UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

ÁREA
SISTEMAS PRODUCTIVOS

TEMA

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS DE SOLDAR EN LOS PROCESOS (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) DE LA EMPRESA SERVICIOS Y PRODUCTOS JOEL GUTIÉRREZ

AUTOR
GUTIÉRREZ BAQUE JOEL RENÁN

DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. IND. HURTADO PASPUEL JIMMY FERNANDO, MSc.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2018

Universidad de Guayaquil

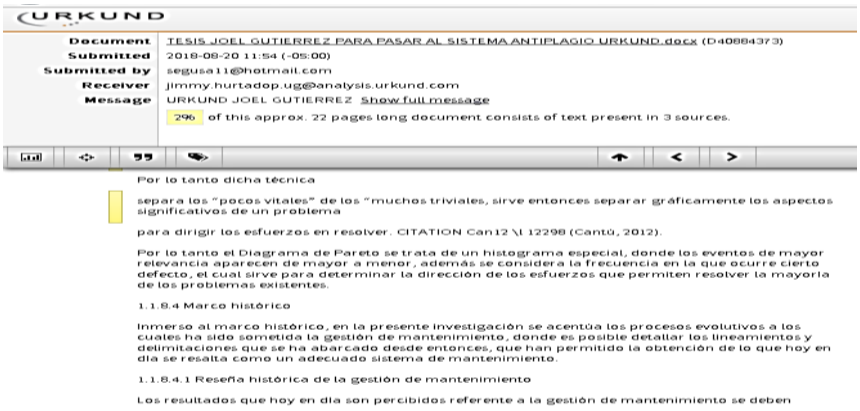
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA/CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

UNIDAD DE TITULACIÓN

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **ING. IND. HURTADO PASPUEL JIMMY FERNANDO, MSC.,** tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **GUTIÉRREZ BAQUE JOEL RENÁN** con C.C. 1305768044, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL**.

Se informa que el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS DE SOLDAR EN LOS PROCESOS (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) DE LA EMPRESA SERVICIOS Y PRODUCTOS JOEL GUTIÉRREZ,** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (URKUND) quedando el 2% de coincidencia.


URKUND

Document	TESIS JOEL GUTIERREZ PARA PASAR AL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND.docx (D40884373)
Submitted	2018-08-20 11:54 (-05:00)
Submitted by	segusa11@hotmail.com
Receiver	jimmy.hurtadop.ug@analysis.urkund.com
Message	URKUND JOEL GUTIERREZ Show full message

296 of this approx. 22 pages long document consists of text present in 3 sources.

Por lo tanto dicha técnica

separa los "pocos vitales" de los "muchos triviales, sirve entonces separar gráficamente los aspectos significativos de un problema

para dirigir los esfuerzos en resolver. CITATION Can12 \l 12298 (Cantú, 2012).

Por lo tanto el Diagrama de Pareto se trata de un histograma especial, donde los eventos de mayor relevancia aparecen de mayor a menor, además se considera la frecuencia en la que ocurre cierto defecto, el cual sirve para determinar la dirección de los esfuerzos que permiten resolver la mayoría de los problemas existentes.

1.1.8.4 Marco histórico

Inmerso al marco histórico, en la presente investigación se acentúa los procesos evolutivos a los cuales ha sido sometida la gestión de mantenimiento, donde es posible detallar los lineamientos y delimitaciones que se ha abarcado desde entonces, que han permitido la obtención de lo que hoy en día se resalta como un adecuado sistema de mantenimiento.

1.1.8.4.1 Reseña histórica de la gestión de mantenimiento

Los resultados que hoy en día son percibidos referente a la gestión de mantenimiento se deben

https://secure.urkund.com/view/40026129-154533-684246#q1bKLVayijbQMdQx1jHRMY/VUSrOTM/LTMtMTsxLTIWyMtA

Ing. Ind. Hurtado Paspuel Jimmy Fernando, MSc.
C.C 0915965453

Declaración de autoría

"La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil"

Gutiérrez Baque Joel Renán

C.C: 1305768044

Dedicatoria

Dedico este Proyecto de tesis a mi Tío y amigo que me dio su apoyo incondicional de educación y estudios, gracias a él tuve la oportunidad de desarrollarme profesionalmente aquí en Guayaquil, viniendo desde Manabí al Colegio Técnico Simón Bolívar, luego a la ESPOL y finalmente a la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, El Ing. Ind. Oswaldo Baque Plúa, MSc. que Dios siempre lo tenga presente.

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la Virgen Santísima por iluminarme en mis estudios de Ingeniería Industrial.

A mis Padres y toda mi familia y especialmente a mi esposa Ana Lucia y mi nena Ana María, por su apoyo incondicional.

A mis amigos y colaboradores que me apoyaron en la realización de mi trabajo de proyecto de tesis para la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Índice del contenido

Capítulo I

Diseño de la Investigación

No.	Descripción	Pág.
1.1	Generalidades	2
1.1.1	Formulación del Problema	2
1.1.2	Sistematización del problema:	2
1.1.3	Variables	2
1.1.4	Antecedentes	3
1.1.5	Justificativos	3
1.1.6	Justificación	3
1.1.7	Delimitación	4
1.1.8	Objetivos.	4
1.1.8.1	Objetivo General.	4
1.1.8.2	Objetivos específicos.	4
1.1.9	Marco Teórico.	4
1.1.9.1	Proceso de mantenimiento.	4
1.1.9.2	Mantenimiento.	5
1.1.9.3	Tipos de mantenimientos.	5
1.1.9.3.1	Mantenimiento preventivo.	5
1.1.9.3.2	Mantenimiento correctivo.	6
1.1.9.4	Concepto de tiempos improductivos.	6
1.1.9.5	Gestión de mantenimiento.	7
1.1.9.6	Gestión de inventario.	8
1.1.9.7	Tipos de inventarios.	9
1.1.9.7.1	Inventario mínimo y máximo.	9
1.1.9.8	Diagrama de Ishikawa.	11
1.1.9.9	Diagrama de Pareto.	11
1.1.9.10	Marco histórico.	12
1.1.9.10.1	Reseña histórica de la gestión de mantenimiento.	12
1.1.9.10.2	Marco referencial.	13
1.1.9.11	Marco legal.	14
1.1.9.11.1	Constitución de la República del Ecuador.	14

No.	Descripción	Pág.
1.1.9.11.2	Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.	15
1.1.9.11.3	Plan Nacional de Desarrollo Toda una vida.	15
1.1.10	Metodología.	16
1.1.10.1	Tipo de estudio.	16
1.1.10.2	Método de investigación.	16
1.1.10.3	Fuentes y técnicas para la recolección de información.	16
1.1.10.4	Población y muestra.	16
1.1.10.5	Tratamiento de la información.	17
1.2	La empresa	18
1.2.1	Datos generales.	18
1.2.2	Ubicación.	18
1.2.3	Organización.	19
1.2.3.1	Visión.	19
1.2.3.2	Misión.	19
1.2.3.3	Actividad económica de la empresa.	19
1.2.4	Productos.	19
1.2.5	Recursos productivos.	20
1.2.5.1	Materia prima.	20
1.2.6	Equipos y Software.	24
1.2.6.1	Diseño y partes constitutivas de máquinas de soldar en proceso SMAW.	24
1.2.6.2	Diseño y partes constitutivas de máquinas de soldar en proceso GMAW.	25
1.2.6.3	Diseño y sistema funcional de máquinas de soldar en proceso GTAW.	26
1.2.6.4	Diseño y sistema funcional del proceso pac o corte por plasma	28
1.2.7	Procesos de producción.	30
1.2.7.1	Diagrama de bloques del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar.	32

Capítulo II

Situación actual y diagnóstico

No.	Descripción	Pág.
2.1	Situación actual	38
2.1.1	Capacidad de producción.	39
2.1.2	Registros de problemas	40

No.	Descripción	Pág.
2.2	Análisis y diagnóstico	42
2.2.1	Análisis de datos e identificación de problemas.	42
2.2.2	Impacto económico de problemas.	48
2.2.3	Diagnóstico	48

Capítulo III

Propuesta, conclusiones y recomendaciones

No.	Descripción	Pág.
3.1.	Planteamiento de propuesta	50
3.1.1	Planteamiento de alternativa de solución A.	51
3.1.2	Planteamiento de alternativa de solución B.	58
3.1.3	Costos de alternativas de solución.	70
3.1.4	Evaluación y selección de propuestas de solución.	73
3.2	Evaluación económica y financiera	74
3.2.1	Plan de inversión y financiamiento.	74
3.2.2	Evaluación financiera.	77
3.3	Programación para puesta en marcha	79
3.3.1	Planificación y Cronograma de implementación	79
3.4	Conclusiones y recomendaciones	81
3.4.1	Conclusiones	81
3.4.2	Recomendaciones	81

Glosario de términos **83**

Bibliografía **84**

Índice de Tablas

No.	Descripción	Pág.
1	Participación de máquinas soldadoras en servicio de mantenimiento. Julio 2017 – junio 2018.	38
2	Detalle del tiempo promedio unitario del servicio de mantenimiento de máquina soldadora.	39
3	Registro de tiempos improductivos (en horas – hombres) en el proceso del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras. Julio 2017– junio 2018.	40
4	Horas anuales asignadas al servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras. Julio 2017 – junio 2018.	41
5	Análisis de los problemas en tiempos improductivos. Desde julio 2017 a junio 2018.	44
6	Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y la falta de stock de repuestos. Julio 2016 – junio 2017.	45
7	Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y ausentismo. Julio 2016–junio 2017.	46
8	Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y las fallas eléctricas, mecánicas y electrónicas. Julio 2016 – junio 2017.	46
9	Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y demoras en la operación. Julio 2016 – junio 2017.	47
10	Resultados obtenidos mediante la aplicación del método de regresión lineal.	47
11	Cuantificación de pérdidas económicas. Desde julio 2017 a junio 2018.	48
12	Propuestas de solución planteadas	50
13	Inventario ABC de partes y piezas.	51
14	Cálculo de inventarios de repuestos estrellas para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras.	58
15	Orden de repuestos mediante tecnología de grupos ABC	61
16	Costos de inventarios de repuestos estrellas (a), para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras	71
17	Costos de inventarios de repuestos categoría b, para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras	72
18	Inversión en activos fijos	74

No.	Descripción	Pág.
19	Costos de operación	75
20	Inversión total	75
21	Datos para el financiamiento	75
22	Tabla de amortización	76
23	Costos financieros	77
24	Balance económico de flujo de caja	77
25	Cálculo de tasa interna de retorno, Valor Actual Neto y Pay Back	78

Índice de Figuras

No.	Descripción	Pág.
1	Ubicación de la empresa Joel Gutierrez.	18
2	Organigrama de la Empresa Joel Gutiérrez.	19
3	Despiece de transformador de inducción electromagnética de máquina de soldar proceso Smaw.	20
4	Despiece de máquina de soldar para proceso Smaw.	21
5	Despiece de máquina de soldar en proceso Gmaw.	26
6	Máquina de soldar inverter multiproceso smaw, gmaw y gtaw	27
7	Alimentador de alambre para proceso gmaw	28
8	Máquina inverter para proceso pac o plasma.	28
9	Motosoldadora a gasolina para proceso de soldadura smaw y gtaw	29
10	Motosoldadora a gasolina multiproceso smaw, gtaw y gmaw	30
11	Laboratorio mecánico	32
12	Laboratorio electrónico	33
13	Laboratorio Eléctrico. Elaborado por el autor.	33
14	Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar I.	35
15	Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar I.	35
16	Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o Correctivo de las máquinas de soldar III	36
17	Ingreso de máquina de soldar a mantenimiento.	36
18	Organización y administración	37
19	Participación de máquinas soldadoras en servicio de mantenimiento. Julio 2017 – junio 2018. Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.	38
20	Diagrama de Ishikawa. Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez	43
21	Diagrama de Pareto de frecuencia. Julio 2017–junio 2018.Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez	44
22	Inventario A-B-C.	54

No.	Descripción	Pág.
25	Matriz BCG. Registros de ingresos de la empresa	55
26	Aplicación de herramienta SEIRI	59
27	Aplicación de herramienta SEITON	60
28	Pantalla inicial del sistema de inventarios. Sistema de inventarios XtremeSoft	62
29	Pantalla principal del sistema de inventarios. Sistema de inventarios XtremeSoft.	63
30	Pantalla del menú de facturación.	64
31	Pantalla de la herramienta compras. Sistema de inventarios XtremeSoft.	65
32	Pantalla de la herramienta ventas. Sistema de inventarios XtremeSoft.	66
33	ntalla de la herramienta de ingreso a bodega. Sistema de inventarios XtremeSoft	67
34	Pantalla de la herramienta de egreso a bodega. Sistema de inventarios XtremeSoft.	68
35	Pantalla de la herramienta de reporte de inventario. Sistema de inventarios XtremeSoft.	69
36	Pantalla de la herramienta de reporte de artículo. Sistema de inventarios XtremeSoft.	70
37	Diagrama de GANTT. Microsoft Project.	80

Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS DE SOLDAR EN LOS PROCESOS (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) DE LA EMPRESA SERVICIOS Y PRODUCTOS JOEL GUTIÉRREZ

Autor: GUTIÉRREZ BAQUE JOEL RENÁN

Tutor: IND.IND. HURTADO PASPUEL JIMMY FERNANDO, MSC.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar los tiempos improductivos del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez de Guayaquil. Se aplicó metodología descriptiva, deductiva, regresión lineal múltiple y diagrama de pareto.se cuantificaron perdidas que ascendieron a $40.160,00 de los cuales el 83.67% que fueron ocasionados por la falta de repuestos y mal sistema de inventario del proceso y del producto terminado. Se diseñó una propuesta aplicando la técnica ABC, inventarios, matriz BCG, cálculo de stock de máximo, mínimo punto de re-pedido y la incorporación del sistema informático esperando un aumento en la eficiencia en 19 punto porcentuales, lo que generaría TIR de 41,52%, VAN de $74.519,33 periodo de recuperación de la inversión casi en el tercer año y se evidenció la factibilidad de la propuesta.

Palabras claves: Tiempos improductivos, Mantenimiento, Máquinas soldadoras, Gestión de inventarios.

Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANALYSIS OF THE UNPRODUCTIVE TIMES IN THE MAINTENANCE OF WELDING MACHINES IN THE PROCESSES (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) OF THE COMPANY SERVICES AND PRODUCTS JOEL GUTIÉRREZ

Author: GUTIÉRREZ BAQUE JOEL RENÁN

Advisor: ING. IND. HURTADO PASPUEL JIMMY FERNANDO, MSC.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the unproductive times of the maintenance service of welding machines in the processes (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) at the services and products company Joel Gutiérrez in Guayaquil. Descriptive, deductive methodology, multiple linear regression and Pareto diagrams were used to quantify losses that amounted to $ 40,160.00 of which 83.67% were caused by the lack of spare parts and poor inventory system of the process and the finished product. A proposal was designed applying the ABC technique, inventories, BCG matrix, calculation of maximum stock, minimum re-order point and the incorporation of the computer system expecting an increase in efficiency by 19 percentage points, which would generate IRR of 41, 52%, NPV of $ 74,519.33 period of investment recovery almost in the third year and the feasibility of the proposal was evidenced.

Keywords: Unproductive times, maintenance, welding machines, inventory management.

Introducción

La presente investigación se ha diseñado para realizar un diagnóstico del problema de los tiempos improductivos en la empresa Servicios y productos Joel Gutiérrez ubicada en la parroquia Tarqui de la ciudad de Guayaquil, específicamente en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC, para luego, plantear una propuesta que facilite la reducción de estos tiempos muertos en esta organización.

La investigación es importante porque destaca la importancia de establecer estrategias correctivas y preventivas que promuevan una mayor coordinación entre los procesos de logística interna y abastecimiento, minimizando además los ingresos de máquinas de soldar por otorgamiento de garantía, conforme a los requisitos de la mejora continua que deben maximizar la satisfacción de los clientes.

Por ello, se planteó como objetivo central de la investigación, analizar los tiempos improductivos generados en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez de Guayaquil, con el propósito de generar una propuesta que mejore la eficiencia de este servicio.

La estructura de la investigación se realizó para que en el primer capítulo se planteara la problemática, luego se formularan los objetivos, primero el general como también los particulares, para proseguir con el desarrollo del marco teórico que estableció los criterios más relevantes sobre el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar y el estado del arte, finalizando con los aspectos metodológicos.

El siguiente capítulo tiene relación con el diagnóstico del proceso de mantenimiento de máquinas de soldar, donde se enfatizó en la problemática de los tiempos improductivos, así como en la identificación de las principales causas y consecuencias derivadas de la misma, implicando también la cuantificación económica de las desviaciones anotadas, como parte culminante de la unidad.

El tercer capítulo, está relacionado con la propuesta, es decir, con el análisis de las técnicas de Ingeniería que minimizarán los tiempos improductivos, para lo que se puede tomar modelos matemáticos que faciliten la precisión de la información y los recursos, sean hardware o software, culminando con la evaluación financiera relacionada con la factibilidad de la solución

Capítulo I
Diseño de la Investigación

1.1 Generalidades

Como es evidente, los procesos de mantenimiento siempre han estado relacionados con la productividad, donde el uso de maquinarias o tecnologías son indispensables para la fabricación de productos o servicios derivados de estas herramientas, por lo cual hablar de estas metodologías deben ser estrictamente calificadas en base a estudios elaborados con pertenencia a la ciencia que los encierra.

Las causas principales de la problemática de los tiempos improductivos está asociada al ausentismo, pero principalmente al aumento del número de equipos que ingresaron por concepto del otorgamiento de la garantía, así como por la descoordinación de los procesos de logística interna y abastecimiento, que ha generado a su vez falta de stock de algunos repuestos claves para la continuidad de los procesos del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar.

Las consecuencias del problema en cambio, han sido palpables por las continuas quejas de los clientes debido a las demoras en la entrega de las máquinas de soldar, por las paralizaciones de los procesos, a lo que se añade el incremento de costos que genera no solo el tiempo improductivo, sino también el reproceso ocasionado por los equipos que ingresan por el otorgamiento de la garantía.

1.1.1 Formulación del Problema

¿Cuáles son los factores que generan los atrasos en los mantenimientos de las máquinas de soldar de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez?

1.1.2 Sistematización del problema

- ¿Pueden ponderarse los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, cuantificando las pérdidas económicas?
- ¿Mejorará la eficiencia del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar con la propuesta de optimización?
- ¿Es factible la propuesta en el plano financiero?

1.1.3 Variables

Variable independiente: proceso de mantenimiento de máquinas de soldar: Falta de repuestos, fallas eléctricas, mecánicas, electrónicas, demoras en la operación.

Variable dependiente: tiempo improductivo.

1.1.4 Antecedentes

La empresa Servicios y productos Joel Gutiérrez ubicada en la parroquia Tarqui de la ciudad de Guayaquil, presenta actualmente el problema de tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC.

1.1.5 Justificativos

Con el presente trabajo de titulación se verificarán las falencias en el taller de mantenimiento de la empresa Servicios y Productos Joel Gutiérrez, para proponer un plan de acción que contribuya al mejoramiento de la productividad del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar.

Por esta razón, el autor que es el representante legal de la empresa donde se delimita el estudio, se motivó a realizar el análisis de los tiempos improductivos y de la propuesta que surge a partir de la misma, para que los clientes satisfagan en mayor medida sus requerimientos y expectativas.

1.1.6 Justificación

La investigación es importante porque destaca la importancia de establecer estrategias correctivas y preventivas que promuevan una mayor coordinación entre los procesos de logística interna y abastecimiento, minimizando además los ingresos de máquinas de soldar por otorgamiento de garantía, conforme a los requisitos de la mejora continua que deben maximizar la satisfacción de los clientes.

El mayor aporte de la propuesta está referido a la gestión de mantenimiento y a los procesos de la administración de los inventarios de repuestos y de abastecimiento de los mismos, áreas de gran relevancia dentro del contexto de la Ingeniería Industrial, cuyas técnicas contribuirán a la potenciación de la productividad de la organización.

La investigación es factible de realizar debido al interés que tiene el representante legal de la empresa por su resolución inmediata, además que cumple con todos los requisitos académicos para su desarrollo, además, que se dispone de los recursos económicos para la elaboración del trabajo de titulación.

Si se ejecuta la propuesta de la presente investigación, los principales beneficiarios serán los clientes, quienes en vez de presentar quejas, maximizarán su grado de satisfacción, además, generará bienestar para el personal, quienes mantendrán su estabilidad laboral y por supuesto, la empresa podrá ser más competitiva y rentable.

1.1.7 Delimitación

- **Área**: Sistemas Productivo.
- **Objeto de estudio**: Tiempo improductivo.
- **Campo de acción**: Servicio de mantenimiento de máquinas de soldar.
- **Tema**: Análisis de los tiempos improductivos en el mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez Guayaquil.
- **Delimitación temporal**: Abril a Septiembre 2018.
- **Delimitación geográfica espacial**: Provincia Guayas, Cantón Guayaquil, Parroquia Tarqui, sector Mapasingue: empresa servicios y productos Joel Gutiérrez.

1.1.8 Objetivos.

1.1.8.1 Objetivo General.

Analizar los tiempos improductivos generados en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez de Guayaquil, con el propósito de generar una propuesta que mejore la eficiencia de este servicio.

1.1.8.2 Objetivos específicos.

- Ponderar los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, cuantificando las pérdidas económicas.
- Diseñar una propuesta para la optimización del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar.
- Evaluar la factibilidad financiera de la propuesta.

1.1.9 Marco Teórico.

Como punto de partida, en el marco teórico se detallará en todas las nociones concernientes a los tiempos improductivos generados en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, señalando las conceptualizaciones y formando los criterios que algunos expertos explican sobre la propuesta en investigación, haciendo hincapié en los procesos (SMAW, GMAW, GTAW, PAC) en la empresa Servicios y productos Joel Gutiérrez de Guayaquil, con la finalidad de que la investigación en tratamiento, se fundamente de forma científica, coordinando eficientemente con los objetivos planteados.

1.1.9.1 Proceso de mantenimiento.

Acerca de los procesos (Alvarez, 2016) “se refieren al conjunto de actividades planificadas de forma lógica realizadas en una disposición diseñada para cumplir con un

objetivo específico, los cuales son ideados para mejorar la productividad o establecer un orden definido para la resolución de problemas o alcanzar el resultado esperado"(p. 52).

Como se menciona el proceso tiene la función de llevar a cabo las actividades de forma ordenada debido al diseño planificado para alcanzar los resultados objetivos, al realizar el proceso de forma correcta permite siempre obtener los resultados esperados, y el uso de los recursos necesarios.

1.1.9.2 Mantenimiento.

En los siguientes sub-apartados se expondrán los criterios concernientes a los procesos que se realizan en función del mantenimiento, donde diversos autores sostienen una postura distintiva sobre los mismos.

Según (Pesántez, 2014) indica que "el mantenimiento en términos generales es el conjunto de actividades sistemáticas que se realizan para la conservación de los recursos, sean estos físicos, tecnológicos o materiales".

Esto significa que mediante la aplicación del servicio de mantenimiento, los mecanismos mecánicos, eléctricos, las obras civiles y otros tipos de recursos, pueden mantenerse en óptimo estado, a pesar del tiempo de funcionamiento y de las circunstancias del uso de los mismos.

Sin embargo, cabe destacar, que la presente investigación está delimitada específicamente en el mantenimiento de máquinas soldadoras que ejecutan cuatro procesos, las cuales requieren ser conservadas de manera óptima, para servir de utilidad cuando el cliente solicite algún servicio en especial, de modo que a través de su funcionamiento eficiente, puedan agregar valor al proceso y al producto o servicio que se ofrece a los usuarios.

Esta conceptualización hace referencia a la estructura de procesos, cuya finalidad recae en la conservación y monitoreo de los recursos que están asociados a los servicios y productos ofertados en un mercado respectivo, con el fin agregar el valor a los bienes y servicios, para minimizar los costos de las actividades productivas.

1.1.9.3 Tipos de mantenimientos.

Ahora bien, existen diferentes tipos de mantenimientos, que son aplicados a las máquinas de soldar, los cuales favorecen a los controles y preservación de los mismos de forma especializada, los cuales serán expuestos en los siguientes párrafos.

1.1.9.3.1 Mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento tiene como finalidad prevenir los deterioros o daños que suelen suscitarse con respecto al control eléctrico, fusibles, suiches, conectores, entre

otros, consistiendo en mantener una gama de mecanismos que faciliten el ejercicio de esta gestión, como la disponibilidad de líquidos exclusivos para remover la suciedad y/o humedad, así como brochas, toallas, compresores de limpieza y pintura.

De acuerdo con (Sierra, 2014) el mantenimiento preventivo "está orientado específicamente para la preservación de los equipos y maquinarias a través de la valoración y revisión, que evidencien su buen funcionamiento".

Ahora bien, el objetivo de este tipo de mantenimiento se asienta en la eliminación o reducción de los efectos que puede producir los fallos de un equipo, consiguiendo prevenir la consecución, tiene por objetivo mantener los equipos en estado perfecto o con su funcionalidad intacta, el cual debe ser planificada en conjunto con su adquisición.

1.1.9.3.2 Mantenimiento correctivo.

Su labor se orienta a corregir algún elemento y/o sustituir las partes defectuosa, sean estas mecánicas, eléctricas, electrónicas o de cualquier otra índole. Con respecto al mantenimiento de las máquinas de soldar, su funcionalidad se categoriza de la siguiente forma:

- Reparación de rebobinaje del transformador de potencia del núcleo, (bobina primaria y/o secundaria).
- Reconstrucción de parte mecánica (brazos) del núcleo del transformador.
- Conservación de la placa rectificadora o cambio de Diodos de potencia.
- Reparación de rebobinaje de estabilizador (transformador de una sola bobina).
- Cambio de bornes de salida de la máquina de soldar.
- Reparación o sustitución de ventilador.
- Adecuación de carbones.
- Adecuación de tarjeta electrónica que regula el amperaje.
- Valorización de la resistencia regulable. (Quezada & SanMartín, 2014, p. 37).

Se resume que mantenimiento productivo es aquel que se encarga de corregir los desperfectos que son visualizados en las maquinarias, constituyéndose en uno de los más aplicables dentro de su categoría, devolviéndoles a los equipos y maquinarias las condiciones para su funcionamiento normal, previendo realizar las tareas destinadas a su cumplimiento.

1.1.9.4 Concepto de tiempos improductivos.

Dentro de los procesos productivos se encuentran los tiempos de trabajo que son el tiempo donde los trabajadores realizan labores que el permiten obtener ganancias a la

empresa, sin embargo los tiempos improductivos resultados del desabastecimiento de materiales o la espera de finalización de proceso.

Para (Krajewski & Ritzman, 2013) el tiempo improductivo se refiere a los lapsos de tiempo llamados “muertos” los cuales ocasionan la inoperatividad la cual pueden ser provocado por la organización o por el trabajador, en el primero es cuando máquinas u materiales no se encuentran disponibles”.

Los tiempos improductivos son un problema que combaten todas las empresas fabriles y de servicios, para su disminución se requiere de la aplicación de técnicas que permitan la continuidad del trabajo tales como el desarrollo del producto para evitar el mal diseño, el control de calidad, aplicación de normas e inspecciones adecuadas

(Niebel, 2014) menciona que el tiempo improductivo “se refiere a los periodos de tiempo en que las empresas dejan de producir, o se deja de realizar el trabajo de forma eficaz, el cual puede ser producido por diferentes factores, tales como excesiva carga de trabajo, falta de material, personal no calificado y demás factores internos o externos al trabajador, el cual comprende un enemigo para las organizaciones”(p. 42)

De acuerdo a la definición mencionada los tiempos improductivos son los momentos en que la productividad se paraliza que pueden ser ocasionados por diferentes elementos como trabajo adicional por reposición o terminación de producto no considerado, este puede ser imputado a la misma empresa o imputado a los trabajadores.

1.1.9.5 Gestión de mantenimiento.

En medio de una globalización que cada vez se encuentra en constantes transiciones, los criterios y observaciones acerca de los procesos que se desarrollan en las diferentes áreas de producción, donde las gestiones que se realizan sobre el mantenimiento de los recursos productivos, debe estar direccionado a solventar todas las necesidades de las empresas, al mismo tiempo que solucionar los fallos que se producen en las maquinarias.

Por su parte (Lobato & León Jhony, 2013) menciona que la gestión de mantenimiento “son los procesos que se adecúan a la planificación organizacional de una empresa, considerando los correctivos a realizar para la conservación y control de las condiciones de productividad, aplicando las diligencias oportunas para conseguir la efectividad”.

Al respecto, la planificación de una gestión adecuada que organice y direccione las medidas elementales para la conservación de los sistemas productivos, se enfoca precisamente en que dichos recursos de producción sigan ejerciendo la función para las cuales han sido empleadas, contribuyendo de forma efectiva en los intereses de una determinada empresa.

Según (Aguilera, 2014) argumenta que “para este tipo de gestión es factible que se emplee un software para la observación y planificación de proyectos logísticos, que consista en mantener de forma organizada el diagnósticos, monitoreo y localización de piezas para facilitar la comprensión de estos”.

En función de lo mencionado en el texto anterior, hace referencia de que en la gestiones que se realizan para el mantenimiento de los sistemas productivos, se necesita de un software destinado para la ejecución de dichos fines, noción que no deja de ser viable ya que en la actualidad, la utilización de recursos tecnológicos, contribuyen eficientemente en todas las actividades fructíferas que desempeña una entidad.

1.1.9.6 Gestión de inventario.

Sin duda alguna, el control y monitoreo de los bienes que una determinada entidad contiene, está relacionado a la gestión de inventarios, que consiste en ubicar la cantidad, dimensión, stock y el estado en el que se encuentran con la finalidad de sustituir o reponer los productos faltantes.

En conformidad con lo argumentado “se debe perseguir una gestión de inventario que se adecúe en el fortalecimiento organizacional, pues al controlar la cantidad o volumen de los productos, se podrá atender la demanda de los consumidores, proporcionando rentabilidad y potencialidad a la institución”.

En efecto, resulta elemental que las medidas que se planifiquen para la gestión de inventario estén destinada a solventar los requerimientos internos, pero con más precisión en el de los consumidores, con el propósito de conseguir la continuidad de los mismos, que solo se logrará si se dispone de los bienes necesarios para el alcance de los clientes.

Tomando los criterios anteriores, es posible asemejarlos con el comentario que realiza el autor (Alicia Matha, 2013) donde indica que “la función de la gestión de inventario es asegurar los intereses de una empresa, resolviendo cuestiones de cantidad, volumen y estado de los bienes, para sustituirlos y posteriormente colocarlos a disposición de los usuarios”.

Esto quiere decir, que dichas diligencias deben enfocarse en la observación de las cosas pertenecientes a la empresa, como los suministros de oficina, equipos de computación, etc., y las que van a estar disponibles para los consumidores, con la función de reportar algún tipo de faltante (producto), para posteriormente pueda ser sustituido y estar a disposición del consumidor.

1.1.9.7 Tipos de inventarios.

Una vez conceptualizado la terminología de gestión de inventario, se procede a describir los tipos de inventarios, este con el fin de identificar las actividades que desarrolla la empresa y generar bienestar a los consumidores en general.

(Basurto, 2014), establece que existen varios tipos de inventarios de acuerdo a la función o naturaleza. A continuación se presenta lo siguiente:

- Por su naturaleza: este consta de insumo, materiales, suministros y mercaderías.
- Por su actividad: es el movimiento a que se dedica la empresa es decir que tiene una etapa inicial y final.

Si bien es cierto, los inventarios constan de una parte inicial y final, de acuerdo a los tiempos productivos e improductivos de la empresa, así como también en las secuencias de ingresos o egresos de las actividades que desarrolla la organización para ofrecer a sus clientes. Cabe recalcar que se encuentra inmerso la parte natural los cuales, son: insumo, material y suministro con lo que cuenta la compañía.

De acuerdo a (Basurto, 2014), indica que la clasificación de inventarios puede ser por su tipo de naturaleza, los cuales se menciona a continuación:

- Forma: dentro de esta actividad se encuentra: líquido, semi líquidos y sólido.
- Fuente productora: renovable y no renovable.
- Efecto en el ambiente: tóxico y no tóxico.
- Económica: se estima que son las empresas comerciales, de servicios e industriales.

Otro punto importante en la clasificación de inventarios es identificar con los tipos o formas con lo que la empresa va a desarrollar las actividades, es decir, que la compañía debe tomar en cuenta varios aspectos para ofrecer su servicio. Las acciones planteadas debe considerar la fuente, forma, efecto, economía, entre otra con la finalidad de agilitar y permite el incremento tanto en cliente e ingresos económicos.

1.1.9.7.1 Inventario mínimo y máximo.

Los inventarios mínimos hacen referencia a las unidades que tiene la empresa almacenada disponible y que pueden ser entregadas a los clientes que así lo soliciten, este tipo de inventario corresponde a las mercancía que cubre la demanda esperada, manteniendo el número de unidades dentro de ciertos límites que nunca sean inferiores a la demanda.

El autor (Rivera, 2014) considera que el inventario es “la cantidad mínima de productos en stock, el cual sirve para cubrir la demanda sin dejar de comercializar o perder la venta

por falta de existencias, razón para la que debe haber un cálculo de equilibrio de las ventas".

De acuerdo al criterio de (Morales & Torres, 2015), "el stock mínimo es el inventario de seguridad que tiene la empresa para poder continuar con sus ventas, la cual debe ser obtenida mediante el calcula de la demanda en cada periodo y el tiempo de abastecimiento del mismo".

El objetivo principal de toda empresa es que sus ventas no sean detenidas por falta de stock, razón por la que deben medir la demanda con la finalidad de mantener previsiones para tiempos determinados ya sean mensuales, semanales o por el tiempo que puede ser reabastecidos de los productos.

Conforme al criterio de (Presutti, 2013) el "inventario máximo tiene como propósito de mantener un excedente con demanda superior al stock de seguridad, que es un tope para el almacenamiento de materiales y/o productos, que resulta de la diferencia entre la existencia durante la ejecución del pedido y la cantidad máxima requerida del mismo".

Al respecto, se considera la siguiente simbología para expresar el inventario máximo:

- Pp: Punto de pedido
- Tr: Tiempo de reposición de inventario (en días)
- Cp: Consumo medio diario
- Cmx: Consumo máximo diario
- Cmn: Consumo mínimo diario
- Emx: Existencia máxima
- Emn: Existencia mínima (Inventario de seguridad)
- CP: Cantidad de pedido
- E: Existencia actual

Mientras que las ecuaciones matemáticas para desarrollar el cálculo son los siguientes:

- Emn: Cmn * Tr;
- Pp: (Cp * Tr) + Emn
- Emx: (Cmx * Tr) + Emn;
- CP: Emx - E

Con base en el desarrollo de estas ecuaciones se calcula los inventarios máximos, mientras que los mínimos se obtienen a partir de la demanda del servicio de soldadura, que origina a su vez los requerimientos de los repuestos.

1.1.9.8 Diagrama de Ishikawa.

Las situaciones conflictivas de los procesos productivos y de servicio, son ocasionados por un agente causal, los cuales tienen un impacto significativo en la productividad y competitividad de la empresa. Para la identificación de las mismas se utilizan los diagramas de causa – efecto, de autoría de Kaoru Ishikawa, bajo los siguientes pasos:

- Se detallan las características de calidad del producto que serán analizadas.
- Se describen los factores causales de mayor relevancia que pueden provocar una desviación de la calidad objetivo.
- Se consideran los factores más detallados de causas de fluctuación, en que se formularan interrogantes al respecto
- Se verifica que los factores mencionados hayan sido incorporados al diagrama y puedan quedar claramente establecidas. (Cantú, 2012).

La herramienta de diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa – Efecto, es relevante para el diagnóstico del problema, la cual será utilizada en los capítulos siguientes, en la que se detallarán cada una de las características mencionadas.

1.1.9.9 Diagrama de Pareto.

El Diagrama de Pareto es un gráfico elaborado a partir de datos específico el cual permite ordenarlos o clasificarlos por orden de prioridades, también llamado Distribución A-B-C colocando los datos de forma descendente de derecha a izquierda con las representaciones en forma de barra mediante esta herramienta es posible determinar las causas de mayor importancia en ser resueltas en la gestión de las organizaciones y resolución de problemas

> **El nombre fue en honor del economista Vilfredo Pareto (1848-1923) quien hizo dicha gráfica de la distribución de la riqueza, descubriendo que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza respectivamente, estableciendo la llamada "Ley de Pareto" sobre la desigualdad económica inevitable. Juran en la aplicación de dicho concepto a la calidad, se obtuvo lo que es conocido como la regla 80/20, donde si un problema tiene muchas causas, se puede indicar que el 20% de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas solo resuelven el 20% del problema. Por lo tanto dicha técnica separa los "pocos vitales" de los "muchos triviales, sirve entonces separar gráficamente los aspectos significativos de un problema para dirigir los esfuerzos en resolver. (Cantú, 2012).**

Por lo tanto el Diagrama de Pareto se trata de un histograma especial, donde los eventos de mayor relevancia aparecen de mayor a menor, además se considera la frecuencia en la

que ocurre cierto defecto, el cual sirve para determinar la dirección de los esfuerzos que permiten resolver la mayoría de los problemas existentes.

1.1.9.10 Marco histórico.

Inmerso al marco histórico, en la presente investigación se acentúa los procesos evolutivos a los cuales ha sido sometida la gestión de mantenimiento, donde es posible detallar los lineamientos y delimitaciones que se ha abarcado desde entonces, que han permitido la obtención de lo que hoy en día se resalta como un adecuado sistema de mantenimiento.

1.1.9.10.1 Reseña histórica de la gestión de mantenimiento.

Los resultados que hoy en día son percibidos referente a la gestión de mantenimiento se deben gracias a los aportes de dos historias distintivas, que son la técnica y la económica, siendo el primero empleado como un recurso ancestral en los tiempos del primitivismo, como lo era la piedra afilada, en cambio, la segunda surgió con el taylorismo, cuando se insertó un indicador diferenciador entre las gestiones productivas y el mantenimiento.

Con relación a lo expuesto anteriormente el autor (Dumaguala, 2014) expone que "después de la trascendencia histórica se derivaron dos actividades que son las de economía y administración, las cuales direccionaron sus actuaciones de forma independiente".

Por consiguiente, las necesidades económicas de la producción se las denominaron como costos, a diferencia de las relacionadas con el mantenimiento que se apreciaron como gastos. Estas concepciones fueron expuestas a través de los años de manera diferenciada, y tomando lugar en diferentes escenarios, razón por la cual se principió el error de concebir una diferente evolución al mantenimiento, apartada de la productividad.

Posteriormente, cuando de forma técnica evolucionó el mantenimiento, comenzó a revolucionar en la industria en el siglo XI, donde se le confería la responsabilidad de reparación de maquinarias y utensilios al "Ferrer".

De acuerdo con (Garrido, 2013) "muchos autores hacen referencia de que la gestión de mantenimiento comenzó a ser útil en pleno siglo XX, pero la verdad, es que siempre ha tenido importancia, porque se encuentra intrínseca a los derivados de los fallos".

Al respecto, la historia también hace mención de que se tecnificó el mantenimiento poco después de la Segunda Guerra Mundial, ya que facultó el desarrollo técnico de maquinarias, la evolución sociocultural de la colectividad, y grandes avances en la ciencia, como en la consecución de derechos ambientales.

1.1.9.10.2 Marco referencial.

Para la fundamentación de la presente investigación, se puntualizarán los antecedentes investigativos en relación a la temática propuesta, concernientes a los últimos cinco años y están vinculados a las variables de estudios, que serán expuestas a continuación.

> **La revisión bibliográfica puso de manifiesto la investigación de Mario Riofrío, cuyo objetivo fue realizar el análisis del proceso productivo de serpentines para la identificación de los tiempos improductivos en esta actividad, cuya delimitación especial fue la empresa CONFRINA. Los resultados evidenciaron que la causa de mayor prioridad del tiempo no productivo fue la obsolescencia de las máquinas y los errores en la toma de datos, por lo que se propuso la adquisición de tecnología moderna y la automatización del proceso de toma de datos, para aumentar la eficiencia de los procesos, optimizar costos y recursos. (Riofrío, 2014).**
>
> **Otra investigación realizada acerca de los tiempos improductivos fue realizada por Mario Lascano, con el objetivo de optimizar el tiempo de trabajo en la construcción de máquinas para labrar madera en la compañía CIMA Castro. Los resultados evidenciaron niveles de eficiencia del 54,1% para los equipos canteadores, 48,7% para Tupi, 48,2% para equipos de cepillado, con tiempos de desplazamiento de materiales superiores al 25%. Se propuso equipos mecanizados y controles automatizados para reducir el tiempo de transportación en la construcción de estos equipos. (Lascano, 2014).**
>
> **Otro estudio tomado como referencia fue de Eliana González, cuyo objetivo fue desarrollar una propuesta para la optimización del tiempo productivo en la compañía Servioptical Cía. Ltda., cuyos resultados evidenciaron que solo se ocupó el 60% del tiempo productivo en la realización de los procesos. La propuesta de Ingeniería planteada, tuvo la pretensión de mejorar la eficiencia de los procesos productivos, para generar mayor satisfacción del cliente y consolidarse como una de las ópticas líderes en el país. (González, 2014).**

Como primer antecedente de estudio se presenta la investigación realizada por los estudiantes (Cogollo & Milanes, 2013), quienes en su trabajo de titulación denominado "Plan de mantenimiento preventivo para los talleres de: máquinas y herramientas, soldadura y fundición de la Universidad Tecnológica de Bolívar", presentaron un plan de

mantenimiento preventivo para el mejoramiento de la calidad de servicio, como la formación integral de los estudiantes, el cual consistía en la realización de un inventario, la identificación de las fallas en las máquinas, codificación de los equipos, un análisis documental, y la selección del mantenimiento preventivo, lo que ayudo a la consecución de los resultados inherentes a dicha planificación, que favoreció eficientemente a la mejora colectiva de la institución.

Por otra parte (Ordoñez, 2013) elaboró una investigación exhaustiva, por lo cual su proyecto denominado "Creación e implementación de un taller de mantenimiento para Petrotrans S.A." se enfatizó en la estructuración un taller de mantenimiento para prevenir las fallas de las unidades de transporte de combustibles, con el fin de reducir los costos de mantenimiento, y evitar paros definitivos fuera de la programación, fortaleciendo la calidad y óptimo funcionamiento en todos los camiones de Petrotrans S.A. Por otra parte, estos estudios permitieron realizar una capacitación para el personal de la empresa en análisis, obteniendo como resultados las evaluaciones la existencia de cierto desconocimiento por parte de los servidores en cuestión del mantenimiento preventivo y la seguridad que deben percibir en el ejercicio de sus actividades.

Finalmente la descripción de los estudios investigativos aportados por los autores citados, demuestran los fines que persigue la presente investigación en relación con el mantenimiento de maquinarias de soldar en los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC.

1.1.9.11 Marco legal.

Una vez que se dieron las conceptualizaciones teóricas y científicas citadas de diversos autores, es esencial que se puntualice las disposiciones establecidas en el ordenamiento jurídico ecuatoriano que den por efectivo la realización de esta actividad, al mismo tiempo que analizar las políticas que la regulas, como una valoración de la productividad y la aplicación de los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC, razón por la cual se propiciará con la Constitución de la República, siguiente del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, para concluir con el Plan nacional de Desarrollo denominado "Toda Una Vida", quienes le darán el carácter regulador a las gestiones que realiza la empresa Servicios y productos Joel Gutiérrez.

1.1.9.11.1 Constitución de la República del Ecuador.

La Carta Fundamental, que provee de disposiciones esenciales que hacen posible la realización de uno de los principios más dilatados como es el Buen Vivir o Sumak Kawsay, tipifica en el Art. 283 que "el sistema económico es social y solidario; reconociendo al hombre como sujeto de Derecho; promulgando a una relación dinámica y

equilibrada comprendida entre sociedad, Estado y mercado, cuyo objetivo recae en garantizar la producción y reproducción de las escenarios". (Asamblea Constituyente, 2008).

Con estas normativas, se consigue establecer que antes de conferirle intereses personales o colectivos, hace mención al categorizar al hombre como el personaje principal de esta interacción dinámica, con estos factores (individuo, Estado y economía), deben presenciar un escenario de armonía y equilibrio, para conseguir la garantía de una producción en óptimas condiciones.

1.1.9.11.2 Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.

En mención a lo que concadena a la Constitución, el presente Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones al cual se subordinan todas las interacciones de las actividades comerciales ya sea colectivas o individualizadas, tiene como propósito regular todas las gestiones que vayan destinada a la producción, comercialización o distribución económica tal como lo menciona el artículo 3.

Sin embargo es precisamente el Art. 4, numeral d que indica que uno de los fines que persigue el presente código es "generar trabajo y empleo de calidad y dignos, que contribuyan a valorar todas las formas de trabajo y cumplan con los derechos laborales". (Asamblea Nacional, 2016).

Al respecto, es posible visualizar que lo señalado en el artículo anterior, particularmente en la última parte, donde enfatiza el cumplimiento de todos los derechos y obligaciones que se desencadena en el ámbito laboral, por lo cual es preciso mencionar que todo los procesos direccionados al mantenimiento de maquinarias, especialmente en el caso de la empresa Servicios y productos Joel Gutiérrez, deben estar enmarcados en base a lo que puntualiza la legislación del país.

1.1.9.11.3 Plan Nacional de Desarrollo Toda una vida.

Para tales efectos, el Plan nacional de Desarrollo denominado Toda una vida, equipara los programas y medidas necesarias para el fortalecimiento de las actividades productivas, estableciendo en su cuarto objetivo "consolidar la sostenibilidad del sistema económico social y solidario, y afianzar la dolarización" (Secretaría Nacional de Planificación del Desarrollo, 2017). A esta Planificación Nacional, se le añaden todas las políticas públicas y la participación de diferentes organismos que hacen posible el efecto de este derecho, sosteniendo una economía solidaria y sostenible para las generaciones presentes y futuras.

1.1.10 Metodología.

1.1.10.1 Tipo de estudio.

La presente investigación tiene enfoque cuantitativo porque priorizó los riesgos laborales a través de la aplicación de una matriz que cuantifica los valores de cada factor de riesgo para conocer cuál es el de mayor prioridad.

También se aplicó la investigación cualitativa, porque se utilizó herramientas de Ingeniería para clasificar las causas de los problemas y sus consecuencias, de manera que no fue necesaria, para el uso de esta técnica, el empleo de valores numéricos.

Se aplicó la investigación descriptiva, porque no se manipuló las variables del estudio, correspondientes a los servicios de mantenimiento ya los tiempos improductivos generados por las causas que serán descritas en la segunda unidad, que serán identificadas mediante el análisis de ingeniería.

1.1.10.2 Método de investigación.

Se aplicó el método deductivo, porque se describió la problemática inherente a los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, de modo general, para luego en la segunda unidad, particularizar en las causas y consecuencias generadas por la misma.

Otros métodos que se aplicaron en el diagnóstico del problema, se refieren a los diagramas de Ishikawa y de Pareto, al estudio de métodos, gestión de mantenimiento e inventarios de repuestos, este último se desarrolló en la última fase de la investigación, con relación a la propuesta.

1.1.10.3 Fuentes y técnicas para la recolección de información.

La investigación utilizó fuentes bibliográficas, documentales y de campo, para realizar el diagnóstico de la problemática inherente a los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar.

La investigación aplicó como técnicas: la observación directa en conjunto con la herramienta del Check List, la encuesta con el cuestionario y la información documental; con los cuales se registraron los problemas, se procedió a cuantificarlos, tanto en su frecuencia como en costos, para determinar también las pérdidas económicas por esta problemática.

1.1.10.4 Población y muestra.

La población de la investigación está constituida por 120 clientes de la empresa y 8 trabajadores pertenecientes a la empresa Joel Gutiérrez, así como 50 máquinas de soldar

que formarán parte del estudio para determinar los tiempos improductivos en el proceso de mantenimiento de máquinas soldadoras.

Debido a que el universo supera las 100 personas en el primer caso referido a los clientes, se realizó un muestreo para determinar el número de personas que serán encuestadas, cuya operación se presenta seguido:

$$n = \frac{N \times Z_a^{\,2} \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^{\,2} \times p \times q}$$ Fórmula de población finita, tomado del texto de (Levine, Krehbiel, & Berenson, 2014).

Dónde:

- n = Tamaño de la muestra
- P = probabilidad de éxito = 0,5
- q = probabilidad de fracaso = 1 – P = 0,5
- N = tamaño de la población = 120 clientes
- e^2 = error máximo admisible (al 5%).
- Za^2 = Coeficiente de corrección del error (1,96).

$$n = \frac{120 \text{ x } 3{,}8416 \text{ x } 0{,}5 \text{ x } 0{,}5}{(0{,}05)^2 \text{ x } (120 - 1) + 3{,}8416 \text{ x } 0{,}5 \text{ x } 0{,}5}$$

$$n = \frac{115{,}25}{1{,}26}$$

n = 91,62 = 92

Esto significa que la muestra fue de 92 clientes que serán encuestados, además de 8 trabajadores, considerando para el efecto 50 máquinas de soldar en lo relacionado a la problemática del tiempo improductivo en el proceso de mantenimiento de las mismas.

1.1.10.5 Tratamiento de la información.

El tratamiento de la información se realizó bajo el uso de los métodos cuantitativos correspondientes, en conjunto con el soporte informático correspondiente, mediante el cual se facilitó la interpretación de los resultados obtenidos con la aplicación de las técnicas de Ingeniería.

1.2 La empresa

1.2.1 Datos generales.

La empresa Joel Gutiérrez proporciona servicios de primera calidad en cuanto a las gestiones orientadas al mantenimiento en base al empleo de los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC, facilitándole a los usuarios los tratamientos correspondientes a la atención en los fallos de maquinarias de soldar. Ahora bien, al principio la entidad Joel Gutiérrez, no estaba constituida como tal, sino más bien brindaba sus servicios como un taller de soldadura en el año de 2007, ubicada en la parroquia de Tarqui en el sector de Mapasingue (localidad actual), proporcionando asesoramiento y mantenimiento en las maquinarias de soldadura, resultando ser un servicio novedoso en la zona donde labora, por lo cual tuvo gran acogida por el mercado potencial donde apuntaban.

De igual manera, el crecimiento no solo se visualizó en la incorporación de procesos o servicios, sino también en el personal, generando oportunidades de trabajos y procurando satisfacer las necesidades de los usuarios.

Posteriormente en el año 2014, el Sr. Joel Gutiérrez, dueño de la entidad, y de la cual se deriva el nombre, realizó los trámites correspondientes para instituir el establecimiento, convirtiéndose desde entonces en una empresa que en la actualidad suministra servicios orientados al mantenimiento de maquinarias de soldadura mediante los procesos SMAW, GMAW, GTAW, PAC.

1.2.2 Ubicación.

La empresa Joel Gutiérrez se encuentra localizado en la provincia del Guayas, ciudad de Guayaquil en la parroquia Tarqui, en el sector también conocido como Mapasingue, al noreste de esta localidad, como se presenta en el siguiente gráfico.

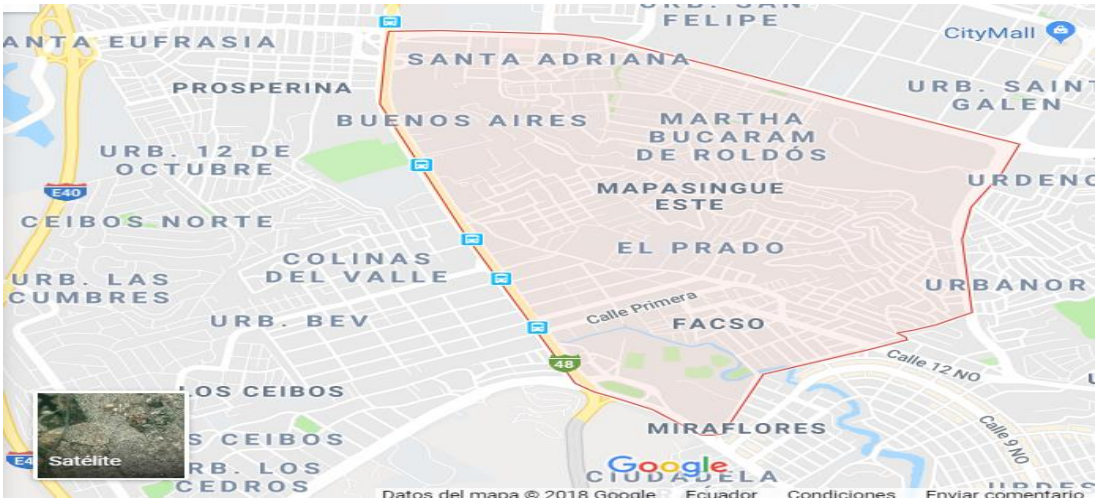


Figura 1 *Ubicación de la empresa Joel Gutierrez. Google map. Elaborado por el autor.*

1.2.3 Organización.

La empresa cuenta actualmente con 8 trabajadores que se encuentran legalmente contratados, correspondiendo al personal operativo, 5 trabajadores fijos, mientras que los 3 restantes pertenecen a las áreas administrativas y de ventas, como se puede observar en el siguiente organigrama.

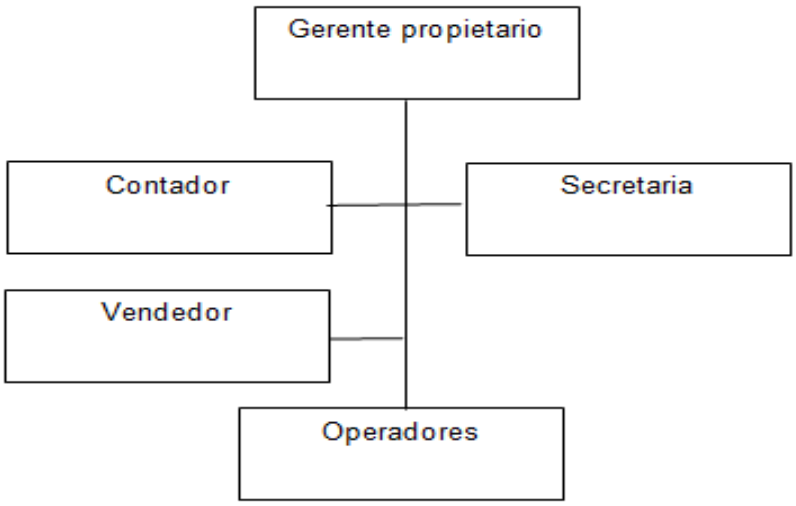


Figura 2. *Organigrama de la Empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por el autor.*

1.2.3.1 Visión.

Liderar el mercado en lo correspondiente a los trabajos de soldadura, para cubrir la demanda del mercado local, satisfaciendo requisitos de los clientes de manera oportuna y bajo los principios de la excelencia.

1.2.3.2 Misión.

Proveer los servicios de mantenimiento y reparación de equipos y recursos, contando con talento humano calificado y con experiencia, tecnología moderna, respetando los principios de conservación de la naturaleza y generando valor añadido para maximizar la satisfacción del cliente.

1.2.3.3 Actividad económica de la empresa.

La empresa Joel Gutiérrez está identificada con el Código CIIU 5020.01 Reparación de vehículos automotores (carburador, sistema eléctrico, suspensión, frenos, sistema de escape, reparación de carrocerías, pintura, vulcanización, carga de baterías, etc.).

1.2.4 Productos.

La Empresa y productos Joel Gutiérrez, oferta a sus clientes el servicio de soldadura de elementos mecánicos (motores, carrocerías, etc.), bajo los procesos de SMAW, GMAW,

GTAW, PAC, que en los posteriores sub-apartados serán conceptualizados con mayor detenimiento.

Además ofrece el servicio de alquiler de máquinas soldadoras debido a que cuenta con un total de 50 de estos equipos, los cuales no se encuentran distribuidos de manera organizada, aunque no se observará este servicio, porque la investigación se delimita en los trabajos de soldadura.

1.2.5 Recursos productivos.

1.2.5.1 Materia prima.

En el siguiente gráfico se verifica el despiece del transformador de una máquina de soldar en proceso SMAW sus diferentes componentes.

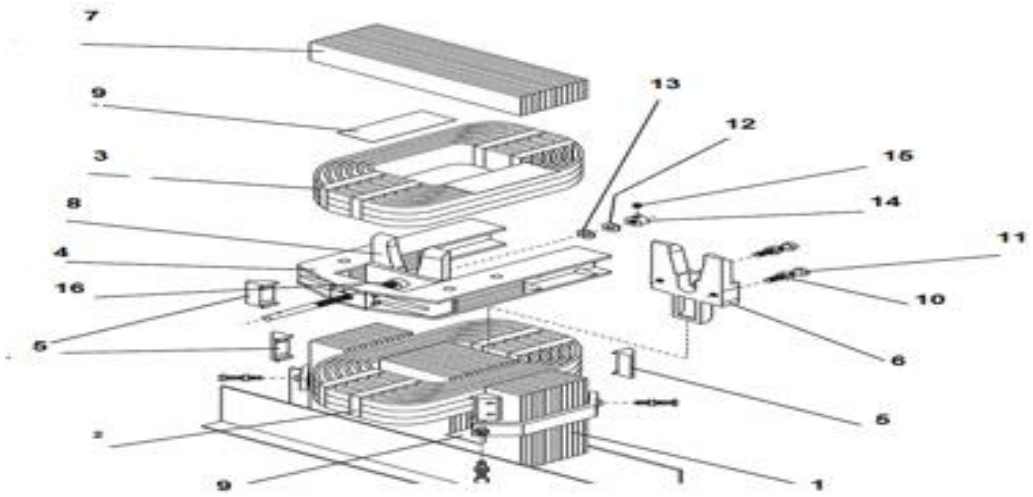


Figura 3 *Despiece de transformador de inducción electromagnética de máquina de soldar proceso Smaw. Elaborado por el autor.*

En la figura 3 se detalla los diferentes componentes del transformador de la máquina de soldar en proceso SMAW.

1. Cuerpo del núcleo ferromagnético.
2. Bobina primaria.
3. Bobina secundaria.
4. Shunt armado.
5. Block anti vibrador.
6. Horqueta moldeada posterior.
7. Cabeza del núcleo ferromagnético.
8. Horqueta moldeada frontal.

9. Aislante.
10. Tuerca hexagonal.
11. Tornillo cabeza hexagonal.
12. Rondana resorte (anillo de presión).
13. Rondana de latón (anillo plano).
14. Collarín shunt (tuerca).
15. Opresor allen (perno allen).
16. Flecha de mando de shunt (perno de bronce) y tope.

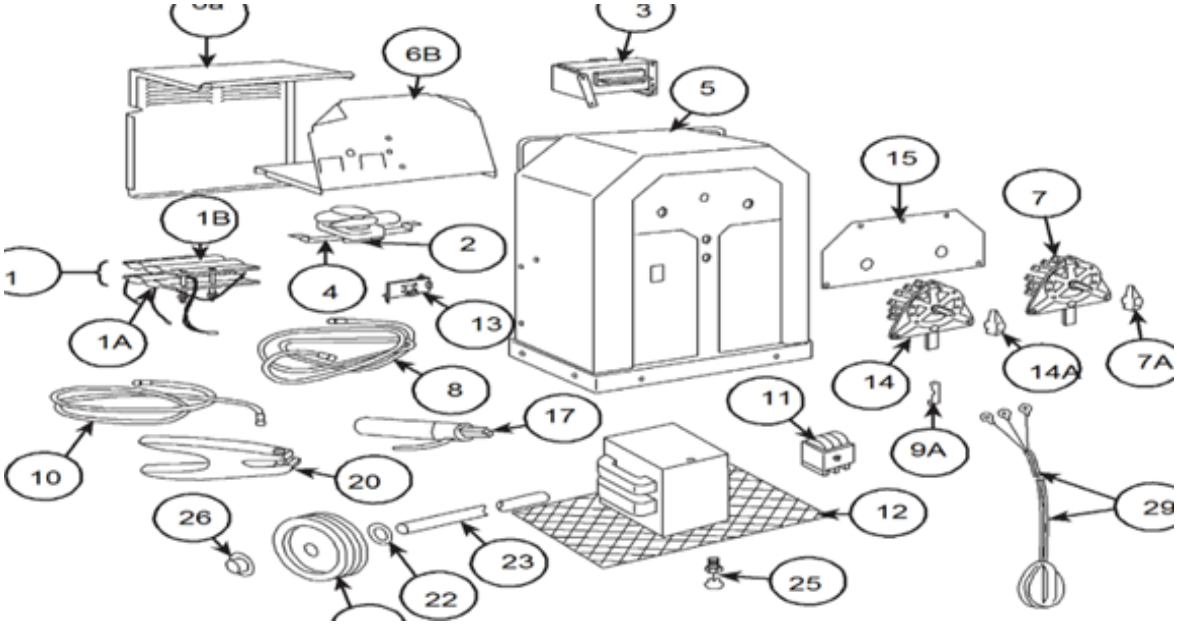


Figura 4 *Despiece de máquina de soldar para proceso Smaw. Elaborado por el autor.*

En el gráfico se describe las siguientes partes de la Maquina de soldar Lincoln Electric AC/DC 225/125.

1. Placa rectificadora de 4 diodos de 75 A cada uno.
2. Motor del ventilador y aspa.
3. Reactor estabilizador (bobina estabilizadora).
4. Soporte del motor del ventilador.
5. Gabinete (carcaza).
6. Paneles posterior interior (tapas).
7. Interruptor selector de rango de amperaje (los taps de Amperaje).
8. A.- manija (perilla).
9. Cable del porta electrodo.

10. A.- grapa de sujeción de cables.
11. Cable de trabajo.
12. Interruptor de línea.
13. Supresor (protección eléctrica térmica).
14. Interruptor de polaridad AC/+DC/-DC.
15. A.- manija (perilla).
16. Placa de especificaciones.
17. Porta electrodo.
18. Pinza de trabajo o tierra.
19. Rueda.
20. Roldana (anillo metálico).
21. Eje metálico.
22. Pie frontal (soporte).
23. Tuerca de presión.
24. Cable de alimentación.

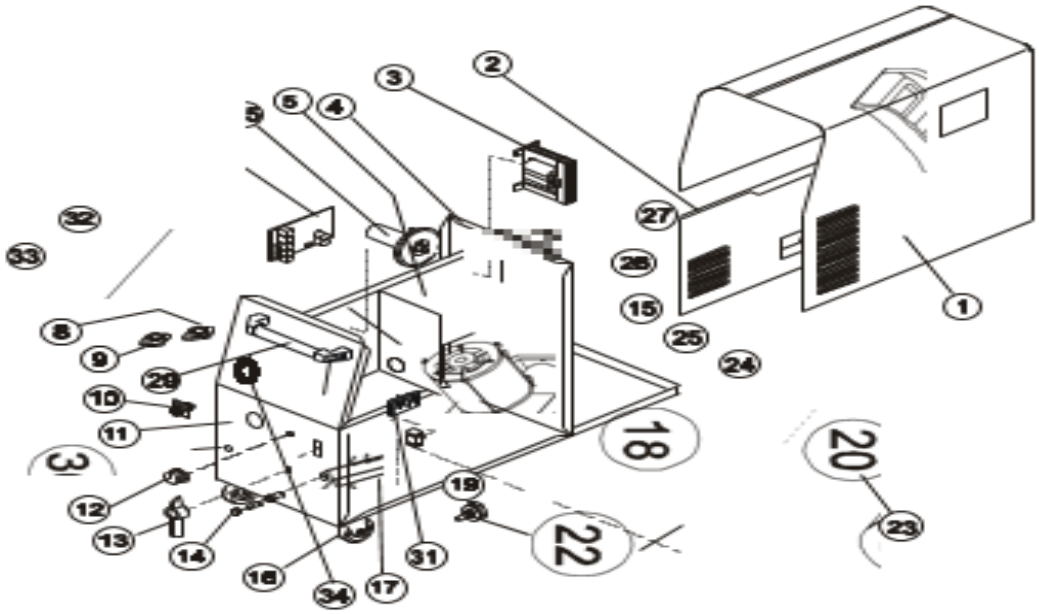


Figura 5 *Despiece de máquina de soldar en proceso Gmaw. Elaborado por el autor.*

En la figura 5 se demuestra el despiece de la Maquina de Soldar en proceso GMAW, a continuación se detallan sus partes.

1.- Cubiertas ensambladas consiste en una fija y la otra móvil.

2.- Complemento de la cubierta.

3.- Transformador de control.

4.- Tapa posterior.

5.-Contactor 24vac.

6.- Tarjeta electrónica de control.

7.- Bastidor.

8.- Tablero portabirlo rojo.

9.- Tablero portabirlo negro.

10.- Receptáculo de 4 pines.

11.- Frente, consiste en placa de datos superior y placa de datos inferior.

12.- Perilla de plástico chica.

13.- Manija para conmutador.

14.- Porta fusible 10 A.

15.- Porta fusible de 5 A.

16.- Rodaja giratoria.

17.- Conmutador de rango.

18.- Potenciómetro de 10k 2w.

19.- Interruptor monofásico.

20.- Placa de diodos rectificador.

21.- Rodaja posterior armada.

22.- Transformador de potencia.

23.- Estabilizador armado.

24.- Resistencia fija de 50w.

25.- Motor ventilador armado.

26.- Banco de capacitores.

27.- Válvula solenoide.

28.- Soporte para manubrio.

29.- Tubo para manubrio.

30.- Soporte de la antorcha.

31.- Tablero de conexiones primario.

32.- Moto reductor armado.

33.- Adaptador para antorcha.

34.- Soporte para adaptador de antorcha.

35.- Porta carrete reforzado.

36.- Interruptor 220V.

1.2.6 Equipos y Software.

1.2.6.1 Diseño y partes constitutivas de máquinas de soldar en proceso SMAW.

El mantenimiento que se realiza a una máquina de soldar tanto preventivo o correctivo procesos de soldadura SMAW se tomara en consideración diferentes partes o componentes que las constituyen, tanto mecánica, eléctrica y electrónica.

También con este diseño se tiene máquinas de soldar con transformador trifásico que están constituidos por 6 bobinas, tres primarias de alimentación y tres secundarias de fuerza, en este tipo de máquinas según el diseño se le adiciona una placa de diodos rectificadores trifásico y un selector de dos posiciones que hace de rango de amperaje alto y bajo.

- Modelo AC 225 Thunderbolt miller utiliza este diseño de transformador el cual está constituido por dos bobinas una primaria de alimentación y una secundaria de fuerza que es donde van conectados los cables para soldar, tiene un núcleo móvil que son un par brazos que cuando ingresan baja la corriente para soldar y si están totalmente afuera es el máximo rango, también se lo llama shunt, por falta de mantenimiento (lubricación) se rompe, este diseño de transformador lo utilizan diferentes marcas como son Lincoln Electric, Indura, Esab, Hobart, Infra, Comparc, etc en máquinas semindustriales e Industriales cuya alimentación de voltaje son monofásico 110/220V o 220/440V, las bobinas tienden a quemarse por diferentes factores sobrecargas eléctricas, ventilación, mala manipulación, aislamiento eléctrico, lo cual conlleva a rebobinar la máquina.
- Modelo AC 225 Lincoln Electric en cuyo transformador tradicional esta acoplado una bobina de choque que genera los taps de corrientes menores de la máquina, utiliza 4 bobinas una primaria que es la entrada de corriente 220V Monofásico y tres secundarias, sus bobinas originales son de aluminio, tanto la primaria y dos secundarias tienen alambre rectangular y la bobina estabilizadora tiene alambre circular, este diseño de máquina tiene un selector principal que regula los diferentes taps de corriente que van desde el mínimo de 40 amperios hasta 225 amperios que es el máximo, tiene un suiche de encendido y un ventilador de enfriamiento, los cables para soldar están conectados directamente uno al selector de amperaje principal que es el porta electrodo y el otro va conectado a la bobina estabilizadora que es el cable de pinza a tierra. Se tiene otro modelo de mayor capacidad que es de 250 amperios en este mismo diseño, aparte se tiene un diseño de AC 225 pero con

la característica que es 110/220 voltios de alimentación y la carcasa de la maquina es más pequeña.

- Modelo AC/DC 225/125 Lincoln Electric este tipo de máquina utiliza el mismo transformador que el modelo AC 225 y adiciona una placa de diodos rectificadores de 150 amperios, aparte trae una bobina estabilizadora y un selector adicional que es para cambiar la posiciones de corriente AC, DC+, DC-, que se utilizan para soldar diferentes materiales ferrosos o no ferrosos. Ver figura 4.
- Modelo 250 Dialarc MILLER este tipo de máquina tiene un diseño especial utiliza un transformador principal de alimentación y fuerza o sea bobina primaria y secundaria, y una bobina reactora que es la que regula el amperaje por medio de un puente de diodo rectificador de baja potencia y un reóstato, si el modelo es AC/DC se le adiciona un estabilizador y un puente rectificador monofásico de potencia, este tipo de diseño también lo utiliza la marca Hobart.

1.2.6.2 Diseño y partes constitutivas de máquinas de soldar en proceso GMAW.

Modelo BRAVO MIG CEBORA 250 se la utiliza para el proceso MIG tiene un transformador monofásico de 220V o si es trifásica utiliza 220/400V porque viene de procedencia europea (Italia), su diseño utiliza selectores de encendido y selectores de potencia para la regulación de voltaje por medio de un contactor eléctrico de potencia, el control de velocidad del alambre, contactor eléctrico y la válvula de gas lo activa una pequeña tarjeta electrónica. Este tipo de máquinas se las encuentra en diferentes marcas como son Indura, Esab, Hobart, Arweld, Kempi, Solmig, Ptk, BP, Induwarc, etc.

Modelo MILLERMATIC 250 este tipo de máquina se utiliza en proceso MIG utiliza un transformador monofásico con alimentación 220/440V y el bobinado secundario está conectado a una placa rectificadora por medio de SCR de platillo y un banco de capacitores, la regulación de voltaje lo realiza la tarjeta electrónica de control, además esta controla la velocidad de arrastre del alambre que lo realiza el motoreductor con sus respectivos rodillos, y activa la válvula de gas (co2, argón). El carrete de alambre para soldar va colocado en el compartimiento interior de la máquina, una vez colocado y dejándolo pasar por los rodillos hacia la pistola MIG, sale el alambre por la parte final donde se encuentra un difusor y un contac tip (tubo de contacto) protegido por una porta tobera (nozzle), donde sale el gas y el alambre. La máquina se la calibra dependiendo lo que se va a soldar, donde se controla voltaje y velocidad de alambre. Este mismo modelo de máquina lo tiene la marca Lincoln Electric Mig Prof 255. Aparte también se tiene

modelos de máquinas trifásicas con las mismas configuraciones electrónicas. (Millermatic252mig).

Modelo SHOPMASTER 300 MILLER este tipo de máquina tiene un transformador monofásico de alimentación 220/440V, el secundario está configurado para trabajar en proceso SMAW o GMAW lo que significa que puede utilizar para soldadura con electrodo o proceso MIG adicionándole un Alimentador de alambre , la regulación de amperaje lo realiza una tarjeta electrónica como también el cambio del proceso de soldadura, la placa rectificadora utiliza SCR de potencia (300 A), un modelo parecido que fabrica la marca Lincoln Electric.

1.2.6.3 *Diseño y sistema funcional de máquinas de soldar en proceso GTAW.*

Modelo ECONOTIG 150 MILLER se la utiliza para el proceso TIG sea materiales ferrosos (acero al carbono, acero inoxidable, etc) o no ferrosos (aluminio), está constituido por un transformador monofásico 110/220 V de alimentación, una bobina secundaria con una placa rectificadora de diodos de potencia, HF (transformador de alta frecuencia) y una tarjeta electrónica que controla el amperaje, la válvula de gas (argón), por medio de un suiche que está ubicado en la parte final de la pistola de soldar o por medio de un pedal que lo opera con el pie. Ver figura 6:

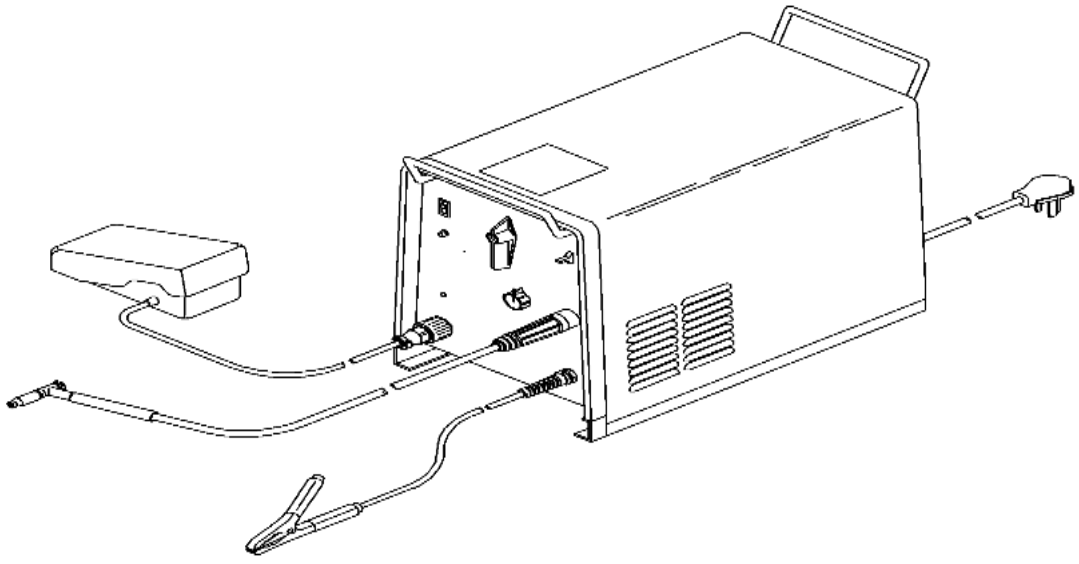


Figura 6 *Máquina de soldar en proceso gtaw o tig con pistola, pedal y pinza de tierra. Elaborado por el autor.*

- Modelo INDUWARC 200 esta máquina es multiproceso trabaja en stick o en tig es totalmente electrónica tipo inverter sus tarjetas electrónicas son reparables, su alimentación es a 220 V, utiliza componentes electrónicos como Mosfet o IGBT de

potencia, este diseño de máquinas viene dado en diferentes marcas como son BP, Century, Prowarc, PTK, etc, son de fabricación China y han tenido buena aceptación en el mercado ecuatoriano.

- Modelo INVERTER 350 Lincoln Electric es una máquina multiproceso Stick, Tig, Mig con tecnología Inverter, tiene tarjetas electrónicas modulares, su mantenimiento se basa en limpiezas periódicas con limpiadores dieléctricos y aire comprimido. Su procedencia es Americana, la ventaja de la tecnología inverter es el ahorro de la energía eléctrica en un 60%, y el peso de la máquina. La tecnología inverter se está imponiendo en la fabricación de máquinas de soldar en todos sus procesos stick, mig, tig y plasma, por sus costos, manipulación y potencia. Ver figura 7.

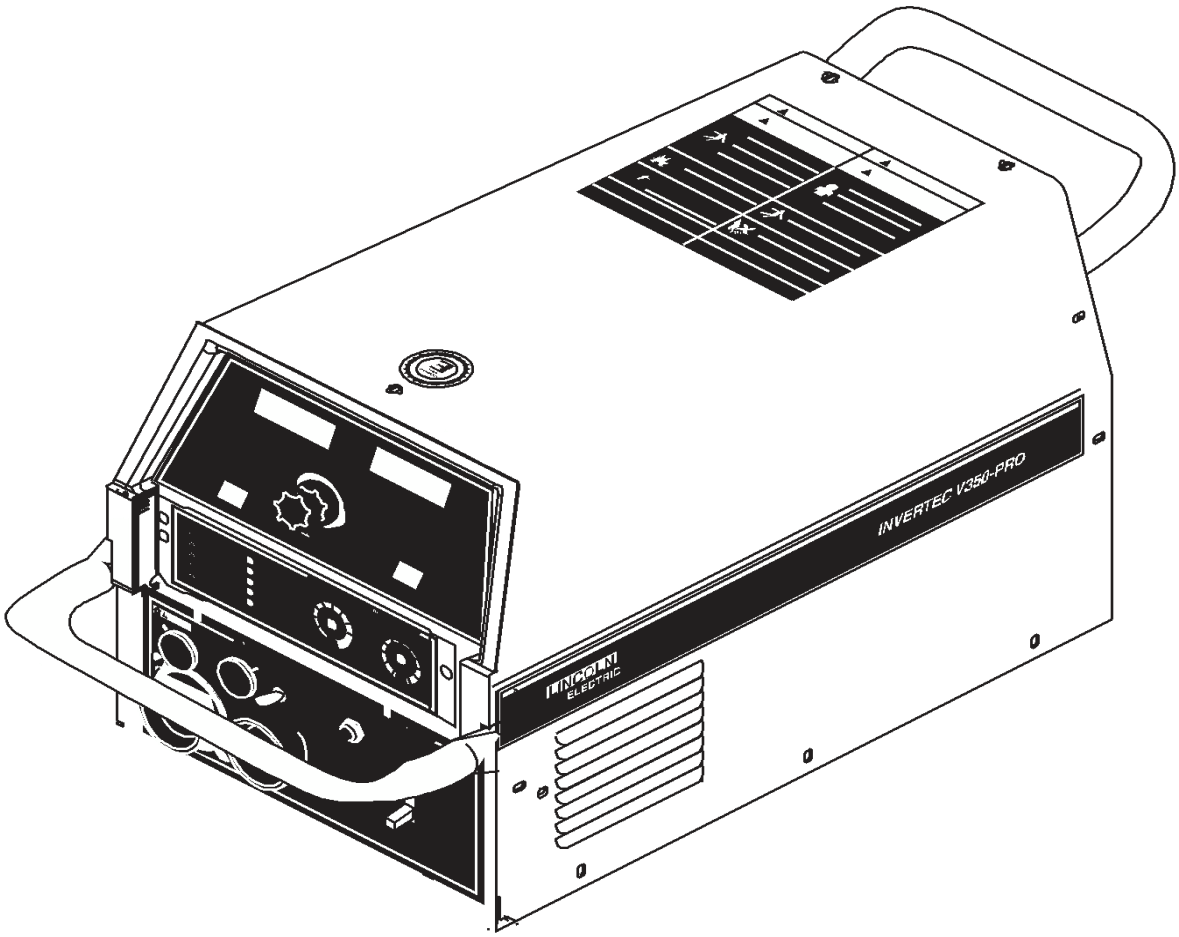


Figura 7 *Máquina de soldar inverter multiproceso smaw, gmaw y gtaw. Elaborado por el autor.*

- Modelo LN7 Alimentador de Alambre Lincoln Electric, este tipo de alimentador se lo conecta a una fuente cv Lincoln, y se lo puede maniobrar separadamente a una distancia considerable donde se está soldando, viene incorporado la pistola para

soldar, el moto reductor de arrastre del alambre y la válvula de gas, se lo utiliza para el proceso Mig. Ver figura 8.

Figura 8 *Alimentador de alambre para proceso gmaw. Elaborado por el autor.*

1.2.6.4 Diseño y sistema funcional del proceso pac o corte por plasma

Modelo Hipertherm 1000, es una máquina inverter para proceso por Plasma, su alimentación es de 220/440 V monofásico o trifásico tiene auto link (cambia automáticamente el voltaje cuando lo sensa), utiliza una tarjeta electrónica modular de potencia, tarjeta de control, módulos IGBT, válvula de gas, suiche y la manguera con la pistola de corte, el corte de esta máquina promedia los 20 mm. Ver figura 9.

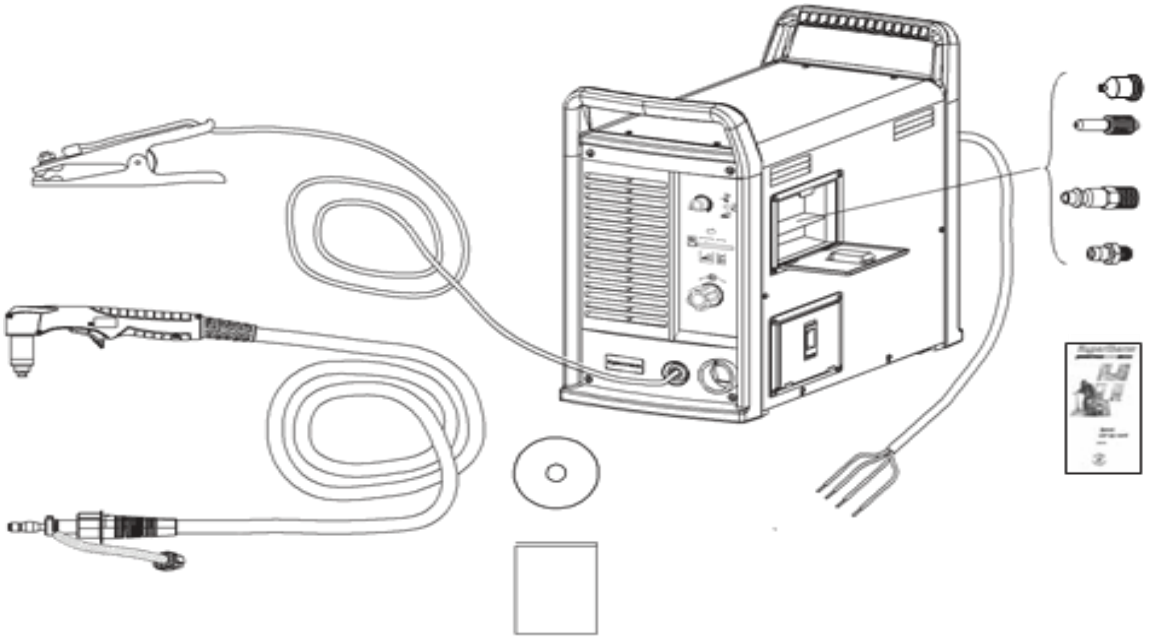


Figura 9 *Máquina inverter para proceso pac o plasma. Elaborado por el autor.*

- Modelo PROF 55 CEBORA, es una máquina de plasmas convencional utiliza un transformador trifásico, placa de diodo rectificadora, tarjeta de control electrónica, válvula de gas y manguera con pistola de corte. Su alimentación es monofásica 220V en un diseño, pero también se las tiene trifásica 220/400V, su procedencia es italiana, no tiene regulación de amperaje, tiene un promedio de corte de 10 mm.
- Modelo OUT BACK 145 Lincoln Electric es una Motosoldadora que trabaja en proceso de soldadura Stick o palillo, o también proceso Tig porque su salida de voltaje es DC, está constituida por un motor de combustión a gasolina de 10 hp (horse power) y un generador eléctrico diseñado para trabajar como soldadora y generador de 110/220 V. Ver figura 10.

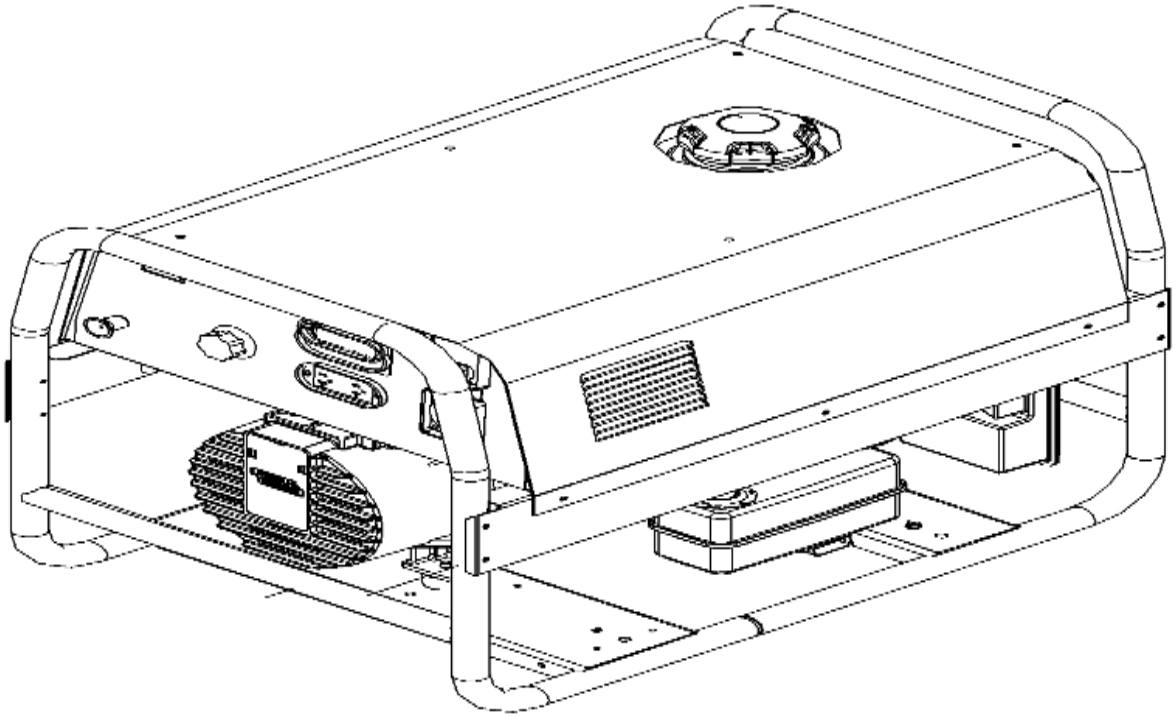


Figura 10 *Motosoldadora a gasolina para proceso de soldadura smaw y gtaw. Elaborado por el autor.*

- Modelo Bocat 250 MILLER es una Motosoldadora Multiproceso que puede trabajar en Stick, Tig y Mig agregándole sus accesorios respectivos, el motor de combustión puede ser a gasolina o diesel de unos 22 Hp, en la marca Lincoln Electric tenemos el modelo RANGER 8, parecida a la Bocat 250, este tipo de máquinas tiene diseños convencionales eléctricamente que comprende con placa de diodos rectificadores y regulación de amperaje por medio de reóstato, con regulación electrónica por medio de SCR, o también con IGBT con tarjetas electrónica modulares. (Millerbocat250) Ver figura 11.

Figura 11 *Motosoldadora a gasolina multiproceso smaw, gtaw y gmaw. Elaborado por el autor.*

Se presentan a continuación diferentes modelos de empresa de Mantenimiento de máquinas de soldar en el mercado Latinoamericano. Prosoldin S.A.S., es una empresa Colombiana que da mantenimiento correctivo, preventivo y certifica las máquinas de soldadura multimarca y multiprocesos, incluidos los motosoldadores.

Nuestro fuerte son los arreglos y diseños de la mayoría de las plaquetas electrónicas que automatizan las máquinas de soldadura, sobre todo cuando estas plaquetas, están descontinuadas por las fábricas y no se consiguen en el mercado. Lo anterior se debe a que poseemos un conocimiento científico, de la manera cómo funciona cada una de los equipos que se usan para soldar. Además nos avalan más de 20 años de experiencia en el área de la soldadura. (Prado, 2014)

Electrónica Oliver EIRL, una empresa Peruana con 8 años de experiencia en el servicio técnico, mantenimiento predictivo y correctivo de máquinas de soldar TIG, MIG, MAG, Arco Sumergido, Corte por Plasma, Máquinas Industriales y en la venta de repuestos y consumibles. Con Calidad y honestidad con sus garantías. Nos es grato enviarles nuestros saludos y nuestro deseo de formar parte de su staff de proveedores y poder dar soluciones y mejoras en la utilidad de las maquinas mencionadas. (Umaschi, 2015)

1.2.7 Procesos de producción.

Este mantenimiento integral corresponde a máquinas de soldar o corte eléctricas o electrónicas y moto soldadoras.

- Recepción de máquinas

- Proforma de costo de mantenimiento
- Desmontaje de tapas de la máquina de soldar
- Limpieza con aire comprimido de la maquina
- Comprobación con instrumentos electrónicos
- Cambio de repuestos eléctricos o electrónicos (laboratorio electrónico)
- Desmontaje de motor de combustión de la parte eléctrica (laboratorio mecánico)
- Mantenimiento de motor de combustión proforma
- Cambio de repuestos en la parte mecánica de motor de combustión
- Montaje de parte eléctrica de moto soldadora
- Pruebas eléctricas de moto soldadora con carga
- Esmerilado de soldadura de transformador
- Desmontaje de bobinas quemadas
- Compra de alambre para bobinar
- Embobinar transformador (Maquina rebobinadora)
- Barnizado de bobinas
- Montaje de bobinas al transformador
- Soldado de uniones del transformador
- Pruebas eléctricas del transformador
- Montaje del transformador a la carcasa de la maquina
- Armado de circuito eléctrico de la máquina de soldar
- Pruebas finales de la máquina de soldar
- Pintura de tapas
- Almacenamiento de maquina reparada
- Cobro de factura en caja
- Entrega al cliente

Selección de maquinarias y equipos

Instrumentos electrónicos

- Multímetro digital
- Amperímetro de gancho AC, DC
- Megger de 1000 v
- Equipos de soldadura de estaño
- Tablero de prueba electrónico

Maquinarias eléctricas

- Compresores de aire comprimido
- Polipasto de 3 toneladas
- Prensa hidráulica de 20 toneladas
- Taladro de pedestal
- Herramientas manuales eléctricas, como pulidoras taladros, esmeril
- Equipo oxicorte, oxigeno, gas propano
- Soldadora de 200 amp. DC.
- Plasma de corte de media pulg. 220v.
- Tronzadora de 14 pulg. De 120v.
- Soporte de polipasto
- Embobinadora de 110v.
- Selección de maquinaria y equipo para la empresa de mantenimiento.

1.2.7.1 Diagrama de bloques del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar.

A continuación se presentas los Diagrama de bloques del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar:

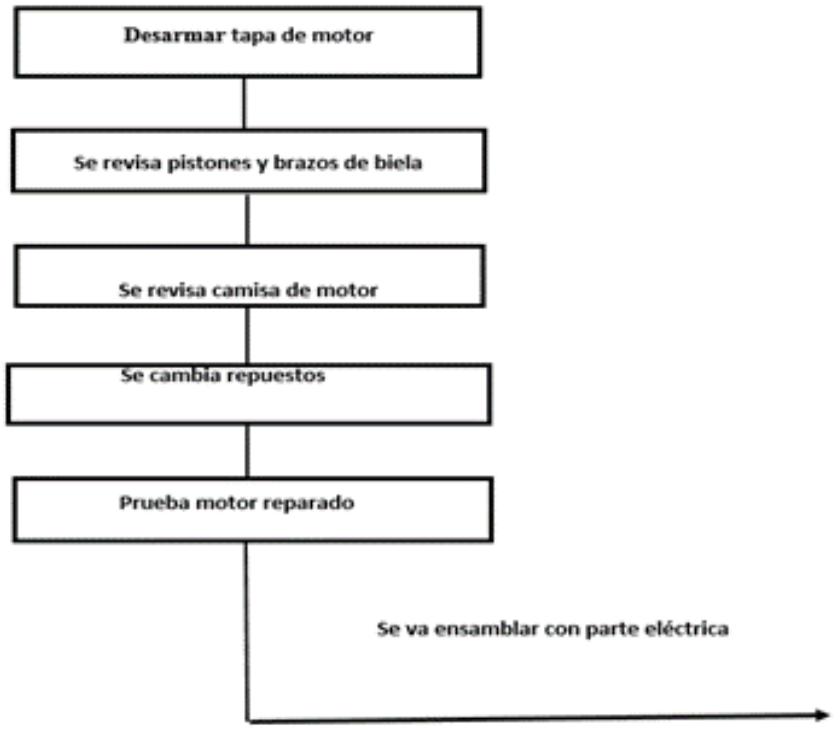


Figura 12 *Laboratorio mecánico. Elaborado por el autor.*

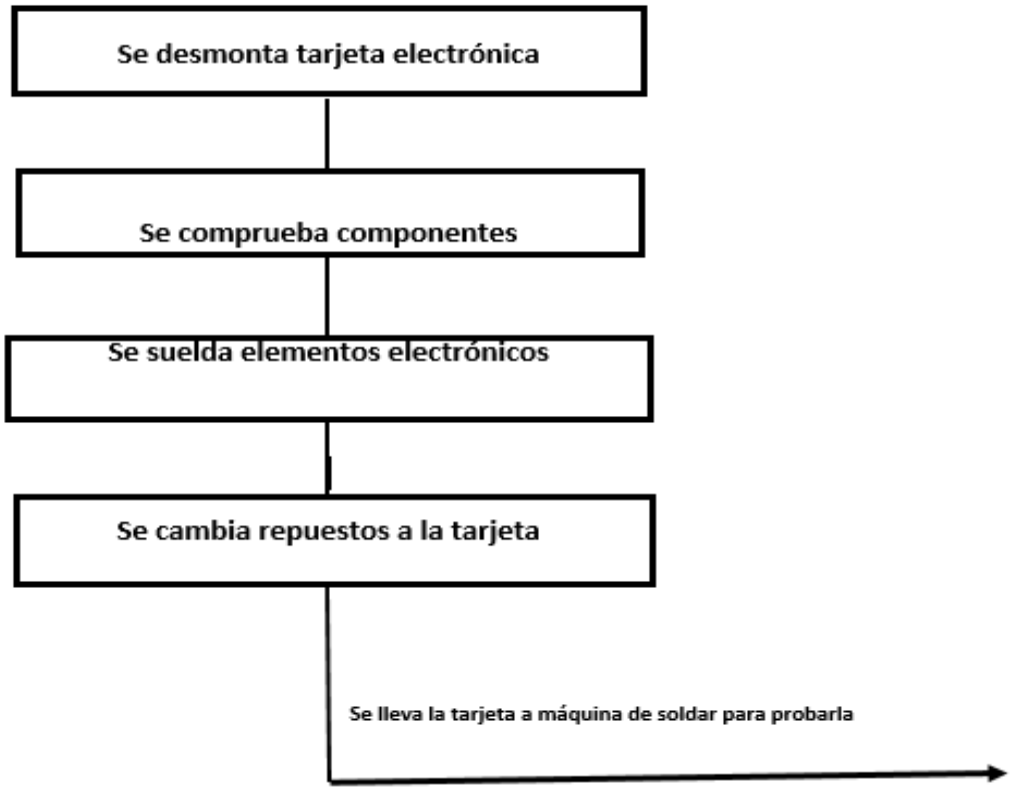


Figura 13 *Laboratorio electrónico. Elaborado por el autor.*

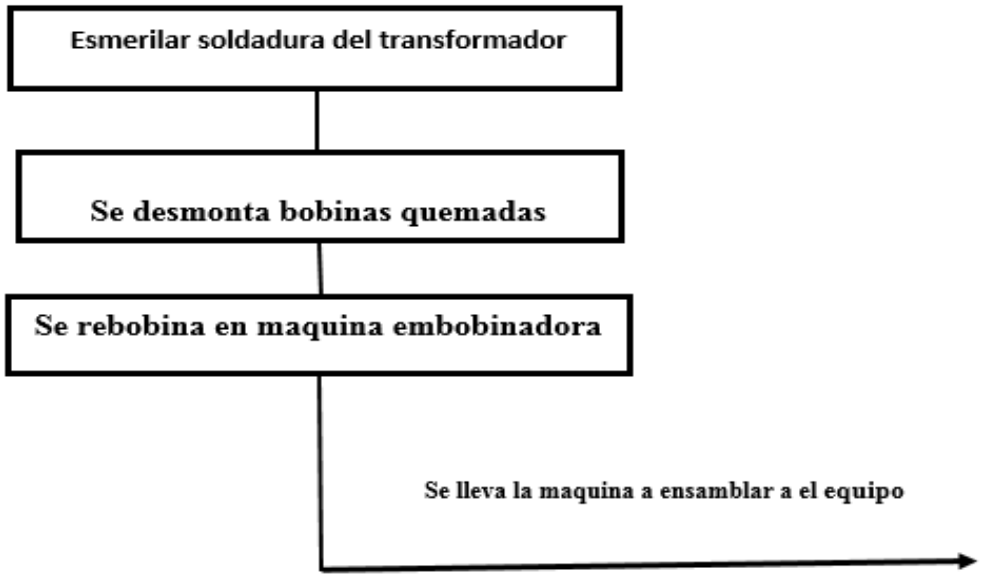


Figura 14 *Laboratorio Eléctrico. Elaborado por el autor.Figura 15 Ingreso de máquina de soldar a mantenimiento. Elaborado por el autor*

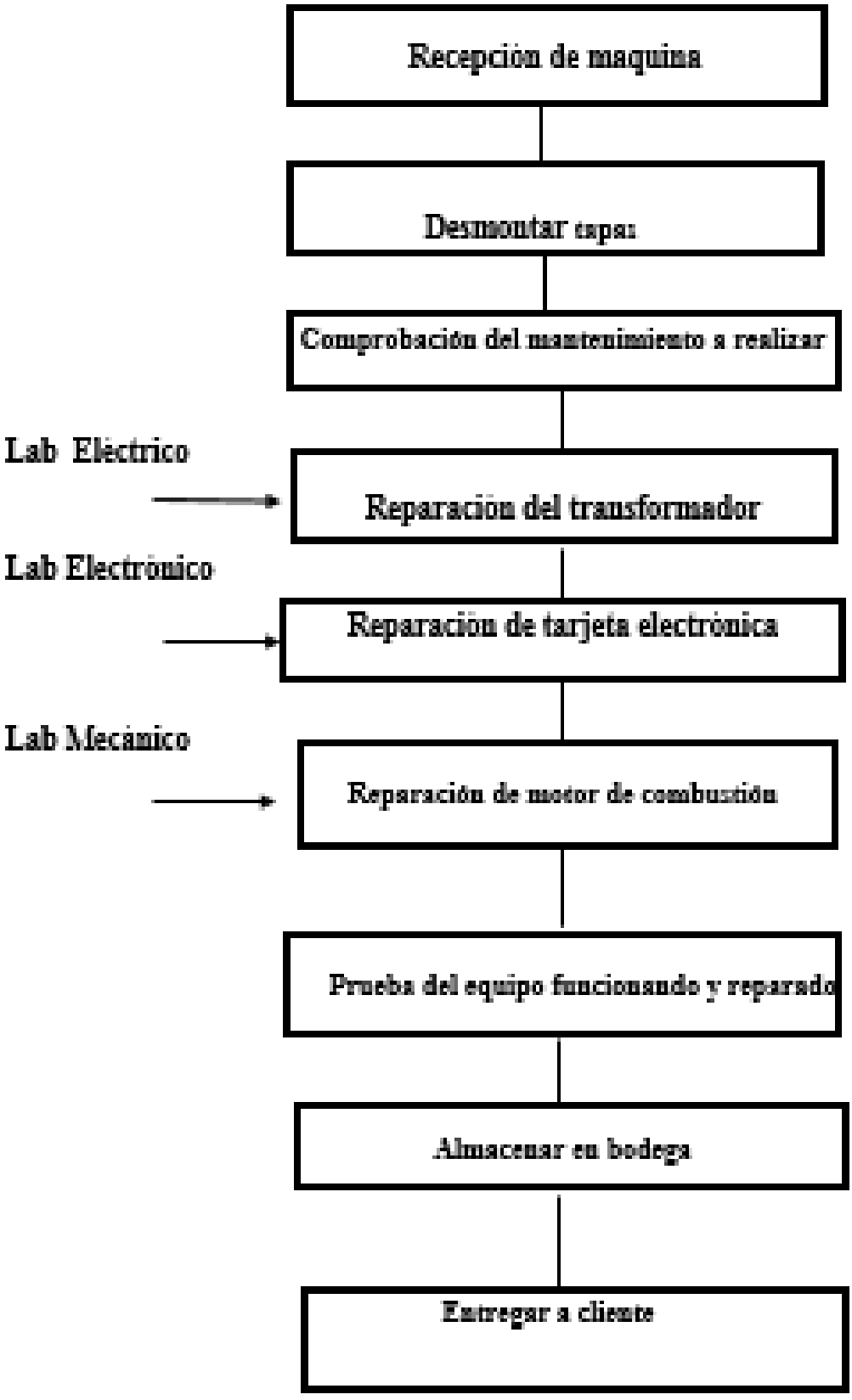


Figura 15*. Ingreso de máquina de soldar a mantenimiento. Elaborado por el autor.*

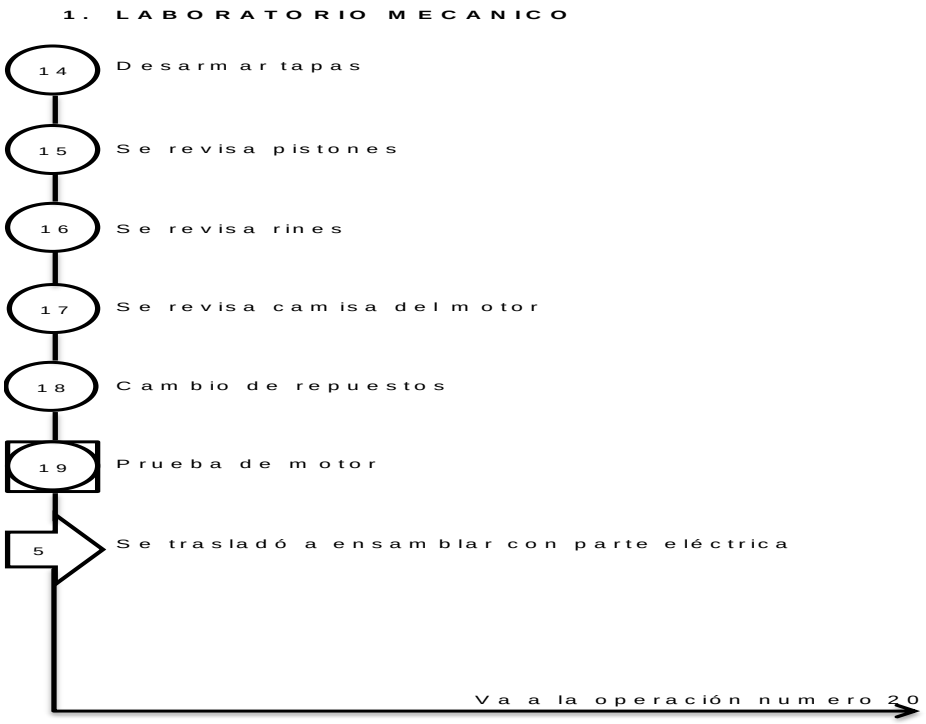


Figura 16 *Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar I. Elaborado por el autor.*

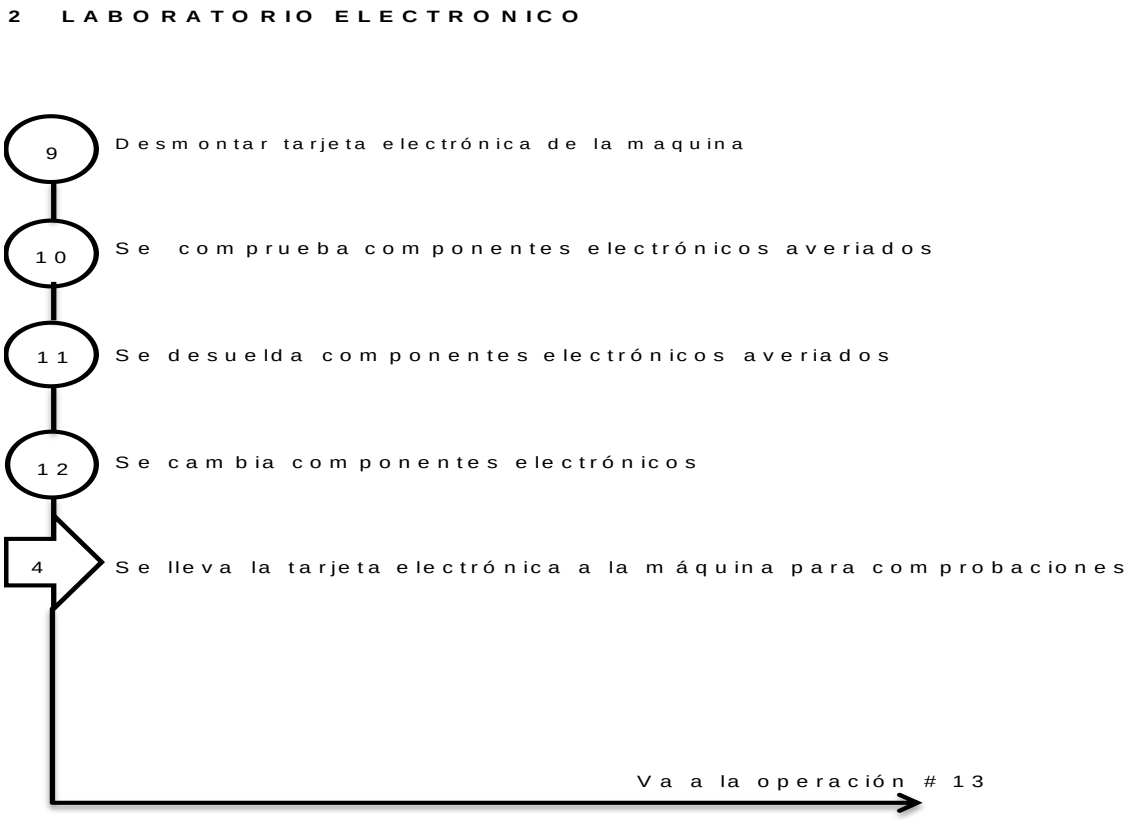


Figura 17 *Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o correctivo de las máquinas de soldar I. Elaborado por el autor.*

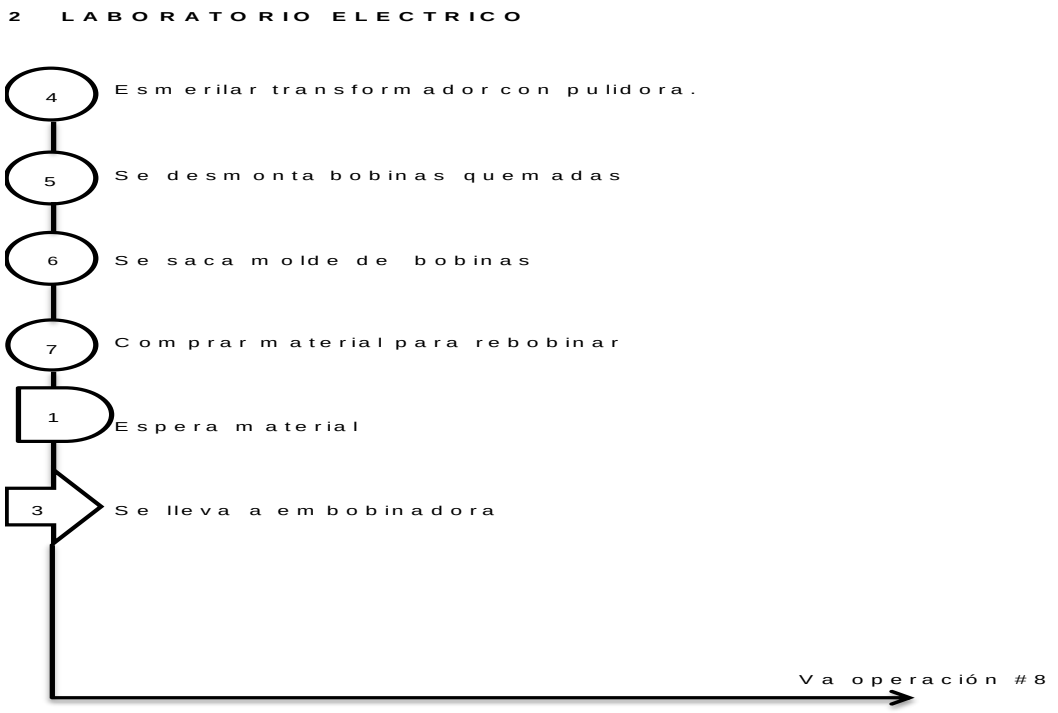


Figura 18 *Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo o Correctivo de las máquinas de soldar III. Elaborado por el autor.*

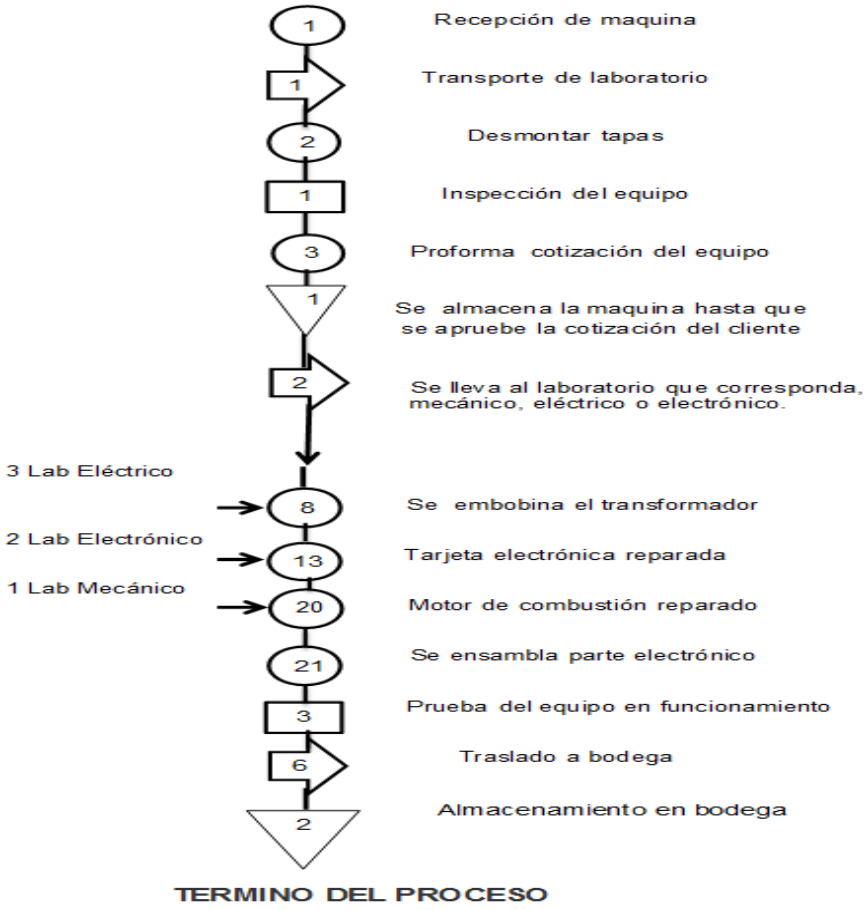


Figura 19 *Ingreso de máquina de soldar a mantenimiento. Elaborado por el autor.*

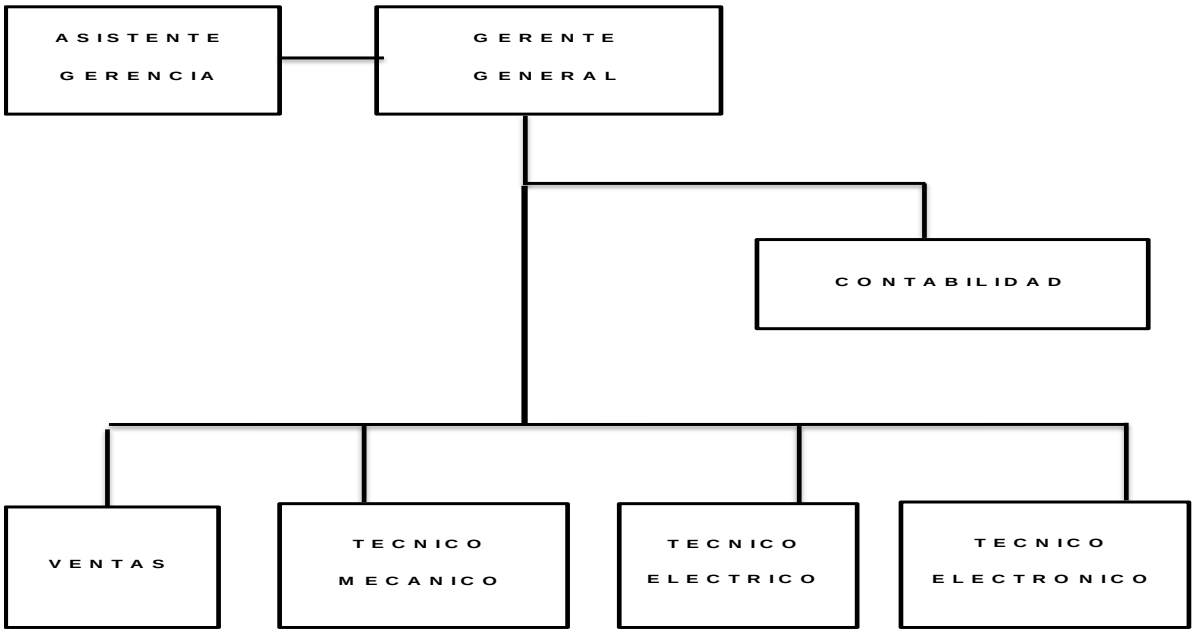


Figura 20 *Organización y administración. Elaborado por el autor.*

Capítulo II

Situación actual y diagnóstico

2.1 Situación actual

La situación actual de la empresa Joel Gutiérrez se describe mediante la capacidad de producción y los registros de los problemas, en el primer caso, debido a que el servicio es manual, se destacan los principales pasos para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento de las máquinas soldadoras, y, en el segundo caso, se construyen tablas para recopilar la información mediante la observación directa, para indicar el tiempo improductivo por cada una de las problemáticas acaecidas.

Previo a la descripción de la capacidad del servicio de mantenimiento de las máquinas soldadoras y del registro de los problemas observados, se representó la participación de los trabajos con cada una de las maquinarias en mención, la cual se presenta en el siguiente cuadro y gráfico:

Tabla 1 *Participación de máquinas soldadoras en servicio de mantenimiento. Julio 2017 – junio 2018.*

Soldadoras	Cantidad de equipos a los que se suministraron servicios / mantenimiento	Participación (%)
SMAW	285	39%
GMAW	227	31%
GTAW	110	15%
PAC	105	14%
Total	**727**	**100%**

Informe: Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Servicios y productos JoelGutierrez.. Elaborado por autor.

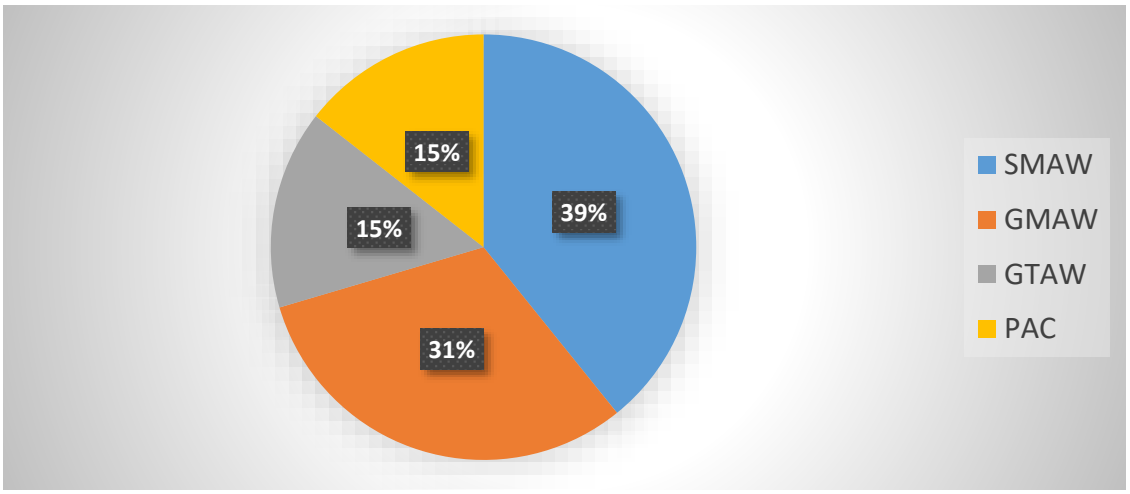


Figura 21 *Participación de máquinas soldadoras en servicio de mantenimiento. Julio 2017 – junio 2018. Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.*

Las soldadoras tipo SMAW y GMAW, participaron con el 70% de los trabajos de mantenimiento realizados en el periodo comprendido entre julio del 2017 a junio del 2018, mientras que las de tipo GTAW y PAC solo representaron el 30%, significando ello que las dos primeras son las de mayor demanda e importancia para la empresa.

2.1.1 Capacidad de producción.

La capacidad de producción del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, se lleva a cabo mediante la observación directa y el uso de las herramientas de estadísticas descriptivas, para la obtención de un tiempo promedio, utilizando la media aritmética, que según (Render, Stair, & Hanna, 2018), "se obtiene al dividir la sumatoria de n cantidad de observaciones, dividida por n", precisamente.

Para el efecto, se elaboró el siguiente cuadro donde se calculó el tiempo unitario promedio por cada trabajo de mantenimiento de una soldadora, hecho que se suscitó en la semana del 26 al 30 de junio del año 2018:

Tabla 2 *Detalle del tiempo promedio unitario del servicio de mantenimiento de máquina soldadora.*

Detalles	**Tiempos (min)**					**Prom.(min)**
Ingresos de equipos	4	6	6	4	5	5
Registrar equipo	3	5	7	3	7	5
Pegar sticker	1	2	1	3	3	2
Transportar al almacén de repuestos	6	6	4	4	5	5
Evaluación del equipo	62	59	58	60	61	60
Proforma al cliente	13	17	14	15	16	15
Aprobación por el cliente	12	11	10	9	8	10
Desmontar componentes	48	42	46	47	42	45
Verificar si hay repuesto	14	14	16	15	16	15
Cambiar repuesto	125	122	118	117	118	138
Probar equipo	28	29	32	31	30	30
Entregar al cliente	26	30	28	34	32	30
	Total minutos					**360**
	Total horas					**6**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

El tiempo unitario promedio para realizar el proceso del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras asciende a 6 horas, labor que puede ser realizada por un solo operador en ese lapso de tiempo, significando ello que en una semana de 40 horas se pueden reparar alrededor de 6 equipos de soldadura.

2.1.2 Registros de problemas

El registro de los problemas se obtuvo mediante los reportes de las paralizaciones del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, situación que generó tiempo improductivo, el cual fue medido a través de la aplicación de la observación directa y plasmada en un registro de la empresa Joel Gutiérrez.

Debido a que los registros de los tiempos improductivos iniciaron a plasmarse desde el mes de julio del año 2017, se escogió un año calendario comprendido desde este periodo mensual hasta junio del 2018, para determinar en primer lugar la frecuencia de paralizaciones de la producción del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras y luego, el tiempo que no fue productivo por causa de los paros no programados.

Tabla 3 *Registro de tiempos improductivos (en horas – hombres) en el proceso del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras. Julio 2017 – junio 2018.*

Mes	Falta de repuestos	Ausentismo personal	Falla electrónica	Falla mecánica	Falla eléctrica	Demoras operación	Total/horas	%
Julio 2017	8	8	12	6	12	0	**46**	1,92%
Agosto	24	0	6	6	6	8	**50**	2,08%
Septiembre	432	0	6	12	18	16	**484**	20,17%
Octubre	16	0	6	6	6	8	**42**	1,75%
Noviembre	240	8	12	12	12	8	**292**	12,17%
Diciembre	144	0	6	6	6	8	**170**	7,08%
Enero 2018	216	0	6	6	6	0	**234**	9,75%
Febrero	272	8	12	12	6	8	**318**	13,25%
Marzo	24	0	6	6	12	0	**48**	2,00%
Abril	192	0	12	6	6	16	**232**	9,67%
Mayo	320	0	6	6	6	0	**338**	14,08%
Junio 2018	120	0	6	6	6	8	**146**	6,08%
Total	**2.008**	**24**	**96**	**90**	**102**	**80**	**2.400**	**100,00%**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

La mayor participación mensual del tiempo improductivo (en horas – hombres), derivado por los problemas observados en el registro de paros no programados de la empresa, fue en el mes de septiembre del 2017 con 20,17%, siguiéndole en orden de importancia mayo y febrero del 2018 con 14,08% y 13,25%, respectivamente. Mientras que el tiempo improductivo total fue igual a 2.400 horas.

Los meses donde hubo menor tiempo improductivo, fueron agosto y octubre en el 2017 y marzo en el 2018, con porcentajes de participación de 1,75% y 2% respectivamente, evidenciándose que cuando disminuyó el tiempo improductivo por la causal de la falta de repuestos, también se redujo la participación de los problemas, por el contrario, cuando se

incrementaron las horas no productivas por la falta de stock de repuestos, también aumentó el total de horas hombres por el problema.

La incidencia del tiempo improductivo en la productividad de la empresa Joel Gutiérrez, se obtuvo a partir de la división entre las horas improductivas versus las anuales programadas en el trabajo de mantenimiento de máquinas soldadoras, esta última cifra fue calculada en el siguiente cuadro:

Tabla 4 *Horas anuales asignadas al servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras. Julio 2017 – junio 2018.*

Días	Horas	Horas mensuales	Meses anuales	Horas anuales	Operadores	Horas-hombres anuales
22	8	176	12	2.112	5	**10.560**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

Se destaca que la jornada de trabajo en la empresa Joel Gutiérrez es igual a 8 horas, es decir, que en un mes de trabajo se cuenta con 176 horas laborales y 2.122 horas anuales. Sin embargo, como son 5 los trabajadores incorporados en el área operativa, entonces, se calcularon 10.560 horas máquinas anuales laborables.

Con la información de las horas – máquinas laborables en el año y el tiempo improductivo en horas ocurrido en el lapso de julio del 2017 a junio del 2018, se realiza la división entre ambas cifras, para obtener el siguiente resultado:

$$\text{Eficiencia} = 1 - \frac{\text{Tiempo improductivo}}{\text{Tiempo laborable}}$$

$$\text{Eficiencia} = 1 - \frac{2.400 \text{ horas improductivas}}{10.560 \text{ horas - máquinas}}$$

Eficiencia = 1 – 22,73%

Eficiencia = 77,27%

La eficiencia de la producción del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, fue igual a 77,27% durante el periodo comprendido entre julio 2017 a junio del 2018.

2.2 Análisis y diagnóstico

Una vez que se ha realizado el análisis de los tiempos improductivos en la producción del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras y al haber calculado la eficiencia de este proceso en la empresa Joel Gutiérrez, se utilizó las herramientas de diagnóstico para conocer su incidencia en la productividad.

Primero se realizó un análisis cuantitativo, que tuvo lugar con la utilización del diagrama de Pareto para determinar la incidencia de los problemas que constan en el registro de la empresa y que generaron como consecuencia el tiempo improductivo, para luego aplicar el método cualitativo del diagrama de Ishikawa, indicando las causas de cada problema observado, culminando con el cálculo de las pérdidas económicas que generó la problemática en mención.

2.2.1 Análisis de datos e identificación de problemas.

En primer lugar, se aplicó el análisis cuantitativo de los problemas registrados en el servicio de mantenimiento, que derivaron en el tiempo improductivo, para el efecto se toma la información de los registros documentales que fueron plasmados en el sub-numeral 2.1.2 donde se realizó la tabulación de los datos en mención.

Esta información tabulada fue de gran relevancia para la aplicación del diagrama de Pareto, mediante el cual se determina la incidencia de cada problema que ocasiona tiempo improductivo, de modo que se pueda establecer el de mayor influencia en la generación de horas no productivas, para darle solución a la misma.

Para el efecto, se utilizó la herramienta del diagrama de Ishikawa, que se distingue en la figura 22.

A pesar que la empresa carece de algunos dispositivos tecnológicos modernos, sin embargo, debido a que el diagrama de Pareto y los resultados que expresó el modelo de regresión lineal, evidenciaron que la falta de stock es la que genera el problema en el servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, cuya causa principal estuvo asociada a las limitaciones de recursos tecnológicos (sistema informático adecuado) para el control adecuado de los inventarios de repuestos, a lo que se añadió la desorganización y desorden de los repuestos y materiales en las bodegas, derivando también en la falta de planeación de los mismos.

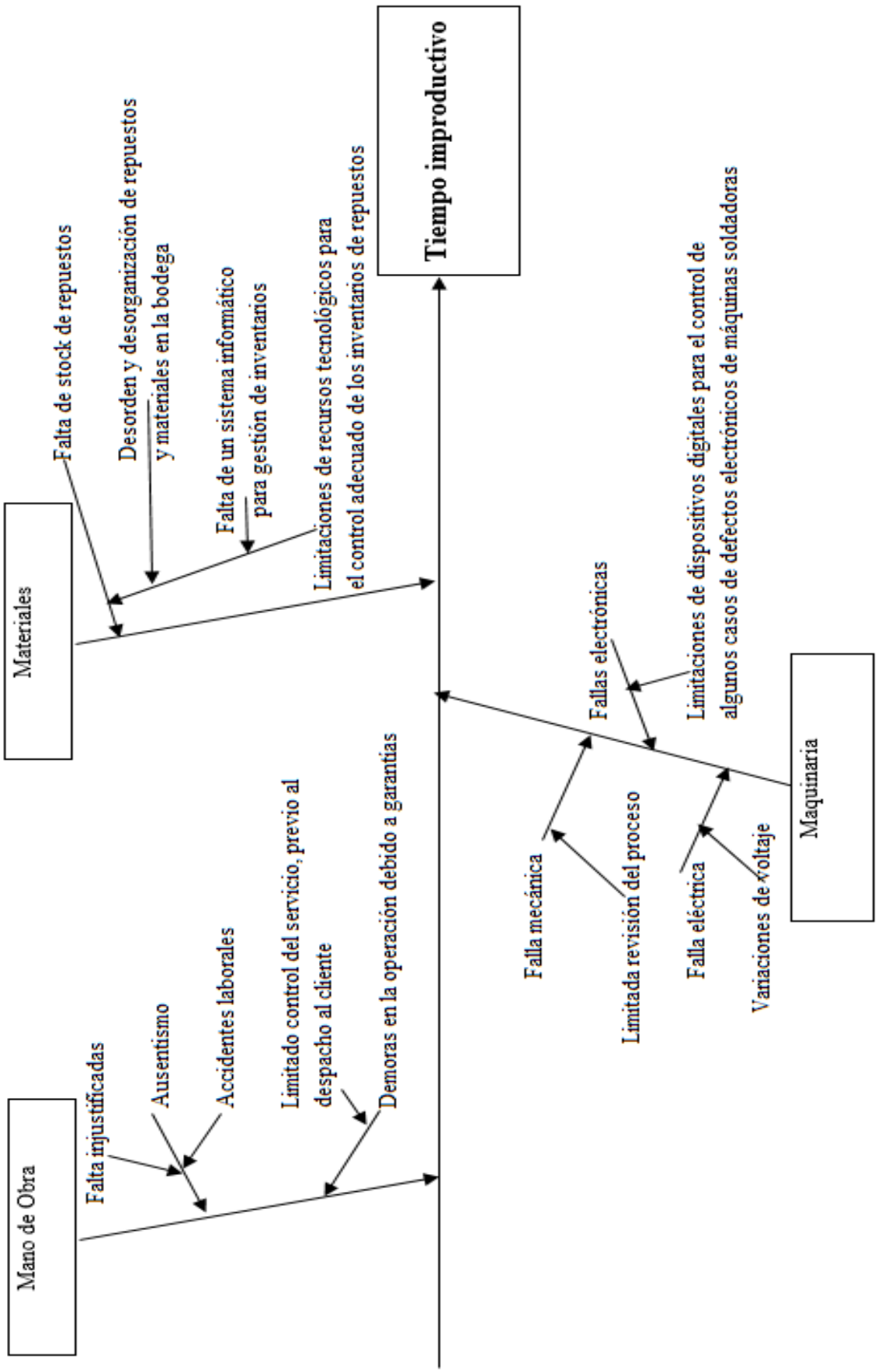


Figura 22 *Diagrama de Ishikawa. Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.*

En el siguiente cuadro y gráfico se presenta el detalle del diagrama de Pareto de los problemas que afectaron al servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, considerando el tiempo improductivo en horas, en el periodo comprendido entre julio 2017 a junio 2018:

Tabla 5 *Análisis de los problemas en tiempos improductivos. Desde julio 2017 a junio 2018.*

Problemas	Horas improductivas de paralización del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras	Horas improductivas acumuladas	Frecuencia relativa (porcentaje de horas improductivas)	Frecuencia relativa acumulada (porcentaje de horas improductivas acumuladas)
Falta de repuestos	2.008	2.008	83,67%	83,67%
Falla eléctrica	102	2.110	4,25%	87,92%
Falla electrónica	96	2.206	4,00%	91,92%
Falla mecánica	90	2.296	3,75%	95,67%
Demoras en la operación	80	2.376	3,33%	99,00%
Ausentismo del personal	24	2.400	1,00%	100,00%
Total	**2.400**		**100,00%**	

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

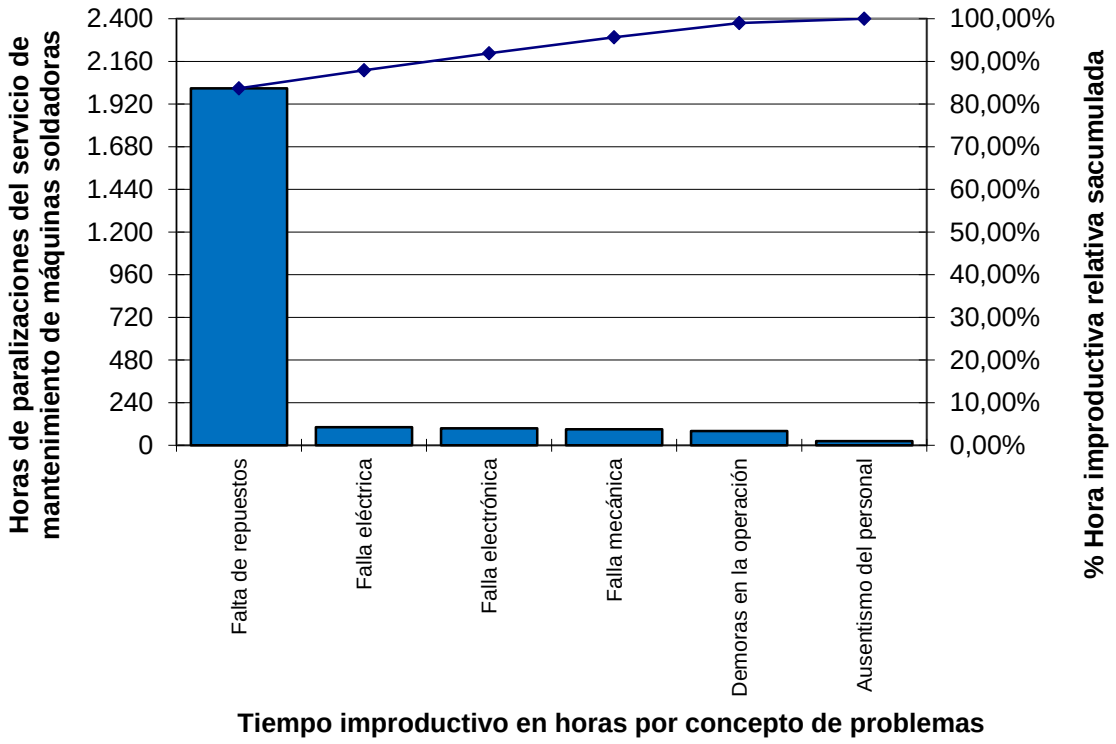


Figura 23 *Diagrama de Pareto de frecuencia. Julio 2017–junio 2018.Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.*

La falta de repuestos para la reparación de máquinas soldaduras, generó el 83,67% de los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de estos equipos, en comparación con el 16,33% con que incidieron los demás problemas en conjunto, de acuerdo al reporte de tiempos improductivos que consta en la empresa Joel Gutiérrez, durante julio del 2017 a junio del 2018, por lo que representa la principal problemática a considerar en la presente investigación.

Además del diagrama de Pareto, se aplicó el detalle de las horas improductivas mediante la aplicación del método de regresión lineal, para el efecto, se plantearon dos hipótesis (alternativa y nula) con las siguientes restricciones:

- Hipótesis nula (H_o): La causa principal de los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras no fue la falta de stock de repuestos.
- Hipótesis alternativa (H_1): La causa principal de los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras fue la falta de stock de repuestos.
- Hipótesis nula (H_o): $R^2 < 50\%$ (rechazo de la hipótesis).
- Hipótesis alternativa (H_1): $R^2 >= 50\%$ (aprobación de la hipótesis).

A continuación se presenta el detalle de las operaciones realizadas para la comprobación de una de las dos hipótesis, bajo la aplicación del método de regresión lineal:

Tabla 6 *Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y la falta de stock de repuestos. Julio 2016 – junio 2017.*

Años	Horas improductivas totales	Horas improductivas por falta de stock de repuestos	YM	XM	(X-XM)²	(Y-YM)² ó SST	(X-XM)(Y-YM)	YPRIMA	(Y-YPRIMA)² o SSE	(YPRIMA-YMEDIA)² o SSR
Enero	46,00	8,00	167,33	200,00	23.716,00	25.387,11	24.537,33	20,03	144,63	21.699,42
Febrero	50,00	24,00	167,33	200,00	22.500,00	20.544,44	21.500,00	23,85	0,02	20.586,82
Marzo	484,00	432,00	167,33	200,00	80.656,00	70.048,44	75.165,33	438,99	48,87	73.797,80
Abril	42,00	16,00	167,33	200,00	24.964,00	22.901,78	23.910,67	16,20	0,04	22.841,30
Mayo	292,00	240,00	167,33	200,00	8.464,00	5.280,44	6.685,33	255,34	235,16	7.744,30
Junio	170,00	144,00	167,33	200,00	900,00	544,44	700,00	138,64	28,76	823,47
Julio	234,00	216,00	167,33	200,00	1.156,00	2.368,44	1.654,67	199,86	260,64	1.057,71
Agosto	318,00	272,00	167,33	200,00	13.924,00	10.955,11	12.350,67	280,21	67,32	12.740,04
Septiembre	48,00	24,00	167,33	200,00	23.104,00	20.544,44	21.786,67	21,94	4,25	21.139,46
Octubre	232,00	192,00	167,33	200,00	1.024,00	608,44	789,33	197,94	35,31	936,93
Noviembre	338,00	320,00	167,33	200,00	19.044,00	23.307,11	21.068,00	299,34	427,00	17.424,68
Diciembre	146,00	120,00	167,33	200,00	2.916,00	2.240,44	2.556,00	115,68	18,66	2.668,05
					222.368,00	**204.730,67**	**212.704,00**	**167,33**	**1.270,67**	**203.459,99**
						B1 = (X-XM)(Y-YM) / (X-XM)²	**0,96**		**SSR/SST = R2**	**99,38%**
						YM - B1(XM)	**-23,97**		**R**	**99,69%**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

Tabla 7 *Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y ausentismo. Julio 2016–junio 2017.*

Años	Horas improductivas totales	Horas improductivas por ausentismo	YM	XM	(X-XM)²	(Y-YM)² ó SST	(X-XM)(Y-YM)	YPRIMA	(Y-YPRIMA)² o SSE	(YPRIMA-YMEDIA)² o SSR
Enero	46,00	8,00	2,00	200,00	23.716,00	36,00	-924,00	1,69	39,82	0,10
Febrero	50,00	0,00	2,00	200,00	22.500,00	4,00	300,00	1,70	2,88	0,09
Marzo	484,00	0,00	2,00	200,00	80.656,00	4,00	-568,00	2,57	6,62	0,33
Abril	42,00	0,00	2,00	200,00	24.964,00	4,00	316,00	1,68	2,83	0,10
Mayo	292,00	8,00	2,00	200,00	8.464,00	36,00	552,00	2,19	33,81	0,03
Junio	170,00	0,00	2,00	200,00	900,00	4,00	60,00	1,94	3,76	0,00
Julio	234,00	0,00	2,00	200,00	1.156,00	4,00	-68,00	2,07	4,28	0,00
Agosto	318,00	8,00	2,00	200,00	13.924,00	36,00	708,00	2,24	33,20	0,06
Septiembre	48,00	0,00	2,00	200,00	23.104,00	4,00	304,00	1,69	2,87	0,09
Octubre	232,00	0,00	2,00	200,00	1.024,00	4,00	-64,00	2,06	4,26	0,00
Noviembre	338,00	0,00	2,00	200,00	19.044,00	4,00	-276,00	2,28	5,19	0,08
Diciembre	146,00	0,00	2,00	200,00	2.916,00	4,00	108,00	1,89	3,58	0,01
					222.368,00	**144,00**	**448,00**	**2,00**	**143,10**	**0,90**
						B1 = (X-XM)(Y-YM) / (X-XM)²	**0,00**		**SSR/SST = R2**	**0,63%**
						YM - B1(XM)	**1,60**		**R**	**7,92%**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

Tabla 8 *Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y las fallas eléctricas, mecánicas y electrónicas. Julio 2016 – junio 2017.*

Años	Horas improductivas totales	Horas improductivas por falta de stock de repuestos	YM	XM	(X-XM)²	(Y-YM)² ó SST	(X-XM)(Y-YM)	YPRIMA	(Y-YPRIMA)² o SSE	(YPRIMA-YMEDIA)² o SSR
Enero	46,00	30,00	24,00	200,00	23.716,00	36,00	-924,00	20,11	97,80	15,13
Febrero	50,00	18,00	24,00	200,00	22.500,00	36,00	900,00	20,21	4,89	14,35
Marzo	484,00	36,00	24,00	200,00	80.656,00	144,00	3.408,00	31,17	23,30	51,45
Abril	42,00	18,00	24,00	200,00	24.964,00	36,00	948,00	20,01	4,04	15,92
Mayo	292,00	36,00	24,00	200,00	8.464,00	144,00	1.104,00	26,32	93,63	5,40
Junio	170,00	18,00	24,00	200,00	900,00	36,00	180,00	23,24	27,48	0,57
Julio	234,00	18,00	24,00	200,00	1.156,00	36,00	-204,00	24,86	47,04	0,74
Agosto	318,00	30,00	24,00	200,00	13.924,00	36,00	708,00	26,98	9,12	8,88
Septiembre	48,00	24,00	24,00	200,00	23.104,00	0,00	0,00	20,16	14,74	14,74
Octubre	232,00	24,00	24,00	200,00	1.024,00	0,00	0,00	24,81	0,65	0,65
Noviembre	338,00	18,00	24,00	200,00	19.044,00	36,00	-828,00	27,49	89,97	12,15
Diciembre	146,00	18,00	24,00	200,00	2.916,00	36,00	324,00	22,64	21,49	1,86
					222.368,00	**576,00**	**5.616,00**	**24,00**	**434,17**	**141,83**
						B1 = (X-XM)(Y-YM) / (X-XM)²	**0,03**		**SSR/SST = R2**	**24,62%**
						YM - B1(XM)	**18,95**		**R**	**49,62%**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

Tabla 9 *Determinación de la relación entre los tiempos improductivos y demoras en la operación. Julio 2016 – junio 2017.*

Años	Horas improductivas totales	Horas improductivas por falta de stock de repuestos	YM	XM	$(X-XM)^2$	$(Y-YM)^2$ ó SST	(X-XM)(Y-YM)	YPRIMA	$(Y-YPRIMA)^2$ o SSE	$(YPRIMA-YMEDIA)^2$ o SSR
Enero	46,00	0,00	6,67	200,00	23.716,00	44,44	1.026,67	4,17	17,42	6,22
Febrero	50,00	8,00	6,67	200,00	22.500,00	1,78	-200,00	4,24	14,15	5,90
Marzo	484,00	16,00	6,67	200,00	80.656,00	87,11	2.650,67	11,26	22,43	21,14
Abril	42,00	8,00	6,67	200,00	24.964,00	1,78	-210,67	4,11	15,14	6,54
Mayo	292,00	8,00	6,67	200,00	8.464,00	1,78	122,67	8,16	0,02	2,22
Junio	170,00	8,00	6,67	200,00	900,00	1,78	-40,00	6,18	3,31	0,24
Julio	234,00	0,00	6,67	200,00	1.156,00	44,44	-226,67	7,22	52,09	0,30
Agosto	318,00	8,00	6,67	200,00	13.924,00	1,78	157,33	8,58	0,33	3,65
Septiembre	48,00	0,00	6,67	200,00	23.104,00	44,44	1.013,33	4,21	17,69	6,06
Octubre	232,00	16,00	6,67	200,00	1.024,00	87,11	298,67	7,18	77,71	0,27
Noviembre	338,00	0,00	6,67	200,00	19.044,00	44,44	-920,00	8,90	79,22	4,99
Diciembre	146,00	8,00	6,67	200,00	2.916,00	1,78	-72,00	5,79	4,87	0,76
					222.368,00	**362,67**	**3.600,00**	**6,67**	**304,38**	**58,28**
						B1 = (X-XM)(Y-YM) / $(X-XM)^2$	**0,02**		**SSR/SST = R2**	**16,07%**
						YM - B1(XM)	**3,43**		**R**	**40,09%**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

El resumen de los resultados obtenidos al aplicar la regresión lineal en cada una de las causas que generaron tiempo improductivo, se presente en el siguiente cuadro:

Tabla 10 *Resultados obtenidos mediante la aplicación del método de regresión lineal.*

Problemas	Resultado obtenido	Conclusión
Falta de repuestos	99,38%	Se aprueba hipótesis alternativa
Falla eléctrica, mecánica y electrónica	24,62%	Se aprueba hipótesis nula
Demoras en la operación	16,07%	Se aprueba hipótesis nula
Ausentismo del personal	0,63%	Se aprueba hipótesis nula

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

En consecuencia, solamente el problema referido a la falta de repuestos, es el único que tiene asociación directa con los tiempos improductivos, de acuerdo a los resultados obtenidos con la aplicación del método de los mínimos cuadrados.

El análisis de la problemática inherente al tiempo improductivo prosigue con la identificación de las causas que ocasionaron la misma e influyeron para que se reduzca la eficiencia del proceso del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras.

2.2.2 Impacto económico de problemas.

Para determinar el impacto económico que ocasionaron los problemas en cuestión, que generaron tiempo improductivo, se multiplicó el costo del servicio por el monto de la hora técnica, que fue de $20,00, según la información que consta en los registros contables de la empresa Joel Gutiérrez, el cual incluye costos de horas – hombres y horas – máquinas, es decir, que la pérdida económica fue la siguiente:

Tabla 11 *Cuantificación de pérdidas económicas. Desde julio 2017 a junio 2018.*

Problemas	Horas improductivas del servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras	Costo de hora técnica	Costo de horas totales
Falta de repuestos	2.008	$20,00	$ 40.160
Falla eléctrica	102	$20,00	$ 2.040
Falla electrónica	96	$20,00	$ 1.920
Falla mecánica	90	$20,00	$ 1.800
Demoras en la operación	80	$20,00	$ 1.600
Ausentismo del personal	24	$20,00	$ 480
Total	**2.400**		**$ 48.000**

Registro del servicio de mantenimiento en la empresa Joel Gutiérrez. Elaborado por autor.

La pérdida económica que obtuvo la empresa por concepto de los problemas registrados y analizados en este capítulo, fue igual a $48.000,00 en el periodo comprendido entre julio del 2017 a junio del 2018, es decir, un año de labores.

2.2.3 Diagnóstico

El diagnóstico de la situación de la empresa Joel Gutiérrez, puso de manifiesto que la falta de repuestos para la reparación de máquinas soldaduras generó el 83,67% de los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de estos equipos, en comparación con el 16,33% con que incidieron los demás problemas en conjunto, de acuerdo al reporte de tiempos improductivos que consta en la empresa Joel Gutiérrez, durante julio del 2017 a junio del 2018, por lo que representa la principal problemática a considerar en la presente investigación.

La pérdida económica que obtuvo la empresa por concepto de los problemas registrados y analizados con las técnicas de Ingeniería de los diagramas de Pareto y de Ishikawa, así como la regresión lineal, fue igual a $48.000,00 en el periodo comprendido entre julio del 2017 a junio del 2018, es decir, un año de labores.

A pesar que la empresa carece de algunos dispositivos tecnológicos modernos, sin embargo, debido a que el diagrama de Pareto y los resultados que expresó el modelo de regresión lineal, evidenciaron que la falta de stock es la que genera el problema en el servicio de mantenimiento de máquinas soldadoras, cuya causa principal estuvo asociada a las limitaciones de recursos tecnológicos (sistemas informáticos) para el control adecuado de los inventarios de repuestos, a lo que se añadió la desorganización y desorden de los repuestos y materiales en la bodega, derivando también en la falta de planeación de los mismos.

La propuesta debe enfocarse directamente en el mejoramiento de la gestión de inventarios de repuestos para el fortalecimiento de la eficiencia del servicio de mantenimiento de máquinas de soldadoras y la maximización del nivel de satisfacción del cliente, lo que además de ahorrar las pérdidas económicas, contribuirá a que la empresa potencia su competitividad en el mercado local.

Capítulo III

Propuesta, conclusiones y recomendaciones

3.1. Planteamiento de propuesta

Los trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras están siendo afectados por los tiempos improductivos, causados a su vez por la falta de stock de algunos repuestos clasificados en la categoría A, por ser partes y piezas consideradas como estrellas para los procesos de la empresa servicios y productos Joel Gutiérrez.

Las alternativas de solución están asociadas a la gestión de los inventarios: por una parte, se plantea la determinación de los stocks mínimos, máximos y de seguridad, con cuyos resultados se puede calcular el punto de re-pedido, tanto en tiempo como en número de unidades; por otra parte, se toma dos de los componentes de las 5 S relacionados con el orden y la organización, para complementar la aplicación de esta metodología con la estrategia de la tecnología de grupos, requiriéndose de un sistema informático que permita enlazar ambas alternativas.

Al respecto, se tomó la decisión de elaborar un cuadro donde se explican las alternativas de solución planteadas, que enfatizaron en los resultados del diagnóstico del problema, es decir, en la causa de mayor relevancia que es la falta de stock de repuestos para los trabajos de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras en la empresa donde se delimitó el estudio.

Tabla 12 *Propuestas de solución planteadas*

Consecuencia	Problema	Causa	Alternativa	Recursos
Tiempo improductivo	Paralización del trabajo de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras	Falta de stock de repuestos, por desorganización del lugar, falta de automatización de los inventarios y planeación limitada de los mismos	A: Cálculo de inventarios mínimos, máximos, de seguridad, punto de re-pedido B: Descripción de dos componentes del método de las 5 S e incorporación de la tecnología de grupos	Software para gestionar los inventarios de repuestos e infraestructura para almacenar repuestos

Diagnóstico de la empresa. Elaborado por autor.

La propuesta consiste en la determinación de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad, punto de re-pedido, de los repuestos calificados como estrella, porque siempre

se quedaron sin inventario en el último año, a pesar de requerirse con mucha frecuencia; esta alternativa debe complementarse con la incorporarse de la tecnología de grupo, como parte de dos componentes del método de las 5 S que hacen referencia al orden y la organización, por lo tanto, se requiere del incremento de la infraestructura para el almacén del stock de los repuestos y un software que permita el manejo automatizado de los inventarios, avisando cuando llegue al stock de seguridad.

3.1.1 Planteamiento de alternativa de solución A.

La primera alternativa de solución planteada para minimizar el impacto de la problemática de los tiempos improductivos causados por la falta de stock de inventarios de repuestos durante los trabajos de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras, es precisamente el cálculo de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido.

En primer lugar, se aplicó la técnica del inventario A-B-C, que consiste en la clasificación del stock de acuerdo con su nivel de importancia en la rotación de la empresa, es decir, que aquellos que rotan con mayor frecuencia son los que se quedan sin inventario y se clasificarán con la categoría A, luego se cita los inventarios categoría B, que son los que le siguen en importancia, para culminar con los de categoría C, que son lo que rotan muy poco. En el siguiente cuadro y gráfico, se presenta el detalle del inventario A-B-C, considerando los materiales, repuestos, partes y piezas, que tuvieron rotación en la empresa Productos y Servicios Joel Gutiérrez, para abastecer los requerimientos de los trabajos de mantenimiento y reparación de soldadura.

Tabla 13 *Inventario ABC de partes y piezas.*

Ítem	Partes y piezas	Cant.	%	% ac.	V. Unit.	P. Total	P. acumulado
1	Módulo IGBT 100, 200, 300 Amp.	52	2,18%	2,18%	$ 250,00	$13.000,00	$13.000,00
2	Transistores IGBT 40,50, 60, 70 Amp.	100	4,19%	6,37%	$ 12,00	$1.200,00	$14.200,00
3	Circuitos integrados de encendido	100	4,19%	10,57%	$ 12,00	$1.200,00	$15.400,00
4	Capacitores 680 uF a 2.200 uF	100	4,19%	14,76%	$ 15,00	$1.500,00	$16.900,00
5	Capacitores 10.000 uF a 25.000 uF	52	2,18%	16,94%	$ 60,00	$3.120,00	$20.020,00
6	Tarjetas de módulos de moto-soldadoras	52	2,18%	19,12%	$ 120,00	$6.240,00	$26.260,00
7	Tarjeta control electrónica gmaw	100	4,19%	23,31%	$ 90,00	$9.000,00	$35.260,00

Ítem	Partes y piezas	Cant.	%	% ac.	V. Unit.	P. Total	P. acumulado
8	Selectores de amperaje Smaw	100	4,19%	27,51%	$ 60,00	$6.000,00	$41.260,00
9	Selectores de voltaje 220/110 voltios	100	4,19%	31,70%	$ 65,00	$6.500,00	$47.760,00
10	Selectores de amperaje MIG	52	2,18%	33,88%	$ 220,00	$11.440,00	$59.200,00
11	Reostatos de amperaje Smaw (resistencias)	52	2,18%	36,06%	$ 225,00	$11.700,00	$70.900,00
12	Bobinas de 2 tiempos	52	2,18%	38,24%	$ 180,00	$9.360,00	$80.260,00
13	Ignición control	52	2,18%	40,42%	$ 65,00	$3.380,00	$83.640,00
14	Módulos de carga de batería 12 Voltios	52	2,18%	42,60%	$ 85,00	$4.420,00	$88.060,00
15	Brazo de biela OHAn 20 HP	100	4,19%	46,79%	$ 90,00	$9.000,00	$97.060,00
16	Juego de rines 20 HP	52	2,18%	48,97%	$ 120,00	$6.240,00	$103.300,00
17	Relay de 24 volt	48	2,01%	50,99%	$4,00	$192,00	$103.492,00
18	Contactores 24	44	1,84%	52,83%	$60,00	$2.640,00	$106.132,00
19	Contactores 110	43	1,80%	54,63%	$58,00	$2.494,00	$108.626,00
20	Contactores 220	42	1,76%	56,39%	$57,00	$2.394,00	$111.020,00
21	Diodos rectificadores potencias 150 AMP	42	1,76%	58,16%	$80,00	$3.360,00	$114.380,00
22	Diodos rectificadores potencias 300 AMP	41	1,72%	59,87%	$120,00	$4.920,00	$119.300,00
23	Ventiladores cuadrados 24 v	41	1,72%	61,59%	$25,00	$1.025,00	$120.325,00
24	Ventiladores cuadrados 110	40	1,68%	63,27%	$28,00	$1.120,00	$121.445,00
25	Ventiladores cuadrados 220	40	1,68%	64,95%	$30,00	$1.200,00	$122.645,00
26	Swiches 30 Amp Modelo A	40	1,68%	66,62%	$12,00	$480,00	$123.125,00
27	Swiches 60 Amp	39	1,64%		$18,00	$702,00	$123.827,00
28	Swiches 30 Amp Modelo B	39	1,64%		$10,00	$390,00	$124.217,00
29	Breaker 70 amp	38	1,59%	68,22%	$15,00	$570,00	$124.787,00
30	Placas de diodos 250 amp	38	1,59%	69,81%	$200,00	$7.600,00	$132.387,00
31	Placas de diodos 400 amp	37	1,55%	71,36%	$250,00	$9.250,00	$141.637,00
32	Capacitores Ac 35 uF Modelo A	36	1,51%	72,87%	$15,00	$540,00	$142.177,00
33	Capacitores Ac 60 uF Modelo A	36	1,51%	74,38%	$18,00	$648,00	$142.825,00
34	Capacitores Ac 80 uF Modelo A	35	1,47%	75,85%	$20,00	$700,00	$143.525,00
35	Capacitores Ac 100 uF Modelo A	34	1,43%		$25,00	$850,00	$144.375,00
36	Capacitores Ac 35 uF Modelo B	34	1,43%		$19,00	$646,00	$145.021,00
37	Capacitores Ac 60 uF Modelo B	33	1,38%		$22,00	$726,00	$145.747,00
38	Capacitores Ac 80 uF Modelo B	33	1,38%		$24,00	$792,00	$146.539,00
39	Capacitores Ac 100 uF Modelo B	32	1,34%	77,19%	$26,00	$832,00	$147.371,00
40	Resistencias vateaje 1/4 W	28	1,17%	78,36%	$12,00	$336,00	$147.707,00
41	Resistencias vateaje 1/2 W	26	1,09%	79,45%	$14,00	$364,00	$148.071,00
42	Resistencias vateaje 1 W	24	1,01%		$18,00	$432,00	$148.503,00

Ítem	Partes y piezas	Cant.	%	% ac.	V. Unit.	P. Total	P. acumulado
43	Resistencias vateaje 5 W	22	0,92%		$25,00	$550,00	$149.053,00
44	Resistencias vateaje 10 W	21	0,88%		$30,00	$630,00	$149.683,00
45	Resistencias vateaje 20 W	20	0,84%		$35,00	$700,00	$150.383,00
46	Rotores de máquinas electrosoldaduras 145 amp	7	0,29%		$220,00	$1.540,00	$151.923,00
47	Rotores de máquinas electrosoldaduras 185 amp	6	0,25%		$250,00	$1.500,00	$153.423,00
48	Rotores de Motosoldadora Lincoln 145 amp	4	0,17%		$220,00	$880,00	$154.303,00
49	Rotores de Motosoldadora Lincoln 185 amp	3	0,13%		$250,00	$750,00	$155.053,00
50	Tarjetas electrónicas de control Lincoln 350	2	0,08%		$450,00	$900,00	$155.953,00
51	Módulo de corriente para máq. Inverter 200 Amp KTC	2	0,08%		$150,00	$300,00	$156.253,00
52	Módulo de corriente para máq. Inverter 300 Amp KTC	2	0,08%		$180,00	$360,00	$156.613,00
53	Módulo de corriente para máq. Inverter 400 Amp KTC	2	0,08%		$200,00	$400,00	$157.013,00
54	Motoreductor MIG 24 Vdc Modelo A	14	0,59%		$1,00	$14,00	$157.027,00
55	Motoreductor MIG 42 Vdc Modelo A	14	0,59%		$1,10	$15,40	$157.042,40
56	Motoreductor MIG 110 Vdc Modelo A	13	0,55%		$1,20	$15,60	$157.058,00
57	Motoreductor MIG 24 Vdc Modelo B	13	0,55%		$1,00	$13,00	$157.071,00
58	Motoreductor MIG 42 Vdc Modelo B	13	0,55%		$1,10	$14,30	$157.085,30
59	Motoreductor MIG 110 Vdc Modelo B	12	0,50%		$1,20	$14,40	$157.099,70
60	Motoreductor MIG 24 Vdc Modelo C	12	0,50%		$1,00	$12,00	$157.111,70
61	Motoreductor MIG 42 Vdc Modelo C	12	0,50%		$1,10	$13,20	$157.124,90
62	Motoreductor MIG 110 Vdc Modelo C	11	0,46%		$1,20	$13,20	$157.138,10
63	Motoreductor MIG 24 Vdc Modelo D	11	0,46%		$1,00	$11,00	$157.149,10
64	Motoreductor MIG 42 Vdc Modelo D	11	0,46%		$1,10	$12,10	$157.161,20
65	Motoreductor MIG 110 Vdc Modelo D	10	0,42%		$1,20	$12,00	$157.173,20
66	Tarjetas electrónicas Feeder lincoln (alimentadores)	5	0,21%		$350,00	$1.750,00	$158.923,20
67	Bobinas choke de 250 Amp Motosoldadora	4	0,17%		$120,00	$480,00	$159.403,20
68	Bobina choke de 250 amp máquina Lincoln	3	0,13%		$120,00	$360,00	$159.763,20
69	Bobina choke Máquina Smaw (estabilizadora)	3	0,13%	79,58%	$125,00	$375,00	$160.138,20
70	Bobina choke Máquina Miller Dialarc 250	2	0,08%	79,66%	$125,00	$250,00	$160.388,20
		2.385	**100,00%**		**Total**	**$160.388,20**	

Registros de ingresos de la empresa. Elaborado por autor.

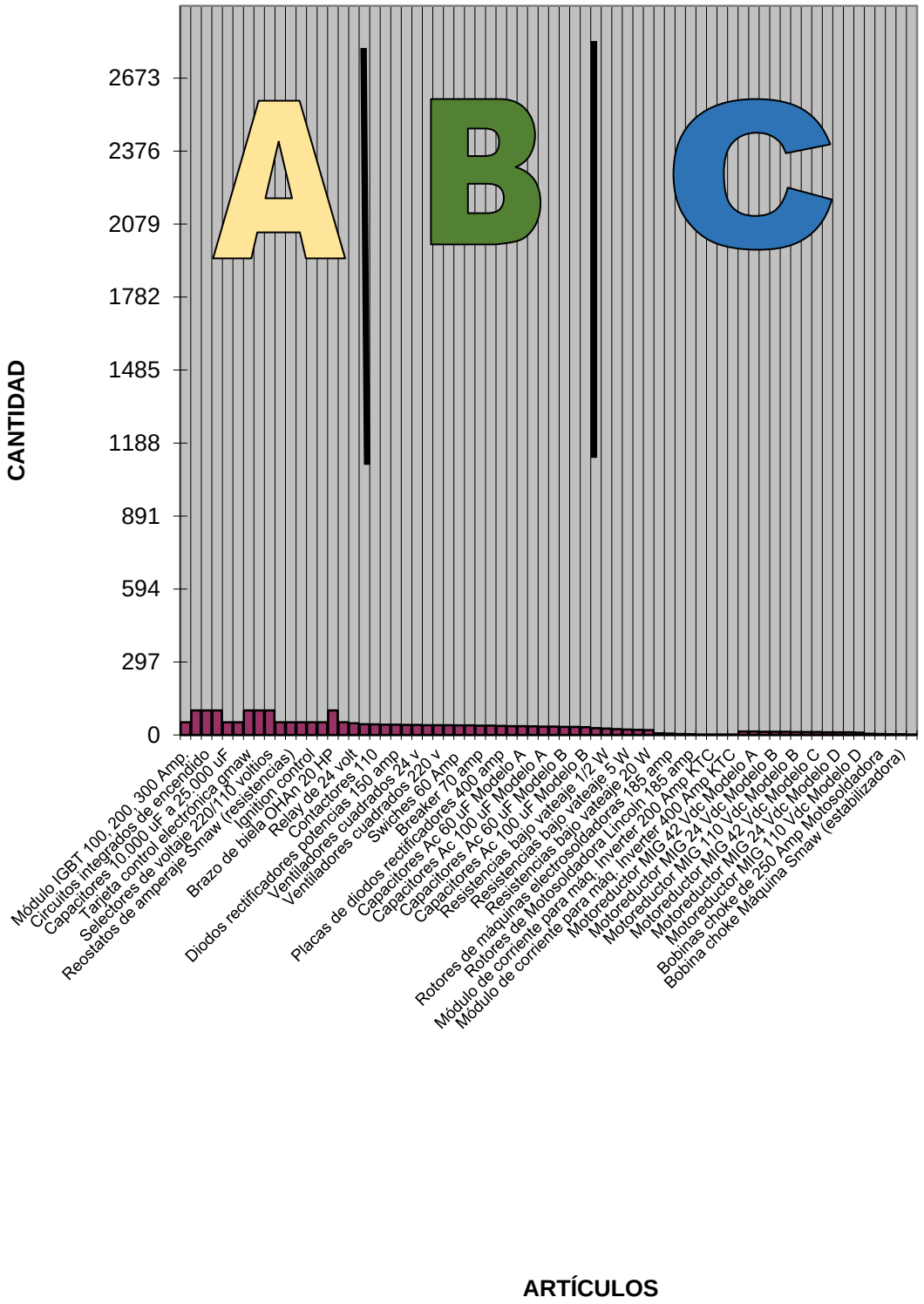


Figura 24 *Inventario A-B-C. Registros de ingresos de la empresa.*

Con base en estos requerimientos, se procedió a esquematizar la matriz BCG, e identificar la relación entre costo y liquidez de la empresa, según la rotación de artículos y la cuota de mercado que ocupan en la organización:

		Dominancia o competitividad de la empresa en el mercado	
		Alta	**Baja**
Crecimiento del mercado	**Alta**	• Alto crecimiento • Lidera el mercado • **Requiere capital** • **Alto retorno** **ESTRELLA** Módulo, transistores IGBT, circuito integrado, reóstatos, selectores, capacitores, juego de rines, módulos de carga de batería	• Alto crecimiento • **Baja cuota del mercado** • **Necesita capital** • Pobres utilidades **DILEMA ¿ ?** Productos nuevos
	Baja	• **Bajo crecimiento** • Alta cuota del mercado • Grandes utilidades **VACA** Relay, diodos rectificadores, contactares, ventiladores cuadrados, swiches, breaker, cajas de diodos	• **Bajo crecimiento** • **Baja cuota del mercado** • Flujo mínimo de capital **PERRO** Resistencias de bajo vatiaje, alambres MIG, rotores, bobinas, módulos de corriente, tarjeta electrónica alimentadora
		Liquidez	

Figura 25 *Matriz BCG. Registros de ingresos de la empresa. Elaborado por autor.*

Descrita la matriz BCG, se procedió a continuar con el análisis para los productos categorizados con la calificación A, por su importancia en la gestión de inventarios y en los resultados de la eficiencia de los trabajos de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras.

Para el efecto, se consideró los diez repuestos considerados como estrella, por ser los más importantes para los intereses de la empresa, debido a la frecuencia con que se requirieron y por la cantidad de veces que no existieron estos repuestos, que debieron ser adquiridos en el medio nacional a un precio exorbitante, que en algunos casos duplicó su costo de importación.

Para realizar el cálculo de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido, se emplearon las fórmulas que constan en el libro de Velásquez (2014), las cuales se presentan en los siguientes ítems:

- Stock Mínimo = (d) x (dd)
- Stock de seguridad (ss) = stock mínimo + (dr − d) x dd
- Stock máximo = (consumo diario x (plazo de entrega con atrasos – plazo de entrega sin atrasos)) + (consumo diario x plazo de entrega sin atrasos) + (Stock de seguridad) = (dd x dr-d) + (dd x d) + ss

Donde la simbología que se presenta en las fórmulas presentadas, representa lo siguiente:

- dd = Demanda o consumo diario
- d = Plazo de entrega sin atrasos
- ss = Stock de seguridad
- dr = Plazo de entrega del proveedor con posibles días de retraso
- Punto de re-pedido en tiempo = dr
- Punto de re-pedido en unidades = stock de seguridad

Desarrollando las ecuaciones se obtiene los siguientes resultados a saber, considerando el repuesto del módulo IGBT1 (sea de 100, 200 o 300 amperios), por ser uno de los más importantes que se quedó sin inventario con frecuencia en el último periodo anual:

- Stock mínimo = (d) x (dd)
- Stock mínimo = (14 días) x (1/7 unidad / día)
- Stock mínimo = 2 unidades

[1] **IGBT** Transistor bipolar con compuerta aislada es un dispositivo electrónico semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia.

El stock mínimo del repuesto del módulo IGBT, es igual a 2 unidades en un periodo de 14 días. Mientras que el stock de seguridad del mismo repuesto, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

- Stock de seguridad (ss) = stock mínimo + (dr − d) x dd
- Stock de seguridad (ss) = (2 unidades) + (21 días – 14 días) x (1/7 unidad diaria)
- Stock de seguridad (ss) = (2 unidades) + (7 días) x (1/7 unidad / día)
- Stock de seguridad (ss) = (2 unidades) + (1 unidad)
- Stock de seguridad (ss) = 3 unidades

El stock de seguridad del repuesto del módulo IGBT, es igual a 3 unidades en un periodo de 21 días. Mientras que el stock máximo del mismo repuesto, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

- Stock máximo = (consumo diario x (plazo de entrega con atrasos – plazo de entrega sin atrasos)) + (consumo diario x plazo de entrega sin atrasos) + (Stock de seguridad) = (dd x dr-d) + (dd x d) + ss
- Stock máximo = (1/7 unidad / día x 7 días) + (1/7 unidad x 14 días) + 3 unidades
- Stock máximo = (Stock activo + Stock previsto durante el plazo de entrega + + Stock de seguridad) = 1 unidad + (2 unidades) + 3 unidades =
- Stock máximo = 6 unidades

El stock máximo del repuesto del módulo IGBT, es igual a 6 unidades, mientras que el punto de re-pedido es igual a 21 días, que obedece a un pedido de 3 unidades, que deben realizarse cuando el inventario se encuentre en el punto máximo, para que cuando llegue el nuevo pedido, este se sitúe siempre en el inventario de seguridad.

Esta propuesta debe ser acompañada de un sistema que avise a la empresa, cuando los repuestos lleguen al inventario de seguridad, de modo que se pueda realizar el pedido antes del desabastecimiento del artículo y evitar que este evento pueda tener lugar, de modo que se minimice el riesgo de paralización de los trabajos de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras. Para la minimización del riesgo de desabastecimiento de los repuestos, se ha realizado el cálculo de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido, para las principales partes y piezas de las máquinas soldadoras de los diferentes tipos, los cuales se quedaron sin inventario con frecuencia, siendo su requerimiento mayor al del tiempo en que fueron abastecidos los mismos. En el siguiente cuadro se presenta el detalle del cálculo de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido, de los repuestos principales de las máquinas soldadoras.

Tabla 14 *Cálculo de inventarios de repuestos estrellas para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras.*

Repuestos	Consumo diario	Plazo de entrega normal (en días)	Plazo de entrega con retrasos (en días)	Inventario mínimo	Inventario de seguridad	Inventario máximo	Punto de re-pedido	Tiempo de abastecimiento
Módulo IGBT 100, 200, 300 Amp.	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Transistores IGBT 40,50, 60,70 Amp.	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Circuitos integrados de encendido	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Capacitores 680 uF a 2.200 uF	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Capacitores 10.000 uF a 25.000 uF	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Tarjetas de módulos de moto-soldadoras	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Tarjeta Control electrónica Gmaw	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Selectores de amperaje Smaw	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Selectores de voltaje 220/110 voltios	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Selectores de amperaje MIG	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Reostatos de amperaje Smaw (resistencias)	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Bobinas de 2 tiempos	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Ignition control Modulo	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Módulos de carga de batería 12 Voltios	0.142857	14	21	2	3	6	3	21
Brazo de biela Onan 20 HP	0.2	14	21	3	3	8	3	21
Juego de rines 20 HP onan	0.142857	14	21	2	3	6	3	21

Información adaptada de Velásquez (2014) Elaborado por autor.

Se destaca como parte de la alternativa de solución correspondiente a la determinación de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido, de los principales repuestos, partes y piezas de las máquinas soldadoras, que la mayoría de ellos debe ser solicitados entre 6 a 8 unidades en un tiempo de 21 días como máximo, siempre y cuando se realice el mismo antes de que el stock alcance el nivel de seguridad.

3.1.2 Planteamiento de alternativa de solución B.

La alternativa de solución B está relacionada con la descripción de dos componentes relacionadas con el método de las 5 S (Seiri u organizar y Seiton u ordenar), considerando también la tecnología de grupos, al respecto, se hace referencia en primer lugar al orden y organización de los repuestos, partes y piezas de las máquinas soldadoras.

SEIRI – Organizar. – Una de las causas del problema de los tiempos improductivos, relacionadas con la causa de la falta de stock de materias primas, repuestos, partes y piezas, es precisamente la desorganización de la bodega donde se almacenan estos dispositivos, razón por la cual es imperiosa la organización de la misma.

Se sugiere a la empresa que incremente el espacio de su infraestructura, para organizar adecuadamente el espacio, valga la redundancia, es decir, que como existe esta oportunidad debe aprovechársela, porque el establecimiento donde se encuentra ubicada la empresa Productos y Servicios Joel Gutiérrez, actualmente, mantiene un sector que no está

siendo utilizado, el cual corresponde a 36 m2, y bien puede ser arrendado por la empresa, porque solo cuesta $120,00 mensuales su alquiler, lo que sumaría a los $900,00 que desembolsa la empresa por concepto de arriendos.

El esquema donde se presenta el detalle de la aplicación de la herramienta de organización, perteneciente a las 5 S, se describe seguido:

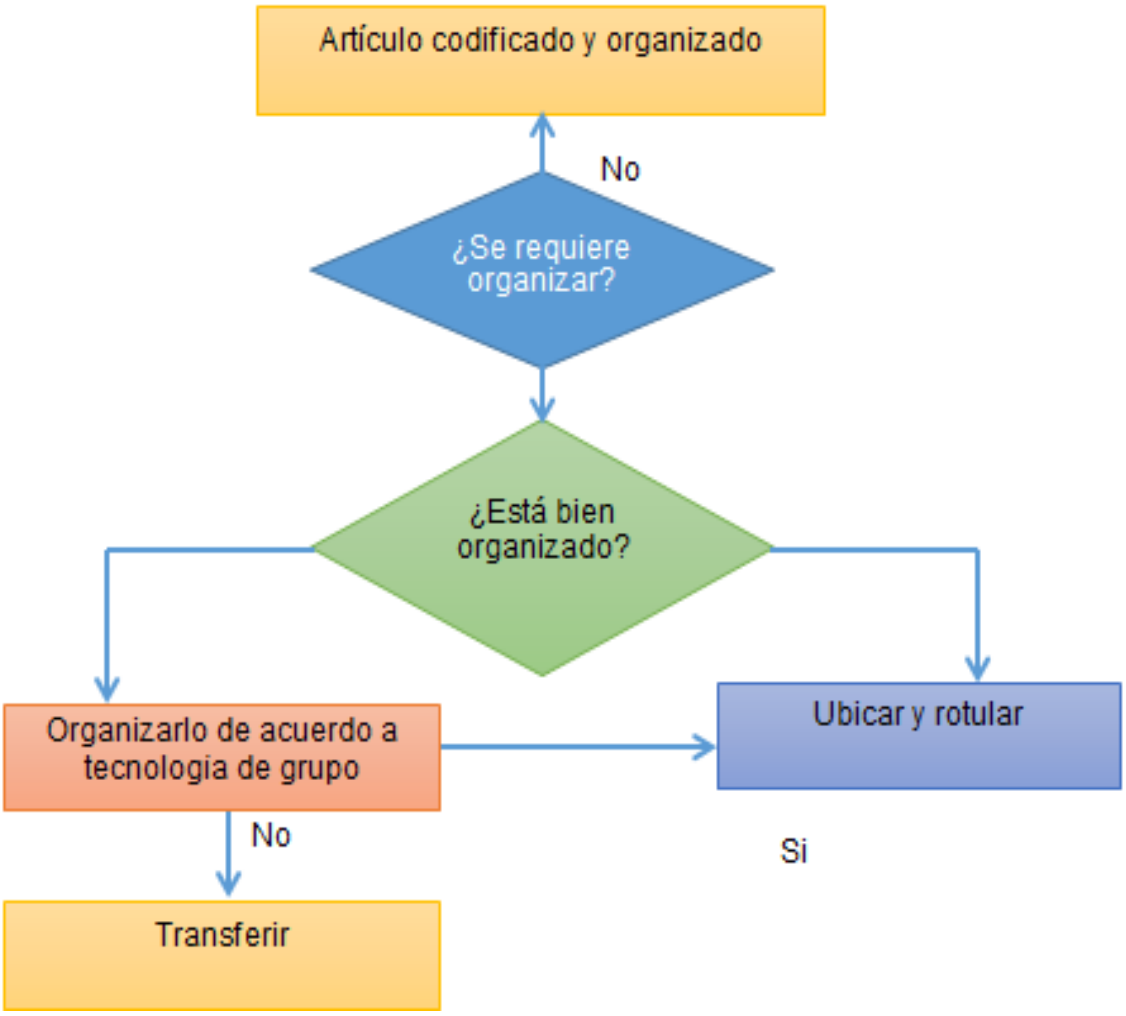


Figura 26 *Aplicación de herramienta SEIRI. Elaborado por autor.*

Seiton – Ordenar. (Cada cosa en su sitio). – La siguiente S a aplicar, se refiere al orden de los repuestos, partes, piezas, suministros e insumos, lo que también va de la mano de la opción de arrendar un espacio adicional de 32 m2, para que el área de almacenamiento se incremente en espacio y se facilite el control de inventarios.

El esquema donde se presenta el detalle de la aplicación de la herramienta de orden, perteneciente a las 5 S, se describe seguido:

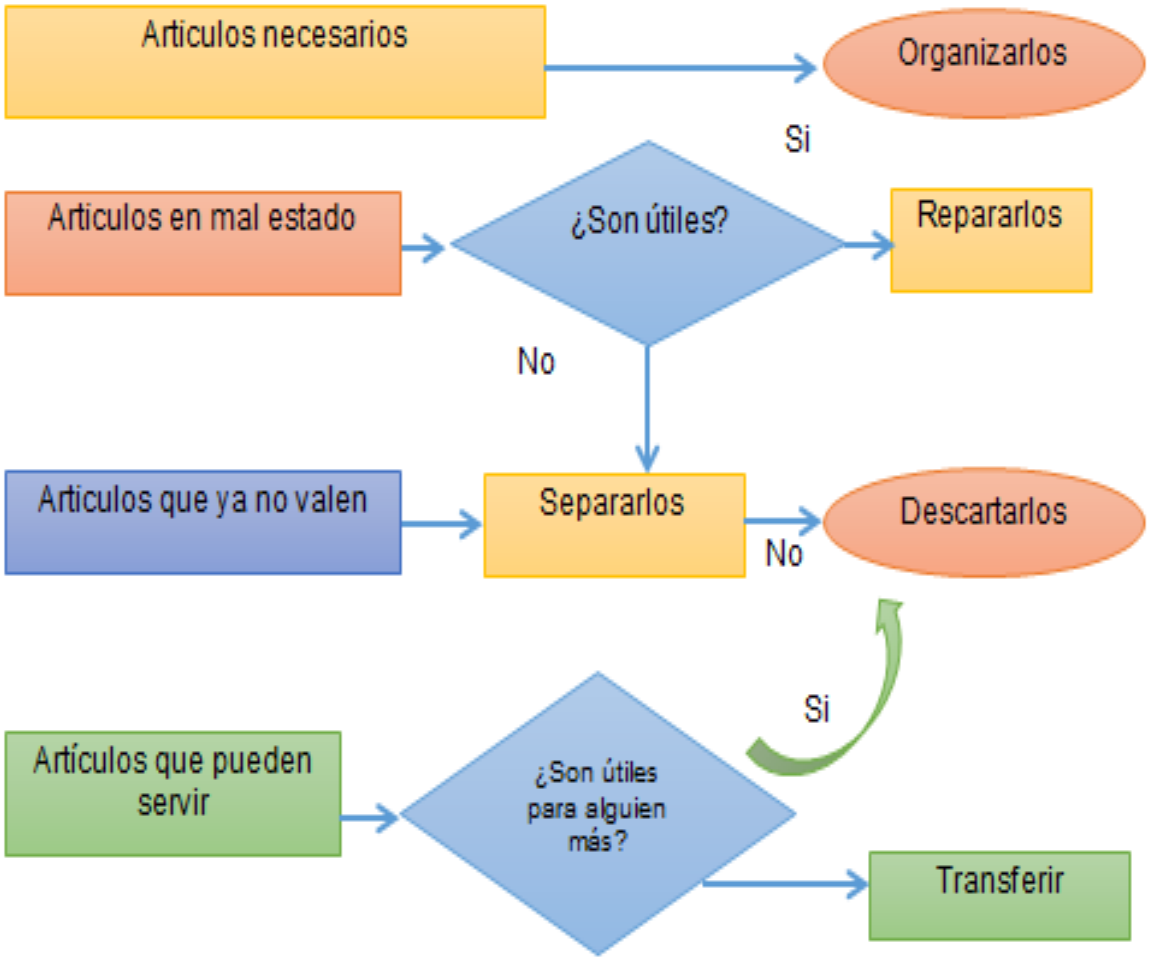


Figura 27 *Aplicación de herramienta SEITON. Elaborado por autor.*

El orden en que se deberán mantener los repuestos, partes y piezas de las máquinas soldadoras, debe realizárselo tanto físicamente, como en el sistema informático que sirva de soporte para llevar un buen manejo y control de los inventarios, como la gestión de los mismos lo exige, para mejorar la eficiencia de este proceso que agrega valor al servicio.

Método de tecnología de grupos. – Una de las estrategias que puede complementar de manera adecuada el uso de los dos componentes de las 5 S, inherentes a la organización y orden de los repuestos, partes y piezas de las máquinas soldadoras, se refiere al método de la tecnología de grupos, para ordenar los repuestos en mención, en el área de almacenamiento del establecimiento de servicio y comercial, donde se delimitó el estudio.

> **Al respecto, Alvarado, Ortiz, Torres & Báez (2015) consideran que la tecnología de grupos, tiene la característica de ayudar con el ordenamiento de los repuestos e insumos en los almacenes, que contribuye además a la organización del espacio y a la codificación adecuada de los mismos, como se puede apreciar seguido**:

Tabla 15 *Orden de repuestos mediante tecnología de grupos ABC*

Producto	Tipo	Marca	Gama
		A	A1
			A2
	1. Módulo IGBT		
	100 Amp.	B	B1
			B2
		C	C1
			C2
		A	A1
			A2
	2. Módulo IGBT		
1. Módulo IGBT	200 Amp.	B	B1
			B2
		C	C1
			C2
		A	A1
			A2
	3. Módulo IGBT		
	300 Amp.	B	B1
			B2
		C	C1
			C2

Información adaptada de (Alvarado, Ortiz, Torres, & Báez, 2015). *Elaborado por autor*.

Según el ejemplo citado, donde se aplicó la tecnología de grupos para el repuesto del módulo IGBT, la identificación de esta pieza con presentación de 100 amperios marca A y gama A1, será de la siguiente manera: código **11A1**, con el cual debe ser identificado en el área de almacenamiento y en el sistema de inventarios respectivos.

Se destaca que para mantener una base de datos ordenadas de todos los repuestos, partes y piezas de máquinas soldadoras, para su mantenimiento y/o reparación, se requerirá de un software que facilite la organización automática de los mismos, de manera codificada, clasificada y ordenada.

Al respecto, es necesario mencionar, que la empresa debe adquirir un software de base de datos especializado para la gestión de inventarios, que incluya dentro de sus

herramientas, un ícono que notifique a los empleados de bodega, el momento preciso en que el stock de repuestos llegó a su nivel de seguridad, para que inmediatamente se realice el pedio y evitar quedarse sin inventarios.

La propuesta radica en que la alta dirección realice el pedido con el inventario máximo de repuestos, para que al llegar este de importación, se mantenga siempre el nivel de seguridad, debido al control que debe tener la organización sobre este particular, pero que en último caso, se debe considerar el stock de seguridad, cuando la primera opción se haya pasado por alto.

En los siguientes gráficos se presenta el detalle del sistema informático para el manejo y control de los inventarios de repuestos, partes y piezas de máquinas soldadoras, para mantenerlos disponibles durante los trabajos de mantenimiento y reparación de estos equipos del cliente.

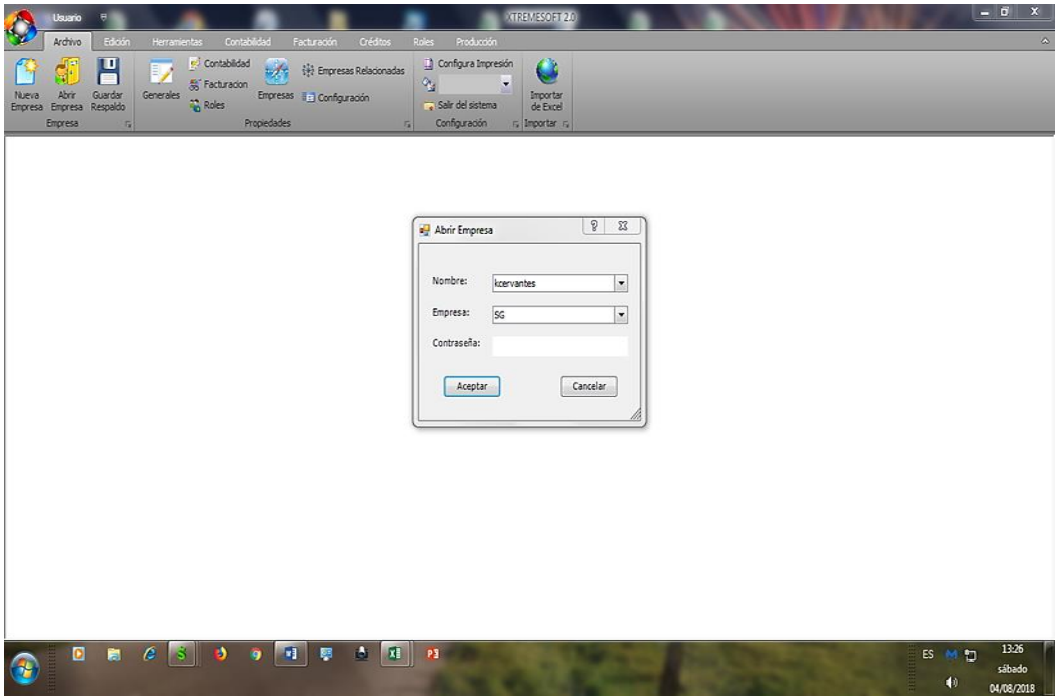


Figura 28 *Pantalla inicial del sistema de inventarios. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

En la pantalla inicial del sistema de inventarios se observa que este solicita al usuario, su nombre y contraseña o clave. Se destaca que el software a utilizar es el sistema XtremeSoft, el cual ya formó parte de la organización hace dos años, pero por la no cancelación de la licencia, la empresa proveedora canceló su aplicación y ahora se propone su reactivación, si se aplica la propuesta.

Posteriormente se observa la pantalla principal del sistema de inventarios, donde se pueden apreciar los íconos de las herramientas y los menús de opciones del software, en donde el prioritario, para lo relacionado a la gestión del stock, es el menú de facturación, que contiene las herramientas esenciales del sistema.

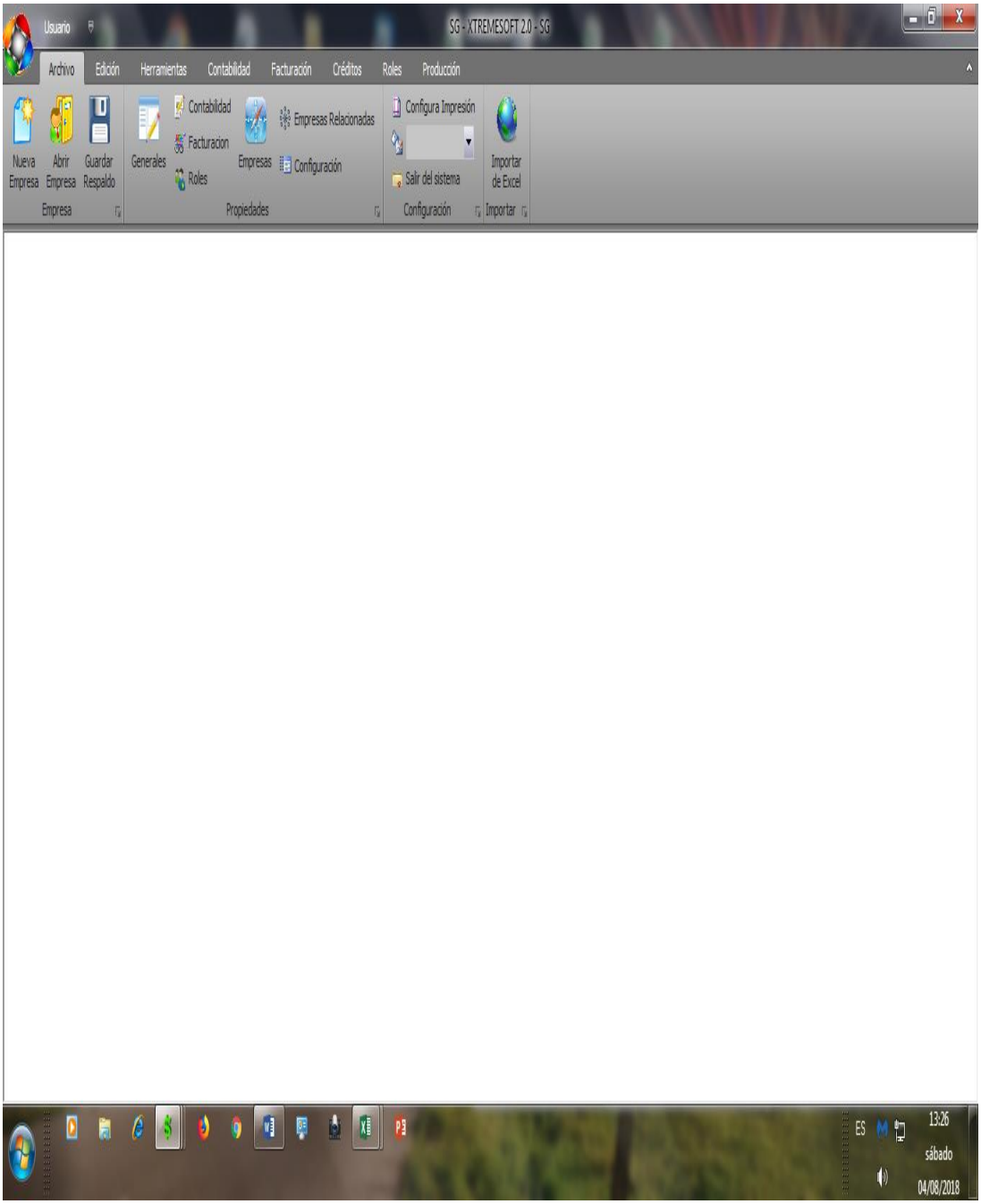


Figura 29 *Pantalla principal del sistema de inventarios. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

La pantalla principal contiene las herramientas principales del menú archivo, sin embargo, al ingresar al menú facturación, se observan las herramientas del control de inventarios, como se puede observar en el siguiente gráfico:

Figura 30 *Pantalla del menú de facturación.. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

En el menú de facturación se encuentran las opciones inherentes al control de inventarios, entre los que se citan ingreso, egreso y transferencias de materias, primas, suministros, repuestos e insumos de máquinas soldadoras y para trabajos de mantenimiento y reparación de estos equipos.

En el siguiente esquema se presenta la primera herramienta del sistema informático de inventarios, relacionado con las compras de materiales y/o repuestos:

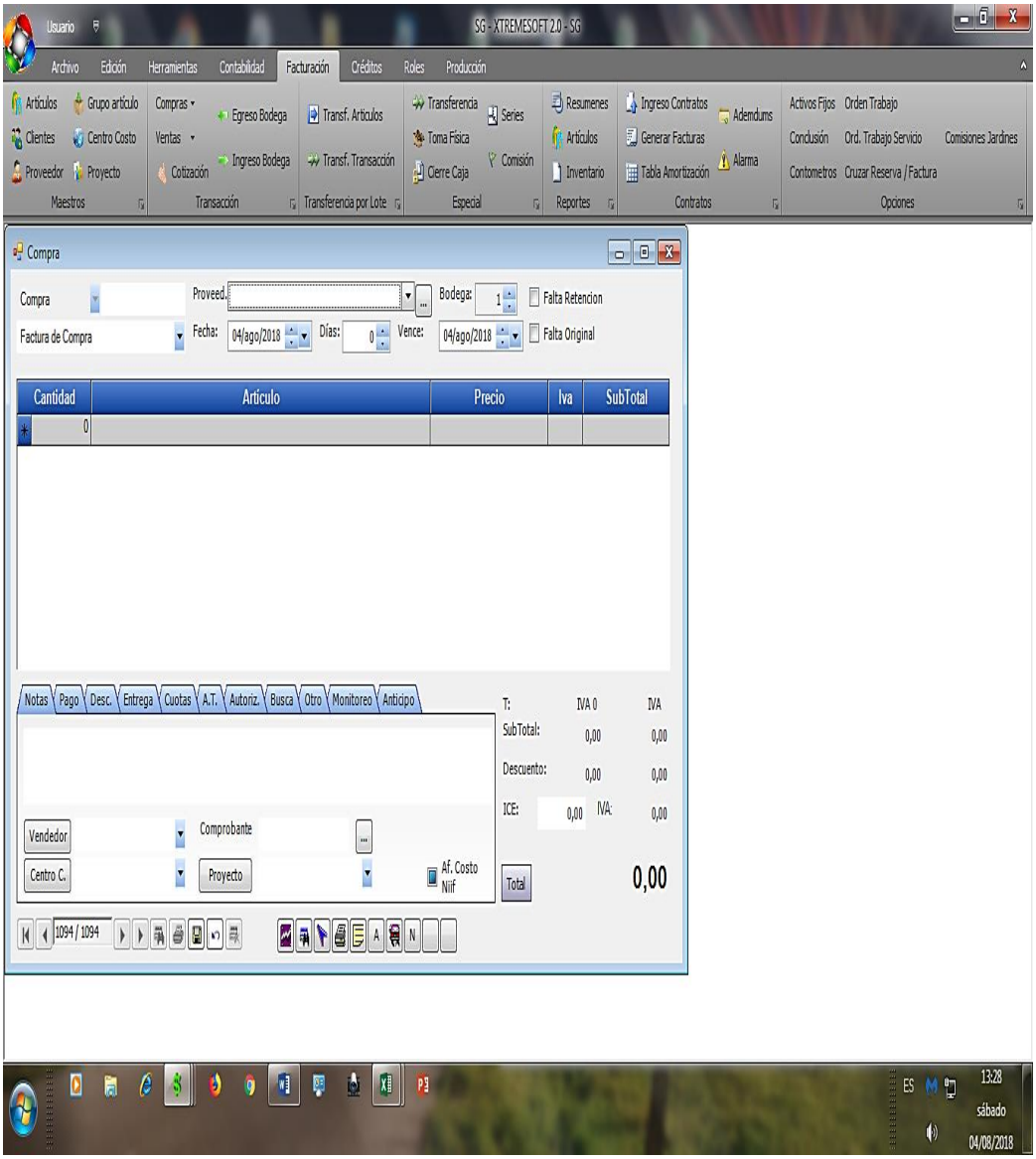


Figura 31 *Pantalla de la herramienta compras. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

En la pantalla de compras, se citan la cantidad del pedido, el nombre del proveedor, la fecha en que se realiza el pedido y el tiempo de duración del mismo, así como los datos referentes a la bodega donde se almacenó, los costos de los materiales y/o repuestos, incluyendo el IVA, los cuales se almacenan automáticamente en la base de datos del sistema de inventarios.

Otra de las herramientas del sistema informático de inventarios, relacionado con las ventas de materiales y/o repuestos, o también con el uso del mismo, mediante una orden de producción, para satisfacer los requerimientos del servicio de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras en el taller de la organización.

En el siguiente esquema se presenta el detalle de la pantalla inherente a la herramienta de ventas de materiales y/o repuestos de máquinas soldadoras:

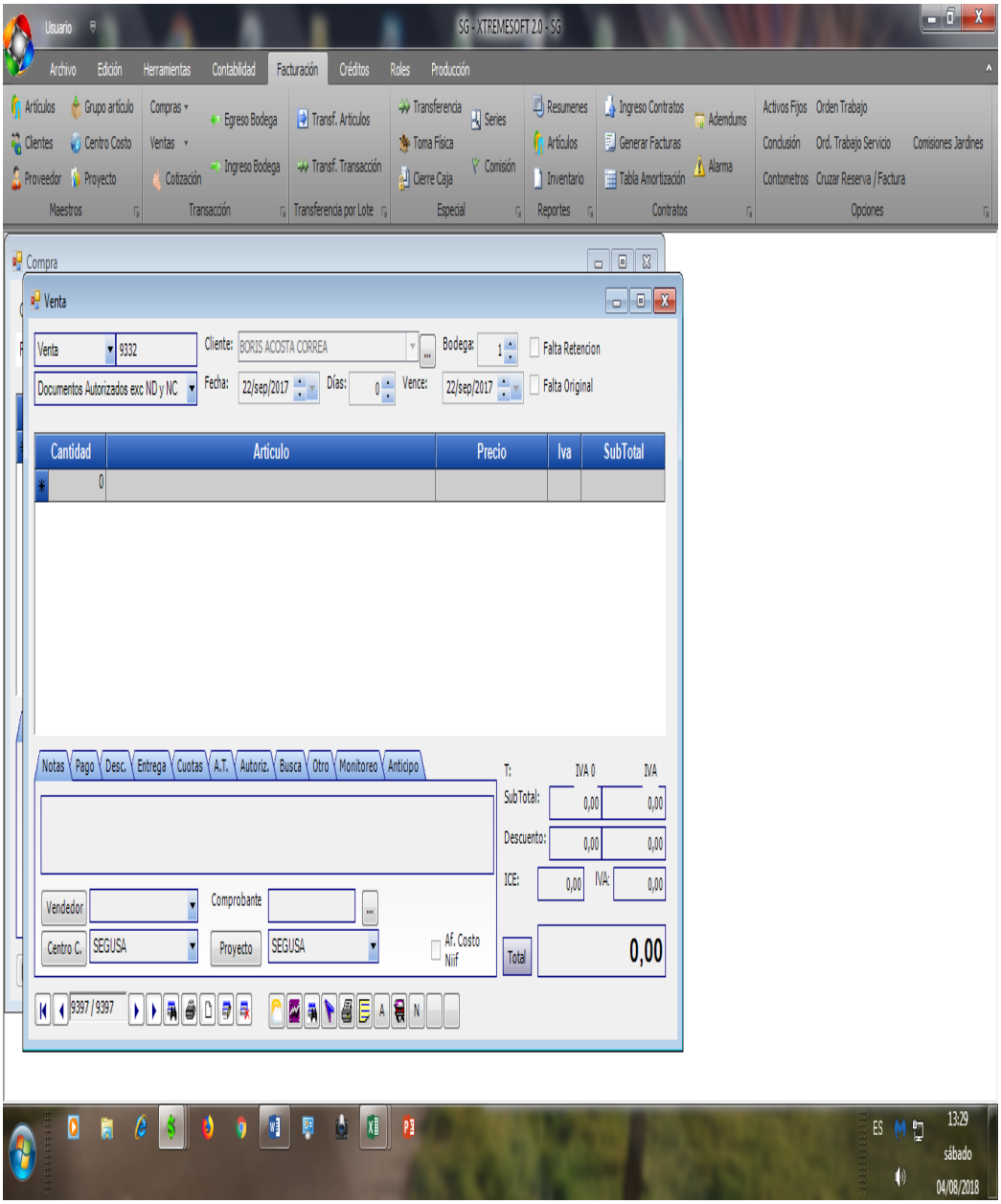


Figura 32 *Pantalla de la herramienta ventas. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

En la pantalla de ventas, se citan la cantidad de la orden de producción o de la venta, el nombre del cliente o de quien solicita el mismo, la fecha en que se realiza la transacción, así como los datos referentes a los costos y/o precios de los materiales y/o repuestos, incluyendo el IVA, los cuales se almacenan automáticamente en la base de datos del sistema de inventarios.

Se debe acotar que cuando se realiza la compra de materiales y/o repuestos, se obtiene la siguiente pantalla de ingresos de los mismos a las bodegas:

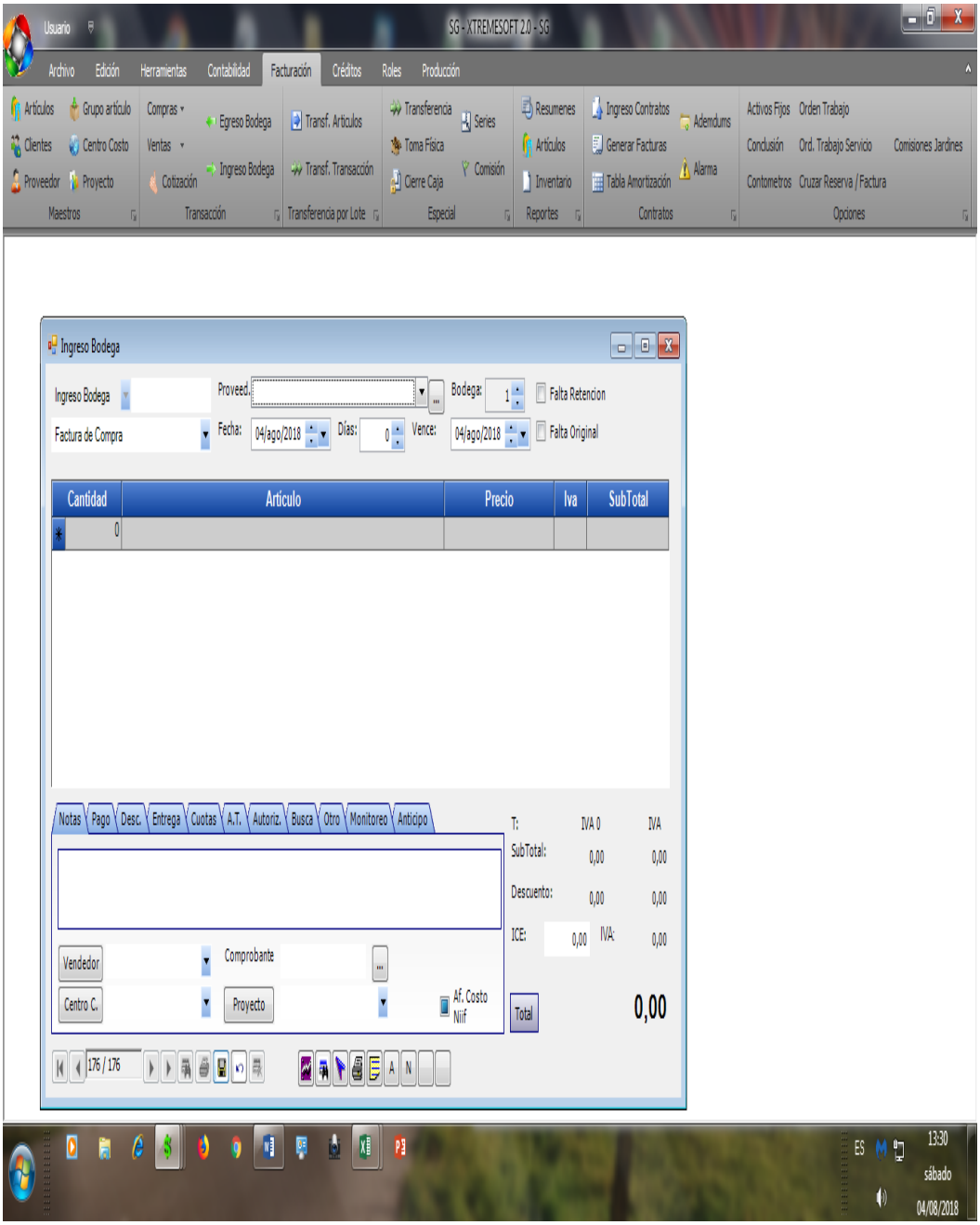


Figura 33 *Pantalla de la herramienta de ingreso a bodega. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

Los materiales y/o repuestos comprados son transferidos a la bodega, dependiendo de los requerimientos de producción del servicio, además deben ser identificados de manera correcta, indicando el nombre del artículo, el costo, la cantidad, la fecha de ingreso a bodega o a producción, entre otros.

También se destaca que después de realizada la compra de materiales y/o repuestos, se obtiene la siguiente pantalla de egresos de los mismos al área de producción o inclusive por venta de los repuestos y materiales a los clientes:

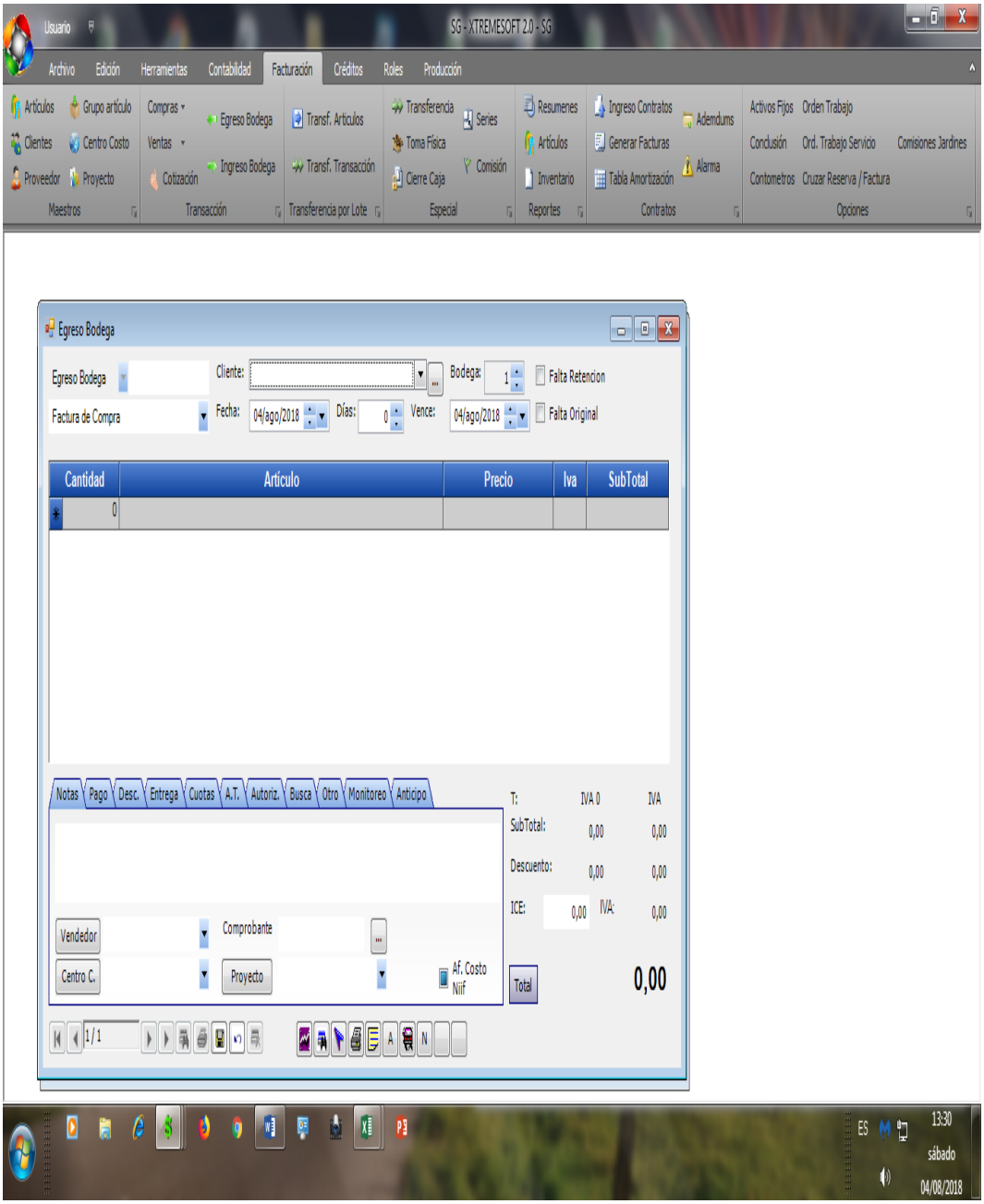


Figura 34 *Pantalla de la herramienta de egreso a bodega. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

Los materiales y/o repuestos que son solicitados al área de producción o son solicitados por el cliente para su respectiva venta, dependiendo de los requerimientos de producción del servicio, deben ser identificados de manera correcta, indicando el nombre del artículo, el costo, la cantidad, la fecha de ingreso a bodega o a producción, entre otros.

La pantalla que prosigue, a la cual se hace referencia, como parte de la descripción del software para la gestión de inventarios de repuestos, partes, piezas, materiales e insumos para realizar los trabajos de mantenimiento y/o reparación de máquinas soldadoras, se registran en el siguiente gráfico:

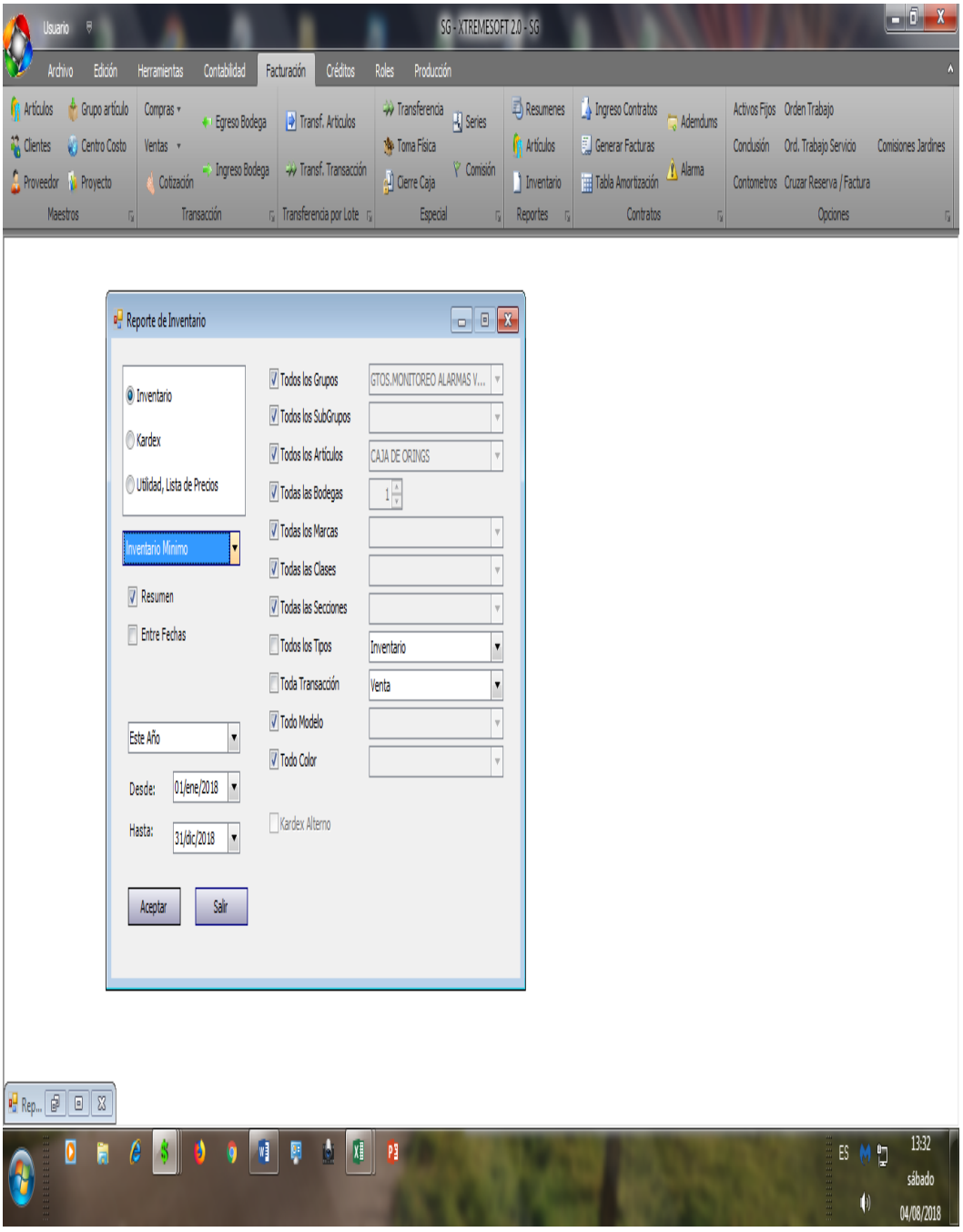


Figura 35 *Pantalla de la herramienta de reporte de inventario. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

El reporte del inventario establece la relación intrínseca entre los ingresos, egresos y las existencias de mercaderías, sean repuestos, partes, piezas, insumos, materiales, entre otros, donde se abordan los inventarios mínimos, máximos y de seguridad, en la opción inherente a la opción de inventarios.

El sistema también utiliza el reporte de artículos, para determinar la evolución de las existencias de repuestos, partes y piezas de máquinas soldadoras, incluyendo también materiales, insumos y suministros varios, como se presenta en la siguiente pantalla:

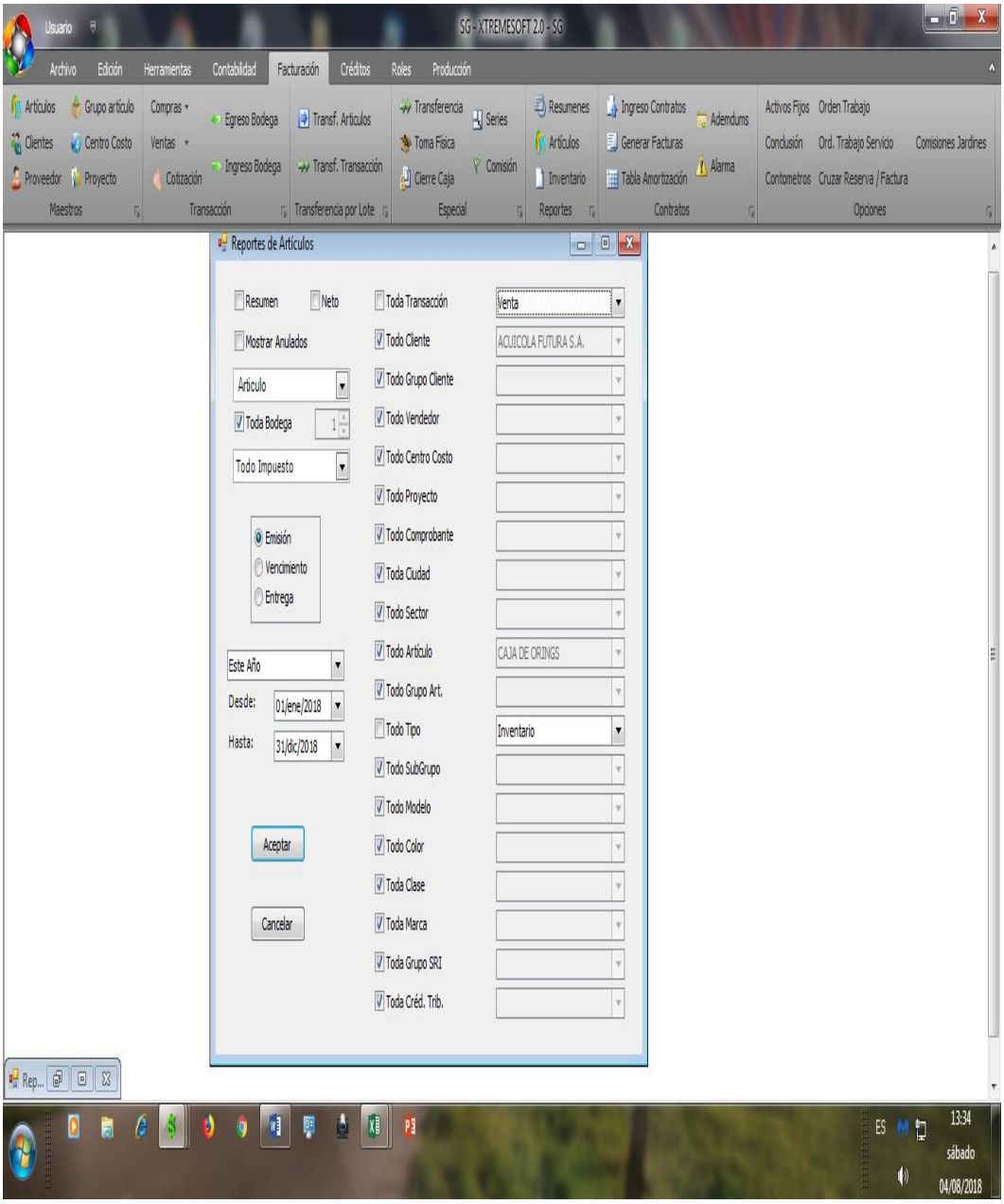


Figura 36 *Pantalla de la herramienta de reporte de artículo. Sistema de inventarios XtremeSoft. Elaborado por autor.*

Esta pantalla está referida al reporte de los artículos que hay en existencias, aunque estos están clasificados en categorías A, B y C, según el método que desee aplicar la empresa, a pesar que en el sistema original si se aplica el método ABC para la organización del stock de los diferentes repuestos, materiales e insumos.

3.1.3 Costos de alternativas de solución.

En primer lugar, se describieron los costos de los inventarios de repuestos, partes y piezas de mayor relevancia (estrellas), para los trabajos de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras, como se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 16 *Costos de inventarios de repuestos estrellas (a), para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras*

Repuestos	Inventario mínimo	Inventario de seguridad	Inventario máximo	Punto de re-pedido	Costo unitario del producto importado en avión	Inversión inicial del producto importado en avión (costo unitario x inventario máximo)	Inversión periódica del producto importado en avión (costo unitario x inventario de seguridad)
Módulo IGBT 100, 200, 300 Amp.	2	3	6	3	$250.00	$1,500.00	$750.00
Transistores IGBT 40,50, 60, 70 Amp.	3	3	8	3	$12.00	$96.00	$36.00
Circuitos integrados de encendido	3	3	8	3	$12.00	$96.00	$36.00
Capacitores 680 uF a 2.200 uF	3	3	8	3	$15.00	$120.00	$45.00
Capacitores 10.000 uF a 25.000 uF	2	3	6	3	$60.00	$360.00	$180.00
Tarjetas de módulos de moto-soldadoras	2	3	6	3	$120.00	$720.00	$360.00
Repuestos eléctricos	3	3	8	3	$90.00	$720.00	$270.00
Selectores de amperaje Smaw	3	3	8	3	$60.00	$480.00	$180.00
Selectores de voltaje 220/110 voltios	3	3	8	3	$65.00	$520.00	$195.00
Selectores de amperaje MIG	2	3	6	3	$220.00	$1,320.00	$660.00
Reostatos de amperaje Smaw (resistencias)	2	3	6	3	$225.00	$1,350.00	$675.00
Bobinas de 2 tiempos	2	3	6	3	$180.00	$1,080.00	$540.00
IGHTION	2	3	6	3	$65.00	$390.00	$195.00
Módulos de carga de batería 12 Voltios	2	3	6	3	$85.00	$510.00	$255.00
Brazo de biela OHAn 20 HP	3	3	8	3	$90.00	$720.00	$270.00
Juego de rines 20 HP	2	3	6	3	$120.00	$720.00	$360.00
						$10,702.00	**$5,007.00**

Información adaptada de Velásquez (2014). *Elaborado por autor*.

Tabla 17 *Costos de inventarios de repuestos categoría b, para trabajos de mantenimiento de máquinas soldadoras*

Repuestos	Inventario mínimo	Inventario de seguridad	Inventario máximo	Punto de re-pedido	Costo unitario del producto importado en avión	Inversión inicial del producto importado en avión (costo unitario x inventario máximo)	Inversión periódica del producto importado en avión (costo unitario x inventario de seguridad)
Relay de 24 volt	2	3	6	3	$4,00	$24,00	$12,00
Contactores 24	2	3	6	3	$60,00	$360,00	$180,00
Contactores 110	2	3	5	3	$58,00	$290,00	$174,00
Contactores 220	2	3	5	3	$57,00	$285,00	$171,00
Diodos rectificadores potencias 150 amp	2	3	5	3	$80,00	$400,00	$240,00
Diodos rectificadores potencias 300 amp	2	3	5	3	$120,00	$600,00	$360,00
Ventiladores cuadrados 24 v	2	3	5	3	$25,00	$125,00	$75,00
Ventiladores cuadrados 110 v	2	3	5	3	$28,00	$140,00	$84,00
Ventiladores cuadrados 220 v	2	3	5	3	$30,00	$150,00	$90,00
Swiches 30 Amp y 6 tomacorrientes	2	3	5	3	$12,00	$60,00	$36,00
Swiches 60 Amp y 12 tomacorrientes	2	3	5	3	$18,00	$90,00	$54,00
Swiches 30 Amp y 3 tomacorrientes	2	3	5	3	$10,00	$50,00	$30,00
Breaker 70 amp	1	3	5	3	$15,00	$75,00	$45,00
Placas de diodos rectificadores 250 amp	1	3	5	3	$200,00	$1.000,00	$600,00
Placas de diodos rectificadores 400 amp	1	3	5	3	$250,00	$1.250,00	$750,00
Capacitores Ac 35 uF Modelo A	1	3	5	3	$15,00	$75,00	$45,00
Capacitores Ac 60 uF Modelo A	1	3	5	3	$18,00	$90,00	$54,00
Capacitores Ac 80 uF Modelo A	1	3	5	3	$20,00	$100,00	$60,00
Capacitores Ac 100 uF Modelo A	1	3	5	3	$25,00	$125,00	$75,00
Capacitores Ac 35 uF Modelo B	1	3	5	3	$19,00	$95,00	$57,00
Capacitores Ac 60 uF Modelo B	1	3	5	3	$22,00	$110,00	$66,00
Capacitores Ac 80 uF Modelo B	1	3	5	3	$24,00	$120,00	$72,00
Capacitores Ac 100 uF Modelo B	1	3	5	3	$26,00	$130,00	$78,00
						$5.744,00	**$3.408,00**

Información adaptada de Velásquez (2014). *Elaborado por autor*.

Se destaca como parte de la propuesta de solución correspondiente a la determinación de los inventarios mínimos, máximos, de seguridad y el punto de re-pedido, de los principales repuestos, partes y piezas de las máquinas soldadoras (categoría A), que la mayoría de ellos debe ser solicitados entre 6 a 8 unidades, cuyo costo inicial del inventario máximo será igual a $10.702,00, luego se deberá gastar tan solo $5.007,00, por cada pedido, siempre y cuando se realice el mismo antes de que el stock alcance el nivel de seguridad.

En cuanto a los inventarios de repuestos de partes, piezas, materiales y repuestos pertenecientes a la categoría B, en cambio, requerirán una inversión de $5.744,00 y de $3.408,00 por cada pedido que se realice después.

A estos costos se debe añadir el monto del sistema informático que será utilizado para el cálculo de los inventarios y para la identificación de los repuestos bajo el método de la tecnología de grupos, el cual suma $3.750,00; además del costo inherente a la adecuación de la infraestructura y al alquiler de un espacio de 36 m^2 por un costo adicional de $120,00 mensuales, para la implementación de la propuesta de la organización del espacio para el almacenamiento eficiente de las partes y piezas de máquinas soldadoras.

3.1.4 Evaluación y selección de propuestas de solución.

Debido a la importancia que tiene para la empresa, la minimización de la ocurrencia de la falta de stock de inventarios de repuestos, partes y piezas, para reducir los tiempos improductivos e incrementar la eficiencia del servicio de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras en la empresa, se ha seleccionado las dos alternativas planteas, para su implementación de manera conjunta.

La propuesta tiene un impacto positivo en la eficiencia, debido a que se espera una reducción de 2.008 horas improductivas de las 2.400 actuales, es decir, que la eficiencia esperada será la siguiente:

$$\text{Eficiencia} = 1 - \frac{\text{Tiempo improductivo reducido}}{\text{Tiempo laborable}}$$

$$\text{Eficiencia} = 1 - \frac{2.400 - 2.008 \text{ horas improductivas}}{10.560 \text{ horas - máquinas}}$$

$$\text{Eficiencia} = 1 - \frac{392 \text{ horas improductivas}}{10.560 \text{ horas - máquinas}}$$

Eficiencia = 1 – 3,71%

Eficiencia = 96,29%

Esto significa que si la dirección de la empresa Servicios y Productos Joel Gutiérrez implementa la propuesta, la eficiencia subirá desde 77,27% actual a 96,29% con la ejecución de la misma, es decir, un aumento de 19 puntos porcentuales.

3.2 Evaluación económica y financiera

Una vez que se detalló todo el contenido de la propuesta, se procedió a realizar la evaluación económica y financiera de las soluciones planteadas, pero previamente se efectuó el plan de inversión y financiamiento, donde se indicaron las principales inversiones y costos de operación de la misma.

3.2.1 Plan de inversión y financiamiento.

En el plan de inversiones se enfatizó en el software, el trabajo de organización de inventarios, que significará por lo menos un mes de trabajo con los 8 trabajadores de la empresa, que deberán trabajar los sábados o domingos, pudiendo utilizar la empresa otras personas, si el caso amerita, además del stock de inventarios, que suma los inventarios de las categorías A y B, junto con el alquiler de la infraestructura adicional y las adecuaciones de la bodega.

Tabla 18 *Inversión en activos fijos*

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Software	1	$ 5.990,00	$ 5.990,00
Inventario de seguridad			$ 24.861,00
Organización y ordenamiento de inventarios (A y B)			$ 4.336,07
Adecuaciones de bodega			$ 9.950,00
Costo de instalación del software (10%)	10%	$ 5.990,00	$ 599,00
Total			**$ 45.736,07**

Información adaptada de proveedores. Elaborado por autor.

Se calculó un presupuesto de $45.736,07 correspondiente a las inversiones en activos fijos, donde se incluyó el inventario de seguridad, que incorpora además del stock de seguridad propiamente dicho, a la primera compra de partes y piezas, la cual forma parte también de la inversión, para las categorías A y B de inventarios.

Los costos de operación en cambio se refieren al alquiler del arriendo por el espacio adicional que se arrendará, la capacitación del talento humano, el mantenimiento del sistema informático y los suministros de oficina:

Tabla 19 *Costos de operación*

Detalle	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitación del recurso humano	8	$ 880,00	$ 7.040,00
Alquiler adicional por arriendo de infraestructura (36 m2)	12	$ 120,00	$ 1.440,00
Suministro de oficina	12	$ 60,00	$ 720,00
Mantenimiento del sistema de inventarios	15%	$ 5.990,00	$ 898,50
Total			**$ 10.098,50**

Información adaptada de proveedores. Elaborado por autor.

Se calculó un presupuesto de $10.098,50 correspondiente a los costos de operaciones, donde se incluyó la capacitación del talento humano para la operación del sistema de inventarios, así como el alquiler adicional de la infraestructura y los gatos derivados de la gestión de inventarios. Se sumó este rubro con la inversión fija y se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 20 *Inversión total*

Detalle	Costos	%
Inversión en activos fijos	$ 45.736,07	81,91%
Costos de operación	$ 10.098,50	18,09%
Inversión total	**$ 55.834,57**	**100,00%**

Información adaptada de la inversión en activos fijos y costos de operación. Elaborado por autor.

La inversión para la implementación de la propuesta correspondiente al fortalecimiento del sistema de gestión de inventarios, suma la cifra de $55.834,57 donde la inversión en activos fijos representa el 81,91% y los costos de operación el 18,09%. En el siguiente cuadro se presenta el detalle del préstamo a solicitar para la implementación de la solución planteada:

Tabla 21 *Datos para el financiamiento*

Detalle	Costos
Inversión inicial	$ 45.736,07
Crédito (90% inversión en activos fijos) C	$ 41.162,46
Interés anual:	22%
Interés mensual (i):	1,83%
Número de pagos en el transcurso de 3 años (n):	36

Información adaptada de la inversión en activos fijos y costos de operación. Elaborado por autor.

Entonces, con los datos del cuadro, se procedió a calcular el dividendo mensual, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Dividendo mensual} = \frac{\text{Capital x Interés mensual}}{1 - (1 + \text{Interés mensual})^{-\text{número de meses}}}$$

$$\text{Dividendo mensual} = \frac{\$\ 45.736{,}07 \text{ X } 1{,}83\%}{1 - (1 + 1{,}83\%)^{-36}}$$

Dividendo mensual = $1.572,01

Cada mes, la empresa Productos y Servicios Joel Gutiérrez deberá abonar el dividendo de $1.572,01. Al respecto, se presenta el siguiente detalle de la tabla de amortización:

Tabla 22 *Tabla de amortización*

Mes	n	Crédito C	i	Pago	Deuda
dic-18	**0**	$ 41.162,46	**1,83%**		**(C,i,Pago)**
ene-19	1	$ 41.162,46	$ 754,65	($ 1.572,01)	$ 40.345,09
feb-19	2	$ 40.345,09	$ 739,66	($ 1.572,01)	$ 39.512,74
mar-19	3	$ 39.512,74	$ 724,40	($ 1.572,01)	$ 38.665,13
abr-19	4	$ 38.665,13	$ 708,86	($ 1.572,01)	$ 37.801,97
may-19	5	$ 37.801,97	$ 693,04	($ 1.572,01)	$ 36.923,00
jun-19	6	$ 36.923,00	$ 676,92	($ 1.572,01)	$ 36.027,91
jul-19	7	$ 36.027,91	$ 660,51	($ 1.572,01)	$ 35.116,40
ago-19	8	$ 35.116,40	$ 643,80	($ 1.572,01)	$ 34.188,19
sep-19	9	$ 34.188,19	$ 626,78	($ 1.572,01)	$ 33.242,96
oct-19	10	$ 33.242,96	$ 609,45	($ 1.572,01)	$ 32.280,40
nov-19	11	$ 32.280,40	$ 591,81	($ 1.572,01)	$ 31.300,20
dic-19	12	$ 31.300,20	$ 573,84	($ 1.572,01)	$ 30.302,02
ene-20	13	$ 30.302,02	$ 555,54	($ 1.572,01)	$ 29.285,55
feb-20	14	$ 29.285,55	$ 536,90	($ 1.572,01)	$ 28.250,44
mar-20	15	$ 28.250,44	$ 517,92	($ 1.572,01)	$ 27.196,35
abr-20	16	$ 27.196,35	$ 498,60	($ 1.572,01)	$ 26.122,93
may-20	17	$ 26.122,93	$ 478,92	($ 1.572,01)	$ 25.029,84
jun-20	18	$ 25.029,84	$ 458,88	($ 1.572,01)	$ 23.916,71
jul-20	19	$ 23.916,71	$ 438,47	($ 1.572,01)	$ 22.783,17
ago-20	20	$ 22.783,17	$ 417,69	($ 1.572,01)	$ 21.628,85
sep-20	21	$ 21.628,85	$ 396,53	($ 1.572,01)	$ 20.453,36
oct-20	22	$ 20.453,36	$ 374,98	($ 1.572,01)	$ 19.256,33
nov-20	23	$ 19.256,33	$ 353,03	($ 1.572,01)	$ 18.037,35
dic-20	24	$ 18.037,35	$ 330,68	($ 1.572,01)	$ 16.796,02
ene-21	25	$ 16.796,02	$ 307,93	($ 1.572,01)	$ 15.531,93
feb-21	26	$ 15.531,93	$ 284,75	($ 1.572,01)	$ 14.244,67
mar-21	27	$ 14.244,67	$ 261,15	($ 1.572,01)	$ 12.933,81
abr-21	28	$ 12.933,81	$ 237,12	($ 1.572,01)	$ 11.598,92
jun-21	30	$ 10.239,55	$ 187,73	($ 1.572,01)	$ 8.855,26
jul-21	31	$ 8.855,26	$ 162,35	($ 1.572,01)	$ 7.445,60
ago-21	32	$ 7.445,60	$ 136,50	($ 1.572,01)	$ 6.010,09
sep-21	33	$ 6.010,09	$ 110,18	($ 1.572,01)	$ 4.548,26
oct-21	34	$ 4.548,26	$ 83,38	($ 1.572,01)	$ 3.059,63
nov-21	35	$ 3.059,63	$ 56,09	($ 1.572,01)	$ 1.543,71
dic-21	36	$ 1.543,71	$ 28,30	($ 1.572,01)	$ 0,00
	Total		**$ 15.430,01**	**($ 56.592,47)**	

Información adaptada de los datos para el financiamiento. Elaborado por autor.

Posterior a la tabla de amortización, prosigue el cuadro de resumen de los intereses pagados:

Tabla 23 *Costos financieros*

Descripción	2019	2020	2021	Total
Costos financieros	$8.003,72	$5.358,15	$2.068,14	**$15.430,01**

Información adaptada de los datos para el financiamiento. Elaborado por autor.

El monto total a pagar del crédito es igual a $15.430,01, pero en el primer año se cancelará $8.003,72 y en el tercero solo se pagará $2.068,14.

3.2.2 Evaluación financiera.

En el siguiente cuadro se presenta el detalle de la evaluación financiera de la empresa:

Tabla 24 *Balance económico de flujo de caja*

Descripción	**Periodos**					
	2018	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Incremento de utilidades		**$ 36.900,59**	**$ 37.638,60**	**$ 38.391,37**	**$ 39.159,20**	**$ 39.942,39**
Inversión Fija Inicial	**($ 45.736,07)**					
Costos de Operación						
Capacitación técnica		$ 7.040,00	$ 7.180,80	$ 7.324,42	$ 7.470,90	$ 7.620,32
Gastos por arriendo		$ 1.440,00	$ 1.440,00	$ 1.440,00	$ 1.440,00	$ 1.440,00
Mantenimiento sistema de inventarios		$ 898,50	$ 898,50	$ 898,50	$ 898,50	$ 898,50
Suministros de oficina		$ 720,00	$ 720,00	$ 720,00	$ 720,00	$ 720,00
Gastos por intereses		$ 8.003,72	$ 5.358,15	$ 2.068,14		
Cotos de Operación anual		**$ 18.102,22**	**$ 15.597,45**	**$ 12.451,05**	**$ 10.529,40**	**$ 10.678,82**
Flujo de caja	**($ 45.736,07)**	**$ 18.798,37**	**$ 22.041,15**	**$ 25.940,32**	**$ 28.629,80**	**$ 29.263,56**
TIR	**41,52%**					
VAN	**$ 74.519,33**					

Información adaptada de la inversión en activos fijos y costos de operación. Elaborado por autor.

La comprobación de los indicadores Tasa Interna de Retorno (TIR), Pay Back y Valor Actual Neto (VAN), se realiza considerando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Para la comprobación de la tasa TIR, se considera que i es la Tasa Interna de Retorno y P la inversión en activos fijos, mientras que para el cálculo del VAN, en cambio, se estima que el P es el VAN mientras que i es la Tasa Mínima Atractiva de Rentabilidad (TMAR). Mientras que f son los flujos de caja y n el tiempo en años.

La Tasa Mínima Atractiva de Rentabilidad (TMAR) se calcula mediante la siguiente ecuación:

- TMAR = i + f + if

Donde: i es el premio por riesgo y f es la tasa inflacionaria anual. Desarrollando se cita lo siguiente:

- TMAR = 16% + 2% + (16%) (2%)
- TMAR = 0,16 + 0,2 + (0,16) (0,2)
- TMAR = 0,18 + 0,32= 18,312%

La Tasa Mínima Atractiva de Rentabilidad (TMAR) obtuvo la cifra de 18,32%.

En el siguiente cuadro se detalla de manera resumida los resultados de los principales indicadores financieros:

Tabla 25 *Cálculo de tasa interna de retorno, Valor Actual Neto y Pay Back*

Años	**Inv. Inicial**	**Flujos**	**TIR**			**VPN**	
			i (TIR)	P	i	P (VAN)	VPN
2018	**$ 45.736,07**						Acumulado
2019		$ 18.798,37	41,52%	$ 13.283,52		$ 15.887,74	$ 15.887,74
2020		$ 22.041,15	41,52%	$ 11.005,76	18,32% **18,32%**	**$ 15.744,10**	**$ 31.631,84**
2021		$ 25.940,32	41,52%	$ 9.152,81	18,32%	$ 15.660,33	$ 47.292,17
2022		$ 28.629,80	41,52%	$ 7.138,22	18,32%	$ 14.607,83	$ 61.900,00
2023		$ 29.263,56	41,52%	$ 5.155,75	18,32%	$ 12.619,33	**$ 74.519,33**
Total			**Total**	**$ 45.736,07**	**VAN**	**$ 74.519,33**	

Información adaptada del balance económico. Elaborado por autor.

La propuesta para la empresa genera una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 41,52%, Valor Actual Neto (VAN) de $74.519,33 y un periodo de recuperación de la inversión (Pay Back) casi en el tercer año de ejecutada la propuesta. Estos indicadores manifiestan la viabilidad de la solución planteada, a lo que se añade el siguiente coeficiente beneficio costo.

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\text{VAN}}{\text{Costo de inversión}}$$

$$\text{Coeficiente Beneficio / Costo} = \frac{\$74.519,33}{\$45.736,07}$$

Coeficiente Beneficio / Costo = 1,63

Esto quiere decir, que la empresa obtendrá 0,63 centavos por cada unidad de dólar de capital a invertir, como parte de la inversión inicial en la solución planteada, si fortalece su sistema de gestión de inventarios, con las técnicas mencionadas en la propuesta.

3.3 Programación para puesta en marcha

La programación para la puesta en marcha de la propuesta se realiza con base en un cronograma de implementación realizado utilizando el programa Microsoft Project, detallad en el siguiente subnumeral.

3.3.1 Planificación y Cronograma de implementación

El cronograma de implementación de la propuesta obedece a la aplicación de la herramienta del diagrama de Gantt, el cual contiene aplicaciones importantes para la organización del tiempo, como se presenta en el siguiente esquema:

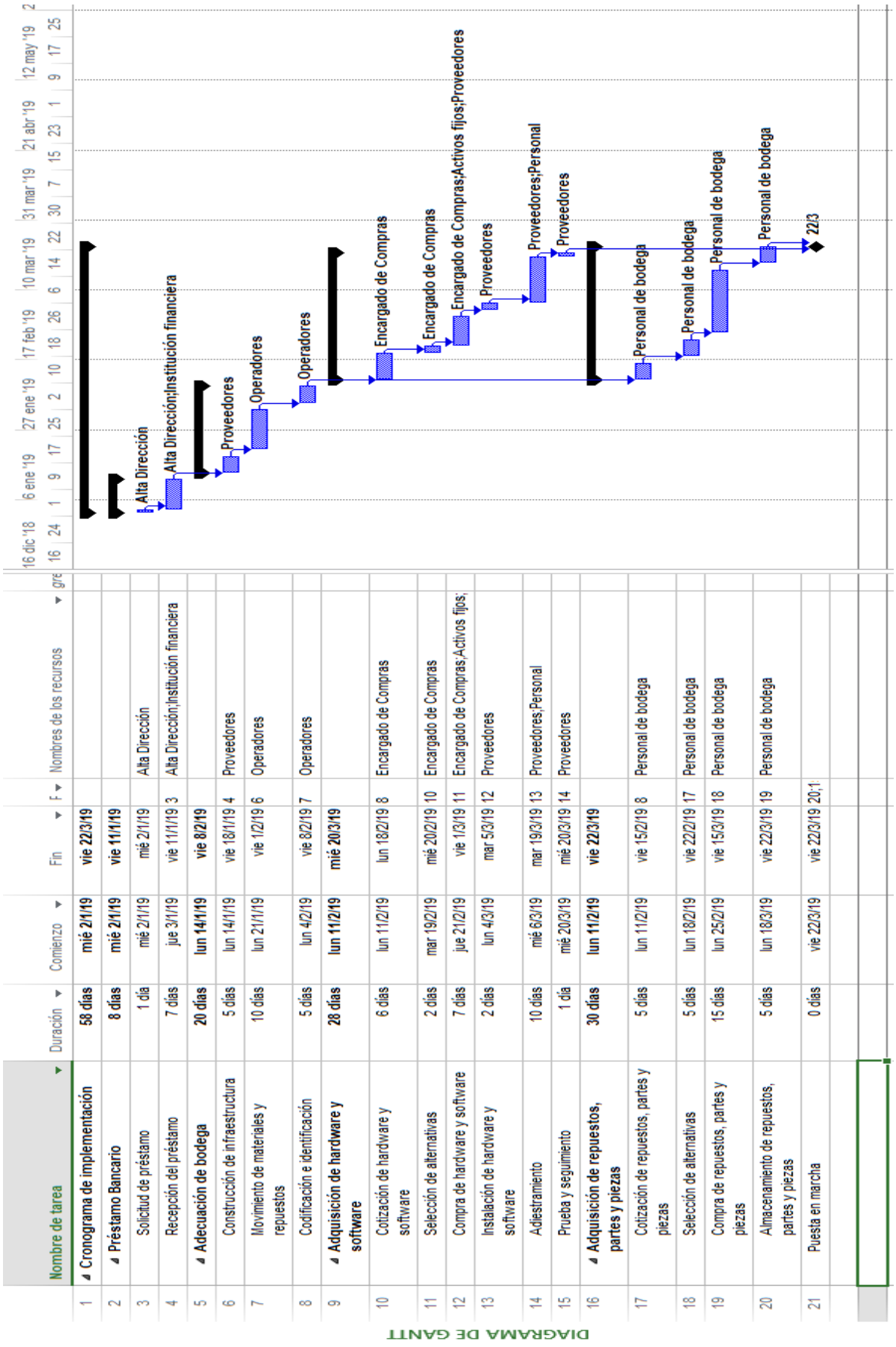


Figura 37 *Diagrama de GANTT. Microsoft Project. Elaborado por autor.*

3.4 Conclusiones y recomendaciones

3.4.1 Conclusiones

La ponderación de los tiempos improductivos en el servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, evidenció que de los 2.400 horas-hombres improductivas anuales, 2.008 horas-hombres (83,67% del tiempo improductivo anual), estuvo asociado a la falta de repuestos, partes y piezas, que redujo la eficiencia a 77,27% anual, cuyo efecto fueron las pérdidas económicas anuales por la suma de $40.160,00 y considerando los demás problemas se incrementó a $48.000,00.

Se diseñó una propuesta para la optimización del servicio de mantenimiento de máquinas de soldar, la cual aspira a fortalecer el sistema de gestión de inventarios, a través de la aplicación de la técnica ABC de inventarios y la matriz BCG, cálculo de stock máximos, mínimos, de seguridad, punto de re-pedido, además de la incorporación de un sistema informático para el control y manejo automatizado de las existencias de repuestos y materiales, además del método de las 5 S que incluyó los componentes de orden y organización, para garantizar la minimización del tiempo improductivo, propiciando que la eficiencia subirá desde 77,27% actual a 96,29% con la ejecución de la propuesta, es decir, un aumento de 19 puntos porcentuales.

Se evaluó la factibilidad financiera de la propuesta, generando una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 41,52%, Valor Actual Neto (VAN) de $74.519,33, un periodo de recuperación de la inversión (Pay Back) casi en el tercer año de ejecutada la propuesta y coeficiente beneficio / costo de 1,63, que evidenció la factibilidad de la propuesta.

3.4.2 Recomendaciones

Se recomienda a la alta dirección el fortalecimiento de la gestión de inventarios, mediante la potenciación de los controles, a través de manuales de procedimientos e instructivos, de modo que se pueda aumentar de manera continua la eficiencia de esta actividad, para agregar valor al servicio de mantenimiento y reparación de máquinas soldadoras.

Se sugiere a la alta dirección aplicar la propuesta recomendada en este capítulo, que consiste en la aplicación de la técnica ABC de inventarios, cálculo de stock máximos, mínimos, de seguridad, punto de re-pedido, además de la incorporación de un sistema informático para el control y manejo automatizado de las existencias de repuestos y materiales, para optimizar la eficiencia del proceso del servicio y la satisfacción del cliente.

Es recomendable que la empresa Productos y Servicios Joel Gutiérrez, aplique la metodología de las 5 S, para mejorar el orden, la organización y la clasificación de los repuestos, partes, piezas, materiales e insumos, de modo que en el taller de soldadura se trabaje con base en la Producción Más Limpia.

Glosario de términos

Diagrama de Ishikawa. – La herramienta de diagrama de Ishikawa o Diagrama Causa – Efecto, es relevante para el diagnóstico del problema, la cual será utilizada en los capítulos siguientes, en la que se detallarán cada una de las características mencionadas.

Gestión de inventario. – Tomando los criterios anteriores, es posible asemejarlos con el comentario que realiza el autor (Alicia Matha, 2013) donde indica que "la función de la gestión de inventario es asegurar los intereses de una empresa, resolviendo cuestiones de cantidad, volumen y estado de los bienes, para sustituirlos y posteriormente colocarlos a disposición de los usuarios"

Mantenimiento correctivo. – es aquel que se encarga de corregir los desperfectos que son visualizados en las maquinarias, constituyéndose en uno de los más aplicables dentro de su categoría, devolviéndoles a los equipos y maquinarias las condiciones para su funcionamiento normal.

Mantenimiento preventivo. – De acuerdo con (Sierra, 2014) el mantenimiento preventivo "está orientado específicamente para la preservación de los equipos y maquinarias a través de la valoración y revisión, que evidencien su buen funcionamiento".

Mantenimiento. – Según (Pesántez, 2014) indica que "el mantenimiento en términos generales es el conjunto de actividades sistemáticas que se realizan para la conservación de los recursos, sean estos físicos, tecnológicos o materiales".

Proceso de mantenimiento. – Acerca de los procesos (Alvarez, 2016) "se refieren al conjunto de actividades planificadas de forma lógica realizadas en una disposición diseñada para cumplir con un objetivo específico, los cuales son ideados para mejorar la productividad o establecer un orden definido para la resolución de problemas o alcanzar el resultado esperado".

Tiempos improductivos. – Para (Krajewski & Ritzman, 2013) el tiempo improductivo se refiere a los lapsos de tiempo llamados "muertos" los cuales ocasionan la inoperatividad la cual pueden ser provocado por la organización o por el trabajador, en el primero es cuando máquinas u materiales no se encuentran disponibles".

Bibliografía

(SENPLADES), S. N. (2013). *"Fortalecimiento del PDOT del Canton San Cristóbal, Galápagos. SUBCOMPONENTE GESTIÓN DE RIESGOS.* San Cristobal, Galápagos, : Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC.

Aguilera, A. (2014). *Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica.* Sevilla, España: Editorial Vértice.

Alicia Matha. (2013). *Dirección estratégica de Recursos Humanos: gestión por competencias.* Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica S.A. .

Alvarado, A., Ortiz, F., Torres, R., & Báez, O. (02 de 02 de 2015). Método de agrupamiento poor orden de rango: aplicación de tecnología de grupos por métodos evaluativos. *9*(852), 10. Obtenido de http://ito-depi.edu.mx/Evidencias_MII/2)Estructura_y_personal_academico/Crit4_LGAC/4.2.1%20ProductosdeLGAC/PublicacionesSME/SME08C-10%20fernando.pdf

Alvarez, A. (2016). *Proceso y procedimiento.* Chile: Apuntes de Derecho Procesal Laboral. http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6871/Procesal4.pdf?sequence=32.

Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador.* Montecristi, Ecuador: Registro Oficial 449.

Asamblea Nacional. (2016). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones.* Quito, Ecuador: Registro Oficial No. 351.

Basurto, I. (2014). *La valoración de existencia.* Barcelona, España: AFIGE FORMACIÓON EMPRESARIAL.

Cantú, H. (2012). *Cultura de la Calidad.* México: Mc Graw Hill.

Cogollo, F., & Milanes, J. (2013). *Plan de mantenimiento preventivo para los talleres de: máquinas y herramientas, soldadura y fundición de la Universidad Tecnológica de Bolivar.* Cartagena, Colombia: Universidad Tecnológica de Bolivar .

Dumaguala, E. (2014). *Gestión e implementación del Plan de Mantenimiento en los labaoratorios del área de ingenieriía mecámicaen la Universidad Politécnica Salesiana.* . Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

Garrido, S. (2013). *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Madrid, España: Ediciones Díaz Santos, S.A.

González, E. (2014). *Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Servioptical Cía. Ltda.* Bogotá: Universidad Politécnica Javeriana.

Krajewski, L., & Ritzman, L. (2013). *Administración de Operaciones.* Mexico: Editorial Mexicana.

Lascano, M. (2014). *Optimización de los métodos de trabajo en el proceso de construcción de máquinas para labrar madera en la emrpesa CIMA Castro.* Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial.

Levine, D., Krehbiel, T., & Berenson, M. (2014). *Estadística para administración.* México: Prentice Hall. Cuarta Edición.

Lobato, F., & León Jhony. (2013). *Gestión de mantenimiento de equipos de refrigeración: Plan de mantenimiento.* España: Editorial Académica Española, 2012 - 208 pages.

Millerbocat250. (s.f.). *www.miller.com/bocat250/engine-driven*. Recuperado el 14 de enero de 2015, de http://www.millerwelds.com/products/enginedriven/product.php?model=M00185

Millermatic252mig. (s.f.). *www.miller.com/mig*. Recuperado el 14 de enero de 2015, de Millermatic252 Mig Welder: http://www.millerwelds.com/products/mig/product.php?model=M00218

Morales, L., & Torres, M. (2015). *Diseño de un sistema de control interno de inventario basado en el modelo Coso 1 para la empresa Service Lunch en la cuidad de Guayaquil.* Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesisana. http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10008/1/UPS-GT001162.pdf.

Niebel, B. (2014). *Inginiería Industrial, Métodos Estándares y Diseño de Trabajo* . Mexico:: Alfaomega. 11° ed.

Ordoñez, S. (2013). *Creación e implementación de un taller de mantenimiento para Petrotrans S.A.* . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .

Pesántez, A. (2014). *Elaboración de un Plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón.* . Guayaquil, Ecuador: ESPOL, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. .

Prado, L. (2014). *Acciones Correctivas y Acciones Preventivas.* Colombia: http://www.corporacionloprado.cl/Docs/SGC%202013.1/control%20y%20mejora/acciones%20correctivas%20y%20preventivas/Acciones_Correctivas_y_Acciones_preventivas04.pdf.

Presutti, D. (2013). *Gestión de inventarios y almacén.* Ciudad Bolívar, Venezuela: Universidad Nororiental Gran Mariscal de Ayacucho. http://www.gestiopolis.com/gestion-inventarios-almacen/ .

Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2018). *Métodos cuantitativos para los negocios.* México: Prntice Hall.

Riofrío, M. (2014). *Disminución de tiempos improductivos en la confección e instalación de serpentines de refrigeración en la empresa CONFRINA.* Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingenería Industrial.

Rivera, M. (2014). *Control y manejo de inventario y almacen.* España: Fundación Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales FIAP.

Sierra, G. (2014). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa Metalmecánica Industrias AVM S.A.* . Bucaramanga, Colombia : Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería-Mecánica.

Umaschi, C. (2015). *El Mantenimiento como área.* Santiago de Chile: Editora Microbyte Ltda.

Velásquez, G. (2014). *Dirección de la Produción.* México: Limusa.