, con una inversión aproximada USD 3 millones.

Tabla 5:  
*Equipos en alquiler*

<b>Equipos en Alquiler</b>	<b>Rubro</b>
Excavadoras	Construcción
Retroexcavadoras	Construcción
Planchas vibratoras	Construcción
Pavimentadoras	Construcción
Motoniveladoras	Construcción
Rodillos Compactadores	Construcción
Vibroapisonadores	Construcción
Cargadores frontales	Construcción y Minería
Minicargadores	Construcción y Minería
Dúmperes	Minería
Bulldozers	Minería
Perforadoras	Minería
Perforadoras jumbo	Minería
Cizallas de demolición	Minería
Pinzas de demolición	Minería

Fuente: la empresa.

La empresa cuenta con un área de Recursos Humanos en la que se recabaron los siguientes datos:



Tabla 6  
*Recursos humanos*

Datos obtenidos	
Cantidad de trabajadores (4)	711
Prestadores de servicio (5)	58

Fuente: datos de la empresa.

La cantidad de trabajadores hace referencia a la planilla o al personal que forma parte de la empresa Unimaq. El *staff*, por lo tanto, es el grupo de los trabajadores que se encuentran incluidos en la planilla de la empresa.

Por otro lado, la cantidad de prestadores de servicio se refiere a las personas o empresas que son contratadas por Unimaq para una determinada labor dentro de la organización, por ejemplo, la construcción de un nuevo almacén, instalación o algún trabajo especial. Estos trabajos pueden representar la totalidad de la obra, o bien partes de ella.

Bajo algunas circunstancias, las empresas buscan reducir capital de inversión, inventario o planillas teniendo un impacto inmediato, en lugar de buscar la solución en problemas simples como es la medición de tiempo, planeamiento de tiempos y demandar los planes de mantenimiento preventivo y programado.

Tabla 7  
*Sueldos*

Sueldos	
Tipo de cambio al 30 de octubre de 2015	3.288
Sueldo Promedio por trabajador (6)	USD 1 216.55
Planilla (7): (4)*(6)*12	USD 10 379 562.04
Costos y gastos	
Supuesto de costos y gastos, porcentaje constante de facturación (8)	80 %
Total (9): ((10) + (11))*(8)	USD 132 000 000

Fuente: En base a datos de la empresa.

Si calculamos que la facturación por equipo de alquiler alcanza un promedio de USD 96 428.57, planilla y carga de planilla llega a un total de USD 12 436 129.03, y costos y gastos generales a USD 132 millones, lo que incluye los costos directos de mantenimiento de equipos y oficina, compra de equipos, gastos generales, entre otros. Luego, si asumimos como el 80 % de la facturación anual y disminuimos el 30 % del impuesto a la renta, se llega a obtener como utilidades netas la cantidad aproximada de USD 14 millones.

Tabla 8

*Facturación al año 2016 – Unimaq*

Alquiler	
Facturación de alquiler anual (10)	USD 135 000 000
Venta	
Facturación por año aprox. (11)	USD 30 000 000

Elaboración propia.

### **3.5. Metodología y desarrollo de la implementación**

#### **3.5.1. Problemática**

##### **3.5.1.1. Problema principal**

Como problema principal se establece el bajo índice de la productividad de la empresa en los servicios de alquiler y venta de maquinaria pesada para la minería y construcción que es de 1.16 y la meta de la empresa de 1.25, por lo que se encuentra por debajo del objetivo de la empresa.

##### **3.5.1.2. Problemas específicos**

- Exceso de paradas por días feriados y otros programados de 1704 horas, lo cual debería ser, de acuerdo a la meta de la empresa, de una reducción de 5 %.
- La deficiencia de la planificación de mantenimientos preventivos ralentiza el proceso de mantenimientos, incrementando el tiempo por ejecución de proceso de 5.25 días cuando la meta de la empresa es de 2.75 días.

- La deficiencia de la planificación produce demora por desgaste de los operarios, contando con un tiempo de parada de diez minutos aproximados cada dos horas lo que genera paradas no programadas al año.

#### **3.5.1.3. Limitaciones**

- No existen muchas investigaciones sobre el rubro elegido, en este caso, el alquiler y venta de maquinaria pesada.
- La falta de actualización de la información y datos públicos.

#### **3.5.1.4. Alcance**

- Periodo. Se analizan los datos históricos en la fase de análisis de la situación actual de 2015 a 2016. Asimismo, se consideran los resultados de la implementación del año 2017.

#### **3.5.1.5. Herramientas**

- Diagrama de análisis de actividades (DAP). (Tablas 10-11-12)
- Gestión por procesos (Tablas 10-11-12)
- Desperdicios (Tablas 15-16)
- Gantt (Tabla 17)

### 3.5.1.6. Organización del equipo del proyecto

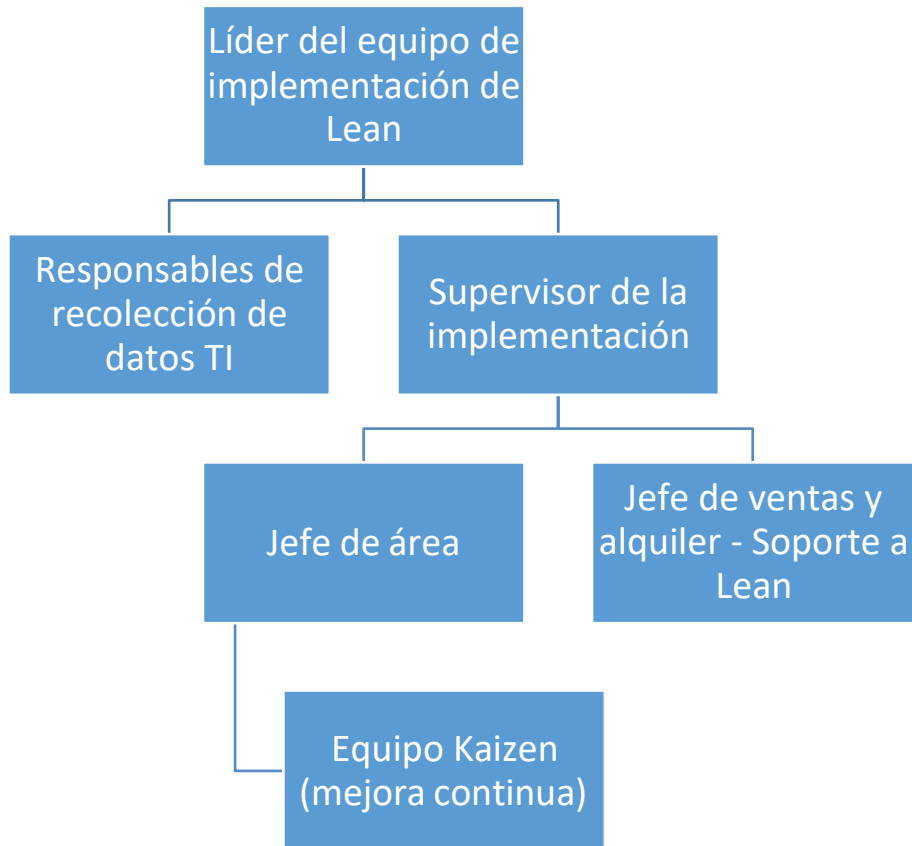


Figura 7: Organigrama de implementación de Lean.  
Fuente: La empresa.

### 3.6. Proceso de elaboración del proyecto

La propuesta, cuando se ejecutó la mejora, se enfocó en una ruta metodológica simple, en donde el bachiller ha participado en los cambios del planeamiento de los procesos logísticos y la respectiva implementación de la mejora para el incremento de productividad, con ingenieros industriales *senior* y *junior*, de tal manera que se realizó un grupo de especialidades diferentes para lograr la solución más apropiada.

#### 3.6.1. Ruta metodológica

La ruta metodológica se muestra a continuación con el resumen de los pasos generales que se siguieron para la mejora e implementación de la propuesta.

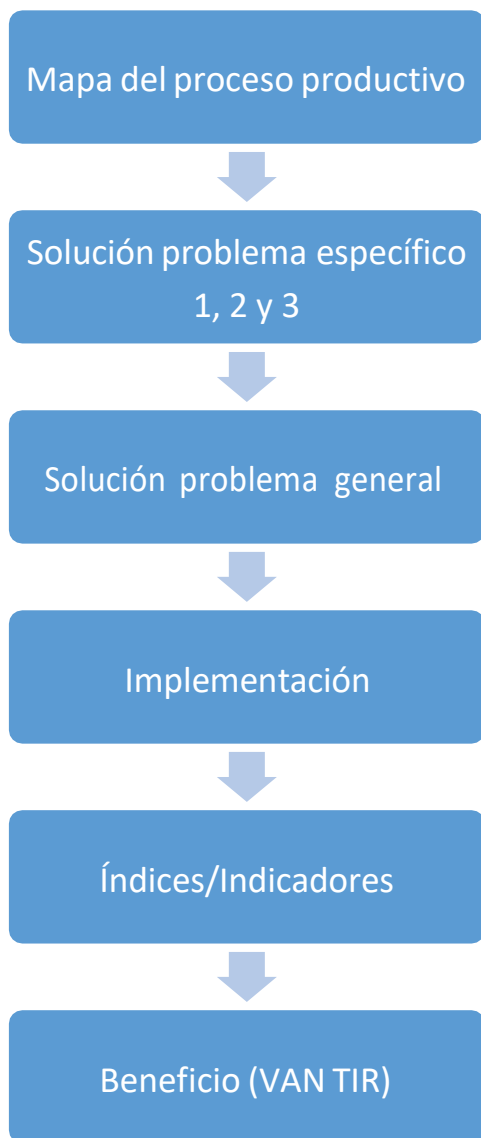


Figura 8: Ruta metodológica.  
Elaboración propia.

- La propuesta se inicia con la reducción de tiempo de trabajo en 5 % para lograr incrementar la productividad y su implementación para elevar la competitividad de la empresa en el mercado.
- Optimizar los procesos de mantenimientos preventivos, reduciendo el tiempo de ejecución del proceso a la mitad. (de 5.25 a 2.75 días), con esto se elevará el nivel de satisfacción de los clientes.
- Variación del tiempo de rotación del personal, cambiando el régimen laboral de los trabajadores de cinco días trabajados por dos días de descanso a diez días trabajados por cuatro de descanso. Esto generará una mayor motivación en el personal.

### **3.6.1.1. Solución de problemas específicos**

El exceso de paradas por días feriados y otros programados de 1704 horas, lo cual debería ser, según la meta de la empresa de una reducción de 5 %. En la tabla 4 se observa cómo se solucionó la programación de los días tomados como feriados:

- El total de 12 feriados se mantiene por 288 horas.
- El problema principal es cuando el área de recursos ha estado identificando los domingos como feriados, de los cuales solo un porcentaje permanece como no operativos, por lo que se ha hecho una reducción de 1248 horas, el equivalente a 52 domingos, a 810 horas lo que representa un promedio de 34.
- Por último, debido a experiencias pasadas generadas por falta de energía eléctrica en la zona, se han programado 7 días promedio. Esta cantidad de días debe mantenerse.

Por lo que se calcula una reducción de 438 horas, de 1704 a 1266 horas equivalente a 14.45 %, lo que representa el 5 % que la empresa había impuesto como una reducción requerida para lograr el incremento de la productividad al reducir estos costos de parada.

Tabla 9

*Programación de horas no operativas*

Horas no operativas programadas (feriados y otros días)					
Descripción	Actual		Cambio en el planeamiento del proceso	Mejora	
	Días	Horas		Días	Horas
El total de feriados deben mantenerse, no son operativos	12	288	Se mantiene	12	288
Domingos como feriados	52	1248	Se reduce para incrementar producción ya que podrían realizarse los mantenimientos y otros los domingos, asumiendo la reducción de 5%	34	810
Otros días no programados por falta de energía	7	168	Se mantiene ya que por la locación podría haber cortes de energía eléctrica	7	168
		1704			1266
Porcentaje		19.45%			14.45%
Mejora estimada de					5%
Total horas teóricas		8760	Horas teóricas por año		8760
Horas por día		24	Horas		

Elaboración propia, equipo de implementación.

Para la deficiencia de la planificación de mantenimientos preventivos que ralentiza el proceso de mantenimientos, incrementando el tiempo por ejecución de proceso de 5.25 días cuando la meta de la empresa es de 2.75 días se mejoró el propio proceso de ejecución de mantenimientos de preventivos, para lo cual a continuación se muestra el proceso actual de mantenimientos preventivos:

Tabla 10: DAP Proceso actual de mantenimientos preventivos

DAP											
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS				OPERARIO <input type="checkbox"/> PROCESO <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO							
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/01				RESUMEN							
Frecuencia: Trimestral				ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA	
Actividad: Mantenimiento Preventivo				Operación		14					
				Transporte		0					
Método: Actual				Espera		0					
				Inspección		10					
Lugar: Área Mantenimiento				Almacenamiento		0					
				Distancia (m)							
Operarios(s): Ficha num: 1				Tiempo (min)		5.25					
Compuesto por:											
Aprobado por:											
DESCRIPCIÓN				Op	T (Días) Real	T (Días) Objetivo	SIMBOLO				Observaciones
							<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Ingresa orden de ejecución de mantenimiento preventivo					0.04	0.02	x				
Programación de fecha según orden				1	0.08	0.04	x				
Detención de la máquina				1	0.18	0.10	x				
Verificación de equipo				1	0.28	0.16			x		
Limpieza general del equipo				2	0.23	0.13	x				
Cambio de partes con mayor desgaste (pedido e instalación)				3	0.42	0.24	x				
Lubricación				2	0.33	0.19	x				
Verificación del sistema eléctrico				1	0.23	0.13			x		
Limpieza general del equipo				3	0.43	0.25	x				
Inspección ocular de sistema eléctrico				1	0.08	0.04			x		
Mediciones eléctricas de los tableros de distribución de voltage regulado y normal				1	0.10	0.06	x				
Pruebas de arranque previo				1	0.28	0.10	x				
Revisión de temperatura de motores				1	0.28	0.10			x		
Instalaciones eléctricas				1	0.26	0.07	x				
Verificaciones de conexiones eléctricas				2	0.23	0.13			x		
Verificaciones de corriente eléctrica				2	0.16	0.04			x		
Cambio de partes eléctricas con mayor desgaste (pedido e instalación)				3	0.24	0.13	x				
Verificaciones finales del sistema eléctrico				1	0.08	0.05			x		
Pruebas de arranque posterior				1	0.18	0.10	x				
Revisión de niveles de aceite en unidades de mantenimiento				1	0.10	0.06	x				
Inspección visual de fugas				2	0.08	0.04			x		
Prueba final de la máquina en conjunto				2	0.74	0.42			x		
Verificación final				2	0.21	0.12			x		
Entrega a producción				1	0.05	0.03	x				
Total					5.25	2.75	14	0	0	10	0

Elaboración propia, equipo de implementación.



El proceso se lleva a cabo durante 5.25 días, en promedio, mientras la meta de la empresa es de 2.75 días, por lo que se generaba demoras y costo por exceso de horas en la ejecución de mantenimientos. En consecuencia, el equipo de implementación de las mejoras decidió realizar los siguientes cambios al proceso actual de mantenimientos preventivos:

Tabla 11: Cambios en el proceso actual de ejecución de mantenimientos preventivos

DAP											
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS				OPERARIO <input checked="" type="checkbox"/> PROCESO <input checked="" type="checkbox"/> EQUIPO							
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/01				RESUMEN				ECONOMÍA			
Frecuencia: Trimestral				ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA			
Actividad: Mantenimiento Preventivo				Operación	<input type="radio"/>	14					
Método: Actual				Transporte	<input type="checkbox"/>	0					
Lugar: Área Mantenimiento				Espera	<input type="checkbox"/>	0					
Operarios(s): Ficha num: 1				Inspección	<input type="checkbox"/>	11					
Compuesto por:				Almacenamiento	<input type="checkbox"/>	0					
Aprobado por:				Distancia (m)							
				Tiempo (min)		5.25					
DESCRIPCIÓN	Op	T (horas) Real	T (horas) Objetivo	SIMBOLO					Observaciones		
				<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Ingresar orden de ejecución de mantenimiento preventivo		0.04	0.02	x							
1 Programación de fecha según orden	1	0.08	0.04	x					Ya está programado y no se programa recién después de la orden, se cumple cronograma - eliminar		
2 Detención de la máquina	1	0.18	0.10	x			x		Equipo ya está sin uso por cronograma - eliminar		
3 Verificación de equipo	1	0.28	0.16				x				
4 Limpieza general del equipo	2	0.23	0.13	x							
5 Cambio de partes con mayor desgaste (pedido e instalación)	3	0.42	0.24	x							
6 Lubricación	2	0.33	0.19	x					Lubricación de piezas		
7 Verificación del sistema eléctrico	1	0.23	0.13				x				
8 Limpieza general del equipo	3	0.43	0.25	x					Se ha realizado en actividad 4 - eliminar		
9 Inspección ocular de sistema eléctrico	1	0.08	0.04				x				
10 Mediciones eléctricas de los tableros de distribución de voltage regulado y normal	1	0.10	0.06	x							
11 Pruebas de arranque previo	1	0.28	0.10	x							
12 Revisión de temperatura de motores	1	0.28	0.10				x		Se tiene que realizar junto con la actividad 11		
13 Instalaciones eléctricas	1	0.26	0.07	x					Se revisa en actividad 14 y 15 eliminar		
14 Verificaciones de conexiones eléctricas	2	0.23	0.13				x				
15 Verificaciones de corriente eléctrica	2	0.16	0.04				x				
16 Cambio de partes eléctricas con mayor desgaste (pedido e instalación)	3	0.24	0.13	x							
17 Verificaciones finales del sistema eléctrico	1	0.08	0.05				x				
18 Pruebas de arranque posterior	1	0.18	0.10	x							
19 Revisión de niveles de aceite en unidades de mantenimiento	1	0.10	0.06	x							
20 Inspección visual de fugas	2	0.08	0.04				x		Se debe dar junto con la actividad 19		
21 Prueba final de la máquina en conjunto	2	0.74	0.42				x				
22 Verificación final	2	0.21	0.12				x		Debe ser sólo actividad 21 - Eliminar		
23 Entrega a producción	1	0.05	0.03	x							
Total		5.25	2.75	14	0	0	11	0			

Elaboración propia, equipo de implementación.

Dentro de las mejores se consideró que:

- La actividad de programación de fecha, según orden de trabajo, debe eliminarse porque esta data ya se ha realizado en la etapa de contratación de la ejecución de mantenimientos.
- Igualmente, la actividad de detención de la máquina debe suprimirse ya que desde el momento en que la máquina se traslada al taller, se estaciona y se espera la ejecución del mantenimiento preventivo, en realidad la máquina ya está detenida. En el proceso actual el mecánico u operario dejaba el equipo en funcionamiento hasta que sea atendido.
- Las siguientes actividades, se unen o se eliminan porque ya ocurrieron o se duplican.

En consecuencia, el proceso de mejora fue como se muestra a continuación:

Tabla 12

*Proceso de mejora de la ejecución de mantenimientos preventivos*

DAP										
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS		OPERARIO <input checked="" type="checkbox"/> PROCESO <input type="checkbox"/> EQUIPO								
DIAGRAMA núm: Hoja num: 01/01		RESUMEN								
Frecuencia: Mensual		ACTIVIDAD		ACTUAL		PROPUESTA		ECONOMÍA		
Actividad: Mantenimiento Preventivo		Operación	<input type="checkbox"/>	10						
		Transporte	<input type="checkbox"/>	0						
		Espera	<input type="checkbox"/>	0						
Método: Mejora		Inspección	<input type="checkbox"/>	9						
Lugar: Área Mantenimiento		Almacenamiento	<input type="checkbox"/>	0						
		Distancia (m)								
Operarios(s): Ficha num: 1		Tiempo (min)		1.75						
Compuesto por:										
Aprobado por:										
DESCRIPCIÓN		Op	T (horas) Real	T (horas) Objetivo	SIMBOLO					Observaciones
Ingreso equipo para ejecución de mantenimiento preventivo			0.04	0.02	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Verificación de equipo		3	0.09	0.16				<input checked="" type="checkbox"/>		
Limpieza general del equipo		2	0.11	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>					
Cambio de partes con mayor desgaste (pedido e instalación)		4	0.11	0.24	<input checked="" type="checkbox"/>					
Lubricación de piezas		3	0.11	0.19	<input checked="" type="checkbox"/>					
Verificación del sistema eléctrico		2	0.11	0.13				<input checked="" type="checkbox"/>		
Inspección ocular de sistema eléctrico		2	0.04	0.04				<input checked="" type="checkbox"/>		
Mediciones eléctricas de los tableros de distribución de voltage regulado y normal		2	0.05	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>					
Pruebas de arranque previo y revisión de temperatura de motor		3	0.09	0.10	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Verificaciones de conexiones eléctricas		3	0.08	0.13				<input checked="" type="checkbox"/>		
Verificaciones de corriente eléctrica		4	0.04	0.04				<input checked="" type="checkbox"/>		
Cambio de partes eléctricas con mayor desgaste (pedido e instalación)		2	0.12	0.13	<input checked="" type="checkbox"/>					
Verificaciones finales del sistema eléctrico		1	0.08	0.05				<input checked="" type="checkbox"/>		
Pruebas de arranque posterior		1	0.18	0.10	<input checked="" type="checkbox"/>					
Revisión de niveles de aceite en unidades de mantenimiento e inspección de fugas		1	0.10	0.06	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Prueba final de la máquina en conjunto		2	0.37	0.42				<input checked="" type="checkbox"/>		
Entrega a producción		1	0.03	0.03	<input checked="" type="checkbox"/>					
Total			1.75	2.03	10	0	0	9	0	

Elaboración propia, equipo de implementación.

Por lo tanto, al reducir y mejorar el procedimiento de servicio de mantenimientos a 1.75 días por debajo del objetivo de la empresa, se logró la reducción de un promedio de 975.94 horas, de 1463 horas a 487.06, como se muestra a continuación:

Tabla 13

*Reducción de tiempo por mantenimiento y servicio programado*

Mantenimiento y servicio programado					
Descripción	Actual		Cambio en el planeamiento del proceso	Mejora	
	Días	Horas		Días	Horas
Proceso de mantenimiento Actual	5.25	125.96	Cambio en el proceso de mantenimiento preventivo	1.75	41.93
Total horas por MP	60.96	1463		60.96	487.06
Total horas teóricas		8760	Horas teóricas por año		8760
Horas por día		24	Horas		

Elaboración propia, equipo de implementación.

Para la deficiencia de la planificación se debe variar el tiempo que los operarios toman como descanso ya que se genera una demora por desgaste de ellos mismos, siendo un tiempo de parada de diez minutos aproximados cada dos horas. Este tema también se identificó como paradas no programadas al año.

Tabla 14

*Pérdidas de calidad por desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo*

Pérdidas de calidad - Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo					
Descripción	Actual		Cambio en el planeamiento del proceso	Mejora	
	Días	Horas		Días	Horas
Demora por desgaste, descansos cada 2 horas de un promedio de 10.0274 minutos	30.5	732.00	Paradas de 4.2 minutos cada 1 hora	25.6	613
Total		732			613
Mejora estimada de					7%
Total horas teóricas		8760	Horas teóricas por año		8760
Horas por día		24	Horas		

Elaboración propia, equipo de implementación.

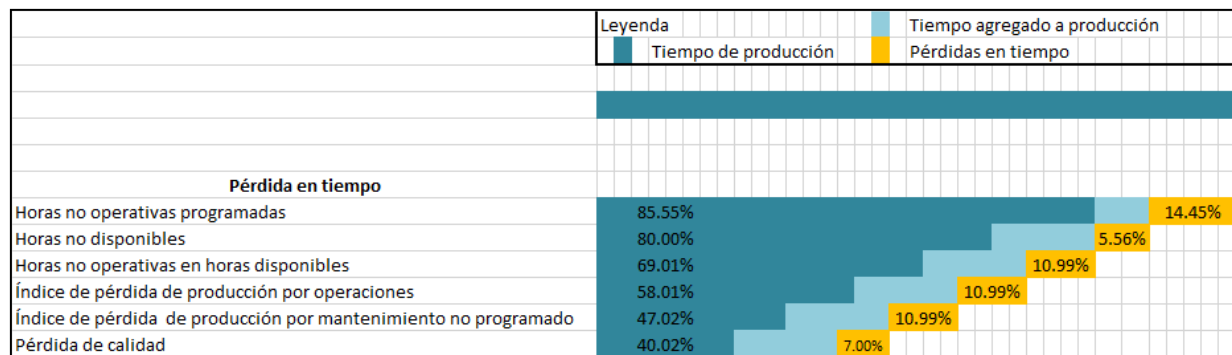
En la tabla 9, se muestra que el tiempo de parada cada dos horas fue un promedio de 10.0274 minutos, totalizando 30.5 días, no obstante, se apeló al cambio de tiempo de descanso de cinco minutos cada hora; sin embargo, los operarios redujeron esta marca a un promedio de 4.2 minutos cada hora, consiguiendo disminuir a una parada de 25.6 días por año. El resultado fue la reducción de 119 horas, de 732 horas a 613 horas, equivalente al 7 % que la empresa requería. Estas soluciones a los tres problemas específicos determinaron la solución del problema general como se explica en la siguiente sección.

**3.6.1.2. Solución de problema general**

El problema que indujo a la propuesta de mejora fue el bajo índice de la productividad de la empresa en los servicios de alquiler y venta de maquinaria pesada para la minería y construcción de 1.16 mientras que la meta de la empresa es de 1.25, por lo que se encuentra por debajo del objetivo de la empresa. De tal forma que, al aplicar las soluciones que se dieron para los tres problemas específicos, se incrementó el tiempo operativo, como se muestra a continuación:

Tabla 15  
Implementación de mejora

Pérdida en tiempo	Ejemplos	Operativo	Pérdida %	horas	
Horas no operativas programadas	Feridos	85.55%	14.45%	1266	Tiempo programado
Horas no disponibles	Mantenimiento y servicio programado	80.00%	5.56%	487	Tiempo disponible
Horas no operativas en horas disponibles	Capacitación, cambios de turnos	69.01%	10.99%	963	Tiempo operativo
Índice de pérdida de producción por operaciones	Tiempos de espera en general	58.01%	10.99%	963	Tiempo operativo efectivo O
Índice de pérdida de producción por mantenimiento no programado	Por ejemplo la rotura parcial de un equipo	47.02%	10.99%	963	Tiempo operativo efectivo M
Pérdida de calidad	Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo	40.02%	7.00%	613	Tiempo de producción real
	Total Pérdida		59.99%	5255	
	Total de producción real		40.0%	3505	
	Dentro del rango de 10 al 25%		17.50%		



Elaboración propia, equipo de implementación.

En la tabla 10, se han ingresado las horas de mejora (reducción), lo cual estableció el incremento al 40 % de tiempo productivo.

Los primeros resultados del proyecto se pueden observar al disminuir los costos y gastos de las empresas en un 17.50 %. Al aplicar esta tasa, asumiendo la misma facturación, sin realizar despidos, y reduciendo los procesos, se incrementa la productividad y se alcanza el objetivo de este estudio.

- Aplicación de la disminución de los desperdicios

Al aplicar la reducción de los desperdicios convertidos en una moneda -dólares estadounidenses-, quedando estables las cantidades de 1400 unidades en alquiler y la cantidad promedio entre alquiler y venta es de 3105 unidades.

Otras variables que han permanecido estables son:

Cantidad de trabajadores: 711

Prestadores de servicio: 58

Al obtener la ratio de 17.50 % para la disminución de costos es de USD 108 979 200 lo que incluye los costos directos de mantenimiento de equipos y oficina, compra de equipos. Y disminuyendo el 30% del impuesto a la renta, se ha llegado a obtener como utilidades netas la cantidad de USD 30 350 414.01.

Por lo tanto, los siguientes índices financieros permanecen sin movimiento, cada uno de los trabajadores genera un monto de USD 189 873.42 por alquiler de la facturación anual, y USD 42 194 para la venta de equipos. La ratio de alquiler venta es de 4.50, lo cual significa que por cada USD 4.50 que se factura en alquiler de equipos se obtiene un dólar en costo. Y la ratio de unidades alquiler/unidades venta es de USD 1. El cambio imprescindible es el índice de utilidad neta/ costos y gastos, es decir que por cada dólar de costos se genera USD 0.19 en utilidad neta.

En la misma tabla 16, se observa la reducción de los costos a USD 108 903 857.53 y se incrementó el índice de productividad de 1.16 a 1.24.

Tabla 16  
*Análisis general de la mejora*

<b>Análisis general</b>	
Unimaq	
Trabajadores	711
Unidades de alquiler	1400
Unidades de venta	1705
Facturación anual alquiler	\$ 135,000,000.00
Facturación anual ventas	\$ 30,000,000.00
Planilla y carga de planilla	\$ 10,379,562.04
Costos y Gastos	\$ 108,903,857.53
Utilidad neta	\$ 32,001,606.30
Índices	
<b>Alquiler</b>	
producción por trabajador por año	\$ 189,873.42
<b>Venta</b>	
producción por trabajador por año	\$ 42,194.09
<b>Total</b>	
producción por trabajador por año	\$ 232,067.51
ratio US\$ alquiler/venta	4.50
ratio unidades alquiler/venta	0.82
utilidad/venta	0.19
<b>Productividad total</b>	
ventas/costos +gastos	1.24
incluye planillas	

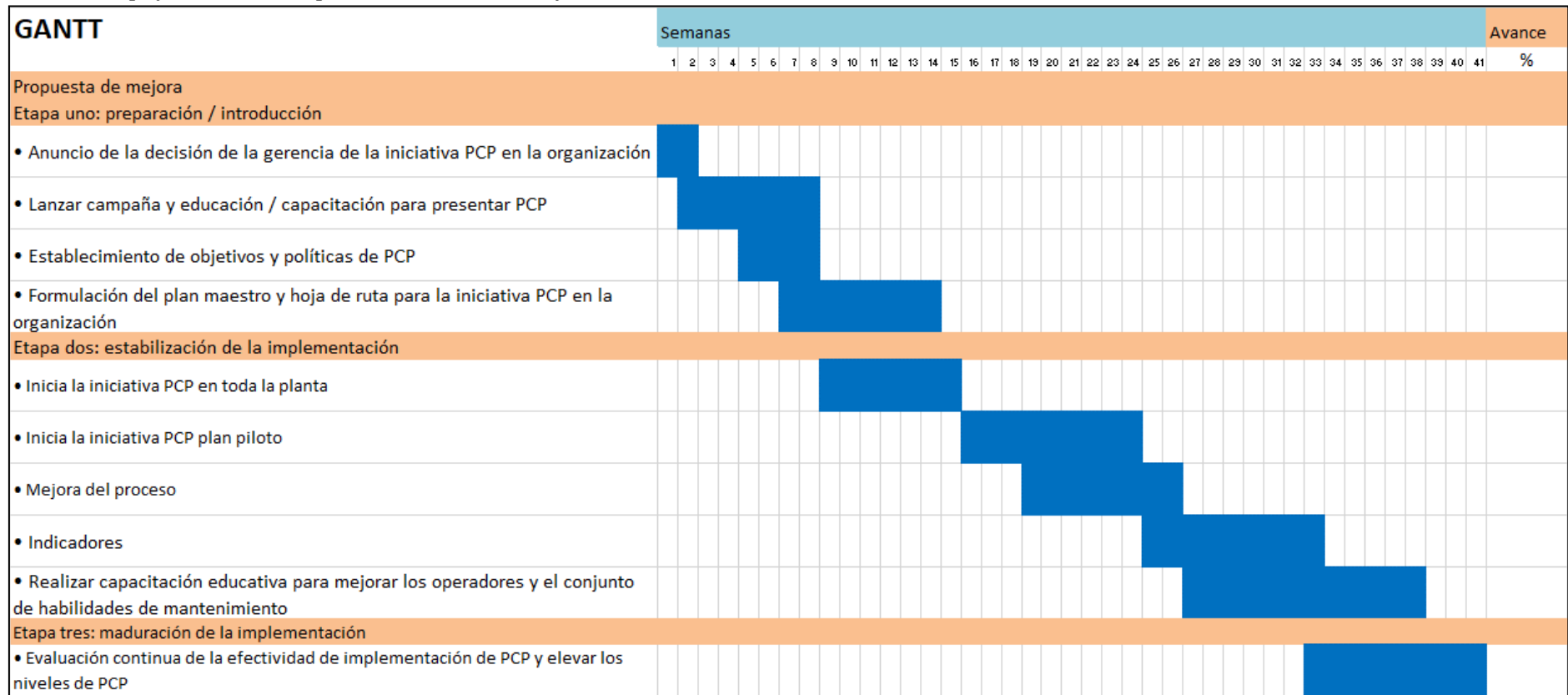
Elaboración propia.

### 3.6.1.3. Implementación a nivel nacional

Para la implementación de la propuesta de mejora se elaboró un diagrama de Gantt. A continuación se muestra el modelo simplificado.

Tabla 17

Modelo simplificado de la implementación de la mejora



Elaboración propia.



### 3.7. Logros obtenidos

#### 3.7.1. Indicadores

En consecuencia, se han calculado los indicadores finales, incluyendo el incremento del índice de productividad de 1.16 a 1.24. En donde se logró reducir el porcentaje de los costos de 80.04 % a 66 %, de tal manera que la utilidad bruta incrementó a 34 %, lo cual puede cubrir costos y gastos operativos y administrativos, logrando una utilidad neta de 25 %.

Tabla 18

*Comparación de indicadores de proceso actual y proceso de mejora*

Indicadores	Actual	Unidades	Objetivo acción	Objetivo numérico	Teoría	Se requiere para llegar a objetivo	Mejora
Productividad	1.16	índice	Incrementar	>= 1.25	Productividad	0.09	1.24
Costos directos	80.04%	porcentaje	Disminuir	74%	Utilidad bruta de 25% o más	6.42%	66.00%
Nivel de servicio a tiempo	75.10%	porcentaje	Incrementar	95%	Nivel de confianza	19.90%	92.59%
Demora	24.90%	porcentaje	Disminuir	5%	Margen de error	19.90%	7.41%
Impacto económico	\$ 8,196,395.21	dólares	Disminuir	\$ -		\$ -	\$ -13,182,227.23
	5.04%						-7.99%

Elaboración propia.

En la tabla 18, se observa que los procesos de mantenimiento preventivo a tiempo incrementaron de 75.10 % a 92.59 % y, por ende, los procesos con demoras se redujeron de 24.90 % a 7.41 %; sin embargo, aún no se logran los objetivos de la empresa. Por otro lado, al hacer el cálculo del impacto económico que fue de USD 8 196 395.21 equivalente al 5.04 % de las ventas, se redujo a USD -13 182 227.23, lo cual se considera como ahorros ya que es con signo negativo, es el equivalente al 7.99 % de las ventas.

#### 3.7.2. Beneficio

La inversión requerida es de USD 3 238 444.08 al automatizar el proceso, y esta inversión también incluye la capacitación de los operarios del nuevo proceso que deben seguir para incrementar la productividad.

Tabla 19  
Inversión en automatización

Inversión PCP					
Activos		Unidades	Precio unidad	Subtotal	
Tecnología - Automatización PCP		18	\$ 43,584.00	\$ 784,512.00	
Manuales de capacitación		711	\$ 150.00	\$ 106,650.00	
Conexión a servidor para VBA		1	\$145,085.00	\$ 145,085.00	
Total activos				\$ 1,036,247.00	
Capacitación		Operarios	Horas x operario	Costo por hora	Subtotal
PCP		711	95	\$ 25.00	\$ 1,688,625.00
Total capacitación			95		\$ 1,688,625.00
Horas extras por capacitación	Porcentaje	Operarios			
Pago extra de salario por PCP	25%	711	95	\$ 6.08	\$ 513,572.08
Total horas extras					\$ 513,572.08
Total inversión Gestión PCP					\$ 3,238,444.08
Equivalente al porcentaje de las ventas					1.99%
					\$162,781,446.35

Elaboración propia.

El total de la inversión calculada equivale a 1.99 % de las ventas y alquiler de equipos. Por otro lado, los ahorros son de USD 13 182 227.23, lo que significa que en la mejora se redujeron a USD -21 378 622.44.

Tabla 20  
Ahorros

Ahorros			
	Actual	Mejora	Ahorros
Exceso costos por desperdicios	\$ 8,196,395.21	\$ -21,378,622.44	\$ -13,182,227.23
Total	\$ 8,196,395.21	\$ -21,378,622.44	\$ -13,182,227.23
Total \$ de ahorros			\$ -13,182,227.23
Equivalente a de las ventas			-8.10%
			\$ 162,781,446.35

Elaboración propia.

En consecuencia, para determinar la viabilidad del proyecto, se consideró que por los resultados, los ahorros se podrían dar aproximadamente en un periodo de cinco años, similar al periodo considerado para la depreciación de la automatización de PCP, considerándose un promedio de USD 2 636 445.45 +/- 43 % para los escenarios optimista y pesimista (véase anexo 8), en donde se calculó el VAN (valor actual neto) de USD 3 987 506.59 y la TIR de 53.26 % (véase tabla 21). Se ha considerado un impuesto a la renta de 28% porque para ese periodo de tiempo la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) requería ese porcentaje para dicho impuesto, la depreciación es del 20% por año durante un periodo de cinco años y el cálculo del costo de oportunidad es de 11.02 % (véase anexo 7).

Tabla 21  
Escenario Esperado - Flujo de Caja del Proyecto

Supuestos - Esperado	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Depreciación	100%					
Impuesto (T)	28.00%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.02%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		\$2,636,445.45	\$2,636,445.45	\$2,636,445.45	\$2,636,445.45	\$2,636,445.45
(-) Costos						
(-) Gastos operativos						
(-) Depreciación		-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40
(=) UAI = EBIT		\$2,429,196.05	\$2,429,196.05	\$2,429,196.05	\$2,429,196.05	\$2,429,196.05
(-) Impuestos		-\$680,174.89	-\$680,174.89	-\$680,174.89	-\$680,174.89	-\$680,174.89
(+) Depreciación		\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40
Flujo Económico de Operación (FEO)		\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55
Gastos netos de capital	-\$3,238,444.08					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-\$3,238,444.08	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55	\$1,956,270.55
<b>VAN</b>	<b>\$3,987,506.59</b>					
<b>TIR</b>	<b>53.26%</b>					

Elaboración propia.

En el flujo de caja mostrado en la tabla 21, la ratio de B/C (beneficio/costo) en donde la fórmula es el valor actual de los ingresos entre el valor actual de los costos.

$$B/C = 1.35$$

Lo que significa que por cada USD 1.35 de ingreso (facturación), hay USD 1.00 de salida (costos).

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- La propuesta de mejora fue aprobada por la alta gerencia e implementada en todas las sedes de Unimaq S.A. en el ámbito nacional.
- La propuesta de mejora incrementó el índice de la productividad de la empresa en los servicios de alquiler y venta de maquinaria pesada para la minería y construcción de 1.16 a 1.24 por debajo de la meta de la empresa de 1.25.
- Con una reducción del 5 % se optimizó la cantidad de horas de descanso por feriados, al disminuir las horas de 1704 a 1266 por año.
- Al mejorar el tiempo de los mantenimientos preventivos, se elevó el nivel de conformidad de los clientes con los servicios de Unimaq S.A. generando, de esta manera, mayor fidelidad con la compañía.
- Al variar el régimen de trabajo del personal operativo se generó una mayor motivación del personal, conllevando a un incremento laboral y mayor compromiso con la empresa.

### 4.2. Recomendaciones

- Esta metodología puede utilizarse en cualquier empresa mediana o pequeña que desee incrementar el índice de productividad.
- El estudio puede ser ampliado hacia la metodología *Lean Manufacturing* para lograr una mejora continua y flexibilidad en el cambio del proceso una vez que aparezca un desperdicio.
- Se recomienda realizar este estudio de manera rotativa, en este caso se podría aplicar cada dos años para observar las deficiencias y las mermas en los procesos de alquiler y venta.
- La gerencia debería aplicar un sistema de recompensa cuando se logren los indicadores. De esta manera los trabajadores se mantendrán incentivados con una retribución y por ser parte de los ahorros obtenidos.

## V. Bibliografía

- Agronline (2019). Contando la historia: Curiosidades sobre los tractores. Lima Perú. Revista Digital. Recuperado de <http://www.agronline.pe/noticias/contando-la-historia-curiosidades-sobre-los-tractores/> el 28 de abril de 2020.
- Akmal, A., Podgorodnichenko, N., Greatbanks, R., & Everett, A. M. (2018). Bibliometric analysis of production planning and control (1990–2016). *Production Planning & Control*, 29(4), 333-351. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2018.1429030> el 25 de abril de 2020.
- Baumung, W., Gloeckle, H., & Fomin, V. V. (2019). Production planning and control (PPC) system architecture for the use in networked additive manufacturing (AM) facilities. In *New Challenges of Economic and Business Development–2019: Incentives for Sustainable Economic Growth: the 11th international scientific conference, Riga (Latvia) 16-18 May, 2019*. Riga: University of Latvia, 2019. Recuperado de <https://vdu.lt/cris/handle/20.500.12259/104912> el 28 de abril de 2020.
- Banks, J. (1989). *Principios de control de calidad*. New York, EE.UU. Editorial John Wiley & Sons.
- Chapman, Stephen N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Upper Saddle River, Estados Unidos. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Jeon, S. M., & Kim, G. (2016). A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). *Production Planning & Control*, 27(5), 360-377. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2015.1128010> el 25 de abril de 2020.
- Omachonu, V. K. y Ross, J. E. (2004). *Principios de la calidad total*. New York, EE.UU. Editorial CRC Press.

- Reuter, C., Brambring, F., Hempel, T., & Kopp, P. (2017). Benefit oriented production data acquisition for the production planning and control. *Procedia CIRP*, 61, pp. 487-492. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116313026> el 27 de abril de 2020.
- Schuh, G., Reuter, C., Prote, J. P., Brambring, F., & Ays, J. (2017). Increasing data integrity for improving decision making in production planning and control. *CIRP Annals*, 66(1), 425-428. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850617300033> el 26 de abril de 2020.
- SUIN (2002). Sistema Único de Información Normativa. Ley 769 de 2002, 6 de julio. Colombia. Recuperado de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1826223> el 28 de abril de 2020.
- Sumanth, D. F. (2008). *Productivity Engineering and Management*. New York, USA: McGraw Hill.
- Tatum, C. B., Vorster, M., & Klingler, M. (2006). Innovations in earthmoving equipment: new forms and their evolution. *Journal of construction engineering and management*, 132(9), 987-997. Recuperado de [https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2006\)132:9\(987\)](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2006)132:9(987)), el 28 de abril de 2020.
- Unimaq S.A. (2019). Sitio Web empresarial. Recuperado de <https://www.unimaq.com.pe>
- Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L. y Ye, K. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Upper Saddle River, EEUU. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Wentzel, F. (2012). *Productividad y gestión de costos*. Sidney, Australia. Editorial PricewaterhouseCoopers. Pág. 3.

## VI. ANEXOS

Anexo 1: Extracto de la base de datos.....	55
Anexo 2: Análisis de bases de datos.....	57
Anexo 3: Análisis Actual .....	60
Anexo 4: Situación actual – análisis de desperdicios .....	61
Anexo 5: Recopilación de datos y cálculos de indicadores e índice de productividad...	62
Anexo 6: Mejora.....	63
Anexo 7: Costo de Oportunidad .....	64
Anexo 8: Escenarios Esperado Real, pesimista y optimista.....	65







Anexo 2: Análisis de bases de datos

Column Labels					Total Sum of Facturación	Total Sum of Costos
Row Labels	Alquiler Sum of Facturación	Sum of Costos	Venta Sum of Facturación	Sum of Costos		
2015	136265118.8	109048343	30455021.9	24335518.1	166720141	133383860.8
2016	133552140.6	106865061	29229305.7	23417418.9	162781446	130282480
<b>Grand Total</b>	<b>269817259.4</b>	<b>215913404</b>	<b>59684327.6</b>	<b>47752936.9</b>	<b>329501587</b>	<b>263666340.7</b>

Row Labels	Sum of Contacto con la empresa Requerimiento de cotización	Sum of Envío de cotización	Sum of Recepción de OC	Sum of Espera,	Sum of Preparación de documentos necesarios y firma de cliente	Sum of Entrega de equipos
2015	909.884	6943.044	1394.663	899.695	9518.732	14424.631
2016	874.025	6698.744	1358.71	866.892	9212.012	13951.962
<b>Grand Total</b>	<b>1783.909</b>	<b>13641.788</b>	<b>2753.373</b>	<b>1766.587</b>	<b>18730.744</b>	<b>28376.593</b>

Row Labels	Sum of Días programados	Sum of Días real	Sum of Demora
2015	36491.845	47313.091	12707.015
2016	35032.614	45954.999	12629.837
<b>Grand Total</b>	<b>71524.459</b>	<b>93268.09</b>	<b>25336.852</b>

Row Labels	Alquiler	Venta	Grand Total
2015	5634.434	7072.581	12707.015
2016	5696.663	6933.174	12629.837
<b>Grand Total</b>	<b>11331.097</b>	<b>14005.755</b>	<b>25336.852</b>

Row Labels	Average of Número de operarios contratados	Average of Número de proveedores de servicio
2015	711	58
2016	711	58
<b>Grand Total</b>	<b>711</b>	<b>58</b>

Row Labels	Average of Horas programadas por mes	Average of Feriados	Average of Mantenimi ento y servicio programado	Average of Capacitació n, cambios de turnos	Average of Tiempos de espera en general	Average of Por ejemplo la rotura parcial de un equipo	Average of Desgaste de los trabajadore s a lo largo del tiempo operativo
2015	730	142.008008	121.670622	80.2928318	80.2761831	80.34000317	60.969452
2016	730	141.988109	122.193567	80.246422	80.1574443	80.19571429	60.9597837
<b>Grand Total</b>	<b>730</b>	<b>141.998227</b>	<b>121.929293</b>	<b>80.2700193</b>	<b>80.2178177</b>	<b>80.26907876</b>	<b>60.9646996</b>
meses	12	por año					
	8760	1703.97872	1463.15151	963.240232	962.613812	963.2289451	731.576396

Row Labels	Alquiler	Venta	Grand Total
2015	1415	1742	3157
2016	1385	1667	3052
<b>Grand Total</b>	<b>2800</b>	<b>3409</b>	<b>6209</b>
	1400	1705	

Row Labels	Sum of Horas programadas por mes	Sum of Feriados	Sum of Capacitació n, cambios de turnos	Sum of Tiempos de espera en general	Sum of Por ejemplo la rotura parcial de un equipo	Sum of Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo
2015	2304610	448319.28	253484.47	253431.91	253633.39	192480.56
2016	2227960	433347.71	244912.08	244640.52	244757.32	186049.26
<b>Grand Total</b>	<b>4532570</b>	<b>881666.99</b>	<b>498396.55</b>	<b>498072.43</b>	<b>498390.71</b>	<b>378529.82</b>

Column Labels							Total Sum of Facturación	Total Sum of Costos
Row Labels	Alquiler Sum of Facturación	Sum of Costos	Venta Sum of Facturación	Sum of Costos				
<b>2015</b>	<b>136265119</b>	<b>109048343</b>	<b>30455021.9</b>	<b>24335518.1</b>	<b>166720141</b>	<b>133383861</b>		
Ene	10525066.7	8394943.21	2681652.14	2151456.74	13206718.8	10546400		
Feb	9437141.85	7516019.24	2302239.61	1838832.31	11739381.5	9354851.54		
Mar	12281443.9	9804996.31	2412076.58	1927439.04	14693520.5	11732435.3		
Abr	11839345.7	9491686.76	2485168.53	1978286.91	14324514.3	11469973.7		
May	9996454.96	8094550.24	2407526.67	1927473.21	12403981.6	10022023.4		
Jun	11976197.4	9599724.87	2658356.77	2128727.33	14634554.2	11728452.2		
Jul	13154239.7	10515010.7	2825362	2242868.54	15979601.7	12757879.2		
Ago	9298321.9	7440406.16	2590486.31	2074805.69	11888808.2	9515211.85		
Set	10605737.7	8534947.92	2717645.46	2175898.79	13323383.1	10710846.7		
Oct	12328866.7	9829170.79	2440476.68	1954081.44	14769343.3	11783252.2		
Nov	12091648	9663450.64	2293808.44	1836331.59	14385456.5	11499782.2		
Dic	12730654.4	10163435.9	2640222.71	2099316.47	15370877.1	12262752.3		
<b>2016</b>	<b>133552141</b>	<b>106865061</b>	<b>29229305.7</b>	<b>23417418.9</b>	<b>162781446</b>	<b>130282480</b>		
Ene	10720101.2	8527299.17	2632458.21	2107973.74	13352559.4	10635272.9		
Feb	10779188.5	8647836.65	2520567.13	2013884.59	13299755.6	10661721.2		
Mar	10852072.7	8774495.61	2822193.82	2263018.46	13674266.5	11037514.1		
Abr	10346838.7	8247946.79	2367942.4	1891177.86	12714781.1	10139124.7		
May	11649662.1	9273357.89	2332476.43	1863014.71	13982138.5	11136372.6		
Jun	13240325	10613078.3	2599637.67	2093690.52	15839962.7	12706768.8		
Jul	10493070.7	8403363.75	2495619.48	2009366.18	12988690.2	10412729.9		
Ago	9966724.51	7946368.33	2294216.36	1831393.31	12260940.9	9777761.63		
Set	11654700.6	9266364.87	1972078.3	1582113.69	13626778.9	10848478.6		
Oct	11534045.5	9268949.81	2633365.39	2103758.6	14167410.9	11372708.4		
Nov	10422064.5	8375336.32	2367345.06	1899526.53	12789409.6	10274862.9		
Dic	11893346.6	9520663.61	2191405.46	1758500.65	14084752.1	11279164.3		
<b>Grand Total</b>	<b>269817259</b>	<b>215913404</b>	<b>59684327.6</b>	<b>47752936.9</b>	<b>329501587</b>	<b>263666341</b>		

### Anexo 3: Análisis Actual

<b>Unimaq</b>	
<b>Trabajadores</b>	<b>711</b>
<b>Unidades de alquiler</b>	<b>1400</b>
<b>Unidades de venta</b>	<b>1705</b>
<b>Facturación anual alquiler</b>	\$ <b>135,000,000.00</b>
<b>Facturación anual ventas</b>	\$ <b>30,000,000.00</b>
<b>Planilla y carga de planilla</b>	\$ <b>10,379,562.04</b>
<b>Costos y Gastos</b>	\$ <b>132,000,000.00</b>
<b>Impuestos renta</b>	\$ <b>6,786,131.39</b>
<b>Utilidad neta</b>	\$ <b>15,834,306.57</b>
<b>Índices</b>	
<b>Alquiler</b>	
producción por trabajador por año	\$ <b>189,873.42</b>
<b>Venta</b>	
producción por trabajador por año	\$ <b>42,194.09</b>
<b>Total</b>	
producción por trabajador por año	\$ <b>232,067.51</b>
ratio US\$ alquiler/venta	<b>4.50</b>
ratio unidades alquiler/venta	<b>0.82</b>
utilidad/venta	<b>0.10</b>
<b>Productividad total</b>	
ventas/costos +gastos incluye planillas	<b>1.11</b>

Anexo 4: Situación actual – análisis de desperdicios

<b>Situación Actual - Desperdicios</b>						
		365 días				
		24 horas/día				
		8760 horas		100%	8760	
				Operativo	Pérdida	
	<b>Pérdida en tiempo</b>		<b>Ejemplos</b>		<b>%</b>	<b>horas</b>
	Horas no operativas programadas	Feriatos		80.55%	19.45%	1704 Tiempo programado
	Horas no disponibles	Mantenimiento y servicio programado		63.85%	16.70%	1463 Tiempo no disponible
	Horas no operativas en horas disponibles	Capacitación, cambios de turnos		52.85%	10.99%	963 Tiempo operativo
	Índice de pérdida de producción por operaciones	Tiempos de espera en general		41.86%	10.99%	963 Tiempo operativo efectivo O
	Índice de pérdida de producción por mantenimiento no programado	Por ejemplo la rotura parcial de un equipo		30.87%	10.99%	963 Tiempo operativo efectivo M
	Pérdidas de calidad	Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo		22.51%	8.36%	732 Tiempo de producción real
			<b>Total Pérdida</b>		<b>77.49%</b>	<b>6788</b>
			<b>Total de producción real</b>		<b>22.51%</b>	<b>1972</b>
	<b>Operaciones</b>	<b>%</b>				
	Utilización	63.85%				
	Tiempo operativo	52.85%				
	<b>Mantenimiento</b>	<b>%</b>	<b>Estándares establecidos en la industria</b>	<b>var%</b>		
	Disponibilidad	83.2991%	92.00% por debajo del estándar, aumentar	-8.70%		
	<b>Activos</b>					
	Utilización de activos	63.85%	85.00% por debajo del estándar, aumentar	-21.15%		
	Efectividad operativa	52.85%	70.00% por debajo del estándar, aumentar	-17.15%		
	<b>Mantenimiento</b>					
	No planeado	60.31%	20.00% Por encima del estándar, reducir	40.31%		
	Programado	39.69%	80.00% por debajo del estándar, aumentar	-40.31%		



### Anexo 5: Recopilación de datos y cálculos de indicadores e índice de productividad

Mes	Facturación general			Alquiler		Ventas			Costos		Productividad				Posible productividad	
	2015	2016	Total	2015	2016	2015	2016	Total	2015	2016	Productiv	Productiv	Productiv	Productividad me	Meta de la empresa	
Ene	\$ 13,206,718.82	\$ 13,352,559.42	\$ 26,559,278.23	\$ 10,525,066.67	\$ 10,720,101.20	\$ 2,681,652.14	\$ 2,632,458.21	\$ 26,559,278.23	\$ 10,546,399.95	\$ 10,635,272.91	1.1573	1.1611	1.23	1.25		
Feb	\$ 11,739,381.46	\$ 13,299,755.61	\$ 25,039,137.07	\$ 9,437,141.85	\$ 10,779,188.49	\$ 2,302,239.61	\$ 2,520,567.13	\$ 25,039,137.07	\$ 9,354,851.54	\$ 10,661,721.24	1.1487	1.1538	1.23	1.25		
Mar	\$ 14,693,520.46	\$ 13,674,266.52	\$ 28,367,786.98	\$ 12,281,443.88	\$ 10,852,072.70	\$ 2,412,076.58	\$ 2,822,193.82	\$ 28,367,786.98	\$ 11,732,435.35	\$ 11,037,514.08	1.1664	1.1489	1.23	1.25		
Abr	\$ 14,324,514.27	\$ 12,714,781.09	\$ 27,039,295.36	\$ 11,839,345.74	\$ 10,346,838.69	\$ 2,485,168.53	\$ 2,367,942.40	\$ 27,039,295.36	\$ 11,469,973.67	\$ 10,139,124.66	1.1613	1.1555	1.23	1.25		
May	\$ 12,403,981.63	\$ 13,982,138.49	\$ 26,386,120.12	\$ 9,996,454.96	\$ 11,649,662.06	\$ 2,407,526.67	\$ 2,332,476.43	\$ 26,386,120.12	\$ 10,022,023.45	\$ 11,136,372.60	1.1393	1.1650	1.23	1.25		
Jun	\$ 14,634,554.20	\$ 15,839,962.66	\$ 30,474,516.85	\$ 11,976,197.42	\$ 13,240,324.99	\$ 2,658,356.77	\$ 2,599,637.67	\$ 30,474,516.85	\$ 11,728,452.20	\$ 12,706,768.83	1.1621	1.1671	1.23	1.25		
Jul	\$ 15,979,601.69	\$ 12,988,690.20	\$ 28,968,291.89	\$ 13,154,239.69	\$ 10,493,070.72	\$ 2,825,362.00	\$ 2,495,619.48	\$ 28,968,291.89	\$ 12,757,879.25	\$ 10,412,729.93	1.1730	1.1517	1.23	1.25		
Ago	\$ 11,888,808.21	\$ 12,260,940.87	\$ 24,149,749.08	\$ 9,298,321.90	\$ 9,966,724.51	\$ 2,590,486.31	\$ 2,294,216.36	\$ 24,149,749.08	\$ 9,515,211.85	\$ 9,777,761.63	1.1453	1.1520	1.23	1.25		
Set	\$ 13,323,383.11	\$ 13,626,778.91	\$ 26,950,162.02	\$ 10,605,737.65	\$ 11,654,700.61	\$ 2,717,645.46	\$ 1,972,078.30	\$ 26,950,162.02	\$ 10,710,846.71	\$ 10,848,478.56	1.1510	1.1633	1.23	1.25		
Oct	\$ 14,769,343.34	\$ 14,167,410.88	\$ 28,936,754.22	\$ 12,328,866.66	\$ 11,534,045.49	\$ 2,440,476.68	\$ 2,633,365.39	\$ 28,936,754.22	\$ 11,783,252.23	\$ 11,372,708.42	1.1677	1.1577	1.23	1.25		
Nov	\$ 14,385,456.46	\$ 12,789,409.60	\$ 27,174,866.06	\$ 12,091,648.02	\$ 10,422,064.54	\$ 2,293,808.44	\$ 2,367,345.06	\$ 27,174,866.06	\$ 11,499,782.23	\$ 10,274,862.86	1.1634	1.1481	1.23	1.25		
Dic	\$ 15,370,877.06	\$ 14,084,752.11	\$ 29,455,629.17	\$ 12,730,654.36	\$ 11,893,346.65	\$ 2,640,222.71	\$ 2,191,405.46	\$ 29,455,629.17	\$ 12,262,752.33	\$ 11,279,164.26	1.1709	1.1598	1.23	1.25		
Total	\$ 166,720,140.69	\$ 162,781,446.35	\$ 329,501,587.04	\$ 136,265,118.80	\$ 133,552,140.64	\$ 30,455,021.89	\$ 29,229,305.72	\$ 329,501,587.04	\$ 133,383,860.75	\$ 130,282,479.97	1.1597	1.1573				
		\$ -3,938,694.33			\$ -2,712,978.16		\$ -1,225,716.17			\$ -3,101,380.78						
		-2%			-2%		-4%			-2%						
				\$ 11,355,426.57	\$ 11,129,345.05	\$ 2,537,918.49	\$ 2,435,775.48		80.00%	80.04%						

## Anexo 6: Mejora

Modificación de Reducción de Desperdicios						
<b>Reducción de costos</b>						
<b>Suposiciones</b>						
Reducción del tiempo horas no operativas programadas	5.00%	Deseamos reducir sólo 5% para observar los efectos producidos				
Aumento de utilización de activos	80.00%	Aumentando al 80% la supuesta capacidad operativa antes de la disminución de desperdicios o interrupciones				
<b>Operaciones</b>						
	%					
Utilización	80.00%					
Tiempo operativo	69.00%					
<b>Mantenimiento</b>						
	%	<b>Estándares establecidos en la industria</b>		<b>var%</b>	<b>Reducción de Costos</b>	
Disponibilidad	94.4400%	92.00%	por encima del estándar	2.44%	La resta del 100% menos lo utilizado por horas no disponibles	
<b>Activos</b>						
Utilización de activos	80.00%	85.00%	por debajo del estándar, aumentar	-5.00%	16.11%	Nuestra suposición
Efectividad operativa	69.00%	70.00%	por debajo del estándar, aumentar	-1.00%	16.11%	Antes de pérdidas o interrupciones no programadas
<b>Mantenimiento</b>						
No planeado	33.57%	20.00%	Por encima del estándar	13.57%	El porcentaje del mantenimiento no programado vs. no programado y programado	
Programado	66.43%	80.00%	por debajo del estándar, aumentar	-13.57%	La resta del 100% menos el porcentaje del mantenimiento no planeado	
Días de trabajo	365 días					
Horas	24 horas/día					
Tiempo total	8760 horas					
					100%	8760
				Operativo	Pérdida	
<b>Pérdida en tiempo</b>		<b>Ejemplos</b>			%	horas
Horas no operativas programadas	Feriatos			85.55%	14.45%	1266 Tiempo programado
Horas no disponibles	Mantenimiento y servicio programado			80.00%	5.56%	487 Tiempo disponible
Horas no operativas en horas disponibles	Capacitación, cambios de turnos			69.01%	10.99%	963 Tiempo operativo
Índice de pérdida de producción por operaciones	Tiempos de espera en general			58.01%	10.99%	963 Tiempo operativo efectivo O
Índice de pérdida de producción por mantenimiento no programado	Por ejemplo la rotura parcial de un equipo			47.02%	10.99%	963 Tiempo operativo efectivo M
Pérdida de calidad	Desgaste de los trabajadores a lo largo del tiempo operativo			40.02%	7.00%	613 Tiempo de producción real
				Total Pérdida	59.99%	5255
				Total de producción real	40.0%	3505



## Anexo 7: Costo de Oportunidad

	Cálculo COK	Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo 2.35%	Us Treasury Bond 02/04/2017 <a href="https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield">https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/Pages/TextView.aspx?data=yield</a>
	Beta no apalancada 1.25	Damodaran 2020 Maquinaria <a href="http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html">http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html</a>
$\beta$	Beta apalancada 1.80	Cálculo según fórmula $\beta = \text{Beta no apalancado} * (1+(1-T)*(D/C))$
T	28.0%	Tasa de Renta Perú <a href="http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/impuesto-a-la-renta-empresas/regimen-general-del-impuesto-a-la-renta-empresas/calculo-anual-del-impuesto-a-la-renta-empresas/2900-03-tasas-para-la-determinacion-del-impuesto-a-la-renta-anual">http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/impuesto-a-la-renta-empresas/regimen-general-del-impuesto-a-la-renta-empresas/calculo-anual-del-impuesto-a-la-renta-empresas/2900-03-tasas-para-la-determinacion-del-impuesto-a-la-renta-anual</a>
	D/C 61.1%	Damodaran D/E Ratio 2020 <a href="http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html">http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html</a>
Rm	Prima de riesgo 6.38%	Damodaran Perú 2020 <a href="http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html">http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html</a>
Rpaís	Riesgo país 1.42%	Gestión 02/04/2017 <a href="https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-peru-baja-cierra-1-44-puntos-porcentuales-254686?href=tepuedeinteresarse">https://gestion.pe/economia/riesgo-pais-peru-baja-cierra-1-44-puntos-porcentuales-254686?href=tepuedeinteresarse</a>

	Cálculo COK	Fuente
Rf	Tasa libre de riesgo	2.35% Us Treasury Bond 02/04/2017
	Beta no apalancada	1.25 Damodaran 2020 Maquinaria
$\beta$	Beta apalancada	1.80 Cálculo según fórmula
	T	28.0% Tasa de Renta Perú
	D/C	61.1% Damodaran D/E Ratio 2020
Rm	Prima de riesgo	6.38% Damodaran Perú 2020
Rpaís	Riesgo país	1.42% Gestión 02/04/2017
	<b>COK</b>	<b>11.02%</b>

## Anexo 8: Escenarios esperado real, pesimista y optimista

<b>Supuestos - Real</b>						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28.00%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.02%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		\$13,182,227.23				
( - ) Costos						
( - ) Gastos operativos						
( - ) Depreciación		-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40
( = ) UAI = EBIT		\$12,974,977.83	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40
( - ) Impuestos		-\$3,632,993.79				
( + ) Depreciación		\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40
<b>Flujo Económico de Operación (FEO)</b>		<b>\$9,549,233.44</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
Gastos netos de capital	-\$3,238,444.08					
<b>Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)</b>	<b>-\$3,238,444.08</b>	<b>\$9,549,233.44</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>	<b>\$0.00</b>
<b>VAN</b>	<b>\$5,362,668.56</b>					
<b>TIR</b>	<b>194.87%</b>					

<b>Supuestos - Pesimista</b>						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28.00%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.02%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		\$1,137,153.50	\$1,137,153.50	\$1,137,153.50	\$1,137,153.50	\$1,137,153.50
( - ) Costos						
( - ) Gastos operativos						
( - ) Depreciación		-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40
( = ) UAI = EBIT		\$929,904.10	\$929,904.10	\$929,904.10	\$929,904.10	\$929,904.10
( - ) Impuestos		-\$260,373.15	-\$260,373.15	-\$260,373.15	-\$260,373.15	-\$260,373.15
( + ) Depreciación		\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40
<b>Flujo Económico de Operación (FEO)</b>		<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>
Gastos netos de capital	-\$3,238,444.08					
<b>Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)</b>	<b>-\$3,238,444.08</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>	<b>\$876,780.35</b>
<b>VAN</b>	<b>\$152.73</b>					
<b>TIR</b>	<b>11.03%</b>					

<b>Supuestos - Optimista</b>						
Depreciación	100%	20%	20%	20%	20%	20%
Impuesto (T)	28.00%					
Costo de Oportunidad del Capital (COK)	11.02%					
	0	1	2	3	4	5
Ahorros		\$2,682,384.01	\$2,682,384.01	\$2,682,384.01	\$2,682,384.01	\$2,682,384.01
( - ) Costos						
( - ) Gastos operativos						
( - ) Depreciación		-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40	-\$207,249.40
( = ) UAI = EBIT		\$2,475,134.61	\$2,475,134.61	\$2,475,134.61	\$2,475,134.61	\$2,475,134.61
( - ) Impuestos		-\$693,037.69	-\$693,037.69	-\$693,037.69	-\$693,037.69	-\$693,037.69
( + ) Depreciación		\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40	\$207,249.40
Flujo Económico de Operación (FEO)		\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32
Gastos netos de capital	-\$3,238,444.08					
Flujo de Caja de Libre Disponibilidad (FCLD)	-\$3,238,444.08	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32	\$1,989,346.32
<b>VAN</b>	<b>\$4,109,679.80</b>					
<b>TIR</b>	<b>54.44%</b>					