

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE  
FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MOTOTAXIS  
APLICANDO METODOLOGÍAS DE LAS 5S's E INGENIERÍA  
DE MÉTODOS**

Tesis para optar el Título de **INGENIERO INDUSTRIAL**, que presenta el bachiller:

**DIEGO ACUÑA ALCARRAZ**

**ASESOR: FERNANDO ORMACHEA FREYRE**

Lima, Junio 2012

## RESUMEN

El compromiso del presente trabajo de investigación, tiene como principal objetivo brindar al proceso de fabricación de estructuras de mototaxi, los criterios para el incremento de su capacidad de producción. Sin embargo, se puede aplicar a cualquier tipo de estudio de producción de industrias manufactureras. Se muestra la situación de una empresa y las oportunidades de mejora con la finalidad de establecer los puntos de acción para maximizar el beneficio de la misma.

Se inicia el trabajo con un marco teórico y metodológico sobre las aplicaciones de herramientas de 5S's e Ingeniería de Métodos, aprendidas en la universidad y el trabajo, que ayudarán a entender el contenido del informe, luego se hace una descripción sobre la organización de la empresa, los procesos que realizan (techos, puertas, carenados metálicos, kit de costura, etc.), recursos humanos y medios operativos. Se establece que el proceso de estudio será el de estructura Chasis, ya que es el que deja de percibir más utilidades al no atender el 100% de la demanda.

Se hace un diagnóstico del proceso crítico en general, manifestándose oportunidades de mejora. Posteriormente se realiza la aplicación de las 5S's en cada área del proceso seleccionado, haciendo uso de checklists. Sustentando un plan de acción para atacar las oportunidades de mejora encontrados.

Se realiza el estudio de los métodos de trabajo de cada tipo de operación (operación, transporte, almacenamiento, inspección y espera) del proceso en estudio. Del diagnóstico realizado, se presentan nuevos métodos de trabajo, mejoras y el rediseño de los puestos de trabajo. Con los nuevos métodos de trabajo se estima la reducción del tiempo de ciclo del proceso en estudio aproximadamente en 9 minutos, asimismo se pronostica la reducción del esfuerzo físico requerido, traduciéndose en incrementos de productividad de cada puesto de trabajo.

Se presenta el estudio de tiempos de cada tipo de operación evaluado en la etapa anterior, con la finalidad de presentar las normas del proceso, estableciendo los estándares de trabajo para cumplir con la calidad del proceso. Presentando finalmente la evaluación técnica y económica de los impactos del rediseño, estableciendo los beneficios posibles (económicos y técnicos) que percibirá la organización, y evaluando la rentabilidad de la implementación de las mejoras propuestas.

PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ**TEMA DE TESIS**

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial  
ALUMNO : **DIEGO ACUÑA ALCARRAZ**  
CÓDIGO : 2007.2016.5.12  
PROPUESTO POR : Ing. Fernando Ormachea Freyre  
ASESOR : Ing. Fernando Ormachea Freyre  
TEMA : INCREMENTO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE  
FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MOTOTAXIS  
APLICANDO METODOLOGÍAS DE LAS 5S's E INGENIERÍA  
DE MÉTODOS.  
Nº TEMA : 1004  
FECHA : San Miguel, 08 de febrero de 2012

**JUSTIFICACIÓN:**

En los últimos años, la demanda de mototaxis se ha visto incrementada de manera considerable en especial en el cono norte de la ciudad de Lima y en la región Selva del Perú, es por eso que es necesario ser competitivos e innovadores para ser líderes en dicho mercado, desplazar a la competencia y así poder abarcar toda la demanda cómo sea posible.

Existen múltiples aplicaciones y herramientas que contribuyen a la mejora de procesos de fabricación, entre los cuales podemos identificar a las metodologías de SMED, *Lean Manufacturing*, Teoría de restricciones, Gestión por procesos, Estudios Ergonómicos, aplicación de 5 S, Ingeniería de Métodos, Calidad *Six Sigma*, Redistribución física de plantas, Automatización Industrial, Administración total de la producción, etc.

En los procesos de ensamblaje de producción en lotes, casi todas las empresas manufactureras coinciden en una característica: complejidad. Los sistemas de producción son inherentemente complejos, y existe una amplia gama de factores que determina la relación entre tareas, máquinas y personal. Como consecuencia de esta complejidad, los problemas se manifiestan en una inadecuada rotación de las existencias, deficiente control de calidad y decaída eficiencia en general. Pronunciándose en el desperdicio de la capacidad de producción.



La aplicación de la metodología de las 5S se hace necesaria y fundamental como inicio o base de todo programa de mejora, debido a que poseer una fábrica limpia, ordenada y segura contribuye a la reducción de accidentes, al incremento en la motivación del personal, y a los incrementos en calidad y productividad. Además del reducido costo que implica su puesta en marcha, el ahorro sustancial en costos y recursos, y la reducida dificultad que demanda su implementación y posterior adecuación a la empresa.

Uno de los factores de mayor importancia en la actualidad de las empresas manufactureras, es el incremento de la productividad de sus procesos, debido a que esto contribuye al crecimiento de la empresa y al incremento de su rentabilidad, objetivo primordial de toda empresa. Un método adecuado y eficiente para conseguir el incremento de la productividad de la empresa es la aplicación de las herramientas para el estudio de métodos, estudio de tiempos, medición del trabajo y un sistema adecuado de pago de salarios.

Como ya hemos señalado, en la mejora de procesos, la Ingeniería Industrial aporta con múltiples metodologías, de las cuales rescatamos, para cada caso de estudio, los que están relacionados con el trabajo humano, dado que en los procesos de la empresa la fabricación no es automatizada.

La empresa trabaja a pedido, adicionalmente la demanda se ha incrementado; sin embargo la empresa no aprovecha con eficiencia su capacidad de producción y no atiende a diversos pedidos, lo que se manifiesta en disminución de ventas y desaprovechamiento de beneficios, además de la pérdida de la fidelización con los clientes. Es por eso que la empresa necesita una rápida respuesta para atender los pedidos, lo que exige la revisión y mejora de sus procesos internos.

Por la observación previa del proceso realizada, se detectó que las causas de improductividad significativas son por razones de organización del trabajo, organización y diseño de los puestos de trabajo y falta de estándares de trabajo, lo cual se reflejaba en productos defectuosos y reprocesos de manera significativa más que por dificultades relacionadas con esfuerzos físicos y ambientales.

De acuerdo a la situación descrita, se justifica realizar un estudio y revisión de los procesos productivos de la empresa aplicando metodologías de 5 S y estudio de métodos y tiempos; presentando posteriormente el rediseño de los puestos de producción, que contribuyan, eficientemente, a cumplir el objetivo de la tesis.

#### OBJETIVO GENERAL:

Evaluar y proponer mejoras para el incremento de la capacidad de producción del proceso mediante el rediseño de la organización para el trabajo, los métodos del trabajo y puestos de producción.




**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Presentar los conceptos y definiciones, asimismo las metodologías y herramientas de la Ingeniería Industrial, que contribuyen al incremento de la capacidad de producción.
- Exponer la información y panorama general respecto a los procesos requeridos para la fabricación de estructuras de mototaxis, respecto a la situación de contexto.
- Diferenciar el proceso crítico, para enfocar en él el desarrollo de la tesis.
- Aplicar la metodología de las 5S haciendo uso de *checklists* que faciliten la implementación de la herramienta.
- Exhibir las deficiencias de los métodos de trabajo, presentando el rediseño de los puestos de producción más críticos.
- Identificar las alternativas de mejora y proponer aquellas que contribuyan al cumplimiento del objetivo general del presente estudio.
- Utilizar metodologías para realizar mediciones de los tiempos de trabajos, registrar los tiempos por cada operación repetidas veces para la obtención del tiempo estándar por cada una de ellas.
- Presentar cada operación con su respectivo tiempo estándar, asimismo, presentar indicadores de productividad para evaluar el rendimiento de cada operación, verificar requerimientos para una producción de calidad.
- Corroborar, mediante la evaluación técnica, el impacto de las propuestas de mejora con respecto al rediseño de los procesos.

**PUNTOS A TRATAR:**
**a. Marco teórico y metodológico.**

Se presentarán las definiciones teóricas de los elementos concernientes a la Ingeniería Industrial que contribuirán al desarrollo de la investigación y al cumplimiento de los objetivos de la misma. Así también se darán a conocer las diferentes metodologías, estrechamente relacionadas a las definiciones teóricas, que usaremos en el desarrollo de la investigación.

**b. Caso de estudio.**

Se presentará toda la información necesaria concerniente al caso de estudio. Puesto que el trabajo de investigación está relacionado a la mejora de procesos en la fabricación de estructuras mototaxis, la información presentada será exclusivamente de la empresa tomada como referencia para el desarrollo de la investigación.

**c. Selección y diagnóstico del proceso crítico.**

Debido a la gran cantidad de procesos necesarios para la fabricación de estructuras de mototaxis, se presentará la selección, previo análisis, y diagnóstico del proceso crítico. Se usarán diagramas de Pareto y otras herramientas para el proceso de selección.





**d. Aplicación 5S's.**

Una vez seleccionado y diagnosticado el proceso crítico, en este acápite se desarrollará la aplicación de la metodología de las 5 S's a las operaciones y puestos de producción contenidos en el proceso crítico. Mediante el uso de *checklists* se realizará la aplicación de dicha herramienta.

**e. Estudio de métodos y rediseño de puestos.**

Se procederá a realizar un estudio de métodos de las operaciones críticas, que servirá de referencia y sustento; para, posteriormente, presentar el rediseño de los puestos críticos de producción que pertenecen al proceso crítico.

**f. Propuestas de mejora.**

Se identificarán y enumerarán las oportunidades de mejora, como consecuencia del estudio de métodos y el rediseño de los puestos de producción. Las propuestas de mejora deben estar intrínsecamente relacionadas con el objetivo general de la investigación, para obtener concordancia con el desarrollo de la misma.

**g. Estudio de tiempos.**

Se procederá a realizar un estudio de tiempos de las operaciones pertenecientes al proceso crítico. Será necesaria la observación completa de las operaciones para realizar el registro de tiempos.

**h. Normas del proceso.**

Una vez realizados los registros de los tiempos de cada operación, procederemos a identificar cada operación con su tiempo estándar. Asimismo procederemos a indicar los requerimientos de cada operación para una producción de calidad. Se procederá a normalizar los procesos, para una mejor organización del trabajo.

**i. Evaluación económica y técnica de impactos del rediseño.**

Se realizará las evaluaciones técnica y económica de las propuestas de mejora relacionadas con el rediseño de los procesos críticos, en base a los resultados obtenidos y a las acciones planteadas en el desarrollo de la investigación.

**j. Conclusiones y recomendaciones.**

*Máximo: 100 páginas*

  
 \_\_\_\_\_  
 ASESOR



## DEDICATORIA

Con especial afecto y felicidad para mis padres Fernando y Lourdes y mis hermanos Aarón y Romina; seres amados que son el principal fundamento de mi incesante búsqueda de superación personal y profesional.



## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Fernando Ormachea, por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

## ÍNDICE

Índice de gráficos	viii
Índice de tablas	viii
Introducción	xi
CAPITULO 1	1
1.1 Marco teórico y metodológico	1
1.1.1 Medición del trabajo y estudio de métodos	1
1.1.2 Estudio de tiempos	2
1.1.3 Metodología de las 5 S	4
1.1.4 Metodologías para el estudio de métodos	7
1.1.5 Metodología para el estudio de tiempos	11
1.1.6 Metodología para la aplicación de las 5S	14
CAPÍTULO 2	15
2.1 Caso de estudio	15
2.1.1 Sector económico	15
2.1.2 Clientes y productos principales	15
2.1.3 Perfil organizacional y principios empresariales	16
2.1.4 Entidades participantes en el modelo de negocios	17
2.1.5 Mapa relacional del negocio	18
2.1.6 Organización y recursos humanos	19
2.1.7 Descripción de los procesos de producción	21
2.1.8 El proceso principal	22
2.1.9 Instalaciones y medios operativos	25
CAPÍTULO 3	27
3.1 Selección y diagnóstico del proceso crítico	27
3.1.1 Consideraciones generales	27
3.1.2 Selección del proceso crítico	28
3.1.3 Diagnóstico del proceso crítico	30

CAPÍTULO 4	36
4.1 Aplicación 5 S	36
4.2 Estudio de métodos y rediseño de puestos.	41
4.2.1 Análisis y diagnóstico de los métodos de trabajo	41
4.3 Propuestas de mejora	62
CAPÍTULO 5	70
5.1 Estudio de tiempos	70
5.2 Normas del proceso	80
CAPÍTULO 6	86
6.1 Evaluación técnica de impactos del rediseño	86
6.2 Evaluación económica de impactos del rediseño	89
6.2.1 Costos de inversión y co-inversión	90
6.2.2 Costos variables	92
6.2.3 Ahorros	93
6.2.4 Evaluación de indicadores económicos	93
CAPÍTULO 7	97
7.1 Conclusiones	97
7.2 Recomendaciones	99
Bibliografía	101
ANEXOS	

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 Diagrama de flujo para la clasificación	5
Gráfico 2 Clasificación de elementos para su organización	6
Gráfico 3 Esquema de un DOP	9
Gráfico 4 Esquema de un DAP	10
Gráfico 5 Esquema de un DR	11
Gráfico 6 Mapa relacional de la empresa	18
Gráfico 7 Organigrama de la empresa	19
Gráfico 8 DAP del chasis	23
Gráfico 9 Diagrama de recorrido de la producción de chasis	24
Gráfico 10 Diagrama Pareto – Utilidad perdida	29
Gráfico 11 Puntaje de áreas 5 S	37

## Índice de Tablas

Tabla 1 Definición de las 5 S	4
Tabla 2 Clasificación de movimientos - Bimanual	8
Tabla 3 Grado de control – Bimanual	9
Tabla 4 Registro de la producción de chasis en los últimos 30 días	25
Tabla 5 Demanda de productos en los últimos 6 meses	27
Tabla 6 Producción en los últimos 6 meses	27
Tabla 7 Capacidad de producción	28
Tabla 8 Utilidad perdida	29
Tabla 9 Diagnóstico del proceso crítico	30
Tabla 10 Mermas y desperdicios del proceso crítico	34
Tabla 11 Puntos de control de las operaciones	35
Tabla 12 Puntaje de <i>Checklist</i> por áreas 5S	36
Tabla 13 Mejoras 5 S	40
Tabla 14 Ponderación de factores	41
Tabla 15 Puntaje de factores	42
Tabla 16 Selección de elementos críticos	42
Tabla 17 Características del ambiente físico-Transporte crítico	52
Tabla 18 Características psicofisiológicas-Transporte crítico	53
Tabla 19 Características del ambiente físico-Inspección crítica	56
Tabla 20 Características psicofisiológicas-Inspección crítica	56
Tabla 21 Características del ambiente físico-Almacenamiento crítico	59

Tabla 22 Características psicofisiológicas-Almacenamiento crítico	59
Tabla 23 Características del ambiente físico-Espera crítica	62
Tabla 24 Características psicofisiológicas-Espera crítica	62
Tabla 25 Mejoras de métodos de trabajo	69
Tabla 26 Parámetros cálculo de tamaño de muestra	70
Tabla 27 Elementos de la operación crítica	70
Tabla 28 Resumen de tiempos- Operación crítica	71
Tabla 29 Suplementos de la operación crítica	71
Tabla 30 Tamaño de muestra requerido-Operación crítica	71
Tabla 31 Cálculo del tiempo estándar-Operación crítica	72
Tabla 32 Elementos del transporte crítico	72
Tabla 33 Resumen de tiempos- Transporte crítico	73
Tabla 34 Suplementos del transporte crítico	73
Tabla 35 Tamaño de muestra requerido-Transporte crítico	73
Tabla 36 Cálculo del tiempo estándar- Transporte crítico	74
Tabla 37 Elementos de la inspección crítica	74
Tabla 38 Resumen de tiempos- Inspección crítica	75
Tabla 39 Suplementos de la inspección crítica	75
Tabla 40 Tamaño de muestra requerido- Inspección crítica	75
Tabla 41 Cálculo del tiempo estándar- Inspección crítica	76
Tabla 42 Elementos del almacenamiento crítico	76
Tabla 43 Resumen de tiempos- Almacenamiento crítico	77
Tabla 44 Suplementos del almacenamiento crítico	77
Tabla 45 Tamaño de muestra requerido- Almacenamiento crítico	77
Tabla 46 Cálculo del tiempo estándar- Almacenamiento crítico	78
Tabla 47 Elementos de la espera crítica	78
Tabla 48 Resumen de tiempos- Espera crítica	78
Tabla 49 Suplementos de la espera crítica	79
Tabla 50 Tamaño de muestra requerido-Espera crítica	79
Tabla 51 Cálculo del tiempo estándar-Espera crítica	79
Tabla 52 Resumen de tiempos estándar actuales	79
Tabla 53 Tiempos estándar estimados	80
Tabla 54 Instructivo de trabajo-Operación crítica	80
Tabla 55 Instructivo de trabajo-Transporte crítico	83
Tabla 56 Instructivo de trabajo-Almacenamiento crítico	83
Tabla 57 Instructivo de trabajo-Espera crítica	84
Tabla 58 Incremento de productividad – Fab. Chasis	86

Tabla 59 Aprovechamiento del espacio volumétrico	86
Tabla 60 Incremento de área	87
Tabla 61 Mejora de la calidad	87
Tabla 62 Impacto tecnológico	88
Tabla 63 Reducción de accidentes	88
Tabla 64 Reducción de tiempos estándar	88
Tabla 65 Incremento de capacidad de producción	88
Tabla 66 Costos de materiales	90
Tabla 67 Costos de control y gestión administrativa	90
Tabla 68 Costos de desarrollo de mejoras	91
Tabla 69 Costos de capacitación	91
Tabla 70 Costos de inversión y co-inversión	92
Tabla 71 Costos variables – Energía	92
Tabla 72 Costos variables – Insumos	92
Tabla 73 Costos variables – Repuestos	92
Tabla 74 Costos variables	93
Tabla 75 Cálculo de ahorros – mejora de la calidad	93
Tabla 76 Cálculo de ahorros – Inspección crítica	94
Tabla 77 Cálculo de ahorros – Desarrollo de mejoras	94
Tabla 78 Valorización de ahorros	94
Tabla 79 Valorización anual total de ahorros	95
Tabla 80 Flujo de ahorros y egresos.	95
Tabla 81 Indicadores económicos	95
Tabla 82 Relación Beneficio/Costo	95
Tabla 83 Periodo de recuperación	96

## INTRODUCCIÓN

En el siglo XXI, el mundo presencia un contexto donde se interrelacionan las estructuras productivas y financieras para dar lugar a una interdependencia compleja entre naciones, mercados y agentes económicos.

Las empresas de manufactura, en el periodo actual, enfrentan un panorama de competencia dinámica; donde continúa la lucha constante por obtener el liderazgo del mercado y acrecentar la participación en el mismo.

En el Perú, la industria metalmecánica, en los últimos años, se ha desarrollado de manera significativa, un claro ejemplo es la industria de fabricación de mototaxis, la cual se ha incrementado, principalmente, debido al incremento de la demanda de mototaxis especialmente en el Cono Norte de Lima y en la región Selva del país.

Muchas de las empresas que se desenvuelven en el escenario descrito, cuentan con una capacidad de producción que es adecuada para atender pedidos de mayor cantidad, sin embargo, no son capaces de hacerlo debido a causas de organización del trabajo, organización y diseño de los puestos de trabajo y falta de estándares de trabajo, lo cual se refleja en productos defectuosos y reprocesos de manera significativa.

Para estas empresas, es de gran relevancia el estudio integral de la organización para el trabajo y sus métodos, pues les proporcionan herramientas útiles para hacer sus procesos más productivos y así poder incrementar su capacidad de producción.

El objetivo general de esta investigación es incrementar la capacidad de producción de fabricación de estructuras de mototaxis mediante el rediseño de la organización para el trabajo, los métodos del trabajo y puestos de producción.

Esto permitirá a los directivos contribuir con los objetivos de la empresa y crear ventajas competitivas sostenibles en sus organizaciones.

En tanto, las preguntas adecuadas en este trabajo de investigación son:

1. ¿Cuáles son las herramientas de la Ingeniería Industrial que contribuyen al incremento de la capacidad de producción?
2. ¿Cuál es el contexto en el que se desarrolla la fabricación de estructuras de mototaxis?
3. ¿Cuál es el proceso crítico?
4. ¿Qué mejoras conlleva la aplicación de la metodología de las 5S y el rediseño de puestos de trabajo?
5. ¿De qué manera contribuye el estudio de tiempos al incremento de la capacidad de producción?
6. ¿Cuáles son los impactos técnicos y económicos del rediseño del proceso?

Estas preguntas se responden con los objetivos específicos siguientes:

1. Presentar los conceptos y definiciones, asimismo las metodologías y herramientas de la Ingeniería Industrial, que contribuyen al incremento de la capacidad de producción.
2. Exponer la información y panorama general respecto a los procesos requeridos para la fabricación de estructuras de mototaxis, respecto a la situación de contexto.
3. Diferenciar el proceso crítico, para enfocar en él el desarrollo de la tesis.
4. Aplicar la metodología de las 5S haciendo uso de *checklists* que faciliten la implementación de la herramienta.
5. Exhibir las deficiencias de los métodos de trabajo, presentando el rediseño de los puestos de producción más críticos.
6. Identificar las alternativas de mejora y proponer aquellas que contribuyan al cumplimiento del objetivo general de la tesis.
7. Utilizar metodologías para realizar mediciones de los tiempos de trabajos, registrar los tiempos por cada operación repetidas veces para la obtención del tiempo estándar por cada una de ellas.
8. Presentar cada operación con su respectivo tiempo estándar, asimismo, presentar indicadores de productividad para evaluar el rendimiento de cada operación, verificar requerimientos para una producción de calidad.
9. Corroborar, mediante la evaluación técnica y económica, el impacto de las propuestas de mejora con respecto al rediseño de los procesos.

La investigación se realiza en dos fases, la primera que consiste en la recolección detallada de la información necesaria para su adecuado desarrollo, para lo cual es

necesario realizar visitas seguidas a la empresa donde se realizará la investigación. La segunda fase consta en la aplicación de las metodologías y herramientas requeridas que contribuyan al cumplimiento del objetivo de esta investigación, además de la proposición de alternativas de mejora y de la evaluación del impacto técnico y económico del rediseño del proceso. El presente trabajo de investigación está estructurado en siete capítulos, que a continuación describiremos brevemente:

En el capítulo 1, se desarrollan los conceptos y definiciones de la Ingeniería Industrial que serán empleados, asimismo se presentan las herramientas y metodologías que se usarán para el desarrollo de la investigación. Las metodologías seleccionadas se adecúan al ambiente y procesos de la empresa.

En el capítulo 2, se presenta el caso de estudio, haciendo alusión a la organización donde se realiza el trabajo de investigación, presentado los procesos que le atañen a la misma y realizando una descripción de su situación actual.

En el capítulo 3, se presenta la selección y diagnóstico del proceso crítico de la fabricación de mototaxis, haciendo uso de cuadros y diagramas que ayuden a su identificación, así como también el uso de herramientas de la Ingeniería Industrial que permitan conocer su estado actual y diferenciándolo de los demás procesos.

En el capítulo 4, se presenta el desarrollo de las metodologías de aplicación de las 5 S, estudio de métodos y rediseño de puestos de trabajo, aplicado a las operaciones críticas del proceso crítico. Asimismo se realizará propuestas de mejora que serán resultado de dicho estudio.

En el capítulo 5, se presenta el estudio de tiempos de las operaciones críticas, asimismo se procede a establecer las normas del proceso, definiendo el producto de acuerdo a los estándares obtenidos del estudio de tiempos.

En el capítulo 6, se realizarán las evaluaciones técnica y económica de las propuestas de mejora respecto con el rediseño de los procesos, cuantificándose los ahorros obtenidos y evaluando la rentabilidad de la implementación de mejoras mediante indicadores económicos, como el VAN, TIR, periodo de recuperación, etc.

En el capítulo 7, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la experiencia del presente trabajo de investigación.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 Marco teórico y metodológico

En el desarrollo de la investigación, es sumamente importante e imprescindible presentar las definiciones y conceptos de las herramientas, metodologías, sistemas, diagramas, etc. Que nos serán útiles para el desarrollo de los siguientes capítulos. Asimismo, es fundamental presentar las metodologías que usaremos, poniendo énfasis en sus beneficios y características que las hicieron las más adecuadas para el desarrollo de la investigación.

### 1.1.1 Medición del trabajo y estudio de métodos

#### Conceptos generales

La medición del trabajo y el estudio de métodos tienen sus raíces en la actividad de la administración científica. Frederick Taylor mejoró los métodos de trabajo mediante el estudio detallado de movimientos y fue el primero en utilizar el cronómetro para medir el trabajo.

Otra de las contribuciones de Taylor fue la idea de que un estándar de producción (ejemplo, minutos por pieza) debe establecerse por cada trabajo. Un estándar determina la cantidad de salida esperada de producción de un trabajador y se utiliza para planear y controlar los costos directos de mano de obra.

#### Medición del Trabajo

La medición del trabajo sigue siendo una práctica útil, pero polémica. Por ejemplo, la medición del trabajo con frecuencia es un punto de fricción entre la parte operativa y administrativa, puesto se da el caso que los estándares son demasiados apretados, pudiendo resultar en un motivo de queja, huelgas o malas relaciones de trabajo. Por otro lado, si los estándares son demasiados holgados, pueden resultar en una planeación y control pobres, altos costos y bajas ganancias. *OIT (1996)*.

La medición del trabajo se puede utilizar para diferentes propósitos, siendo la responsabilidad del gerente de operaciones la definición de dichos propósitos:

- Evaluar el comportamiento del trabajador.
- Planear las necesidades de la fuerza de trabajo.
- Determinar la capacidad disponible.

- Determinar el costo o el precio de un producto.
- Comparación de métodos de trabajo.
- Establecer incentivos salariales.

### **Mermas**

Se generan por descuidos, operaciones indebidas, omisiones o negligencia personal. Las mercancías son dañadas, destruidas o descompuestas.

### **Desperdicios**

Es el sobrante que se obtiene de una determinada operación pero que es considerado para su realización por diseño, ejecución y por naturaleza del proceso.

### **Estudio de métodos**

La mayoría de las mejoras resultantes de la medición del trabajo radican en los estudios fundamentales de métodos, que preceden a los estudios de tiempo en sí. No obstante que los estándares de tiempo se utilizan para propósitos de control administrativo, los estándares por si solos no mejorarán la eficiencia. Una gran mejora productiva, consiste en la adecuada y eficiente aplicación de métodos para la realización de tareas predefinidas. Un adecuado estudio de métodos debe contener los siguientes puntos, como mínimo:

1. Definir los objetivos y limitaciones del estudio.
2. Decidir que enfoque de estudio utiliza.
3. Avisar del estudio a los trabajadores.
4. Descomponer el trabajo en elementos.
5. Estudiar el método mediante el uso de gráficas.
6. Decidir un método para cada elemento de trabajo.

#### **1.1.2 Estudio de tiempos**

##### **Concepto general**

Se define al estudio de tiempos como una técnica o herramienta que se emplea con la finalidad de calcular el tiempo necesario por un operario para realizar una tarea establecida, mediante la ejecución de un método determinado. *MEYERS (2000)*. Mediante la aplicación de esta técnica, las empresas se pueden permitir conocer los tiempos de las tareas involucradas en su proceso productivo, que les permitan resolver problemas relacionados con los procesos y secuencias de fabricación. Presentamos las razones por las cuales se realiza un estudio de tiempos:

- Controlar el funcionamiento de las máquinas, programar su carga y determinar el porcentaje de paradas y sus causas.
- Estudiar la distribución en planta y seleccionar nueva maquinaria.
- Determinar el número de operarios necesarios y planear el trabajo.
- Comparar diseños de producto, establecer presupuestos, programar procesos productivos y eliminar tiempos improductivos.
- Simplificar los problemas de dirección, aportando datos de interés que permiten resolver problemas, mejorando relaciones con los clientes.

Es por eso que unos tiempos de trabajo mal calculados son motivo trascendental para el nacimiento de la mayoría de los problemas laborales. El procedimiento técnico empleado para calcular los tiempos de trabajo consiste en determinar el denominado *tiempo estándar*, entendiéndose como tal, el que necesita un trabajador cualificado para ejecutar la tarea a medir, siguiendo un método definido. Este tiempo estándar, (TE), comprende no sólo el necesario para ejecutar la tarea a un ritmo normal, sino además, las interrupciones de trabajo que precisa el operario para recuperarse de la fatiga que le proporciona su realización y para sus necesidades personales.

### **Tiempo de reloj (TR)**

Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y que se mide con el reloj. (No se cuentan los paros realizados por el operario, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo).

### **Factor de ritmo (FR)**

La valoración o factor ritmo, es el proceso durante el cual el observador de tiempos compara la actuación (velocidad) del operario bajo observación con su propio concepto de actuación bajo circunstancias normales. *BARNES (1979)*. Este concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TR, motivadas por existir operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea.

### **El tiempo normal (TN)**

Es el TR que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo normal, emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio. Su valor está determinado por el producto resultante de multiplicar el tiempo de reloj (TR) y el factor de ritmo (FR): **TN = TR x FR**

### Los suplementos de trabajo (S)

Dadas las características fisiológicas del operario, se puede observar que este no realiza su labor con un rendimiento constante ni de manera continua durante su turno de trabajo, entonces es preciso que realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo o para atender sus necesidades personales.

Estos períodos de inactividad, calculados según un S% del tiempo normal (TN) se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea. En la realidad, esos períodos de inactividad se producen cuando el operario lo desea.

$$\text{Suplementos} = \text{TN} \times \text{S} = \text{TR} \times \text{FR} \times \text{S}$$

Además, según el caso, se incorporan a los suplementos las interrupciones inevitables por necesidades del proceso, que se presentan de manera aleatoria, como por ejemplo: calibraciones, cambios de herramientas desgastadas, etc.

### El tiempo estándar (TE)

Definido anteriormente, el tiempo estándar está compuesto por dos elementos ya definidos: el tiempo normal y sus suplementos. Es decir, es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado y conocedor de la tarea, la realice a ritmo normal más los suplementos de interrupción necesarios, para que el citado operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales.

$$\text{TE}_i = \text{TN}_i * (1 + \text{S}_i) * \text{F}_i$$

#### 1.1.3 Metodología de las 5 S

Las 5 S son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por S y que todos persiguen un objetivo en común que es conseguir una empresa limpia, ordenada y un grato ambiente de trabajo.

Tabla 1 Definición de las 5 S

1	<i>SEIRI</i>	CLASIFICAR
2	<i>SEINTON</i>	ORGANIZAR
3	<i>SEISO</i>	LIMPIEZA
4	<i>SEIKETSU</i>	ESTANDARIZAR
5	<i>SHITSUKE</i>	DISCIPLINA

Elaboración propia

### Clasificar (*Seiri*)

Corresponde a la etapa inicial de la metodología, cuyo propósito significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para el desarrollo óptimo de las tareas asignadas a cada puesto de trabajo. Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se deben retirar del sitio, donar, transferir o eliminar. Presentamos un diagrama de flujo para ejecutar la clasificación:

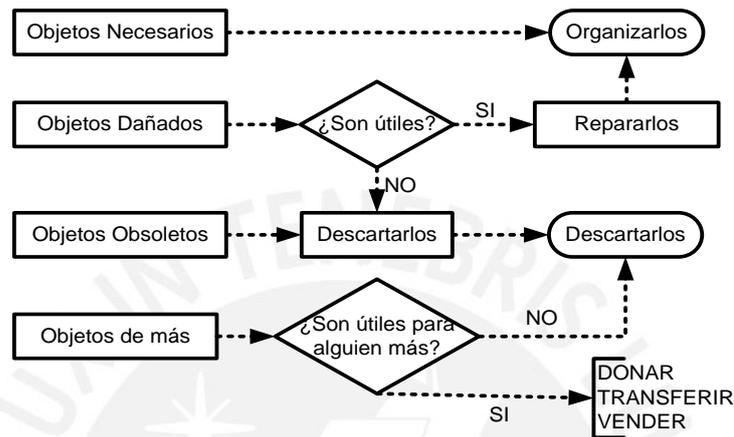


Gráfico 1 Diagrama de flujo para la clasificación  
Fuente: Corporación autónoma regional de Santander (2004)

Siguiendo cuidadosamente este diagrama se obtendría una adecuada clasificación, manifestándose los siguientes posibles resultados:

- Más espacio.
- Mejor control de inventario.
- Eliminación del despilfarro.
- Menos accidentalidad.

### Organizar (*Seinton*)

El segundo principio pretende ubicar los elementos necesarios en sitios donde se puedan encontrar fácilmente para su uso y nuevamente retornarlos al correspondiente sitio. Con esta aplicación se desea mejorar la identificación y marcación de los controles de los equipos, instrumentos, expedientes, etc. Asimismo permite la ubicación de materiales, herramientas y documentos de forma rápida, mejora la imagen del área ante el cliente; el control de stocks de repuestos y materiales y la coordinación para la ejecución de trabajos. Esta segunda etapa, corresponde a ordenar primero, para posteriormente estandarizar las acciones que se decidieron realizar para organizar el puesto de trabajo. Clasificar los elementos identificados de acuerdo al siguiente gráfico:

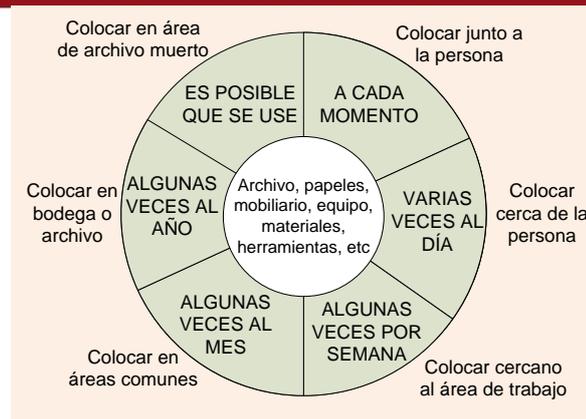


Gráfico 2 Clasificación de elementos para su organización  
Fuente: Corporación autónoma regional de Santander (2004)

De una adecuada organización se pueden obtener los siguientes beneficios:

- Nos ayudará a encontrar fácilmente documentos u objetos de trabajo, economizando tiempos y movimientos.
- Facilita regresar a su lugar los objetos o documentos que hemos utilizados.
- Ayuda a identificar cuando falta algo.

### Limpieza (*Seiso*)

En esta etapa se pretende incentivar la actitud de limpieza del sitio de trabajo y lograr mantener la clasificación y el orden de los elementos. El proceso de implementación se debe apoyar en un fuerte programa de entrenamiento y suministro de los elementos necesarios para su realización, como también del tiempo requerido para su ejecución. Obteniéndose los siguientes beneficios:

- Aumentará la vida útil del equipo e instalaciones.
- Menos probabilidad de contraer enfermedades.
- Menos accidentes.
- Mejor aspecto.
- Ayuda a evitar mayores daños a la ecología.

### Estandarizar (*Seiketsu*)

En esta etapa se tiende a conservar lo que se ha logrado, aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Este cuarto principio está fuertemente relacionado con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones. Se trata de estabilizar el funcionamiento de todas las reglas definidas en las etapas precedentes, con un mejoramiento y una evolución de la limpieza, ratificando todo lo que se ha realizado y aprobado anteriormente, con lo cual se

hace un balance de esta etapa y se obtiene una reflexión acerca de los elementos encontrados para poder darle una solución. Se pueden obtener los siguientes beneficios como resultado de una adecuada limpieza:

- Se guarda el conocimiento producido durante años.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Los operarios aprenden a conocer a profundidad los elementos de trabajo.
- Se evitan errores de limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.

### **Disciplina (*Shitsuke*)**

La práctica de la disciplina pretende lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. En lo que se refiere a la implantación de las 5 S, la disciplina es importante porque sin ella, la implantación de las cuatro primeras S se deteriora rápidamente. La disciplina no es claramente visible y no puede medirse objetivamente a diferencia de los otros principios que se explicaron anteriormente. Existe en la mente y en la voluntad de las personas y solo la conducta demuestra la presencia, sin embargo, se pueden crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina.

Se puede apreciar al notar que los trabajadores cumplen con las 3 S iniciales de manera constante sin necesidad de seguimiento, de indicaciones ni de capacitaciones adicionales. Se pueden obtener los siguientes beneficios si se logra establecer en los operarios una conducta disciplinaria:

- Se evitan reprimendas y sanciones.
- Mejora nuestra eficacia.
- El personal es más apreciado por los jefes y compañeros.

A continuación procedemos a presentar las metodologías que usaremos para el adecuado desarrollo de la investigación.

#### **1.1.4 Metodologías para el estudio de métodos**

##### **Diagrama Bimanual**

Este diagrama también conocido como diagrama de proceso del operario o diagrama de proceso mano derecha mano izquierda es una herramienta más en el

estudio de movimientos manuales del operador, en donde se muestran todos los movimientos y reposos realizados por las manos y la relación que existe entre estas al realizar una tarea manual.

El diagrama bimanual se usa en tareas que son muy repetitivas, con el fin de analizar y mejorar dicha operación; identificando los movimientos ineficientes, tratar de eliminarlos o de reducir su participación en el trabajo y cambiarlos por movimientos eficientes haciendo así, una operación en donde ambas manos estén bien balanceadas en cuanto a movimientos, teniendo como resultado una tarea más suave y relajada, manteniendo el ritmo en el operador y evitando la fatiga. Para la construcción de un diagrama de operaciones bimanual se debe tener presente los siguientes criterios:

- Estudiar las operaciones varias veces.
- Llevar el registro de una mano a la vez.
- Registrar unos pocos símbolos cada vez.
- Es conveniente empezar la construcción del diagrama con la operación de recoger o depositar la pieza.
- Comenzar a anotar la mano que actúa primero o la que tenga más trabajo y luego la otra.

Para representar las actividades se emplean los mismos símbolos que se utilizan en los diagramas de proceso pero se les atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles.

Presentamos la clasificación de los movimientos y el grado de control que se anotan en el diagrama para cada movimiento, en las tablas 2 y 3 respectivamente, a fin de contar con valoraciones objetivas simples que nos facilitarán la detección de oportunidades de mejora:

Tabla 2 Clasificación de movimientos - Bimanual

Nivel o Clase	Punto de Apoyo	Partes del cuerpo empleados
1	Nudillos	Dedos
2	Muñecas	Manos + dedos
3	Codo	Antebrazo + manos + dedos
4	Hombro	Brazo + antebrazo + manos + dedos
5	Tronco	Torso + brazo + antebrazo + manos + dedos

Fuente OIT (1996)  
Elaboración propia

Tabla 3 Grado de control - Bimanual

Nivel de Control	Aspectos básicos (no excluyentes en c/nivel)
1 Bajo	No hay que mirar Con una mano No interesa el posicionamiento Se cuenta con accesorios de ayuda
2 Medio	Hay que mirar la actividad, máquina, etc. Con las dos manos Con posicionamiento Mezcla de ítems Hay que seleccionar
3 Alto	Hay que observar con detalle Con las dos manos y posicionamiento Hay que clasificar ítems

Fuente OIT (1996)

Elaboración propia

### Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza. En el DOP, ver gráfico 3, se representa únicamente las operaciones e inspecciones, además de los tiempos que implica realizar cada una y las entradas de materiales. Las operaciones ocurren cuando un objeto está siendo modificado en sus características, agregando algo o se está preparando para otra operación, el símbolo que los representa es un círculo. Las inspecciones ocurren cuando es necesario asegurarse que el producto en proceso o terminado cumpla con los requerimientos establecidos, su símbolo es el cuadrado.

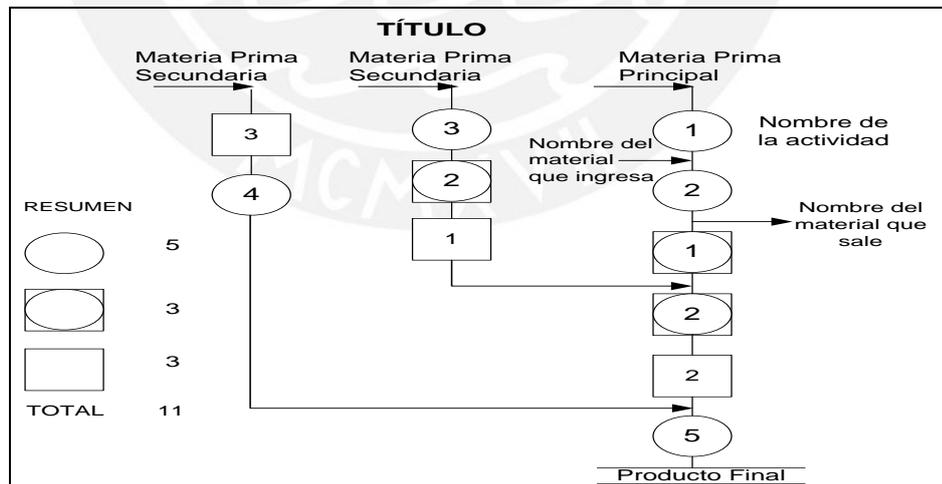


Gráfico 3 Esquema de un DOP

Fuente: OIT (1996)

### Diagrama de Actividades del Proceso (DAP)

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante

símbolos de acuerdo con su naturaleza. A diferencia del DOP en el DAP se representan los transportes, demoras, almacenajes y operaciones combinadas, además de los elementos presentados en el DOP. Los transportes ocurren cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección, son representados por una flecha. Las demoras ocurren cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos retardándose el siguiente paso planeado, son representados por una “D”. Los almacenajes ocurren cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados, son representados por un triángulo invertido.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO					
<b>PROCESO:</b>					
MÉTODO:	Actual <input checked="" type="checkbox"/>	Máquina <input type="checkbox"/>	Material		
	Propuesto <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario <input type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje
	○	→	□	D	▽
	○	→	□	D	▽
	○	→	□	D	▽
	○	→	□	D	▽
	○	→	□	D	▽
	○	→	□	D	▽
RESUMEN	CANTIDAD				

Gráfico 4 Esquema de un DAP  
Fuente: OIT (1996)

### Diagrama de recorrido (DR)

Es un esquema de distribución de planta en un plano bi o tridimensional a escala, que muestra dónde se realizan todas las actividades que aparecen en el DAP. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el DAP. Cuando se desea mostrar el movimiento de más de un material o de una persona que interviene en el proceso en análisis sobre el mismo diagrama, cada uno puede ser identificado por líneas de diferentes colores o de diferentes trazos. Cabe indicar que en este diagrama se pueden hacer dos tipos de análisis: el primero, de seguimiento al hombre, donde se analizan los movimientos

y las actividades de la persona que efectúa la operación. El segundo, de seguimiento a la pieza, el cual analiza las mecanizaciones, los movimientos y las transformaciones que sufre la materia prima.

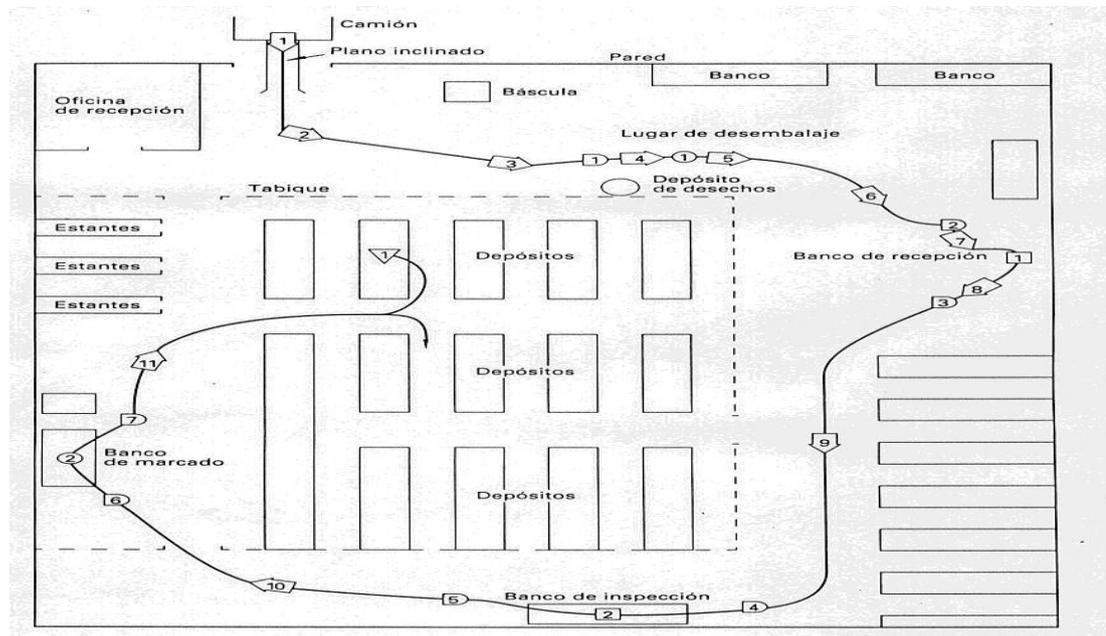


Gráfico 5 Esquema de un DR  
 Fuente: OIT (1996)

### 1.1.5 Metodología para el estudio de tiempos

Existen muchos procedimientos distintos para medir los tiempos de reloj, valorar los factores de ritmo, y determinar los suplementos. Los sistemas más empleados por los industriales son: estimación, datos históricos, muestreo, tiempos predeterminados, empleo de aparatos de medida: el cronometraje. El analista debe elegir el método que le resulte más económico; puesto que por un lado se verifica el costo de la determinación del tiempo estándar, y por otro la economía que le produce su exacta determinación. Para el desarrollo de la investigación aplicaremos el método que requiere el empleo de aparatos de medida, en este caso el cronómetro.

#### Cronometraje:

El cronometraje es el procedimiento más utilizado por las industrias para calcular los tiempos estándar de las diversas tareas. Su determinación se realiza según la conocida expresión:

$$TE = TR \times FR \times (1 + S)$$

Siendo:

TE = tiempo estándar

TR = tiempo de reloj

FR = factor de ritmo

S = suplemento de trabajo

Tenemos por ejemplo una operación cuyo TR= 3 minutos, el FR=110% debido a que el operario analizado es “lento”, además se agregan 30% de suplementos considerado para atender necesidades fisiológicas, por fatiga y por dificultad de operación, entonces S=30%. Por tanto el TE, se calcularía de la siguiente manera:  
 $TE = 3 * 1.1 * (1 + 0.3) = 4.29$  minutos.

La técnica empleada para calcular el tiempo estándar de una tarea determinada consiste en descomponerla en las diversas partes que la forman, denominadas elementos y calcular cada uno de ellos. La suma de los tiempos estándar elementales determina el valor del tiempo de la tarea. Seguiremos el siguiente procedimiento, en orden correlativo.

- Análisis de la tarea.
- Observación y anotación de la información.
- Identificación del trabajo y elección del operario a medir.
- Análisis de las condiciones del puesto Ambientales.
- Máquinas, herramientas, características del material y maquinarias.
- Croquis del puesto.
- Descripción del método y su descomposición en elementos.
- Toma de datos y valoración de ritmos.
- Anotación de tiempos de reloj.
- Cálculo del número de observaciones y recuento de datos.
- Suplementos concedidos y frecuencias.
- Cálculo del tiempo estándar

Antes de comenzar a medir los elementos hay que definir bien el trabajo a cronometrar para que los tiempos estándar calculados sean verdaderos. Es necesario analizar el trabajo con el máximo detalle posible y definir con claridad la operación a medir, el operario que realiza el trabajo, las condiciones existentes, etc. Las condiciones que deben poseer los elementos que constituyen un ciclo de trabajo son las siguientes:

- Deben estar perfectamente definidos su comienzo y su final.
- Deben separarse los elementos manuales de los de la máquina.

- Deben separarse los elementos manuales a máquina parada de los manuales a máquina en marcha.
- Deben separarse los elementos constantes, de los variables y de los extraños, pues cada uno de ellos se calcula e interviene de manera diferente.
- Deben separarse los elementos que precisan distinto coeficiente de descanso, porque este es un factor del tiempo normal y, por lo tanto, modifica el valor del tiempo tipo elemental.
- Deben analizarse todos y cada uno de los elementos que forman el ciclo de trabajo con objeto de mejorar el método de trabajo. Por ello, se estudiará durante varios ciclos, la posibilidad de cambiar herramientas, distancias recorridas, secuencias de los elementos, pasar a interiores algunos exteriores, etc. Procurando siempre, disminuir la duración del ciclo de trabajo.

No se deben cronometrar los elementos una sola vez, porque podría resultar erróneo el tiempo calculado. A pesar de la buena voluntad que puedan poner el operario y el cronometrador para que se ejecuten los procesos de la misma manera, siempre pueden existir causas naturales que pueden modificarlos. Entonces el cálculo adecuado del tiempo estándar, exige por lo tanto medir con exactitud los tiempos de reloj, calcular con precisión las actividades o ritmos, y realizar el número de mediciones necesarias.

Si se tienen dos operarios que realizan la misma tarea y se les cronometra, probablemente se obtengan tiempos distintos para cada uno de ellos. Si se hace la suposición de que uno es rápido y el otro lento, ¿cuál sería el tiempo justo? Ninguno, ya que el tiempo del operario rápido sería corto para los restantes operarios, y el tiempo del operario lento no sería justo para la Empresa. *MEYERS (2000)*. Se necesitará, por tanto, introducir alguna corrección para referir en ambos casos el tiempo empleado, al que precisaría un operario medio. A esta corrección se le denomina Factor Ritmo.

Como es natural, el número de veces que se debe tomar cada uno de los elementos depende de la precisión y del error con el que se desea calcular el tiempo representativo. Entre los procedimientos más utilizados se encuentran el empleo de tablas, media aritmética, fórmulas estadísticas, triángulo de frecuencias, ordenador. Existen paradas registradas en el cronometraje que son totalmente necesarias en el trabajo porque el trabajador, por ser humano, necesita reponerse de la fatiga que le produce el trabajo; precisa atender las necesidades personales;

etc. y a veces, realizar una serie de tareas complementarias como son: rellenar hojas de trabajo, consultar planos, preparar herramientas, etc. Todas estas actividades denominadas complementarias, aunque necesarias, son totalmente ajenas a la ejecución de la tarea en sí.

Los diversos suplementos que se deben considerar al cronometrar suelen dividirse en suplementos por fatiga, suplementos por necesidades personales y suplementos por ocupaciones accesorias (revisar planos, preparar herramientas, rellenar hojas de trabajo, etc.). Entonces el tiempo suplementario necesario para los descansos y tareas complementarias, se valoran en un porcentaje (S) del tiempo normal.

El concepto de frecuencias señala las veces que un elemento interviene en el ciclo de trabajo, dato necesario si se quiere determinar bien un tiempo de trabajo. El tiempo total de un ciclo de trabajo viene dado por la suma de los tiempos parciales de cada uno de los elementos, multiplicados cada uno de ellos por un factor que tenga en cuenta su repetición o frecuencia dentro de dicho ciclo. Finalmente, obtenidos los tiempos normales de cada uno de los elementos en que se ha dividido el trabajo, calculados los suplementos de trabajo (S) y determinada la frecuencia de cada elemento (F), respecto a la unidad que queremos medir, el tiempo estándar elemental viene dado por:

$$TE_i = TN_i * (1 + S_i) * F_i$$

El tiempo estándar del ciclo de la unidad considerada, es la suma de los tiempos estándar elementales, debidamente ponderados, de cada uno de los  $n$  elementos en que se ha descompuesto.

Producción exigible es la calculada dividiendo el número de unidades que tiene la hora, por la duración del ciclo (medido en esas mismas unidades). Producción óptima es la máxima que puede realizar un operario, si sigue el método señalado en el cronometraje.

### 1.1.6 Metodología para la aplicación de las 5 S

Para el desarrollo de la investigación, respecto a la aplicación de la metodología de las 5S, haremos uso de listas de chequeo (*checklists*) para conocer y representar mediante fotografías los ambientes de trabajo. Para hacer uso de dichas listas, se debe conocer detalladamente los elementos que corresponden a cada ambiente de trabajo del proceso crítico, para realizar una evaluación adecuada.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 Caso de estudio

#### 2.1.1 Sector económico

Según el caso de estudio, la empresa, describe un tipo de actividad económica de manufactura, relacionado a la transformación física de la materia prima para la obtención de los productos que se ofrecen a los clientes que pertenecen al mismo sector económico.

El tipo de actividad de la empresa está contenida en la fabricación de carrocerías para vehículos automotores; fabricación de remolques y semirremolques, que incluye el equipamiento de todo tipo de vehículos automotores; según la clasificación CIUU. Específicamente, la empresa se dedica a la fabricación completa de todas las piezas y accesorios necesarios para el ensamblaje de mototaxis.

#### 2.1.2 Clientes y productos principales

##### Clientes

El principal cliente de la empresa es una empresa reconocida a nivel nacional, que entre una de sus principales actividades maneja la venta de mototaxis a nivel nacional. Es necesario mencionar que se atiende a su sucursal en la capital y a su sucursal en la región selva del país.

A la sucursal en la capital se le abastece las piezas y accesorios necesarios para la obtención final de los mototaxis. La empresa, no es su único proveedor, sin embargo es el principal, puesto que abarca aproximadamente un 85 % de los productos que demanda ésta última. A diferencia de la sucursal en la capital, a la sucursal ubicada en la región selva del país, se le abastece todos los accesorios y piezas, excepto las estructuras metálicas, es decir, toldos, cobertores superiores e inferiores, guardafangos, y todos los pernos y arandelas necesarios.

##### Productos principales

###### ➤ Estructura chasis para mototaxi

Es el producto más representativo de la empresa, ya que para su producción es necesario emplear casi todas las operaciones que realiza la planta metalmecánica, y es el producto que tiene la mayor demanda.

### ➤ Estructura techo para mototaxi

También es fabricado en la planta metalmecánica, es el producto que tiene una demanda similar a la del chasis, su proceso de producción es más simple.

A continuación presentamos la lista total de productos:

- Contraejes.
- Toldos para Mototaxi.
- Cobertores para Mototaxi.
- Kit asiento espaldar para Mototaxi.
- Kit de pisos para Mototaxi.
- Kit ramal auxiliar para Mototaxi.
- Asiento piloto para Mototaxi.
- Espaldar asiento piloto para Mototaxi.
- Carenado metálico para Mototaxi.
- Parachoques posterior para Mototaxi.
- Varilla central de freno para Mototaxi.
- Tapas laterales para Mototaxi.
- Guardafangos para Mototaxi.
- Chasis para Mototaxi.
- Estructura de techo para Mototaxi.
- Kits de chacareros.

### 2.1.3 Perfil organizacional y principios empresariales

#### Misión

Ofrecer a sus clientes piezas y accesorios de calidad con los precios competitivos, utilizando tecnología y sistema de fabricación modernos y seguros procurando siempre que nuestras actividades respeten el medio ambiente, buscando una operación eficiente y productiva que permita la satisfacción de empleados y el beneficio necesario de la empresa para el cumplimiento de sus compromisos con sus acreedores, proveedores, etc.

#### Visión

Lograr consolidarse como la empresa más importante en la fabricación de las piezas y accesorios para mototaxis, generando empleo, crecimiento y desarrollo sostenible.

### **Valores empresariales**

La responsabilidad es el principal valor que la empresa trata de difundir a todo su personal, ya que se piensa que mediante el cumplimiento de este valor el éxito total de la empresa se verá cada vez más cercano.

Existe un compromiso concienzudo referido al respeto del medio ambiente; el respeto entre todo el personal es fundamental y necesario para establecer buenas relaciones de trabajo y componer el clima y cultura organizacionales adecuados a los objetivos de la empresa.

### **Políticas**

El uso de celulares en los turnos de trabajo por parte de los operarios está estrictamente prohibido. No se otorgan permisos improvisados, a menos que el motivo sea sumamente urgente.

#### **2.1.4 Entidades participantes en el modelo de negocios**

Los participantes del modelo de negocios de la Empresa, son los siguientes:

- Clientes.
- Proveedores.
- Competencia.
- Instituciones.
- Entidades del Estado.

A continuación procedemos a presentar el mapa relacional del negocio, cuyos participantes son las entidades descritas anteriormente.

### 2.1.5 Mapa relacional del negocio

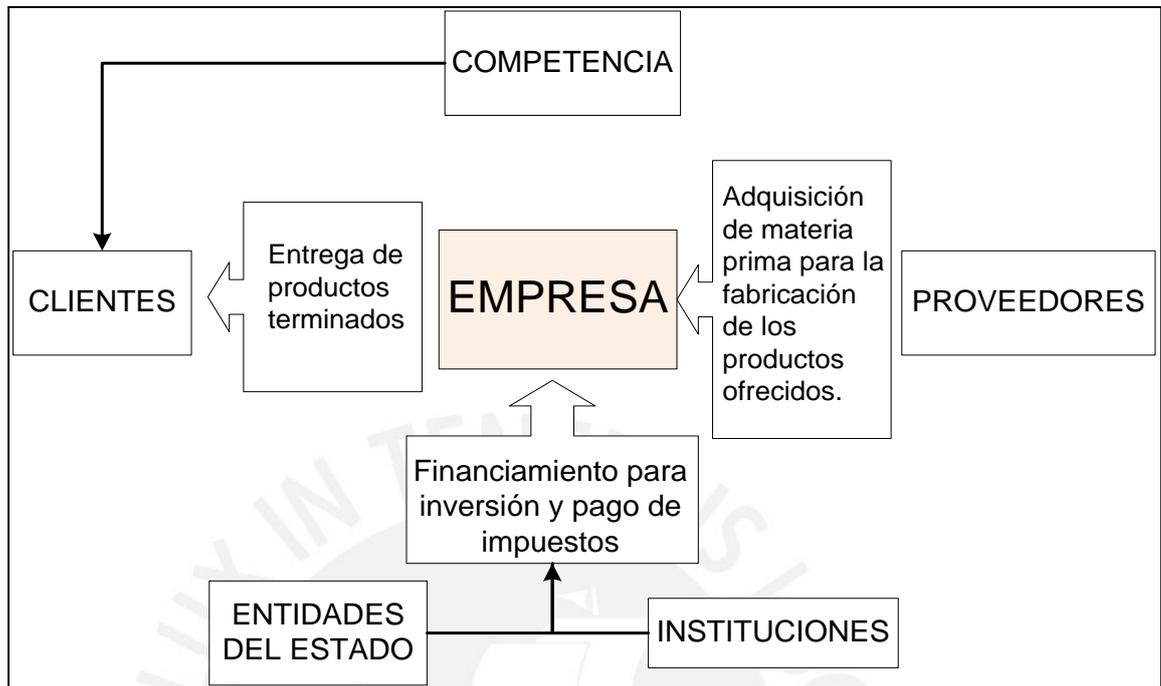


Gráfico 6 Mapa relacional de la empresa  
Elaboración propia

La empresa cuenta con una serie de proveedores, que abastecen a la misma, desde plásticos para la producción del kit de costura de los mototaxis, tubos y platinas para la producción de las estructuras de mototaxi, hasta elementos eléctricos para el ensamblaje final de los mismos

Asimismo, se ubican entidades del estado quienes se encargan de la recaudación de impuestos y de la fiscalización y evaluación de la empresa. Se tiene también a las instituciones necesarias para el financiamiento para la adquisición de nuevas maquinarias, o como medio de pago a los operarios.

La competencia constante, que abarca un 15% aproximadamente de la demanda del cliente, al cual atiende exclusivamente la Empresa.

Asimismo tenemos a los clientes exclusivos de la Empresa, a quienes se les atiende aproximadamente el 85% de su demanda. Abasteciéndoles las diversas partes y componentes de mototaxis requeridos para el ensamblaje final.

**2.1.6 Organización y recursos humanos  
Definición de áreas y unidades orgánicas.**

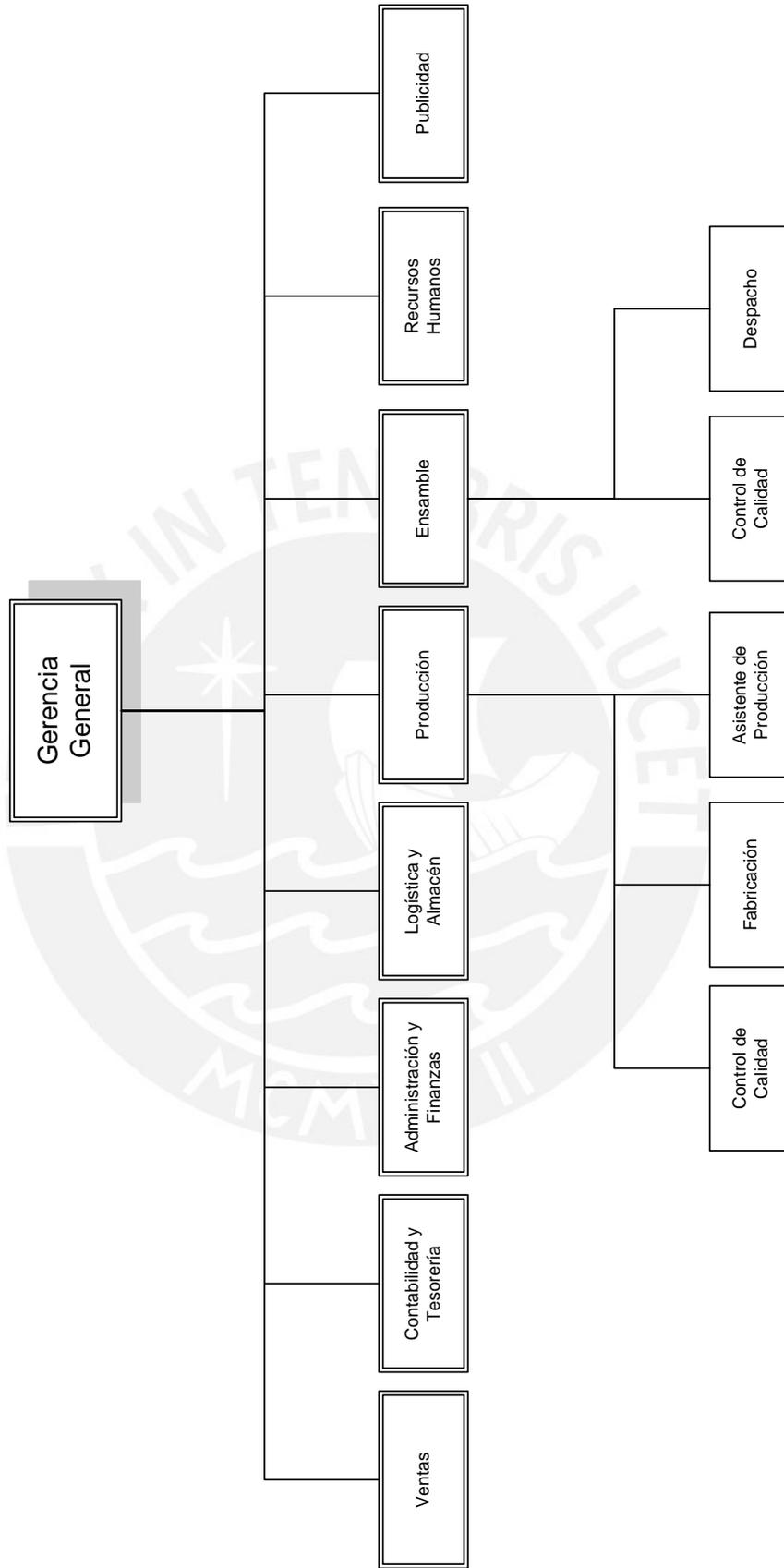


Gráfico 7 Organigrama de la empresa  
Fuente: Departamento de producción (2011)

**Gerencia general**

Encargada de dirigir y controlar todas las áreas de la empresa, a manera global, coordina reuniones con los jefes de cada área. Asimismo, vela por el cumplimiento de las metas a corto y largo plazo, y los objetivos anuales. Supervisa los estados financieros y su cumplimiento.

**Jefatura de ventas**

Encargada de captar clientes y de negociar las condiciones de venta. Realiza el estudio de mercado y la planificación comercial. Es el responsable por el cumplimiento de ventas determinadas en un cierto periodo de tiempo.

**Jefatura de publicidad**

Encargada de crear una imagen atractiva del producto, resaltando las ventajas o diferencias con los productos de la competencia.

**Jefatura de contabilidad y tesorería**

Encargada de la elaboración de los estados financieros y del cálculo de los costos de producción, asimismo de la elaboración de presupuestos. Administran el dinero.

**Jefatura de administración y finanzas**

Encargada de proyectar los estados financieros, supervisar el adecuado registro contable, y del flujo de caja. Evalúan la rentabilidad de la empresa, aspectos económicos financieros que intervengan en los contratos con los proveedores.

**Jefatura de logística y almacén**

Encargada de las compras de los insumos y negociar con los proveedores para la compra de cantidades específicas, en determinados periodos de tiempo. Trabajan de la mano con el área de producción. Encargada de la distribución y despacho.

**Jefatura de producción:**

Encargada de supervisar el proceso de elaboración de las piezas: corte, doblado, torneado, rolado y soldadura, asimismo del control de calidad, para garantizar la calidad alta del producto.

**Jefatura de ensamble**

Encargada tanto del control de calidad durante el ensamblaje de las partes como del despacho de los productos terminados a la planta final de accesorios.

**Jefatura de recursos humanos:**

Encargada de mejorar y mantener las relaciones humanas mediante la motivación del personal y favoreciendo un buen clima laboral, asimismo programa encuentros deportivos semanales con todo el personal de la planta.

De acuerdo al enfoque utilizado por Mintzberg, podemos observar, luego de definir las diferentes partes del organigrama, que la organización sugiere una estructura como burocracia mecánica; pues la organización presenta una centralización vertical, con la autoridad formal en la cúspide, en este caso representado por la gerencia general.

Adicionalmente se enfatiza en la estandarización del trabajo, donde se prevé de muchos analistas para mantener y diseñar los sistemas de estandarización necesarios. Se caracteriza, porque el trabajo realizado por los operarios es repetitivo y embrutecedor, donde existe una obsesión por el control. Las máquinas en la planta de producción han sido instaladas para propósitos específicos.

**2.1.7 Descripción de los procesos de producción****Corte**

Tubos de fierro y de acero de diversos diámetros y espesores apilados son cortados por un serrucho semi-automático. Estos están separados por las medidas de sus diámetros respectivos, y mientras se realiza el cortado un líquido refrigerante es vertido por la zona de corte para lubricar dicha zona y lograr que el corte deje superficies lisas. Además, se realiza el corte de perfiles V metálicos que complementan a los tubos, así mismo, se realiza el corte de ejes macizos.

**Habilitado**

Para esta operación se cuenta con una roladora semi-automática y varias dobladoras manuales que se encarga de darle el doblado deseado a ciertos tubos y ejes macizos los cuales requieren de esa característica para la conformación de las armaduras. En el caso de las planchas, estas requieren de una prensa que regularice su superficie.

**Soldadura**

Los tubos son soldados con máquinas de soldar sobre mesas acondicionadas para cada pieza metálica, a estas mesas especiales se les atribuye la denominación de

“machinas”. Estas mesas tienen la característica de poseer moldes con las medidas estándares de las estructuras para facilitar la soldadura.

### **Prensado**

Para esta operación se cuenta con tres máquinas automáticas para prensado, principalmente son las platinas las que pasan por este proceso, de aquí se desprenden muchas mermas que luego han de ser reutilizadas.

### **Armado de cajas**

Engloba una serie de operaciones y procesos con el objetivo de conformar las cajas NLP. El contenido de estas cajas está compuesto por kits de pernería, arandelas, capuchones. Así como también de elementos necesarios para el ensamble final de los mototaxis, tales como los espejos, cadenas de arrastre, faros, guardafangos, etc.

### **Tapicería**

Tapicería, engloba una serie de procesos y operaciones tales como el enfundado, estampado, etc. Que conjuntamente se realizan con el objetivo de producir los kits de tapicería (espaldar de piloto, espaldar de asiento de pasajero, etc.).

#### **2.1.8 El proceso principal**

Debido a que la empresa fabrica los diferentes tipos de productos necesarios para la obtención final de los mototaxis entonces definimos como proceso principal el utilizado para la fabricación del chasis de mototaxi, ya que este engloba la mayoría de los procesos que realiza la empresa.

Dicho proceso comienza con el almacenamiento de la materia prima requerida, lo que sería para este producto los tubos de acero y las platinas metálicas.

Dichos materiales pasan por las diferentes áreas de transformación (corte, soldadura, doblado, prensado, etc.) hasta que llegan a unirse en el área de soldadura, para la posterior obtención del chasis de mototaxi, que es almacenado en un área exclusiva para dicho producto, denominado almacén de chasis.

A continuación, en el gráfico 8, presentamos el proceso principal mediante un DAP y su correspondiente DR. Para el caso del DR, 1 cm=1.44m.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESO												
Proceso: Fabricación de la estructura chasis												
METODO:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	Actual	Propuesto	Máquina	Material	Operario							
Descripción						Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenamiento	Tiempo Estimado (minutos)	Distancias (metros)
Los tubos y platinas se almacenan en almacén de materia prima						○	⇨	□	▷	▽	1	5
Los tubos se llevan al área de corte de tubo de acero.						○	⇨	□	▷	▽	0.75	6
Se verifica que los tubos no presenten defectos						○	⇨	□	▷	▽	3	2
Se cortan.						○	⇨	□	▷	▽	5.5	1
Existe una demora parcial, debido a la velocidad del corte de tubos						○	⇨	□	▷	▽	3	0
Se transportan al área de doblado y rolado						○	⇨	□	▷	▽	1	8
Los tubos son rolados						○	⇨	□	▷	▽	2.5	0
Los tubos son doblados						○	⇨	□	▷	▽	2	0
Son transportado hacia el área de soldadura						○	⇨	□	▷	▽	1.33	20
Se realiza el primer soldado, denominado "base"						○	⇨	□	▷	▽	8	0
Se adhiere el perno amortiguador y se suelda a la base						○	⇨	□	▷	▽	3.5	2
Se verifica que el perno amortiguador tenga el diámetro correcto						○	⇨	□	▷	▽	1	0
Se realiza el siguiente soldado denominado "DIS principal"						○	⇨	□	▷	▽	16	1
Las platinas se llevan hacia el área de prensado						○	⇨	□	▷	▽	1	15
Son prensadas						○	⇨	□	▷	▽	0.5	0
Se transportan al área de soldadura para adherirse al DIS principal						○	⇨	□	▷	▽	1.2	20
Se suelda las platinas con el DIS principal, obteniéndose el chasis						○	⇨	□	▷	▽	8	0
Se realiza el soldado final, sirve de acabado para el chasis						○	⇨	□	▷	▽	11	4
Existe un retraso debido a la velocidad de soldado.						○	⇨	□	▷	▽	2	0
Se corrobora de que la estructura metálica no tenga defectos						○	⇨	□	▷	▽	3	0
El chasis se traslada al almacén de chasis						○	⇨	□	▷	▽	2.5	8
Son almacenados dispuestos para su entrega.						○	⇨	□	▷	▽	0.75	0
RESUMEN		CANTIDAD				9	6	3	2	2	78.53	92

Gráfico 8 DAP del chasis  
Elaboración propia

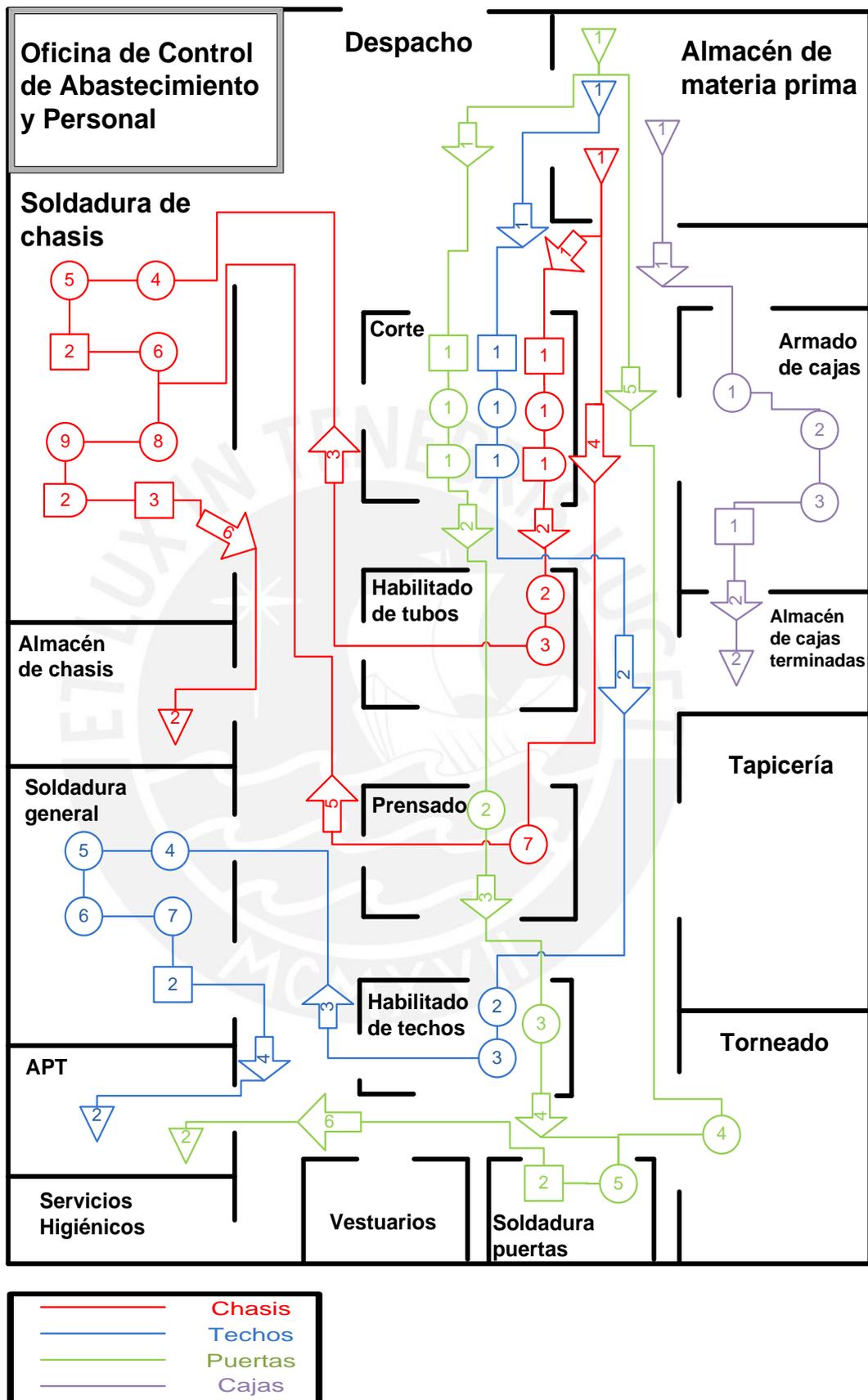


Gráfico 9 Diagrama de recorrido de la producción del chasis  
Elaboración propia

### Niveles de producción del proceso principal.

- **Capacidad de Producción Nominal**

De acuerdo a un análisis exhaustivo, y con una balance de línea establecido. Se pudo determinar que la capacidad de la planta es de 25 chasis producidos por cada día laborable de 8 horas de trabajo sin interrupciones del tipo de paro de material, paro de máquina, retraso del operario, etc.

- **Capacidad de producción real**

Tomaremos como referencia los últimos 30 días para analizar la capacidad de producción real de la planta.

Tabla 4 Registro de la producción de chasis en los últimos 30 días

Día	# Chasis producidos	Día	# Chasis producidos	Día	# Chasis producidos	
1	23	11	24	21	23	
2	20	12	22	22	24	
3	22	13	21	23	25	
4	25	14	24	24	21	
5	20	15	23	25	22	
6	21	16	22	26	23	
7	22	17	24	27	21	
8	23	18	22	28	24	
9	24	19	21	29	21	
10	22	20	27	30	21	
					<b>Máximo</b>	<b>27</b>
					<b>Mínimo</b>	<b>20</b>
					<b>Promedio</b>	<b>22.57</b>

Elaboración propia

### 2.1.9 Instalaciones y medios operativos

#### Planta o fábrica y edificaciones

La empresa cuenta con una planta principal denominada también como departamento de metalmecánica, en esta planta se realizan todos los procesos de transformación de las estructuras metálicas (chasis, estructura de techo, parachoques, contraejes, puertas, etc.), excepto el carenado metálico. Adicionalmente cuenta con una segunda planta de menor extensión. Que engloba a las oficinas administrativas, al área de costura, al de fabricación del carenado metálico, y al de lavado y limpieza de las estructuras metálicas.

#### Tipo de Distribución

Cuenta con una distribución de planta por proceso. Cabe resaltar, que en su mayoría la empresa elabora los productos por pedido, es decir, fabrican los productos cuando los clientes los solicitan y hacen el pedido.

Cuando la materia prima es recibida por la empresa de parte de sus proveedores (en su mayoría son grandes tubos y platinas de acero de distintas características), ésta es almacenada en un lugar preferentemente cercano al área de corte, puesto que de todas las operaciones realizadas en la planta, en primer lugar se encuentra la operación de corte. Generalmente las estructuras metálicas producidas por la empresa, son de un tamaño considerable y requieren de más de un proceso de mecanizado (ya sea torneado, taladrado, corte, doblado o soldadura). Las máquinas necesarias para realizar dichos procesos de mecanizado ya tienen una ubicación fija e inamovible y para su manejo la empresa cuenta con personal especializado.

La ubicación de las máquinas de mecanizado es tal cual las distancias de recorrido del material no son muy largas, pues dichas máquinas y los equipos y herramientas necesarias se agrupan en un área común. Los tiempos requeridos para las diversas operaciones varían de acuerdo al producto deseado. En ocasiones se emplea demasiado tiempo en fabricar un producto, y en otras la fabricación es casi instantánea.

### **Maquinaria**

Procedemos a enlistar la maquinaria existente en la planta principal:

- Tres máquinas de corte semiautomáticas
- Tres taladros de columna
- Tres dobladoras de tubo manual.
- Dos esmeriladores doble automáticos.
- Once máquinas para soldadura.
- Once dispositivos especiales (machinas) para facilitar la soldadura.
- Dos roladoras semiautomáticas.
- Tres máquinas automáticas para prensado.
- Tres tornos paralelos horizontales.

## CAPÍTULO 3

### 3.1 Selección y diagnóstico del proceso crítico

#### 3.1.1 Consideraciones generales

Para proceder a seleccionar y diagnosticar el proceso crítico, haremos uso de diagramas de Pareto. Analizaremos a los productos más importantes, de los cuales presentaremos su demanda, capacidad de producción, etc. Es necesario mencionar, que realizaremos el análisis en base a los últimos seis meses, ya que se cuenta con la información necesaria durante ese periodo y además se cree que es un periodo relativamente adecuado. Presentamos, en la tabla 5, la demanda de los productos en el último periodo de seis meses:

Tabla 5 Demanda de productos en los últimos 6 meses

DEMANDA DEL CLIENTE (unidades)							
Ítem	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	TOTAL
Estructura chasis	559	548	536	530	530	589	3292
Estructura techo	353	324	383	324	383	353	2120
Estructura parachoque	530	471	442	383	430	489	2745
Estructura puertas	648	630	618	589	624	642	3751
Kit de costura	177	206	218	212	206	206	1225
Carenado metálico	412	471	442	430	453	448	2656
Kit de tapicería	177	206	218	212	206	206	1225
Caja NLP	589	765	706	630	677	648	4015

Elaboración propia

De la tabla anterior, podemos verificar que el producto caja NLP es el que posee una mayor demanda, respecto a los otros productos; y los productos kit de costura y kit de tapicería los que poseen menor cantidad de demanda.

Tabla 6 Producción en los últimos 6 meses

DEMANDA ATENDIDA (unidades)							
Ítem	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	TOTAL
Estructura chasis	475	465	455	450	450	500	2795
Estructura techo	300	275	325	275	325	300	1800
Estructura parachoque	450	400	375	325	365	415	2330
Estructura puertas	550	535	525	500	530	545	3185
Kit de costura	150	175	185	180	175	175	1040
Carenado metálico	350	400	375	365	385	380	2255
Kit de tapicería	150	175	185	180	175	175	1040
Caja NLP	500	650	600	535	575	550	3410

Fuente: Informe producción de la empresa (2011)

Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de las tablas 5 y 6, podemos verificar que para cada producto, hay una porción de la demanda que no ha sido satisfecha por

la empresa durante el periodo establecido. Podemos suponer que la empresa no satisface la demanda, en su totalidad, debido a problemas ocasionados por:

- Insuficiente capacidad de producción.
- Excesivas cantidades de productos defectuosos.
- Pérdida de tiempo por reprocesos.
- Métodos de trabajo y diseño de puestos inadecuados.

Para corroborar los supuestos y complementar el estudio, presentamos a continuación, en la tabla 7, la capacidad de producción máxima de cada producto en la empresa, con la finalidad de verificar la cantidad de capacidad que no se aprovecha:

Tabla 7 Capacidad de producción

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (unidades)					
Ítem	Capacidad mensual	Capacidad semestral	Producción semestral	Producción perdida	Capacidad desaprovechada
Estructura chasis	550	3300	2795	505	15%
Estructura techo	396	2376	1800	576	24%
Estructura parachoque	418	2508	2330	178	7%
Estructura puertas	550	3300	3185	115	3%
Kit de costura	220	1320	1040	280	21%
Carenado metálico	396	2376	2255	121	5%
Kit de tapicería	220	1320	1040	280	21%
Caja NLP	616	3696	3410	286	8%

Fuente: Informe producción de la empresa (2011)

Elaboración propia

Concorde a los resultados obtenidos de la tabla 7, podemos observar que la capacidad de producción nominal de la empresa, para los productos elegidos, es mayor a la producción real, entonces podemos concluir, que la demanda de dichos productos no se ha podido satisfacer no por insuficiencia de la capacidad de producción, sino por problemas originados por la organización del trabajo. El producto estructura techo es quien posee el mayor porcentaje de capacidad desaprovechada.

### 3.1.2 Selección del proceso crítico

Con el objetivo de determinar el proceso crítico, para obtener un resultado más ajustado a la realidad y más preciso, es necesario representar las producciones perdidas de cada proceso en función de una misma unidad. La unidad en común que utilizaremos para este caso, será la utilidad perdida que se genera debido a la

producción perdida por cada producto. Es decir, representaremos la utilidad unitaria de cada producto, y finalmente la utilidad que la empresa deja de percibir. Entonces, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 8 Utilidad perdida

Ítem	Producción perdida	Utilidad unitaria (\$)	Utilidad perdida (\$)	Frec. Acumulada
<b>Estructura chasis</b>	505	8.2	4141	34%
<b>Estructura techo</b>	576	4.45	2563.2	54%
<b>Kit de tapicería</b>	280	7.83	2192.4	72%
<b>Caja NLP</b>	286	3.55	1015.3	80%
<b>Kit de costura</b>	280	3.27	915.6	88%
<b>Carenado metálico</b>	121	5.65	683.65	93%
<b>Estructura parachoque</b>	178	3.61	642.58	98%
<b>Estructura puertas</b>	115	1.78	204.7	100%

Elaboración propia

A partir de los datos de la tabla 9, procederemos a generar el diagrama de Pareto:

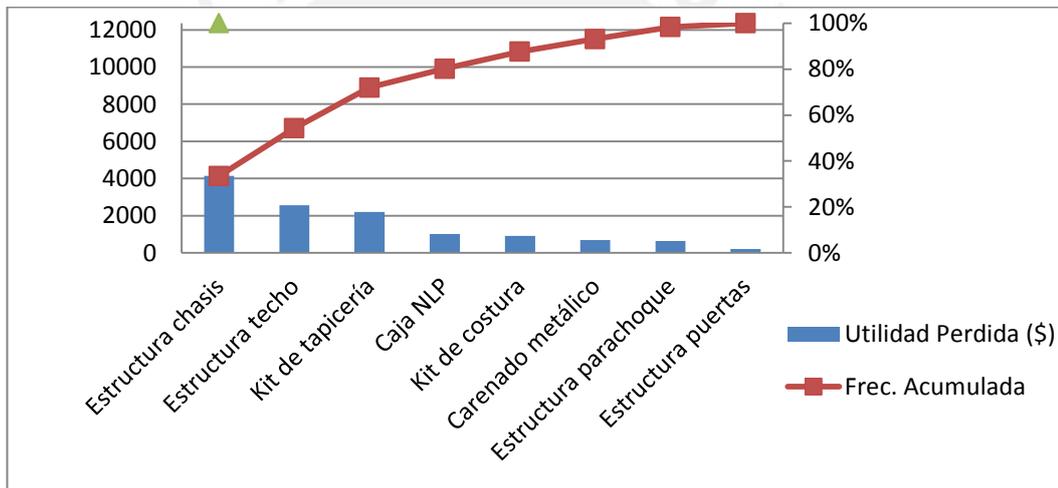


Gráfico 10 Diagrama Pareto – Utilidad perdida  
Elaboración propia

Podemos observar, del gráfico 10 y de la tabla 9, que los productos estructura chasis, estructura techo y kit de tapicería, son quienes generan una mayor utilidad perdida, debido a la capacidad de producción desaprovechada.

Finalmente, podemos concluir que el proceso crítico es la fabricación del producto estructura chasis, por ser tal que la utilidad perdida es más crítica respecto a los demás productos. Entonces, el desarrollo siguiente de la investigación, se centrará fundamentalmente en el proceso crítico, es decir que las evaluaciones y estudios propuestos en la investigación se realizarán sobre la fabricación de estructuras chasis. Asimismo, hemos podido verificar que existe capacidad inutilizada, razón por la cual no se ha logrado satisfacer la demanda en un mayor porcentaje.

### 3.1.3 Diagnóstico del proceso crítico

Tabla 9 Diagnóstico del proceso crítico

TIPO	DESCRIPCIÓN	Suciedad	Desorganización	Mala seguridad	Mermas	Desperdicios	Mala postura	Sin estándares	Malas Herramientas	Entregas tardías
Operaciones	Se cortan los tubos.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Los tubos son rolados	X	X		X			X		X
	Los tubos son doblados	X	X		X			X		X
	Se realiza el soldado denominado "base"	X				X	X	X		X
	Se suelda el perno amortiguador	X				X		X		
	Soldado denominado "DIS principal"	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Las platinas son prensadas	X	X	X	X	X		X		
	Se suelda las platinas con el DIS principal	X	X			X		X		
	Se realiza el soldado final	X	X		X	X	X	X	X	X
Transportes	Los tubos se llevan al área de corte.		X	X			X	X	X	
	Se transportan al área de doblado y rolado	X	X					X		
	Tubos hacia el área de soldadura		X				X	X		X
	Las platinas hacia el área de prensado	X	X				X	X		
	Se transportan al área de soldadura		X					X		X
	El chasis se traslada al almacén de chasis	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspecciones	Verificación de defectos de tubos	X	X				X	X	X	X
	Se verifica el perno amortiguador		X					X		
	Se corrobora la estructura metálica	X					X	X	X	X
Almacenamientos	Los tubos y platinas se almacenan	X	X	X	X		X	X	X	X
	Almacenamiento de chasis							X		
Esperas o Demoras	Demora parcial, por velocidad del corte.	X	X	X	X		X	X	X	X
	Retraso debido a la velocidad de soldado.	X						X		
<b>RESUMEN DE PROBLEMAS OBSERVADOS</b>		<b>17</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
<b>% DE PROBLEMAS OBSERVADOS</b>		<b>77%</b>	<b>77%</b>	<b>32%</b>	<b>41%</b>	<b>36%</b>	<b>55%</b>	<b>100%</b>	<b>41%</b>	<b>59%</b>

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, podemos verificar que se observan problemas respecto a suciedad, desorganización, posturas inadecuadas, falta de estándares de trabajo y entregas tardías, mostrando un porcentaje alto. Entonces de acuerdo a la tabla anterior, podemos corroborar que la capacidad de producción desaprovechada de estructuras de chasis, manifestado en utilidad perdida; se debe principalmente a problemas de organización del trabajo, organización y diseño de los puestos de trabajo y falta de estándares de trabajo. Lo que justifica y sustenta la aplicación de la metodología de las 5S como inicio o base de todo programa de mejora pues su enfoque es simple y los resultados poderosos y la aplicación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la productividad de los procesos.

A continuación desarrollamos el diagnóstico del proceso crítico a partir de un análisis de los siguientes aspectos y factores:

- Proceso y secuencia.
- Desplazamientos y espacios.
- Puntos de control.
- Control del proceso.
- Pérdidas.
- Tiempos de trabajo.
- Métodos de trabajo.
- Seguridad.

### **Análisis del DAP de la estructura chasis (ver gráfico 8 Pág. 23)**

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemáticos TIS:

#### **Propósito:**

##### **¿Qué se hace?**

Se fabrica la estructura de chasis de mototaxi.

##### **¿Por qué se hace?**

Con la finalidad de continuar con el proceso de conformar el esqueleto del mototaxi y ensamblarlo, así continuar con el flujo del proceso de toda la planta

##### **¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Se podría tercerizar su fabricación, teniendo que tercerizar todas las operaciones para aprovechar el flujo, quedando la planta actual con capacidad disponible.

##### **¿Qué debería hacerse?**

Mejorar el proceso de fabricación del chasis en la misma planta, para poder satisfacer la demanda de los procesos continuos. Esto facilitaría el proceso, debido a que se podría ajustar continuamente la cantidad de piezas para el proceso.

#### **Lugar:**

##### **¿Dónde se hace?**

Se realiza en la planta metalmecánica de la empresa, en diferentes zonas destinadas para su ejecución.

##### **¿Por qué se hace allí?**

De acuerdo al flujo de los procesos y de los materiales se realiza en dicho lugar, para continuar con los procesos de fabricación de mototaxis.

**¿En qué otro lugar podría hacerse?**

De acuerdo al flujo del proceso, el lugar destinado es adecuado. Se podría pensar en adquirir una nueva planta y realizar una nueva distribución física.

**¿Dónde debería hacerse?**

Se debe seguir realizándose en el mismo ambiente.

**Sucesión:****¿Cuándo se hace?**

Se realiza todos los días en la planta metalmecánica, junto a las demás partes.

**¿Por qué se hace entonces?**

Porque de esa manera, se cumple con el flujo continuo para la obtención del esqueleto del mototaxi. Sin embargo, por diferencias de tiempo de ejecución y cantidad demandada con los demás componentes, se verifica inventario en exceso.

**¿Cuándo podría hacerse?**

Se podría verificar la forma de realizar el proceso con un periodo de tiempo de anticipación 24 horas para reducir el inventario de productos terminados

**¿Cuándo debería hacerse?**

Este proceso debe realizarse inmediatamente se hayan habilitado los elementos para su ejecución, y cuando se haya recibido la orden de producción. De esta manera se podría reducir el exceso de tiempo que se muestra.

**Persona:****¿Quién lo hace?**

Lo realizan los principales trabajadores de la empresa, son las personas más capacitadas e idóneas para ejecutar dicha labor.

**¿Por qué lo hace esa persona?**

Dicho proceso requiere de personal calificado y capacitado para su ejecución, puesto que es de gran importancia dentro de los procesos de la empresa.

**¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Por la dificultad de los procesos, sería necesario contratar personal con estudios en soldadura y experiencia previa en manejo de herramientas y máquinas.

### **¿Quién debería hacerlo?**

Deben seguir siendo ellos mismos quienes realicen dicha labor ya que cuentan con experiencia valiosa, siendo esta una ventaja valiosa para la empresa.

### **Medios:**

#### **¿Cómo se hace?**

Se inicia con el habilitado de la materia prima (tubos y platinas). Pasando luego por procesos de rolado y doblado de los tubos, las platinas son prensadas. Posteriormente dichos materiales son unidos mediante procesos de soldadura.

#### **¿Por qué se hace de ese modo?**

Para continuar con el flujo correcto del proceso. Se obtienen las dimensiones requeridas del chasis, asegurándose la calidad del producto, y evitando que se rechace el producto ya sea en las operaciones posteriores o por el cliente.

#### **¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría pensar en rediseñar el producto, reduciendo los materiales y la cantidad de operaciones. La tercerización de productos intermedios sería otra alternativa.

#### **¿Cómo debería hacerse?**

El rediseño del producto demanda costos y tiempos excesivos, perdiéndose el know-how del diseño actual. Se debe insistir en el rediseño de los puestos de trabajo y el establecimiento de normas de trabajo.

Respecto al DAP (Gráfico 8 Pág. 23), podemos visualizar que existen síntomas de improductividad, puesto que verificamos la existencia de esperas o demoras, principalmente por la reducida velocidad de corte y soldadura final, esto se puede reducir y en el mejor de los casos eliminar, analizando dichas secuencias. Asimismo podemos observar que existen procesos de inspección, siendo la verificación del diámetro del perno amortiguador, y de los tubos traídos por el proveedor las que son innecesarias, ya que el proveedor debe ser el responsable de entregar dicho material con las características adecuadas, sin la presencia de defectos que perjudiquen el proceso de fabricación.

#### **Análisis del DR de la fabricación de partes de mototaxi (ver gráfico 9 Pág. 24).**

Presenta síntomas de improductividad, por ejemplo al terminar de habilitar los materiales para la estructura chasis es necesario recorrer una distancia excesiva

para ejecutar la operación de soldadura siguiente. Lo mismo sucede al trasladar las platinas del prensado hacia la soldadura. Se puede verificar, congestionamientos, con los procesos de fabricación de la estructura techo y la estructura puerta, debido a que las operaciones de corte y habilitado de dichos procesos se realizan en la misma zona que para el chasis, manifestándose en pérdidas de tiempo. Debido a que las áreas están delimitadas únicamente por líneas de seguridad, y por paneles, no se verifican problemas por mal uso de puertas (entradas y salidas). Tampoco se verifican problemas por idas y vueltas de acuerdo a la secuencia definida en el DAP. Finalmente podemos concluir que el flujo no es adecuado, debido al congestionamiento de algunas rutas, y distancias excesivas recorridas, se podría pensar en una redistribución de planta.

### Indicadores de rendimiento del proceso principal

La empresa maneja principalmente un indicador de productividad basado en la cantidad de productos que fabrican en un determinado intervalo de tiempo.

$$\text{Indicador de producción semanal} = \frac{\text{Unidades\_producidas}}{\text{Semana}}$$

La utilización de este único indicador es inaceptable, debido a que es un proceso completo, es necesario medir y controlar, para poder tener un recuento y un panorama del estado actual de los procesos. Se deben implementar indicadores de eficiencia, eficacia, efectividad, cumplimiento de pedidos, etc.

### Desperdicios y mermas

Tabla 10 Mermas y desperdicios del proceso crítico

Operación	Mermas	Desperdicios
Corte	Si el operario marca las longitudes de corte con un valor menor al deseado, los tubos cortados son inservibles para el proceso. Se evitaría capacitando adecuadamente al operario.	Al momento de cortar los tubos y los ejes macizos hay pequeños pedazos sobrantes. Estos se pueden reducir diseñando las longitudes de corte adecuadas.
Doblado	Si la roladora no es usada correctamente puede quebrar las piezas en el intento del doblado. Se debe capacitar al operario.	No presenta desperdicios.
Soldadura	Una mala soldadura puede ocasionar en las siguientes operaciones que la estructura se rompa. Se evitaría capacitando al operario.	Hay pérdida del metal fundido que une las piezas al momento de soldar. Se puede reducir, utilizando máquinas eficientes.
Prensado	Si la matriz ha sido mal colocada, entonces las platinas obtenidas serán defectuosas e inservibles. Se puede evitar capacitando adecuadamente al operario.	Existen sobrantes al cortar las platinas. Estos se pueden reducir diseñando las longitudes de prensado adecuadas.

Fuente: Programa de producción de la empresa (2011)  
Elaboración propia

Los desperdicios, ver tabla 10, pueden ser recuperados utilizándolos como subproductos. En este caso, la empresa emplea los sobrantes de los tubos metálicos y de las planchas metálicas para la fabricación de subproductos útiles para la misma.

Se fabrican estantes, caballetes. También los sobrantes metálicos se venden como chatarra. Las mermas también pueden ser usadas para la realización de estos subproductos, ya que esos pedazos metálicos dañados no reutilizables en el proceso pueden por medio de la fundición ser reutilizados o pueden ser vendidos como chatarra.

### Operaciones de medición y control del proceso CRÍTICO.

Tabla 11 Puntos de control de las operaciones

Área	Punto de inspección	Justificación	Responsable
Corte	Antes del corte de los tubos	Se realiza en este punto, puesto que si se encuentra algún tubo con algún defecto sea desechado y dicho tubo ya no pasará por las demás operaciones.	El operario encargado del área de corte.
Soldadura	Luego de adherir el perno amortiguador a la "base" soldada.	Es necesario detectar si el diámetro del perno amortiguador luego de la soldadura no cumple con las especificaciones, para que si el producto en proceso es defectuoso se rechace en ese instante.	El encargado es una persona capacitada que domina el uso del calibrador vernier.
Soldadura	Luego del soldado final.	Se realiza en este punto para garantizar que el producto terminado ha sido fabricado correctamente o posee defectos, en cualquiera de los casos, contribuye a tener un control más amplio del producto terminado.	El encargado es el jefe de operaciones, quien se cerciora de que el producto final sea el adecuado.

Fuente: Programa de producción de la empresa (2011)  
Elaboración propia

### Seguridad

Todas las áreas de producción de la empresa están debidamente señalizadas de acuerdo a las normas concernientes, asimismo cada puesto de trabajo de soldadura cuenta con un extinguidor para actuar al momento de ocurrir un incendio.

Los operarios poseen los EPP (Equipos de Protección Personal) adecuados, es decir, cuentan con cascos, zapatos reforzados, lentes de protección y orejeras, garantizando su seguridad en la empresa.

## CAPÍTULO 4

### 4.1 Aplicación 5 S

Tras varios recorridos integrales a la fábrica, se pudo detectar una serie de defectos e inconvenientes. Deficiencias tales como desorden, desorganización, falta de seguridad, la falta de indumentaria adecuada en ciertos procesos; influyen hasta cierto punto, de forma negativa en la productividad de la planta. Se centró el estudio en las áreas involucradas en el proceso crítico: corte, habilitado, prensado, soldadura y almacenes.

Procedemos utilizar listas de chequeo (*checklists*) a cada área involucrada en la fabricación del proceso crítico, para verificar el estado de las mismas. Haremos uso de fotos digitales de cada área para poder plasmar un mejor panorama de la situación actual de cada puesto de trabajo. Así tenemos, usando como referencia los *checklists* de “GARDNIERNIELSEN ASSOCIATES INC.”

Puntaje del método

0= "No", donde la única opción es 0 o 4, también significa no del todo.

1= Alguna evidencia de un plan, pero muy baja conformidad.

2= Cerca de la mitad de las instancias notadas están en conformidad.

3= Instancias notadas fueron la mayoría en conformidad, pero uno o más problemas fueron encontrados

4= "Si", cuando la única elección es 0 o 4, en otro caso: completa conformidad sin ningún problema notado.

De acuerdo a los *checklists* por área (VER ANEXOS 1 al 12). Tenemos a continuación un cuadro resumen, mostrando y comparando el puntaje obtenido.

Tabla 12 Puntaje de *Checklist* por áreas 5S

Área	Puntaje
Prensado de Platinas	38%
Corte de Tubos	44%
Habilitado de Tubos	46%
Soldadura	53%
Almacén Materia Prima	53%
Almacén de Chasis	57%

Elaboración propia.

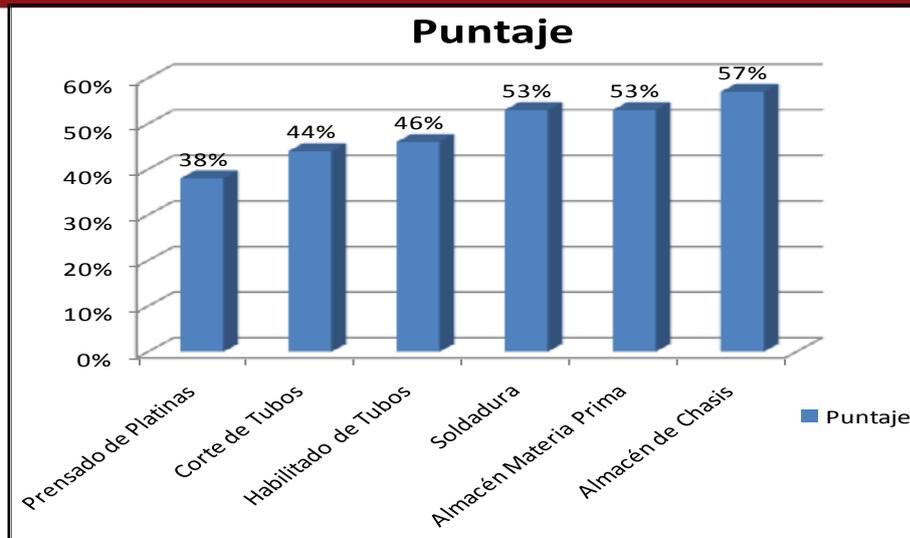


Gráfico 11 Puntaje de áreas 5 S  
Elaboración propia

Podemos observar que el área más crítica es la del Prensado de Platinas, ya que presenta un puntaje de 38%. Asimismo el área de Almacén de Chasis es la que tiene el mayor puntaje con 57%, sin embargo dicho puntaje es crítico también. Por tanto, la implementación de una metodología de 5S es urgente y necesaria.

A continuación, una aplicación de la metodología de las 5 eses, con el fin de solucionar todos los inconvenientes antes mencionados, presentes en la fábrica.

### **Seiri - Clasificar**

- Se pudo observar que en el área de corte, los materiales sobrantes luego de efectuar cada operación de corte respectivo, son almacenados y son desechados cuando estos alcanzan cantidades muy grandes. Existen muchos materiales defectuosos que están esperando ser reprocesados, pero dicha área no se da abasto para los reprocesos.
- En el área de soldadura, se observó que hay materiales que se apilan al lado de la zona de trabajo del operario, debido a que los lugares de almacenamiento (destinados a materiales específicos) están ocupados por materiales innecesarios o, a veces, mermas.
- El área de prensado es aquella que presenta el mayor desorden en el proceso crítico, en ella están apilados materiales defectuosos con un gran tiempo de antigüedad. Podemos observar también el almacenamiento de matrices y moldes dañados. La cantidad de cajas destinadas al almacenamiento de los productos terminados y productos en proceso, no es la adecuada, es por eso,

que dichos productos se apilan en lugares que dificultan el desplazamiento de los operarios y originan tiempos muertos.

### **Seinton – Organizar**

- ✓ En el área de corte, donde hay tres máquinas de corte semi-automáticas, existen periodos de tiempo donde una o dos máquinas, o en el peor de los casos, las tres máquinas están paradas. En muchos de los casos, el operario encargado de dicha área no se da abasto para controlar las tres máquinas, obviamente el nivel de eficiencia de las máquinas es ínfimo.
- ✓ En el área de almacenaje de insumos para el armado de las estructuras de chasis (pernos, arandelas, etc.) los depósitos de cajas que contenían estas piezas, se encontraban apiladas sin identificación alguna. El operario tiene que estar cerciorándose que es el material adecuado, lo cual genera tiempos muertos, que pueden evitarse si se llegara a etiquetar cada caja de almacenaje.
- ✓ Ningún puesto de trabajo cuenta con un porta – herramientas en el cual pueda depositar y organizar las herramientas de acuerdo a su uso.
- ✓ En el área de producción el recorrido se vio obstaculizado por piezas ensambladas que se acumulaban entre cada puesto de trabajo. Al ser operaciones con diferentes tiempos de ejecución, se acumula inventario entre cada ambiente.

### **Seiso - Limpieza**

- ✓ Por ser una planta metalmecánica una limpieza integral no es un requisito obligatorio. Las propias maquinarias y operarios utilizan fluidos y grasas que ensucian cada ambiente de trabajo constantemente.
- ✓ La indumentaria de los trabajadores presentaba manchas y algunas veces, rupturas, que a simple vista, se pudieron haber producidos días antes.
- ✓ Durante todo el recorrido a la planta, no se encontró tacho o depósito de basura alguno. Todos los desechos, envolturas o mermas generadas son acumuladas en un rincón o caen al suelo; a la espera de la limpieza al finalizar el turno.

### **Seiketsu – Estandarizar**

Para esta etapa de las 5 eses, es necesario tomar conciencia de los problemas mencionados en las etapas anteriores.

Si bien es cierto, que para lograr el cambio en la empresa, es necesario el conocimiento integral de esta metodología, sin embargo, no se podrá estandarizar los cambios realizados si no se logra que los operarios estén motivados y estén conscientes que depende de ellos que el cambio tenga efectos sustanciales.

### **Shitsuke - Disciplina**

Para poder lograr hacer un hábito de los cambios realizados, es necesario establecer políticas de cumplimiento de deberes, establecer un sistema de incentivos para aquellos operarios que cumplan con los estándares establecidos. Asimismo castigar a aquellos que hacen caso omiso a las disposiciones establecidas.

### **Conclusiones de mejora**

Presentamos a continuación las mejoras generales, para todas las áreas involucradas:

Se propone hacer un listado de todos los materiales necesarios para cada puesto de trabajo, de tal manera que no se acumulen objetos que puedan ser inservibles para un proceso en específico.

Por defecto, cada puesto de trabajo debe contar con un pequeño estante destinado únicamente a la organización de herramientas. Se evita pérdida de tiempo y se disminuye el estrés del trabajador al no encontrar la herramienta adecuada.

Se debe implantar la costumbre, en cada operario, de una limpieza diaria del puesto de trabajo al acabar un turno establecido. Asimismo se debe colocar depósitos de basura en cada área, para que los operarios puedan depositar algún desperdicio o merma que se pueda generar. Una limpieza de cada depósito de basura por hora, sería recomendable en caso se adaptase esta medida.

Los operarios deben contar con la vestimenta o indumentaria adecuada para cada operación que realicen. Se debe implantar un programa de aplicación de las 5 eses. Empezando por la concientización de los directivos, para que estos motiven a los trabajadores a cumplir con los requisitos que esta metodología propone.

Presentamos a continuación las mejoras en base a cada área en específico:

Tabla 13 Mejoras 5 S

Área	Mejora	Beneficio
Prensado de Platinas	Etiquetar todas las matrices, asimismo, se debe adecuar un estante exclusivo para su almacenamiento. Los punzones debe ser etiquetados en función a sus características y almacenados en el estante de matrices. Adecuar depósitos para el almacenamiento de las platinas terminadas, etiquetadas según características. Adecuar un registro en el cual el operario debe llevar la cuenta de las unidades producidas para su control.	Disminución de pérdidas de tiempo debidas a falta de organización. Higiene correcta. Ambiente agradable. Facilidad de inspección.
Corte de Tubos	Implementar un estante para guardar la wincha, llaves y demás herramientas y etiquetarlas adecuadamente. Proveer al operario un cuaderno para el registro de las unidades producidas y desperdicios, para su control. Rotular y etiquetar los estantes de tubos cortados en función al material, diámetro, longitud y espesor del tubo. Etiquetar las 3 sierras cintas, anotando sus características funcionales , asi como el programa de mantenimiento.	Eleva confiabilidad de equipos y herramientas Disminución de pérdidas de tiempo debidas a falta de organización. Higiene correcta.
Habilitado de Tubos	Proveer al operario un cuaderno para el registro de las unidades producidas y desperdicios, para su control. Etiquetar las dobladoras, anotando sus características funcionales , asi como el programa de mantenimiento. Instalar una campaña de limpieza de suciedad y grasa. Delimitar adecuadamente las áreas de trabajo	Disminución de tiempos muertos. Eleva confiabilidad de equipos y herramientas Disminuye errores en trabajos.
Soldadura	Proveer al operario un cuaderno para el registro de las unidades producidas y desperdicios, para su control. Comprar nuevas caretas y equipos para soldadura, inventariar las anteriores y desechar las inservibles. Etiquetar, rotular e inventariar las máquinas de soldar, anotando su programa de limpieza y mantenimiento. Implementar un estante exclusivo para guardar las toberas, alambrones, trapos y material base de soldadura. Adecuar y rotular depósitos para el almacenamiento óptimo de tubos y platinas a ser soldados.	Eleva confiabilidad de equipos y herramientas Disminución de pérdidas de tiempo debidas a falta de organización. Higiene correcta.
Almacén Materia Prima	Organizar y etiquetar cada caja y estante existente en base a las características de los tubos y platinas. Implementar una campaña de limpieza de suciedad y grasa. Delimitar adecuadamente las áreas de trabajo. Adecuar depósitos para desperdicios de materiales.	Mejora la imagen ante el cliente. Mejora la seguridad del área. Higiene correcta.
Almacén de Chasis	Implementar una campaña de limpieza de suciedad y grasa. Delimitar adecuadamente las áreas de trabajo. Adecuar depósitos para desperdicios de materiales. Comprar nuevos EPP, inventariar los anteriores y desechar los inservibles, para contribuir con la seguridad.	Mejora la seguridad del área. Higiene correcta. Mejora la imagen ante el cliente.

Elaboración propia

## 4.2 Estudio de métodos y rediseño de puestos

Siguiendo el procedimiento establecido en el marco teórico y metodológico concerniente al estudio de métodos de trabajo, el cual presentamos a continuación, procederemos a realizar el estudio del método del proceso crítico:

- Seleccionar el trabajo que debemos mejorar.
- Registrar el trabajo seleccionado.
- Examinar en forma crítica dicho trabajo.
- Idear un nuevo método de trabajo.
- Definir el nuevo método de trabajo.
- Implantar el nuevo método de trabajo.
- Mantener la ejecución del nuevo método de trabajo.

Es necesario mencionar, que se realizará efectivo el procedimiento hasta la definición del nuevo método de trabajo.

### 4.2.1 Análisis y diagnóstico de los métodos de trabajo

Procedemos a seleccionar las operaciones objetivos del estudio de métodos.

#### Selección del trabajo a mejorar

Siguiendo el procedimiento descrito, en el capítulo 3 (ver página 27), hemos definido al proceso de fabricación de chasis de mototaxi como el proceso crítico, en el cual centraremos nuestra investigación. Respecto al estudio de métodos procederemos a analizar a los elementos más críticos, seleccionados en base a factores como tiempo de ciclo, esfuerzo físico demandado, seguridad, desperdicios, etc. Asimismo, analizaremos a un elemento de cada tipo, es decir, analizaremos una operación, un transporte, una inspección, un almacenamiento y una espera o demora, con la finalidad de examinarlos a profundidad para obtener un estudio más completo. Para la selección de los elementos a analizar, presentamos a continuación los factores empleados y sus puntajes. Utilizando el método de Brown y Gibson, tenemos la siguiente tabla:

Tabla 14 Ponderación de factores

	TIEMPO DE CICLO	ESFUERZO FÍSICO	SEGURIDAD	DESPERDICIOS	TOTAL	FRACCIÓN
TIEMPO DE CICLO	-	1	1	1	3	0.43
ESFUERZO FÍSICO	0	-	1	1	2	0.29
SEGURIDAD	0	0	-	1	1	0.14
DESPERDICIOS	0	0	1	-	1	0.14
				<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>1</b>

Elaboración propia

A continuación, en la tabla 15 procedemos a describir el puntaje a asignar a los diferentes elementos, para la selección de aquellos críticos:

Tabla 15 Puntaje de factores

Puntaje	FACTORES			
	TIEMPO DE CICLO	ESFUERZO FÍSICO	SEGURIDAD	DESPERDICIOS
0	Tiempo de ciclo mínimo en su categoría.	No presenta esfuerzo físico.	La seguridad es óptima.	No se genera desperdicios
1	Tiempo de ciclo inmediato superior al mínimo.	Mínimo esfuerzo físico.	Poco o casi nada de indicios de inseguridad.	Muy reducida cantidad de desperdicios.
2	Tiempo de ciclo promedio mínimo.	Esfuerzo físico notado, no considerable.	Mínimos patrones de seguridad inadecuada.	Desperdicios notados, no afectan.
3	Tiempo de ciclo promedio superior.	Esfuerzo físico verificado, causa fatiga.	No se cuenta con todos los equipos necesarios.	Desperdicios manifestados en desechos.
4	Tiempo de ciclo inmediato inferior al máximo.	Considerable esfuerzo físico, atenta integridad.	inadecuada seguridad, poco control.	Considerables desperdicios, generan pérdidas.
5	Tiempo de ciclo máximo en su categoría.	Excesivo esfuerzo físico, daño de la salud.	Seguridad nefasta, accidentes inminentes.	Excesivos desperdicios, unidades defectuosas.
PESOS	43%	29%	14%	14%

Elaboración propia

Tabla 16 Selección de elementos críticos

TIPO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJES				RESULTADO	ELEMENTO CRÍTICO
		TIEMPO DE CICLO	ESFUERZO FÍSICO	SEGURIDAD	DESPERDICIOS		
Operaciones	Se cortan los tubos.	2	3	3	5	2.85	
	Los tubos son rolados	1	4	4	2	2.43	
	Los tubos son doblados	1	3	4	2	2.14	
	Se realiza el soldado denominado "base"	3	2	2	1	2.29	
	Se suelda el perno amortiguador	2	3	2	2	2.29	
	Soldado denominado "DIS principal"	5	4	2	2	3.87	Selecto
	Las platinas son prensadas	1	1	4	5	1.98	
	Se suelda las platinas con el DIS principal	3	3	2	2	2.72	
Transportes	Se realiza el soldado final	4	3	2	1	3.01	
	Los tubos se llevan al área de corte.	2	3	3	3	2.57	
	Se transportan al área de doblado y rolado	3	3	3	3	3	
	Tubos hacia el área de soldadura	4	2	2	2	2.86	
	Las platinas hacia el área de prensado	3	2	2	2	2.43	
	Se transportan al área de soldadura	4	4	4	3	3.86	
Inspecciones	El chasis se traslada al almacén de chasis	5	4	4	1	4.01	Selecto
	Verificación de defectos de tubos	5	3	2	2	3.58	Selecto
	Se verifica el perno amortiguador	2	3	4	3	2.71	
Almacenamientos	Se corrobora la estructura metálica	5	3	2	1	3.44	
	Los tubos y platinas se almacenan	5	3	2	2	3.58	Selecto
Esperas o Demoras	Almacenamiento de chasis	3	4	4	1	3.15	
	Demora parcial, por velocidad del corte.	5	3	3	1	3.58	Selecto
	Retraso debido a la velocidad de soldado.	4	4	2	1	3.3	

Fuente: Programa de producción de la empresa (2011)

Elaboración propia

En el extremo derecho de la tabla anterior, podemos verificar a aquellos elementos seleccionados (críticos) debido a que obtuvieron el puntaje más alto (en su categoría) definido por los factores ya mencionados. Continuando con el proceso del Estudio de Métodos, procedemos con el análisis de los elementos críticos.

### **Análisis de la operación crítica soldadura DIS principal.**

#### **Registro del trabajo seleccionado**

Presentamos el diagrama bimanual actual (ver ANEXO 13) de la operación “Soldadura DIS principal” el cual procedemos a describir a continuación. El soldador se dirige hacia el área donde están apilados los materiales obtenidos luego de la soldadura denominada “base”, sujeta dicho material y lo lleva hacia la machina DIS principal. Posiciona de manera correcta el material en la machina, posteriormente se dirige hacia la zona de materiales, coge uno de los tubos con la mano izquierda, y con la derecha procede a utilizar una wincha para medir la longitud del tubo para cerciorarse de que el tubo escogido es el deseado. Una vez seleccionado el tubo 1, procede a seleccionar y coger el tubo 2 con la mano derecha, posteriormente se dirige a la machina con los tubos en la mano, los ubica en el lugar correspondiente a cada uno en la machina; luego presiona con la mano izquierda el tubo 1 y con la derecha gira el seguro de ajuste sobre el tubo 1 en la machina, una vez terminado de asegurar se dirige hacia el tubo 2 y realiza sobre éste, el mismo proceso de presión y ajuste que se hizo sobre el tubo 1.

Se dirige hacia la zona de materiales y coge el tubo 3 con la mano izquierda y con la otra coge el tubo 4, con los tubos en la mano se dirige hacia la machina y los ubica en la posición correspondiente a cada tubo. Posteriormente realiza, sobre éstos, el mismo proceso de presión y ajuste realizado sobre los tubos 1 y 2. Se dirige hacia la máquina de soldar y coge la pistola de soldar y el alambión (usado como material de aporte para la soldadura). Se dirige hacia la ubicación del tubo 1, con la mano izquierda se baja la careta de soldar, y procede a presionar el alambión en la superficie donde se va a realizar la soldadura, con la mano derecha acciona la pistola y se realiza la soldadura del tubo 1. Con ambas manos se levanta la careta de soldar y se dirige a la ubicación del tubo 2 en la machina, y realiza el mismo proceso de bajarse la careta, presionar el alambión y soldar que realizó sobre el tubo 1. Se levanta la careta con ambas manos. Posteriormente se dirige hacia la ubicación de los tubos 3 y 4 en la machina (cuya ubicación es en la parte central de la misma), debido a que la longitud de sus brazos no es la suficiente para alcanzar a dicha ubicación, procede a apoyarse en las patas de la machina, y se

estira hasta alcanzar la posición deseada; se baja la careta y realiza el proceso de presionar el alambión y soldar la superficie requerida. Procede a levantarse la careta, desajusta los seguros de la machina y se baja de la misma. Se dirige hacia la ubicación del operario más cercano y le exhorta para que le ayude a descargar el producto ya soldado; ambos se dirigen hacia la machina, y con ambas manos proceden a sujetar el producto, lo levantan verticalmente y lo equilibran para que no se golpee, y con el producto en las manos se dirigen hacia la ubicación del almacén de productos en proceso. Finalmente proceden a descargar el producto en dicha zona. Presentamos el croquis actual del puesto de trabajo (ver ANEXOS 14 y 15).

### **Examinar críticamente el trabajo registrado**

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemáticos TIS.

#### **Propósito:**

##### **¿Qué se hace?**

Se realiza la operación de soldadura denominada DIS principal. Se denomina así porque se realiza con una machina denominada DIS principal.

##### **¿Por qué se hace?**

Se realiza con la finalidad de conformar el esqueleto de la estructura de chasis de mototaxi, así de esta manera continuar con el flujo del proceso.

##### **¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Se podría tercerizar dicha operación, teniendo que tercerizar todas las operaciones de soldadura para aprovechar el flujo. Rediseñar la machina DIS principal.

##### **¿Qué debería hacerse?**

Mejorar la operación de soldadura DIS principal en la misma planta. Esto facilitaría el proceso mejorando el método de trabajo actual. Continuando el flujo adecuado.

#### **Lugar:**

##### **¿Dónde se hace?**

Se realiza en el área de soldadura de la planta metalmecánica de la empresa, más específicamente en la sub-área de soldadura de chasis

##### **¿Por qué se hace allí?**

Para continuar con el proceso de la fabricación de estructuras de chasis, asimismo para estar más cerca de las demás operaciones de soldadura del proceso.

### **¿En qué otro lugar podría hacerse?**

Se podría pensar en realizar una redistribución de los ambientes físicos de la planta para establecer un nuevo flujo y por tanto una nueva ubicación.

### **¿Dónde debería hacerse?**

Realizar una redistribución de la planta demanda dinero y tiempo, lo cual no es accesible, por tanto la operación de soldadura DIS principal debe seguir realizándose en el mismo ambiente.

### **Sucesión:**

#### **¿Cuándo se hace?**

Se realiza todos los días en la fabricación de estructuras de chasis, luego de adherir el perno amortiguador a la soldadura denominada “base”.

#### **¿Por qué se hace entonces?**

Así se cumple con el flujo continuo para la obtención de la estructura de chasis. Sin embargo, por diferencias de tiempo de ejecución con la operación anterior, se verifica productos en proceso almacenados en cantidad considerable.

#### **¿Cuándo podría hacerse?**

Se podría verificar la forma de realizar el proceso con un periodo de tiempo de anticipación de 12 horas para reducir el inventario de productos en proceso.

#### **¿Cuándo debería hacerse?**

Esta operación debe realizarse inmediatamente se hayan habilitado los elementos para su ejecución. De esta manera se podría reducir el exceso de tiempo usado.

### **Persona:**

#### **¿Quién lo hace?**

Los principales trabajadores del área de soldadura, son las personas más capacitadas e idóneas para realizar dicha labor, ya que cuentan con las habilidades y destrezas requeridas.

#### **¿Por qué lo hace esa persona?**

Dicha operación requiere de personal calificado y capacitado para su ejecución, puesto que es de gran importancia dentro del proceso crítico, el operario que desempeñe ésta función debe de ser una persona calificada y con experiencia.

### **¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Por la dificultad de la operación, sería necesario contratar a una persona con estudios en soldadura y experiencia previa, además sería necesario capacitarlo para manejar con destreza la machina denominada DIS principal.

### **¿Quién debería hacerlo?**

Deben seguir siendo los mismos soldadores quiénes realicen dicha labor ya que cuentan con experiencia valiosa, siendo esta una ventaja valiosa para la empresa.

### **Medios:**

#### **¿Cómo se hace?**

Se agregan los materiales a la machina DIS principal, se agregan los demás elementos habilitados (tubos y platinas) se aseguran en el DIS principal y se procede a soldar las partes mencionadas, finalmente se descarga el producto.

#### **¿Por qué se hace de ese modo?**

Así se obtienen las dimensiones requeridas haciendo uso del DIS principal, asegurándose la calidad del producto, evitando que se rechace posteriormente.

#### **¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría instalar un dispositivo que facilite la labor de descarga y ya no se requiera la ayuda de un segundo operario, aprovechando mejor los recursos de la empresa.

#### **¿Cómo debería hacerse?**

Se debería implementar dicho dispositivo para que el mismo soldador pueda descargar el producto. Se reducirían los tiempos muertos, contribuyendo al objetivo de la investigación de incrementar la capacidad de producción.

Para complementar el análisis y diagnóstico de la operación crítica, procedemos a evaluar las características antropométricas, del ambiente físico, del esfuerzo muscular y psicofisiológicas.

### **Características antropométricas:**

La machina DIS principal sobre la que se trabaja mide 1.81 m de ancho, 2.40 m de largo y tiene una altura de 1.15 m, el operario tiene 1.65 m de estatura, lo que hace que la machina DIS principal le llegue a la altura del estómago aproximadamente (Ver ANEXOS 14 y 15). Para ciertas tareas, el operario se tiene

que apoyar sobre la machina, e incluso, subirse a ella; es decir, la altura de la mesa es inapropiada y anti ergonómica teniendo en cuenta la estatura del operario y las operaciones que él realiza. La altura promedio para trabajar a nivel de codo, según tablas, es de 100 a 105cm; el problema entonces es que la operación de soldadura DIS principal no es meramente a nivel de codo, siendo las medidas inadecuadas.

### **Características del ambiente físico:**

Los materiales, sean estos: tubos de diferentes diámetros, platinas de diferentes espesores, se ubican en espacios a los costados de la machina DIS principal y los elementos provenientes de la soldadura “base” son apilados en el suelo en una de las esquinas del puesto de trabajo. Para las operaciones de ajuste y soldadura, las dimensiones de la machina son tal cuales definidas por el esqueleto de la estructura chasis. Sin embargo cuenta con un peso excesivo, demandando su movilidad excesivo esfuerzo físico por más de un operario. La máquina de soldar se ubica en uno de los flancos del puesto de trabajo, el enchufe para el funcionamiento se ubica en la pared en la parte posterior del puesto de trabajo; el alambre usado como material base de soldadura en los almacenes de la planta. El alambre utilizado como material de aporte para el proceso se ubica en recipientes a los costados de la machina, para que cuando sea requerido por el soldador, éste no recorra distancias excesivas. Alrededor del puesto de trabajo, se sitúan los demás puestos de soldadura y a su frente se ubica el área de corte y habilitado de tubos

### Iluminación

En el turno de trabajo normal, se trabaja con luz natural, la cual es adecuada, además por las características del proceso, el soldador requiere de una mascarilla especial donde se requiere, principalmente, le sea visible la superficie a ser soldada, sirviéndole como iluminación requerida la proporcionada por el calor que produce la soldadura. Cuando se trabajan horas extras, se encienden los fluorescentes ubicados en el techo de la planta, la iluminación producida por los fluorescentes no afecta el desempeño del soldador. De esta manera concluimos que la iluminación es adecuada para realizarse el proceso.

### Ruido

Dado que es una empresa metalmecánica el ruido que se debe soportar en toda la planta es considerable, ya sea por la compresora que trabaja siempre o las diversas máquinas. La comunicación por parte del supervisor con los soldadores es

complicada, debido al ruido de la planta, verificándose en ocasiones la intervención física del supervisor para lograr cualquier conato de comunicación.

#### Ventilación y temperatura

No se utiliza aire acondicionado en ningún área de trabajo y tampoco se proporciona de ventiladores. Para la operación crítica en mención esto presenta inconvenientes que no contribuyen a la satisfacción del soldador. Puesto que por naturaleza todo proceso de soldadura genera calor, entonces el soldador experimenta calor en su cuerpo lo cual es tedioso para él, puesto que su cuerpo se llena de sudor y solamente se ventila cuando descarga el producto de la máquina o cuando la carga, por tanto la ventilación es inadecuada.

#### Colores

La máquina es de color verde oscuro, sin embargo, por la grasa de los materiales y por el calor originado por el proceso de soldadura, la máquina se ha teñido inevitablemente de un color negro. Sin embargo, esto no origina ningún tipo de inconveniente, puesto que se pueden distinguir adecuadamente los materiales y aquellas superficies que serán soldadas.

#### Vibraciones

Se percibe vibración en el ambiente originado por la compresora que trabaja para dar abasto de energía a la planta, asimismo las máquinas de corte y prensado originan vibración que son percibidas por el soldador debido a la cercanía de las estaciones de trabajo; finalmente el mismo proceso de soldadura genera vibración percibida por el soldador. Dicha vibración no afecta el proceso de soldadura, puesto que la máquina posee peso mayor y no es afectada.

#### **Características del esfuerzo muscular:**

El operario realiza tres tareas bien diferenciadas principalmente, las que podemos definir como la carga de materiales a la máquina, la soldadura, y la descarga del producto de la máquina. Para la carga de materiales, el operario tiene que levantar el producto que sale de la soldadura “base” que es apilada en el suelo. El operario no encuentra dificultad en levantar puesto que la altura de dicho elemento se ubica a la altura media del soldador. Asimismo, los demás materiales están ubicados en una disposición de fácil acceso. Para la soldadura el operario realiza moderado esfuerzo de las manos para ajustar los seguros de la máquina, se desplaza alrededor de la máquina para poder soldar las diferentes superficies que requieren de este proceso,

cuando dichas superficies se ubican en la parte central de la machina, el soldador tiene que estirar la mano y en ocasiones pararse sobre las patas de la machina para alcanzar dichas superficies. Lo cual es riesgoso. Asimismo para la descarga del producto luego de la soldadura, debido al considerable peso, el soldador requiere de la ayuda de un segundo operario para poder descargar el producto. Ambos realizan esfuerzo físico considerable, pues debido al peso del producto la descarga se hace complicada.

Dado que esta operación es repetitiva, se manifiesta la mala postura del soldador al estirarse numerosas veces sobre la machina, al pararse sobre las patas de la machina y agacharse para soldar el objetivo. Asimismo al utilizar los brazos para la carga y descarga de materiales a la machina DIS principal. Por tanto el mayor daño, por ende, recae sobre la espalda, y en segundo lugar sobre los brazos.

### **Características psicofisiológicas:**

#### Desempeño visual

Para la carga y descarga de materiales no se realiza esfuerzo visual considerable. Sin embargo, al momento de la soldadura, la visualidad del soldador se reduce a una mascarilla que solamente capta la superficie a ser soldada que se puede visualizar por el accionar del calor de la soldadura. Esto requiere un esfuerzo visual considerable y un nivel de concentración adecuado.

#### Desempeño auditivo

Podríamos afirmar que el único sonido que podría ayudar a la correcta realización de la operación de soldadura es el sonido que produce la máquina de soldar cuando está encendida y se inicia el proceso.

### **Análisis del transporte crítico.**

Continuando con el proceso de análisis, es el turno del transporte crítico referido al traslado del chasis al almacén de productos terminados.

### **Registro del trabajo seleccionado**

Presentamos el diagrama bimanual actual (ver ANEXO 21) del traslado del chasis al almacén de productos terminados el cual procedemos a describir a continuación: Una vez que se ha finalizado de corroborar que el chasis no tenga defectos, el mismo soldador es quien coge el chasis (que ha sido apilado en un flanco del puesto de trabajo) con las dos manos de la parte del centro. Para hacer el trabajo

más fácil de ejecutar, la empresa posee un dispositivo en forma de carrito en donde el operario ubica el chasis de forma horizontal. Posteriormente el operario, con las dos manos procede a empujar el carrito hasta llegar al almacén de productos terminados. Es necesario mencionar que se necesita destreza adecuada y esfuerzo considerable para encajar el chasis en el carrito. Así presentamos el croquis actual del puesto de trabajo (ver ANEXOS 22 y 23).

### **Examinar críticamente el trabajo registrado**

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemáticos TIS

#### **Propósito:**

##### **¿Qué se hace?**

Se traslada el chasis examinado hacia el área de productos terminados.

##### **¿Por qué se hace?**

Esta operación se realiza con la finalidad de almacenar los productos terminados, para posteriormente ejecutar el despacho de los mismos.

##### **¿Qué otra cosa podría hacerse?**

El traslado es necesariamente fundamental, se podría pensar en despachar inmediatamente se termine la inspección, lo cual demanda flexibilidad y costos.

##### **¿Qué debería hacerse?**

Se debería mejorar el diseño del carrito para el traslado, reduciendo el esfuerzo y tiempo que el operario emplea en el transporte.

#### **Lugar:**

##### **¿Dónde se hace?**

Se realiza en el área de soldadura de la planta metalmecánica de la empresa, más específicamente en la sub-área de soldadura de chasis

##### **¿Por qué se hace allí?**

Para culminar el proceso de la fabricación del chasis, y proceder al despacho.

##### **¿En qué otro lugar podría hacerse?**

Se podría pensar en realizar una redistribución de los ambientes físicos de la planta para establecer un nuevo flujo y por tanto una nueva ubicación.

### **¿Dónde debería hacerse?**

De acuerdo al flujo del proceso, el lugar destinado es adecuado.

### **Sucesión:**

#### **¿Cuándo se hace?**

Éste transporte crítico se realiza todos los días en la fabricación de estructuras de chasis de mototaxi, luego de verificar que no haya defectos en el chasis final

#### **¿Por qué se hace entonces?**

Así se cumple con el flujo continuo para la obtención de la estructura de chasis de mototaxi, y posteriormente para su despacho.

#### **¿Cuándo podría hacerse?**

Se podría verificar la forma de realizar el proceso cuando la cantidad de chasis apilados sea considerable.

#### **¿Cuándo debería hacerse?**

Esta operación debe realizarse inmediatamente se haya verificado que el chasis final no tenga defectos. De esta manera se podría reducir el exceso de tiempo que se muestra para cumplir con el flujo del proceso y de los materiales.

### **Persona:**

#### **¿Quién lo hace?**

Lo realiza el mismo soldador que inspeccionó el chasis final.

#### **¿Por qué lo hace esa persona?**

Lo hace dicha persona, para continuar con el flujo del proceso, ya que fue él quien realizó la operación inmediatamente anterior.

#### **¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Podría hacerlo cualquier operario que tenga la suficiente fuerza para encajar el chasis en el carrito, puesto que la operación no requiere experiencia.

#### **¿Quién debería hacerlo?**

Debería realizarlo un ayudante, así el soldador tendría mayor tiempo para ejecutar los procesos de soldadura, ya que se requiere mayor experiencia y conocimientos.

**Medios:****¿Cómo se hace?**

Se busca la forma de encajar correctamente el chasis en el carrito, para proceder a empujarlo y trasladar el chasis final al almacén.

**¿Por qué se hace de ese modo?**

Para continuar con el flujo correcto del proceso. Así se procede a almacenar todos los chasis listos para ser despachados al final del día.

**¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría modificar el diseño del carrito, cambiando el método de encaje, reduciendo esfuerzo y tiempo.

**¿Cómo debería hacerse?**

Se debe modificar el método de encaje del chasis en el carrito, mediante el rediseño del carrito, reduciendo el esfuerzo físico y el tiempo empleado.

**Características antropométricas:**

El carrito usado para el traslado del chasis final mide 0.75 m de ancho, 1 m de largo y 1 m de alto, el operario tiene 1.65 m de estatura, lo que hace el carrito le llegue a la altura del estómago aproximadamente (Ver ANEXO 22). Para el encaje del chasis, el operario debe inclinar el carrito y apoyarlo sobre el chasis y finalmente levantarlo con fuerza. El operario tiene que agacharse.

**Características del ambiente físico:**

Los chasis ya inspeccionados se ubican en un flanco del puesto de soldadura precedente, es decir, el operario traslada el chasis desde el puesto de soldadura anterior hasta el almacén de productos terminados. El carrito cuenta con las dimensiones requeridas por las dimensiones del esqueleto de la estructura de chasis de mototaxi, para realizar los procesos de encaje e izaje; y se ubica alrededor del puesto de soldadura precedente.

Tabla 17 Características del ambiente físico-Transporte crítico

ILUMINACIÓN	RUIDO	VENTILACIÓN Y TEMPERATURA	COLORES	VIBRACIONES
Por las características del proceso, la iluminación es adecuada.	El ruido inherente de la planta no dificulta que se ejecute el traslado del chasis.	La ventilación y temperatura no influyen mucho en el desempeño del operario.	Se distinguen claramente el chasis y el carrito para el traslado.	Las vibraciones producidas por las máquinas no afectan a la ejecución del

Elaboración propia

### Características psicofisiológicas:

Tabla 18 Características psicofisiológicas-Transporte crítico

DESEMPEÑO VISUAL	DESEMPEÑO AUDITIVO
Para el traslado, no se requiere esfuerzo visual considerable, se puede distinguir claramente todos los elementos necesarios.	Se podría afirmar que no existe ruido alguno que ayude o no a ejecutar con mayor eficiencia el transporte.

Elaboración propia

### Análisis de la inspección crítica.

Continuando con el proceso de análisis, es el turno de la inspección crítica, que se realiza sobre los tubos para verificar que éstos no posean defectos.

### Registro del trabajo seleccionado

Presentamos el diagrama bimanual actual (ver ANEXO 27) de la inspección crítica, la cual describimos a continuación. El operario, en un inicio se dirige a un extremo de los tubos, los cuales están apilados en un carrito que sirve para su transporte hacia el área de corte, y mediante una inspección visual verifica que dichos extremos no presenten defectos (chancaduras, falta de material, rebarba, etc.) completa la inspección haciendo uso de su mano. Se dirige hacia el otro extremo de los tubos, y procede a ejecutar la misma acción. Finalmente se ubica en uno de los extremos de los tubos, coge su wincha y la posiciona sobre uno de los extremos, cuidadosamente estira la wincha hasta llegar al otro extremo de los tubos, posiciona la wincha sobre el extremo y procede a verificar que los tubos tengan las longitudes correctas, para que luego del corte el desperdicio de material sea menor. Así presentamos el croquis actual del puesto de trabajo (ver ANEXOS 28 y 29).

### Examinar críticamente el trabajo registrado

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemáticos TIS.

#### Propósito:

#### ¿Qué se hace?

Se inspeccionan los tubos a cortar para verificar sus dimensiones y formas.

#### ¿Por qué se hace?

Esta operación se realiza con la finalidad de verificar que los tubos a cortar no presenten defectos dimensionales.

#### ¿Qué otra cosa podría hacerse?

No se debería de ejecutar esta labor, puesto que es responsabilidad del proveedor entregar sus productos sin defectos dimensionales.

**¿Qué debería hacerse?**

Se debería revisar el contrato con el proveedor para que los productos recibidos no posean defectos, penalizando al proveedor si se incumple con el requerimiento.

**Lugar:****¿Dónde se hace?**

Se realiza en el área de corte de tubos de la planta metalmecánica de la empresa

**¿Por qué se hace allí?**

Puesto que está más próximo al almacén de materia prima. Se respeta el flujo.

**¿En qué otro lugar podría hacerse?**

Se podría pensar en realizar la inspección en el almacén de materia prima.

**¿Dónde debería hacerse?**

De acuerdo al flujo del proceso, el lugar destinado es adecuado.

**Sucesión:****¿Cuándo se hace?**

Esta inspección crítica se realiza todos los días en la fabricación de estructuras de chasis de mototaxi, luego de trasladar los tubos del almacén a la zona de corte

**¿Por qué se hace entonces?**

Así se cumple con el flujo continuo para la obtención de la estructura de chasis de mototaxi, y posteriormente para su despacho.

**¿Cuándo podría hacerse?**

Se podría verificar la forma de realizar el proceso con un periodo de 12 horas de anticipación para ejecutar el proceso a varios lotes de tubos.

**¿Cuándo debería hacerse?**

Esta operación debe realizarse inmediatamente se hayan trasladado los tubos a la zona de corte. Para que la operación de corte no se retrase.

**Persona:****¿Quién lo hace?**

Lo realiza el operario encargado de manejar las máquinas de la zona de corte.

### **¿Por qué lo hace esa persona?**

Lo hace dicha persona, para continuar con el flujo del proceso, ya que será él quien ejecute la operación corte que sucede a la de inspección de tubos.

### **¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Podría hacerlo cualquier operario que sepa manejar una wincha para verificar las dimensiones de los tubos.

### **¿Quién debería hacerlo?**

Debería realizarlo un ayudante, así el operario de corte tendría mayor tiempo para ejecutar los procesos de corte, que requieren de su experiencia y conocimiento.

### **Medios:**

#### **¿Cómo se hace?**

Con la vista y mano se verifica que no haya defectos en los extremos de los tubos, luego con una wincha se verifica que los tubos tengan las dimensiones correctas.

#### **¿Por qué se hace de ese modo?**

De esa manera, el operario se asegura que los tubos a cortar no posean defectos dimensionales, generando mayores desperdicios al momento del corte.

#### **¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría diseñar un dispositivo que sirva de tope al momento de colocar los tubos en la máquina, así aseguramos que los tubos tengan las dimensiones correctas.

#### **¿Cómo debería hacerse?**

Se debería seguir realizando de la forma actual, pues el diseño del dispositivo demanda trabajo especializado y conlleva costos y tiempos.

### **Características antropométricas:**

El carrito usado para el traslado de los tubos del almacén a la zona de corte mide 1.5 m de ancho, 2 m de largo y 1.20 m de alto, el operario tiene 1.65 m de estatura, lo que hace el carrito le llegue a la altura del estómago aproximadamente (Ver ANEXO 28). Para la inspección no se demanda esfuerzo físico considerable.

### Características del ambiente físico:

El carrito usado para el transporte de los tubos, se ubica en el flanco superior de la zona de corte, próximo a la sierra cinta usada para el corte de los tubos. Alrededor del operario y del puesto de trabajo, se sitúan los demás puestos de soldadura, para facilitar el flujo del proceso.

Tabla 19 Características del ambiente físico-Inspección crítica

ILUMINACIÓN	RUIDO	VENTILACIÓN Y	COLORES	VIBRACIONES
Por las características del proceso, la iluminación con la que se trabaja es la adecuada. Por tanto no se presentan problemas de iluminación.	El ruido inherente que produce la planta no dificulta que se ejecute adecuadamente la inspección de los tubos.	La ventilación y temperatura no influyen en el desempeño adecuado del operario en la inspección, condiciones son adecuadas.	Se distingue claramente los tubos a inspeccionar y el carrito que los contiene, por tanto las condiciones son adecuadas.	Las vibraciones producidas por las diversas máquinas no afectan necesariamente a la ejecución de la inspección.

Elaboración propia

### Características psicofisiológicas:

Tabla 20 Características psicofisiológicas-Inspección crítica

DESEMPEÑO VISUAL	DESEMPEÑO AUDITIVO
Para verificar que los tubos no posean defectos (chancaduras, falta de material, rebarba, etc.) es necesario que el operario realice esfuerzo visual considerable.	Se podría afirmar que no existe ruido alguno que ayude o no a ejecutar con mayor eficiencia la inspección de tubos.

Elaboración propia

### Análisis del almacenamiento crítico.

Continuando, es el turno del almacenamiento crítico de los tubos y platinas:

#### Registro del trabajo seleccionado

Presentamos el diagrama bimanual actual (ver ANEXO 30) del almacenamiento de tubos y platinas, procedemos a describirlo. El proveedor trae las materias primas (tubos y platinas) a la empresa en grandes cantidades haciendo uso de camiones, cuando estos llegan a la empresa, el jefe de producción designa a un grupo de 4 operarios con menor carga (entre ellos siempre va el operario de corte). Dichos operarios cogen con las manos grupos de 4 tubos o 6 platinas aproximadamente por los extremos y los trasladan hacia los estantes del almacén de materia prima, apilan los tubos y platinas y repiten la operación de descarga hasta que quede vacío el camión. Asimismo presentamos croquis actual del puesto de trabajo (ver ANEXOS 31 y 32).

### Examinar críticamente el trabajo registrado

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemáticos TIS

**Propósito:****¿Qué se hace?**

Se descargan y almacenan tubos y platinas en el almacén de materia prima.

**¿Por qué se hace?**

Esta operación se realiza con la finalidad de almacenar la materia prima, para posteriormente continuar con el proceso de corte hasta el despacho de los chasis.

**¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Descargar directamente los tubos para que se corten inmediatamente.

**¿Qué debería hacerse?**

Se debe realizar el almacenamiento, es fundamental su ejecución para el proceso.

**Lugar:****¿Dónde se hace?**

Se realiza en el área de almacén de materia prima en la planta metalmecánica.

**¿Por qué se hace allí?**

Por su cercanía al área de corte, de esta manera se respeta el flujo de procesos.

**¿En qué otro lugar podría hacerse?**

Se podría pensar en realizar una redistribución de los ambientes físicos de la planta para establecer un nuevo flujo y por tanto una nueva ubicación.

**¿Dónde debería hacerse?**

Se debe de seguir realizando en la ubicación actual. El flujo es adecuado.

**Sucesión:****¿Cuándo se hace?**

Se realiza cada vez que el proveedor llega con los materiales (cada 15 días).

**¿Por qué se hace entonces?**

Puesto que cada 15 días se efectúa el requerimiento de materiales al proveedor.

**¿Cuándo podría hacerse?**

Cuando realmente no haya suficiente material, para reducir los costos de inventario.

### **¿Cuándo debería hacerse?**

Se debe de realizar el requerimiento de materiales una vez que la cantidad de materia prima sea menor al stock de seguridad. Se reduce el costo de inventario.

### **Persona:**

#### **¿Quién lo hace?**

Lo realiza el operario de corte en conjunto con operarios de menor carga de trabajo.

#### **¿Por qué lo hace esa persona?**

Para continuar con el flujo del proceso, ya que el operario de corte ejecutará las operaciones siguientes de inspección y corte de tubos.

#### **¿Qué otra persona podría hacerlo?**

Cualquier operario que tenga la suficiente fuerza para cargar los tubos y platinas.

#### **¿Quién debería hacerlo?**

Debería realizarlo un ayudante, así el operario de corte tendría mayor tiempo para ejecutar los procesos de corte, que requieren su experiencia y conocimientos.

### **Medios:**

#### **¿Cómo se hace?**

Se cogen los tubos y platinas por los extremos y los trasladan del camión hacia el almacén de materia prima y los apilan en estantes.

#### **¿Por qué se hace de ese modo?**

De esa forma se asegura que el peso de los tubos y platinas se distribuya uniformemente, reduciendo el esfuerzo de los operarios.

#### **¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría implementar un dispositivo como especie de cuña para levantar los tubos y platinas con mayor facilidad.

#### **¿Cómo debería hacerse?**

Se debe de implementar el dispositivo descrito, así se reduciría el esfuerzo en el izaje de los tubos y platinas. Se reduciría el tiempo de descarga.

**Características antropométricas:**

Los estantes usados para el almacenamiento de los tubos son 4 y miden 0.55 m de ancho 6.5m de largo y 0.75 m de alto. Los estantes para las platinas tienen las mismas dimensiones y son 2 unidades. Para acomodar el material en los estantes, a veces es necesario que uno de los operarios se suba al estante puesto que la longitud es muy extensa, demandando esfuerzo físico al agacharse, que recae sobre la espalda.

**Características del ambiente físico:**

La zona de despacho se ubica adyacente a la puerta de ingreso e inmediatamente se ubica el almacén de materia prima. Las dimensiones de los estantes son de acuerdo a las dimensiones de los tubos y las platinas. Alrededor del operario y del puesto de trabajo, se sitúan los demás puestos de corte de tubos, para facilitar el flujo del proceso.

Tabla 21 Características del ambiente físico-Almacenamiento crítico

ILUMINACIÓN	RUIDO	VENTILACIÓN Y TEMPERATURA	COLORES	VIBRACIONES
Por características del proceso, la iluminación con la que se trabaja es la adecuada.	El ruido inherente que produce la planta en general no dificulta el almacenamiento.	La ventilación y temperatura no influye en el almacenamiento de materiales.	Se distingue claramente los tubos y platinas a descargar y almacenar.	Las vibraciones producidas por las diversas máquinas no afectan el almacenamiento.

Elaboración propia

**Características psicofisiológicas:**

Tabla 22 Características psicofisiológicas-Almacenamiento crítico

DESEMPEÑO VISUAL	DESEMPEÑO AUDITIVO
Para el almacenamiento y descarga, no se requiere esfuerzo visual considerable, se puede distinguir claramente todos los elementos necesarios.	Se podría afirmar que no existe ruido alguno que ayude o no a ejecutar con mayor eficiencia el almacenamiento de tubos y platinas.

Elaboración propia

**Análisis de la espera crítica.**

Continuando, es el turno de la espera crítica, debido a la velocidad de corte.

**Registro del trabajo seleccionado**

El operario inicia el corte de los tubos, distribuyendo la carga de corte en las 3 sierras cintas que tiene la empresa, debido a que se cortan tubos de diferentes características, la velocidad de corte en cada máquina es diferente de la otra. Entonces cuando una máquina termina de cortar el lote de tubos, el operario procede a la descarga de los tubos al almacén de productos en proceso, en plena

descarga, la otra máquina termina de cortar quedando parada, originando una demora que aumenta el tiempo de ciclo de la operación de corte. No se aprovecha eficientemente las máquinas, y en ocasiones se retrasa el proceso siguiente, teniendo el operario que trabajar horas extras. Asimismo presentamos croquis actual del puesto de trabajo (ver ANEXOS 36 y 37).

### **Examinar críticamente el trabajo registrado**

Mediante la técnica del Interrogatorio Sistemático TIS.

#### **Propósito:**

##### **¿Qué se hace?**

Las sierras de corte están paradas, dejando de funcionar y de cortar

##### **¿Por qué se hace?**

Esta parada se realiza debido a que el operario no se da abasto para atender cuando dos sierras o las tres se paran por finalizar el corte.

##### **¿Qué otra cosa podría hacerse?**

Cuando coinciden los tiempos de parada de las máquinas, es necesario que se adicionen más operarios para la descarga y programación de las máquinas.

##### **¿Qué debería hacerse?**

Se debe de poner a disposición del operario de corte a más operarios para la descarga del material, dedicándose él a la programación de las máquinas de corte.

#### **Lugar:**

##### **¿Dónde se hace?**

Se realiza en el área de corte de tubos de la planta metalmecánica de la empresa

##### **¿Por qué se hace allí?**

De acuerdo al flujo de los procesos y de los materiales se realiza en dicho lugar.

##### **¿En qué otro lugar podría hacerse?**

Se podría pensar en realizar una redistribución de los ambientes físicos.

##### **¿Dónde debería hacerse?**

Se debe de seguir realizando en la ubicación actual. El flujo es adecuado.

**Sucesión:****¿Cuándo se hace?**

Sucede cuando coinciden los tiempos de parada de las sierras de corte.

**¿Por qué se hace entonces?**

En ese momento el operario no se da abasto para atender a las máquinas a la vez.

**¿Cuándo podría hacerse?**

Se podría verificar la forma de eliminar el tiempo de espera.

**¿Cuándo debería hacerse?**

Simplemente dicha demora no debe suceder, o debe reducirse al mínimo.

**Persona:****¿Quién lo hace?**

Lo realiza el operario encargado de manejar las máquinas de la zona de corte.

**¿Por qué lo hace esa persona?**

Lo hace dicha persona, para continuar con el flujo del proceso, ya que es él quien ejecutará la programación de los nuevos cortes en las máquinas.

**¿Qué otra persona podría hacerlo?**

La descarga podría hacerlo cualquier otro operario.

**¿Quién debería hacerlo?**

Debe hacerlo otro operario o ayudante, así el operario de corte se limitará únicamente a la programación de los cortes en las máquinas.

**Medios:****¿Cómo se hace?**

Se desajustan los tubos, y con las manos se proceden a coger los tubos cortados y a apilarlos en el almacén de productos en proceso.

**¿Por qué se hace de ese modo?**

De esa manera, el operario se asegura de que la sierra quede libre para la programación de los nuevos cortes.

**¿De qué otro modo podría hacerse?**

Se podría instalar una bandeja para que reciba los tubos cortados, lo que podría originar el deterioro de las máquinas cuando los tubos se caigan.

**¿Cómo debería hacerse?**

Se debería seguir realizando de la forma actual, incorporando operarios adicionales para la descarga de los tubos cortados.

**Características antropométricas:**

Los tubos de longitudes de 6m se posicionan sobre las sierras de corte, para la descarga el operario tiene que agacharse para desplazar los tubos cortados hacia el área de productos en proceso, ubicados adyacentemente de las sierras de corte. Se verifica esfuerzo muscular que recae sobre la espalda de los operarios, manifestándose en fatiga corporal.

**Características del ambiente físico:**

Alrededor del operario y del puesto de trabajo, se sitúan los demás puestos de soldadura y a su frente se ubica el área de habilitado de tubos, para facilitar el flujo del proceso.

Tabla 23 Características del ambiente físico-Espera crítica

ILUMINACIÓN	RUIDO	VENTILACIÓN Y TEMPERATURA	COLORES	VIBRACIONES
Por características del proceso, la iluminación con la que se trabaja es la adecuada.	El ruido inherente que produce la planta no dificulta el proceso.	La ventilación y temperatura no influyen en el proceso analizado.	Se distinguen claramente los elementos involucrados en el proceso.	Las vibraciones producidas por las máquinas no afectan la ejecución del proceso.

Elaboración propia

**Características psicofisiológicas:**

Tabla 24 Características psicofisiológicas-Espera crítica

DESEMPEÑO VISUAL	DESEMPEÑO AUDITIVO
No se requiere de esfuerzo visual considerable, es el esfuerzo físico el comprometido.	Se podría afirmar que no existe ruido alguno que ayude o no a ejecutar con mayor eficiencia el proceso.

Elaboración propia

**4.3 Propuestas de mejora.**

Continuando con el procedimiento del estudio de métodos, una vez obtenido el análisis y diagnóstico del método de trabajo actual de la operación, transporte, inspección, almacenamiento y espera críticos procedemos a idear y posteriormente a definir los nuevos métodos de trabajos.

**Para el caso de la operación crítica planteamos lo siguiente:**

Un problema que observamos en dicha operación, es el tiempo excesivo que pierde el operario en identificar los tubos de dimensiones similares para proceder a cargarlos a la machina. Entonces para que el operario no pierda tiempo en identificar con su wincha la medida correcta del tubo que desea obtener, proponemos una identificación y distribución de espacios destinado a almacenar aquellos elementos de difícil distinción. Dichos espacios seleccionados deben estar rotulados con las características de los materiales. Entonces, suprimiríamos los tiempos perdidos en la identificación y selección de materiales. El resultado que esperamos, es un mejor aprovechamiento del tiempo empleado para realizar la operación descrita, lo que contribuye al objetivo de la investigación.

Existe un elemento crítico que se manifiesta porque la altura de la machina no es la adecuada, lo que hace que el operario se suba en ella para soldar, lo cual demanda desperdicio de tiempo y excesivo esfuerzo muscular, por tanto proponemos que se reduzca la altura de la machina, para que la longitud de los brazos del soldador, al estirarse, sea la suficiente para que llegue a la ubicación requerida. Entonces se deben cortar las 4 patas de la machinas reduciendo su altura en aproximadamente 15 cm. Posteriormente se deben limar las patas cortadas y adicionar ruedas a cada pata, para facilitar su transporte. Reduciríamos el tiempo empleado en soldar los elementos ubicados en la parte central de la machina, el esfuerzo muscular también se vería beneficiado, manifestándose en incrementos de la productividad del trabajador y reducción de la fatiga. Junto a la reducción de la altura de la machina, es necesario modificar la careta de soldar, para evitar que el operario tenga que estar bajándola y subiéndola con las manos. Ahorrando el tiempo usado en ejecutar la operación, y reduciendo la fatiga que demanda esta última. Lo que proponemos es instalar un soporte a la altura del mentón del operario, utilizado como collar, que sirva de amortiguador cuando caiga la careta. Es decir, una vez que la careta se encuentra sobre la cabeza del soldador, este no tendrá que bajarla con las manos, sino será necesario únicamente un ligero movimiento de la cabeza hacia abajo, así la careta resbalará y caerá por efecto de la gravedad, chocando con el dispositivo soporte instalado en el cuello del soldador. Así se amortiguará el golpe sin dañar la integridad del soldador, y se reducirá el tiempo y esfuerzo empleado. Asimismo, hemos verificado la factibilidad de instalar un dispositivo tipo tecla para mejorar el manipuleo de materiales, reduciendo el tiempo de ejecución.

También hemos identificado que la tarea de descarga del chasis de la machina que realiza el soldador, es la que demanda mayor esfuerzo físico, además se requiere

del apoyo de un segundo operario para poder realizar esta labor. Esto origina que dicho operario pierda tiempo en ayudarlo, se desconcentre y pierda la ilusión de su trabajo además de realizar esfuerzo físico. Entonces para evitar todos los inconvenientes descritos, proponemos el diseño de un dispositivo que ayude al soldador a descargar el producto sin la ayuda de un segundo operario y que reduzca el esfuerzo físico y tiempo empleado.

Para la instalación de este nuevo dispositivo se debe armar una estructura metálica como especie de carpa, debe ser soportada por cuatro columnas de metal, y ser armada sobre el puesto de trabajo actual. Debe contar con una altura mínima de aproximadamente de 4m y una distancia de aproximadamente 4.5m entre columna y columna. En la parte del techo de la estructura metálica se debe instalar una guía alineada a la longitud más grande de la machina y en ella se debe colocar un motor que sea accionado manualmente que sirva como especie de grúa para ayudar a descargar el producto de la machina. Dicho motor debe contar con un cable con una de las puntas instaladas al motor y la otra debe contener una especie de gancho para sujetar el producto que al accionar el motor, una vez quitados los seguros de la machina y de ajustar el producto con el gancho, movilice la cuerda hacia arriba, levantando el producto sobre la machina. Una vez el producto levantado, se debe accionar nuevamente el motor para que este se movilice de manera lineal sobre la guía instalada, así hasta que el producto levantado se ubique fuera de la machina DIS principal, una vez conseguido eso se acciona nuevamente el motor para que movilice a la cuerda hacia abajo hasta que una parte del producto choque al suelo para luego ser apilada a un costado.

Esta estructura que funciona como una especie de puente grúa debe ser manejada por el mismo soldador, quien con una mano acciona el control del motor y con la otra contribuye al equilibrio del producto para que este no se caiga ni se dañe. En síntesis, lo que proponemos es la instalación de una especie de puente grúa para la descarga del producto de la machina, así el soldador no requiera el apoyo de un segundo operario y también para que disminuya el esfuerzo físico empleado en la descarga del material. Lo que esperamos con la instalación de este dispositivo, es reducir considerablemente el tiempo empleado en la descarga del producto, ya que no se interrumpirá a un segundo operario, para lo cual presentamos una comparación del Diagrama de Actividades Múltiple (DAM) actual (VER ANEXO 16) con el mejorado (VER ANEXO 17) donde podemos observar que ya no se requiere un segundo operario para la descarga, así como la reducción del tiempo de ciclo.

Finalmente esperamos se reduzca notablemente el esfuerzo físico del soldador, traduciéndose en aumentos de la productividad de éste último y de todo el proceso.

Finalmente presentamos el diagrama bimanual de la operación mejorada (ver ANEXO 18). El cual procedemos a describir a continuación. El soldador se dirige hacia el área donde están apilados los materiales requeridos, sujeta dicho material y lo lleva hacia la machina DIS principal. Posiciona de manera correcta el material en la machina, posteriormente se dirige hacia la zona de materiales, los cuales han sido habilitados en la zona de corte, coge con la mano izquierda el tubo 1 y con la otra el tubo 2. Se dirige a la machina con los tubos en la mano, los ubica en el lugar correspondiente a cada uno en la machina; luego presiona con la mano izquierda el tubo 1 y con la derecha gira el seguro de ajuste sobre el tubo 1 en la machina, una vez terminado de asegurar se dirige hacia el tubo 2 y realiza sobre éste, el mismo proceso de presión y ajuste que se hizo sobre el tubo 1.

Se dirige nuevamente hacia la zona de materiales y coge el tubo 3 con la mano izquierda y con la otra el tubo 4, con los tubos en la mano se dirige hacia la machina y los ubica en la posición correspondiente. Posteriormente realiza, sobre éstos, el mismo proceso de presión y ajuste realizado sobre los tubos 1 y 2. Se dirige hacia la máquina de soldar y coge la pistola de soldar y con la otra coge el alambón. Se dirige hacia la ubicación del tubo 1, y procede a presionar el alambón en la superficie donde se va a realizar la soldadura, con la mano derecha acciona la pistola y se realiza la soldadura del tubo 1. Con ambas manos se levanta la careta de soldar y se dirige a la ubicación del tubo 2 en la machina, y realiza el mismo proceso de presionar el alambón y soldar que realizó sobre el tubo 1. Se levanta la careta de soldar. Posteriormente se dirige hacia la ubicación de los tubos 3 y 4 en la machina (cuya ubicación es en la parte central de la misma), realiza el proceso de presionar el alambón y soldar la superficie requerida, realizado sobre los tubos 1 y 2. Procede a levantarse la careta, desajusta los seguros de la machina.

Con la mano izquierda coge el gancho del cable del puente grúa y la ajusta sobre el producto ya soldado, con la mano derecha coge el control del motor del puente grúa y en conjunto con la mano izquierda proceden a ajustar el producto en el gancho. Acciona el motor y procede a levantarse el producto, con la mano izquierda equilibra la carga y con la derecha acciona el control para que el puente grúa se mueva sobre la guía de la estructura metálica dejando el producto fuera del área de la machina. Finalmente procede a descargar el producto en la ubicación del

almacén de productos en proceso. Presentamos el croquis del puesto de trabajo mejorado (ver ANEXOS 19 y 20).

**Para el caso del transporte crítico planteamos lo siguiente:**

Hemos observado, que tanto para posicionar el chasis en el carrito para el traslado, como para la descarga del mismo es necesario que el operario emplee esfuerzo muscular excesivo y se produzca fatiga. Lo que proponemos es rediseñar el carrito, cambiando el mango anterior, por uno más ergonómico. Este nuevo mango debe sobresalir diagonalmente del carrito, con una longitud de 25 cm, ha de unirse al carrito mediante un tornillo, el cual permitirá la sujeción del mango, y que éste se pueda inclinar  $45^\circ$  hacia abajo sin mover la posición del carrito, esto facilitará el manipuleo del carrito, al momento de la carga y descarga del chasis; reduciendo el tiempo y el esfuerzo muscular empleados. Asimismo, hemos verificado la factibilidad de instalar un dispositivo de sujeción, una especie de tecla, para mejorar el manipuleo del chasis. Dicho dispositivo debe tener una longitud de aproximadamente 50 cm, el cual debe funcionar como un alicate, el cual una vez posicionado en la parte central del chasis, mediante la presión de la mano, una mordaza presionan el chasis. Así de esta manera se facilita el manipuleo del chasis para la carga y descarga del mismo, reduciéndose el esfuerzo físico.

Finalmente presentamos el diagrama bimanual del transporte crítico mejorado (ver ANEXO 24). El cual procedemos a describir a continuación. El operario inicia su faena dirigiéndose con su mano izquierda hacia el tecla, y con su mano derecha se dirige hacia el carrito para el traslado; posteriormente se dirige hacia la zona donde los chasis se encuentran apilados. Procede a accionar con su mano izquierda el tecla, ajustándolo a la parte central del chasis, y con la otra mano soporta el peso del chasis. Luego traslada el chasis con las dos manos hacia el carrito. Es allí donde el operario procede a inclinar el tecla con el chasis ajustado a él, asimismo con la mano derecha inclina el mango del carrito, inclinándose el carrito también. Posiciona y luego presiona el chasis en el carrito con la mano izquierda, y con la derecha posiciona y presiona el carrito para contener al chasis. Levanta el carrito a su posición normal y procede a trasladarlo al almacén de chasis. Finalmente con la mano derecha inclina el carrito para la descarga y con la izquierda coge el chasis para apoyar a la descarga, como último paso procede a descargar el chasis. Presentamos el croquis del puesto de trabajo mejorado (ver ANEXOS 25 y 26).

**Para el caso de la inspección crítica planteamos lo siguiente:**

El método de trabajo no necesita ser mejorado, dicha operación de inspección simplemente no debe realizarse. Puesto que el proveedor es gravemente responsable de que los productos que entrega deben cumplir con las dimensiones y características necesarias. Entonces lo que se debe hacer es revisar y renegociar el contrato con el proveedor, y plasmar en él de que los tubos no deben poseer defectos de forma o dimensión, aplicándose una penalidad al proveedor cuando existan dichos defectos. Así obtendríamos la eliminación de la inspección de tubos, reduciendo el tiempo de ciclo de la fabricación del chasis, elevando la productividad del proceso, y contribuyendo al objetivo general de la investigación.

**Para el caso del almacenamiento crítico planteamos lo siguiente:**

Para mejorar el método de trabajo actual será necesario implementar el dispositivo tipo cuña para facilitar el levantamiento de los tubos y las platinas. De esta manera cuando los operarios decidan levantar los tubos y platinas harán uso de este dispositivo el cual les ayudará a levantar realizando un menor esfuerzo físico. Dicho dispositivo debe ser hecho de acero, con la funcionalidad de un alicate, que al presionar las manijas de la parte superior, las mordazas ubicadas en la parte inferior se ajusten, de esta manera ajustando los tubos y platinas. Lo que esperamos al implementar este dispositivo es reducir el esfuerzo físico que realizan los operarios al momento del izaje de los tubos y platinas.

Presentamos el diagrama bimanual del proceso mejorado (VER ANEXO 33), el cual procedemos a describir a continuación: el operario se dirige al camión suministrador que contiene los tubos y platinas, con ambas manos coge y quita el alambre que amarra a los tubos, posteriormente se dirige al dispositivo cuña instalado. Lo coge con las dos manos para presionar las mordazas en los tubos y sostenerlos, luego procede a levantar los tubos y a trasladarlos hacia la zona del almacén de tubos y platinas. Finalmente baja los tubos a la altura de los estantes de los tubos, encaja los tubos en el estante y suelta las mordazas del dispositivo, apilando los tubos en el estante. Ahora se dirige hacia el camión para la descarga de las platinas. Se dirige al dispositivo cuña instalado. Lo coge con las dos manos para presionar las mordazas en las platinas y sostenerlas, luego procede a levantar las platinas y a trasladarlas hacia la zona del almacén de tubos y platinas. Finalmente baja las platinas a la altura de los estantes de platinas, las encaja en los estantes, suelta las mordazas del dispositivo, apilando las platinas en el estante. Presentamos el croquis del puesto de trabajo mejorado (ver ANEXOS 34 y 35).

**Para el caso de la espera crítica planteamos lo siguiente:**

Se debe de incorporar operarios para ayudar al operario de corte, en la descarga de los tubos, cuando el tiempo de parada de las máquinas coinciden. Así por ejemplo, cuando dos sierras coinciden se deben de asignar 3 operarios para la descarga de los tubos, siendo el operario de corte quien dirija la descarga. Una vez que una de las sierras queda liberada, el operario de corte procede a programar los nuevos cortes, así la máquina podrá iniciar el corte de tubos reduciendo el tiempo de parada. Se procedería a ejecutar la misma operación cuando la segunda sierra quede liberada. Este proceso debe de ajustarse cuando las 3 máquinas coinciden, para reducir el tiempo de parada de máquina y aumentar la productividad y eficiencia de las máquinas y del proceso.

**Conclusión**

Presentamos los beneficios esperados al implementarse los nuevos métodos de trabajo. Es necesario mencionar, que mediante la implementación de los nuevos métodos de trabajo y de las mejoras diseñadas, no se verá afectada la calidad de los materiales ni de los productos.

Asimismo, se prevé que no existe un ahorro o requerimiento de espacios en los puestos de trabajo. Sin embargo, en el puesto de operación crítica de soldadura DIS principal, mediante la implementación del puente grúa se obtiene un mejor aprovechamiento del espacio volumétrico. También debemos mencionar que las mejoras a implementar, pueden servir para otros puestos de trabajo, por ejemplo la implementación del dispositivo puente grúa en la operación crítica soldadura DIS principal, también puede ser implementada en los demás puestos de soldadura. Asimismo, el desarrollo de tecles y dispositivos de sujeción, se pueden usar en los diferentes puestos de trabajo, del proceso crítico.

Finalmente, el resultado que esperamos obtener luego de implementar las mejoras seleccionadas es el aumento de la productividad de los operarios involucrados de las diferentes áreas, traduciéndose en la fabricación de más piezas en menor tiempo. Debido a la reducción de tiempos muertos y del esfuerzo físico. Contribuyendo con el incremento de la capacidad de producción.

A continuación presentamos una tabla resumen conteniendo todas las mejoras propuestas por cada tipo de operación, se muestra el beneficio esperado, y los indicadores que servirán para su evaluación y control:

Tabla 25 Mejoras de métodos de trabajo

Elemento	Mejora	Beneficio Esperado	¿Nuevo método?	INDICADORES					
				Reducción de tiempo de ciclo (minutos)	% Reducción de Tiempo de Ciclo	PRODUCTIVIDAD (unidad/hora)	¿Reducción de Operarios?	Posición Y Postura	¿Reducción de esfuerzo físico?
Operación crítica soldadura DIS principal	Instalación de un dispositivo puente grúa, implementación de un sistema de etiquetado y rotulado de materiales, reducción de la altura de la machina, instalación de tecele para materiales y rediseño de careta de soldar.	Reducción del esfuerzo físico y fatiga de operarios e incremento de la productividad por reducción de tiempos muertos y reducción del tiempo de ciclo.	Sí	3.5	22%	4.06	Se reduce la necesidad de un segundo operario para la operación de descarga, mediante el uso del puente grúa	Al reducir la altura de la machina, se mejora la posición de trabajo del soldador.	Se reduce notablemente, lo cual se traduce en incremento de la productividad.
Transporte crítico de chasis terminados	Instalación de un dispositivo tipo tecele para el manipuleo de los productos y rediseño del mango del carrito para el traslado.	Reducción del esfuerzo muscular, incrementando la eficiencia de los trabajadores por reducción de tiempo de ciclo.	Sí	0.83	33%	28.17	No	La posición y postura se mantiene	El rediseño del carrito, hace que se minimice el esfuerzo físico.
Inspección crítica de tubos	Instauración de penalidad al proveedor por productos defectuosos. Eliminando la inspección	Reducción de tiempo de ciclo del proceso, incremento de la productividad de trabajadores.	No	3	100%	100% productivo	No	Mejora al 100%	Mejora al 100%
Almacenamiento crítico de tubos y platinas	Implementación de un dispositivo tipo cuña para izaje de materiales.	Reducción del esfuerzo muscular, incrementando la eficiencia de los trabajadores.	Sí	0.5	50%	113.21	No	Se elimina la posición corvada del operario, al usar el disp. de izaje.	Esfuerzo muscular reducido en gran magnitud.
Espera crítica en corte de tubos	Adicionar operarios de apoyo en la descarga de tubos cortados, reduciendo el tiempo de espera.	Incremento de la eficiencia de las sierras cinta, mejor aprovechamiento de recursos.	No	1.5	50%	37.5	Adición de operario de apoyo para mejorar eficiencia de sierras	La posición y postura se mantiene	No se reduce esfuerzo físico.
<b>Total</b>				<b>9.33</b>	<b>12%</b>				

Elaboración propia

## Capítulo 5

### 5.1 Estudio de Tiempos

Complementando el estudio de métodos, procedemos a presentar el Estudio de Tiempos para las operaciones críticas analizadas en el capítulo anterior. A continuación presentamos la nomenclatura a usar:

<b>FR:</b> Factor Ritmo (%)
<b>TR:</b> Tiempo Reloj
<b>TN:</b> Tiempo Normal = (TR*FR)/100
<b>S:</b> Suplementos (%)
<b>F:</b> Frecuencia
<b>TE:</b> Tiempo Estándar = TN*(1+S)*F

Asimismo para el cálculo del número de muestras requerido, hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$N = \left( \frac{T \cdot \sigma}{e \cdot \mu} \right)^2$$

Los parámetros que usaremos para el caso en estudio, son los siguientes:

Tabla 26 Parámetros cálculo de tamaño de muestra

PARÁMETROS	
NC	95%
T-Student	1.8946
e	5%

Elaboración propia

#### Estudio de tiempos de la operación crítica:

Elementos:

Tabla 27 Elementos de la operación crítica

Elemento	Descripción	Inicio	Final
A	Transporte de materiales hacia área de trabajo.	Inicia cuando el operario empieza a cargar los materiales en la machina.	Coloca el último tubo a ser soldado en la machina.
B	Posicionamiento de materiales en machina.	Empieza a posicionar los materiales y a ajustar los seguros de la machina	Se ajusta el último seguro de la machina.
C	Soldeo de materiales.	Coge la pistola de soldar para empezar con el soldeo DIS principal.	Termina de soldar la última superficie requerida.
D	Desajuste de seguros de machina.	Empieza a quitar seguros de machina.	Desajusta el último seguro de la machina.
E	Descarga de estructura soldada.	Se dirige a segundo operario para levantar estructura soldada.	La estructura soldada se ubica sobre la machina.
F	Traslado de estructura hacia zona de almacén.	Ambos operarios se dirigen a apilar la estructura soldada.	Apilan la estructura soldada donde corresponde.

Elaboración propia

#### Diagrama de Puesto de Trabajo:

Ver ANEXOS 14 Y 15.

Imagen de elementos A, B, C, D, E, F; ver ANEXOS 38, 39, 40, 41, 42, 43 respectivamente.

Resumen de Tiempos:

Tabla 28 Resumen de tiempos- Operación crítica

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D			ELEMENTO E			ELEMENTO F		
	Transporte de materiales hacia área de trabajo			Posicionamiento de materiales en machina			Soldeo de materiales			Desajuste de seguros de machina			Descarga de estructura soldada			Traslado de estructura hacia zona de almacén		
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN
1	100	78	78	95	96	91	90	429	387	100	64	64	105	201	211	95	46	43
2	100	71	71	95	98	93	90	411	370	100	54	54	105	187	197	95	55	52
3	100	65	65	95	100	95	90	390	351	100	56	56	105	186	195	95	53	50
4	100	70	70	95	102	97	90	466	419	100	73	73	105	208	218	95	52	49
5	100	74	74	95	81	77	90	415	374	100	68	68	105	193	202	95	40	38
6	100	56	56	95	79	76	90	334	300	100	67	67	105	167	175	95	45	43
7	100	66	66	95	82	78	90	369	332	100	57	57	105	173	182	95	46	44
8	100	65	65	95	104	99	90	420	378	100	64	64	105	197	207	95	48	46
9	100	76	76	95	107	102	90	478	430	100	69	69	105	235	247	95	47	45
10	100	66	66	95	92	87	90	435	392	100	65	65	105	202	212	95	51	48

Elaboración propia

Tabla 29 Suplementos de la operación crítica

Elemento	% del TN
Necesidades Personales	5%
Base por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Postura incómoda (inclinado)	2%
Concentración intensa (trabajo preciso)	2%
Esfuerzo muscular moderado	3%
Tensión mental por proceso complejo	1%
Trabajo bastante monótono	1%
<b>Total</b>	<b>20%</b>

Fuente: OIT (1996)

Elaboración propia

Número de Muestras:

Tabla 30 Tamaño de muestra requerido-Operación crítica

Elemento	$\mu$ (TR)	$\sigma$	N
A	68.7707	6.536019027	13
B	94.1038	9.925900935	16
C	414.6501	42.95811414	16
D	63.7837	6.18539202	14
E	194.8366	19.01572769	14
F	48.3388	4.551006507	13
N requerido	16		

Elaboración propia

De la tabla anterior podemos observar que se requiere realizar 16 observaciones en total, a continuación mostramos las 6 observaciones faltantes para completar las lecturas necesarias:

Tabla 31 Cálculo del tiempo estándar-Operación crítica

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D			ELEMENTO E			ELEMENTO F				
	Transporte de materiales hacia área de trabajo			Posicionamiento de materiales en machina			Soldeo de materiales			Desajuste de seguros de machina			Descarga de estructura soldada			Traslado de estructura hacia zona de almacén				
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN		
11	100	77	77	95	97	92	90	431	388	100	66	66	105	199	209	95	50	48		
12	100	75	75	95	96	91	90	410	369	100	56	56	105	190	200	95	51	48		
13	100	68	68	95	99	94	90	395	356	100	58	58	105	189	198	95	52	49		
14	100	69	69	95	97	92	90	450	405	100	69	69	105	202	212	95	49	47		
15	100	72	72	95	89	85	90	420	378	100	65	65	105	195	205	95	48	46		
16	100	66	66	95	86	82	90	385	347	100	64	64	105	186	195	95	46	44		
ELEMENTOS			ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D			ELEMENTO E			ELEMENTO F		
Tipo de elemento			Regular			Regular			Regular			Regular			Regular			Regular		
RANGO ( R )			22			27			145			19			68			15		
MEDIA ( $\mu$ )			69.63			94.06			414.84			63.49			194.34			48.67		
R / $\mu$			0.32			0.29			0.35			0.30			0.35			0.31		
# ítems por ciclo			1			1			1			1			1			1		
TN (min)			18.57			23.83			99.56			16.93			54.41			12.33		
Nº CICLOS ANALIZADOS			16			16			16			16			16			16		
TN PROMEDIO			1.16			1.49			6.22			1.06			3.40			0.77		
F (POR CICLO)			1			1			1			1			1			1		
TN POR ELEMENTO (min)			1.16			1.49			6.22			1.06			3.40			0.77		
INDICADORES		TOTAL TIEMPO NORMAL (min)	% SUPLEMENTOS (S)			TIEMPO ESTÁNDAR (TE) (min)			MINUTOS TABAJADOS POR DÍA			PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS SOLDADAS POR DÍA								
		14.10	20			16.92			480			28								

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior podemos definir que los elementos C y E son los que presentan una mayor variación, esto es debido a que la ejecución de dichos elementos varía de acuerdo a la situación. Por ejemplo, en caso del elemento C, el soldeo difiere de una secuencia a otra.

**Estudio de tiempos del transporte crítico:**

Elementos:

Tabla 32 Elementos del transporte crítico

Elemento	Descripción	Inicio	Final
A	Ubicación y traslado de carrito hacia zona de chasis	El operario inicia la búsqueda del carrito	Ubica el carrito al costado del chasis soldado
B	Posicionamiento de chasis en carrito	Posiciona el carrito para el chasis	El chasis está posicionado sobre el carrito
C	Transporte de carrito hacia almacén	Termina de posicionar el chasis en el carrito	Se ubica el carrito al costado de la zona de almacén.
D	Descarga y almacenaje de chasis	Empieza la descarga del chasis en la zona determinada	El chasis es ubicado en la zona correctamente

Elaboración crítica

Diagrama de Puesto de Trabajo:

Ver ANEXOS 22 y 23.

Imagen de elementos A, B, C, D ver ANEXOS 44, 45, 46 y 47 respectivamente.

Resumen de Tiempos:

Tabla 33 Resumen de tiempos- Transporte crítico

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D		
	Ubicación y traslado de carrito hacia zona de chasis			Posicionamiento de chasis en carrito			Transporte de carrito hacia almacén			Descarga y almacenaje de chasis		
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN
1	100	12	12	95	33	31	100	41	41	95	17	16
2	100	11	11	95	38	36	100	42	42	95	16	15
3	100	10	10	95	42	40	100	39	39	95	18	17
4	100	10	10	95	31	29	100	39	39	95	18	17
5	100	12	12	95	39	37	100	41	41	95	17	16
6	100	11	11	95	34	32	100	40	40	95	15	14
7	100	11	11	95	40	38	100	41	41	95	16	15
8	100	12	12	95	38	36	100	39	39	95	16	15
9	100	11	11	95	36	34	100	38	38	95	17	16
10	100	11	11	95	39	37	100	39	39	95	18	17

Elaboración propia

Tabla 34 Suplementos del transporte crítico

Elemento	% del TN
Necesidades Personales	5%
Base por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Postura ligeramente incómoda	0%
Concentración de cierta precisión	0%
Esfuerzo muscular moderado	3%
Tensión mental por proceso complejo	1%
Trabajo algo aburrido	0%
<b>Total</b>	<b>15%</b>

Fuente: OIT (1996)

Elaboración propia

Número de muestras:

Tabla 35 Tamaño de muestra requerido-Transporte crítico

Elemento	$\mu$ (TR)	$\sigma$	N
A	11.1000	0.73786479	7
B	37.0000	3.43187671	13
C	39.9000	1.28668394	2
D	16.8000	1.03279556	6
N requerido	13		

Elaboración propia

De la tabla anterior podemos observar que se requiere realizar 13 observaciones en total, a continuación mostramos las 3 observaciones faltantes para completar las lecturas necesarias:

Tabla 36 Cálculo del tiempo estándar-Transporte crítico

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D				
	Ubicación y traslado de carrito hacia zona de chasis			Posicionamiento de chasis en carrito			Transporte de carrito hacia almacén			Descarga y almacenaje de chasis				
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN		
11	100	10	10	95	33	31	100	39	39	95	15	14		
12	100	11	11	95	34	32	100	40	40	95	16	15		
13	100	10	10	95	38	36	100	41	41	95	15	14		
ELEMENTOS			ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D		
Tipo de elemento			Regular			Regular			Regular			Regular		
RANGO ( R )			2			11			4			3		
MEDIA (μ)			10.92			36.54			39.92			16.46		
R / μ			0.18			0.30			0.10			0.18		
# ítems por ciclo			1			1			1			1		
TN (min)			2.37			7.52			8.65			3.39		
Nº CICLOS ANALIZADOS			13			13			13			13		
TN PROMEDIO			0.18			0.58			0.67			0.26		
F (POR CICLO)			1			1			1			1		
<b>TN POR ELEMENTO (min)</b>			<b>0.18</b>			<b>0.58</b>			<b>0.67</b>			<b>0.26</b>		
INDICADORES		TOTAL TIEMPO NORMAL (min)	% SUPLEMENTOS (S)		TIEMPO ESTÁNDAR (TE) (min)			MINUTOS TABAJADOS POR DÍA		CHASIS TRANSPORTADOS POR DÍA				
		1.69	15		1.94			480		247				

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior podemos definir que el elemento B es el que tiene mayor variación, debido a la dificultad del trabajo realizado.

**Estudio de tiempos de la inspección crítica:**

Elementos:

Tabla 37 Elementos de la inspección crítica

Elemento	Descripción	Inicio	Final
A	Coge extremos y verificación defectos en tubos	Coge un extremo de los tubos	Termina de coger el otro extremo de tubos
B	Verificar vena de soldadura	Coge el largo del tubo	Termina con la inspección visual de la vena del tubo
C	Guardar herramientas y alistar tubos para corte	Termina la inspección visual	Prepara los tubos para la carga de materiales

Elaboración propia

Diagrama de Puesto de Trabajo:

Ver ANEXOS 28 y 29.

Imagen de elementos A, B, C ver ANEXOS 48, 49 y 50 respectivamente.

Resumen de Tiempos:

Tabla 38 Resumen de tiempos- Inspección crítica

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C		
	Coge extremos y verificación defectos en tubos			Verificar vena de soldadura			Guardar herramientas y alistar tubos para corte		
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN
1	90	48	43	90	63	57	100	19	19
2	90	66	59	90	92	83	100	28	28
3	90	50	45	90	80	72	100	29	29
4	90	48	43	90	67	60	100	28	28
5	90	74	67	90	94	85	100	28	28
6	90	52	47	90	65	59	100	19	19
7	90	59	53	90	67	60	100	21	21
8	90	56	50	90	75	68	100	27	27
9	90	57	51	90	76	68	100	22	22
10	90	63	57	90	82	74	100	21	21

Elaboración propia

Tabla 39 Suplementos de la inspección crítica

Elemento	% del TN
Necesidades Personales	5%
Base por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Postura ligeramente incómoda	0%
Concentración intensa (trabajo preciso)	2%
Esfuerzo muscular reducido	1%
Tensión mental por proceso complejo	1%
Trabajo bastante monótono	1%
<b>Total</b>	<b>16%</b>

Fuente: OIT (1996)

Elaboración propia

Número de Muestras:

Tabla 40 Tamaño de muestra requerido-Inspección crítica

Elemento	$\mu$ (TR)	$\sigma$	N
A	57.3000	8.4728324	32
B	76.1000	10.9792734	30
C	24.2000	4.13118224	42
N requerido	42		

Elaboración propia

De la tabla anterior, obtenemos que el N requerido es muy alto para todos los elementos, es decir que la variación observada en la toma de tiempos es muy alta. Esto sucede principalmente por las grandes diferencias existentes en las composiciones de un tubo y otro, requiriendo emplear un tiempo mayor en la inspección de chancaduras de algunos tubos. No conviene completar las lecturas por la alta dispersión.

Tabla 41 Cálculo del tiempo estándar-Inspección crítica

ELEMENTOS	ELEMENTO A	ELEMENTO B	ELEMENTO D
Tipo de elemento	Regular	Regular	Regular
RANGO ( R )	26	31	10
MEDIA ( $\mu$ )	57.30	76.10	24.20
R / $\mu$	0.45	0.41	0.41
# ítems por ciclo	1	1	1
TN (min)	8.60	11.42	4.03
Nº CICLOS ANALIZADOS	10	10	10
TN PROMEDIO	0.86	1.14	0.40
F (POR CICLO)	1	1	1
<b>TN POR ELEMENTO (min)</b>	<b>0.86</b>	<b>1.14</b>	<b>0.40</b>

INDICADORES	TOTAL TIEMPO NORMAL (min)	% SUPLEMENTOS (S)	TIEMPO ESTÁNDAR (TE) (min)	MINUTOS TABAJADOS POR DÍA	TUBOS INSPECCIONADOS POR DÍA
	2.40	16	2.79	480	172

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior podemos definir que el elemento C es el que tiene mayor variación, debido a que el procedimiento seguido no es estandarizado y depende de las circunstancias del centro de trabajo.

**Estudio de tiempos del almacenamiento crítico:**

Elementos:

Tabla 42 Elementos del almacenamiento crítico

Elemento	Descripción	Inicio	Final
A	Ubicación de Tubos y quitar alambón	Operarios se dirigen hacia camión proveedor	Quitan el alambón que sujeta los tubos
B	Izaje y posicionamiento tubos para almacenaje	Cogen los tubos con sus manos	Terminan de levantar los tubos
C	Traslado de tubos y descarga en estante	Se dirigen con tubos hacia almacén	Ubican tubos en estante para almacenaje
D	Ubicación de Platinas y quitar alambón	Operarios se dirigen hacia camión proveedor	Quitan el alambón que sujeta las platinas
E	Izaje y posicionamiento de platinas para almacenaje	Cogen las platinas con sus manos	Terminan de levantar las platinas
F	Traslado de Platinas y descarga en estante	Se dirigen con platinas hacia almacén	Ubican platinas en estante para almacenaje

Elaboración propia

Diagrama de Puesto de Trabajo:

Ver ANEXOS 31 y 32.

Resumen de Tiempos:

Tabla 43 Resumen de tiempos- Almacenamiento crítico

C I C L O	ELEMENTO A			ELEMENTO B			ELEMENTO C			ELEMENTO D			ELEMENTO E			ELEMENTO F		
	Ubicación de Tubos y quitar alambción			Izaje y posicionamiento tubos para almacenaje			Traslado de tubos y descarga en estante			Ubicación de Platinas y quitar alambción			Izaje y posicionamiento de platinas para almacenaje			Traslado de Platinas y descarga en estante		
	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN	FR	TR	TN
1	100	21	21	95	26	25	90	80	72	100	17	17	90	29	26	95	76	72
2	100	18	18	95	25	24	90	70	63	100	14	14	90	27	24	95	72	68
3	100	26	26	95	40	38	90	105	95	100	23	23	90	44	39	95	112	107
4	100	18	18	95	26	25	90	82	74	100	19	19	90	29	26	95	75	72
5	100	23	23	95	26	24	90	90	81	100	22	22	90	28	26	95	80	76
6	100	24	24	95	36	34	90	104	93	100	20	20	90	40	36	95	100	95
7	100	17	17	95	21	20	90	65	59	100	15	15	90	23	21	95	59	56
8	100	18	18	95	24	23	90	66	60	100	15	15	90	26	24	95	60	57
9	100	16	16	95	23	22	90	69	62	100	15	15	90	25	22	95	68	65
10	100	18	18	95	25	24	90	81	73	100	19	19	90	27	25	95	79	75

Elaboración propia.

Tabla 44 Suplementos del almacenamiento crítico

Elemento	% del TN
Necesidades Personales	5%
Base por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Postura incómoda (inclinado)	2%
Concentración de cierta precisión	0%
Esfuerzo muscular moderado	3%
Tensión mental por proceso complejo	1%
Trabajo bastante monótono	1%
<b>Total</b>	<b>18%</b>

Fuente: OIT (1996)

Elaboración propia

Número de Muestras:

Tabla 45 Tamaño de muestra requerido-Almacenamiento crítico

Elemento	$\mu(TR)$	$\sigma$	N
A	20.0691	3.50399288	44
B	27.2379	6.11271708	73
C	81.2550	14.6460711	47
D	17.8077	3.23673275	48
E	29.7819	6.58658349	71
F	78.2484	16.559554	65
N requerido	73		

Elaboración propia

De la tabla anterior, obtenemos que el N requerido es muy alto para todos los elementos, es decir que la variación observada en la toma de tiempos es muy alta. No conviene completar las lecturas por la alta dispersión.

Tabla 46 Cálculo del tiempo estándar-Almacenamiento crítico

ELEMENTOS	ELEMENTO A	ELEMENTO B	ELEMENTO C	ELEMENTO D	ELEMENTO E	ELEMENTO F
Tipo de elemento	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular	Irregular
RANGO ( R )	10	19	40	9	21	53
MEDIA (μ)	20.07	27.24	81.26	17.81	29.78	78.25
R / μ	0.50	0.70	0.49	0.52	0.69	0.68
# ítems por ciclo	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
TN (min)	3.34	4.31	12.19	2.97	4.47	12.39
Nº CICLOS ANALIZADOS	10	10	10	10	10	10
TN PROMEDIO	0.33	0.43	1.22	0.30	0.45	1.24
F (POR CICLO)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
<b>TN POR ELEMENTO (min)</b>	<b>0.07</b>	<b>0.09</b>	<b>0.24</b>	<b>0.06</b>	<b>0.09</b>	<b>0.25</b>
INDICADORES	TOTAL TIEMPO NORMAL (min)	% SUPLEMENTOS (S)	TIEMPO ESTÁNDAR (TE) (min)	MINUTOS TABAJADOS POR DÍA	MATERIALES DESCARGADAS POR DÍA	
	0.79	18	0.94	480	513	

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior podemos definir que el elemento B es el que tiene mayor variación, debido a que el trabajo realizado para el posicionamiento de tubos depende de la correcta manipulación por parte del operario.

**Estudio de tiempos de la espera crítica:**

Elementos:

Tabla 47 Elementos de la espera crítica

Elemento	Descripción	Inicio	Final
A	Espera a sierras	El operario termina de programar la última sierra	Cuando la primera sierra termina su ejecución

Elaboración propia

Diagrama de Puesto de Trabajo:

Ver ANEXOS 36 Y 37. Imagen de elemento A, ver ANEXOS 51

Resumen de Tiempos:

Tabla 48 Resumen de tiempos- Espera crítica

C I C L O	ELEMENTO A		
	Espera a sierras		
	FR	TR	TN
1	100	145	145
2	100	154	154
3	100	122	122
4	100	156	156
5	100	129	129
6	100	139	139
7	100	132	132
8	100	153	153
9	100	159	159
10	100	139	139

Elaboración propia

Tabla 49 Suplementos de la espera crítica

Elemento	% del TN
Necesidades Personales	5%
Base por fatiga	4%
Por trabajar de pie	2%
Postura ligeramente incómoda	0%
Concentración de cierta precisión	0%
Esfuerzo muscular mínimo	0%
Tensión mental por proceso complejo	1%
Trabajo bastante monótono	1%
<b>Total</b>	<b>13%</b>

Fuente: OIT (1996)

Elaboración propia

Número de muestras:

Tabla 50 Tamaño de muestra requerido-Espera crítica

Elemento	$\mu$ (TR)	$\sigma$	N
A	142.8667	12.692605	12

Elaboración propia

De la tabla anterior podemos observar que se requiere realizar 12 observaciones en total, a continuación mostramos las 2 observaciones faltantes:

Tabla 51 Cálculo del tiempo estándar-Espera crítica

C I C L O	ELEMENTO A		
	Espera a sierras		
	FR	TR	TN
1	100	147	147
2	100	139	139

ELEMENTOS	ELEMENTO A
Tipo de elemento	Regular
RANGO ( R )	37
MEDIA ( $\mu$ )	142.83
R / $\mu$	0.26
# ítems por ciclo	1
TN (min)	28.57
Nº CICLOS ANALIZADOS	12
TN PROMEDIO	2.38
F (POR CICLO)	1
<b>TN POR ELEMENTO (min)</b>	<b>2.38</b>

INDICADORES	TOTAL TIEMPO NORMAL (min)	% SUPLEMENTOS (S)	TIEMPO ESTÁNDAR (TE) (min)	DEMORAS POR DÍA
	2.38	13	2.69	178

Elaboración propia

Se puede observar una variación reducida, por ser el trabajo repetitivo y embrutecedor. A modo de comparación, continuación presentamos un resumen de los TE actuales, de cada tipo de operación analizado:

Tabla 52 Resumen de tiempos estándar actuales

Operación	TE actual (min)
Soldadura DIS principal	16.92
Transporte de chasis terminados	1.94
Inspección de tubos	2.79
Almacenamiento de tubos y platinas	0.94
Espera en corte de tubos	2.69

Elaboración propia

En la etapa del estudio de métodos, se definieron nuevos métodos de trabajo y se propuso la implementación de herramientas y dispositivos para mejorar los métodos

de trabajo actuales. Entre uno de los resultados que esperamos obtener, además del incremento de la productividad, reducción del esfuerzo muscular, etc. Es la reducción del tiempo de ciclo. La magnitud de dicha reducción, ha sido estimada en base a los supuestos establecidos y al nuevo método de trabajo propuesto. Entonces el tiempo estándar de las operaciones también se verá reducido, a continuación presentamos los TE estimados de las operaciones analizadas:

Tabla 53 Tiempos estándar estimados

Operación	TE actual (min)	TE estimado (min)	Tiempo total reducido	% Reducción
Soldadura DIS principal	16.92	13.42	3.5	21%
Transporte de chasis terminados	1.94	1.11	0.83	43%
Inspección de tubos	2.79	100% reducido	2.79	100%
Almacenamiento de tubos y platinas	0.94	0.44	0.5	53%
Espera en corte de tubos	2.69	1.19	1.5	56%
		<b>TOTAL</b>	<b>9.12</b>	<b>12%</b>

Elaboración propia

## 5.2 Normas del Proceso.

En esta etapa del proyecto de investigación, procedemos a presentar las normas del proceso crítico para la fabricación de estructuras de Chasis de mototaxi. Indicaremos los requerimientos de cada operación para una producción de calidad, normalizando los procesos, para una mejor organización del trabajo. A continuación presentamos las operaciones estandarizadas mediante instructivos de trabajo, los cuales se ubicarán en cada estación de trabajo de cada tipo de operación analizada. Es necesario mencionar que se presentará el instructivo de trabajo completo para la operación crítica “Soldadura DIS principal”. Para los demás elementos críticos, la información se presentará en los anexos.

Tabla 54 Instructivo de trabajo-Operación crítica

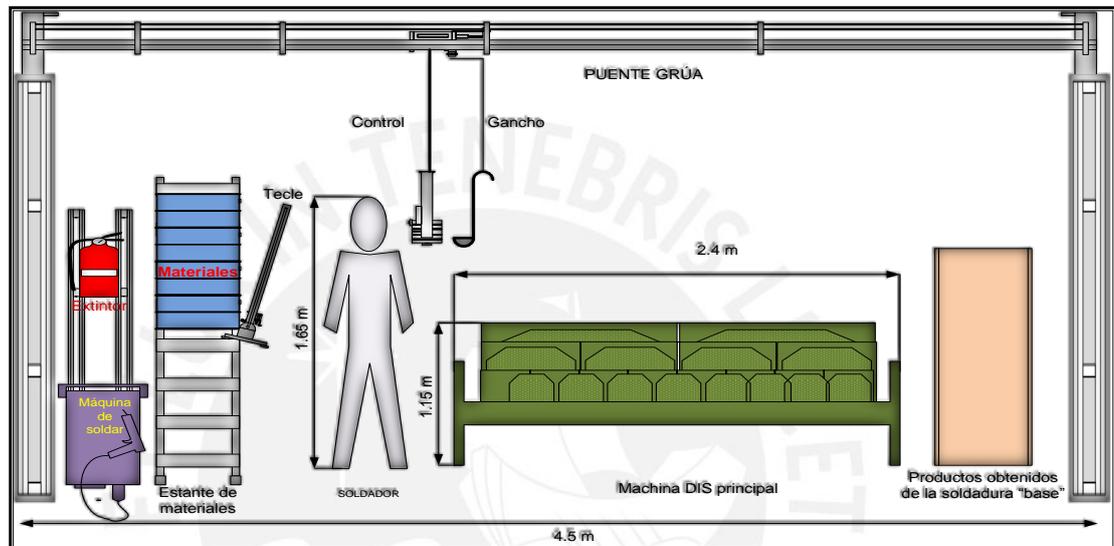
INSTRUCTIVO DE TRABAJO		
<b>OPERACIÓN:</b>	SOLDADURA DIS PRINCIPAL	<b>CÓD. MÁQUINA:</b>
<b>SECCIÓN:</b>	SOLDADURA	<b>CÓD. OPERARIO:</b>
<b>ELEMENTOS</b>		
A	Transporte de materiales hacia área de trabajo	
B	Posicionamiento de materiales en machina	
C	Soldeo de materiales	
D	Desajuste de seguros de machina	
E	Descarga de estructura soldada	
F	Traslado de estructura hacia zona de almacén	
<b>Tiempo Estándar (minutos)</b>	13.42	
<b>PRODUCTIVIDAD (unid/hora)</b>	4.47	
<b>Lista de Herramientas:</b>		
Hoja 1/3		

## INSTRUCTIVO DE TRABAJO

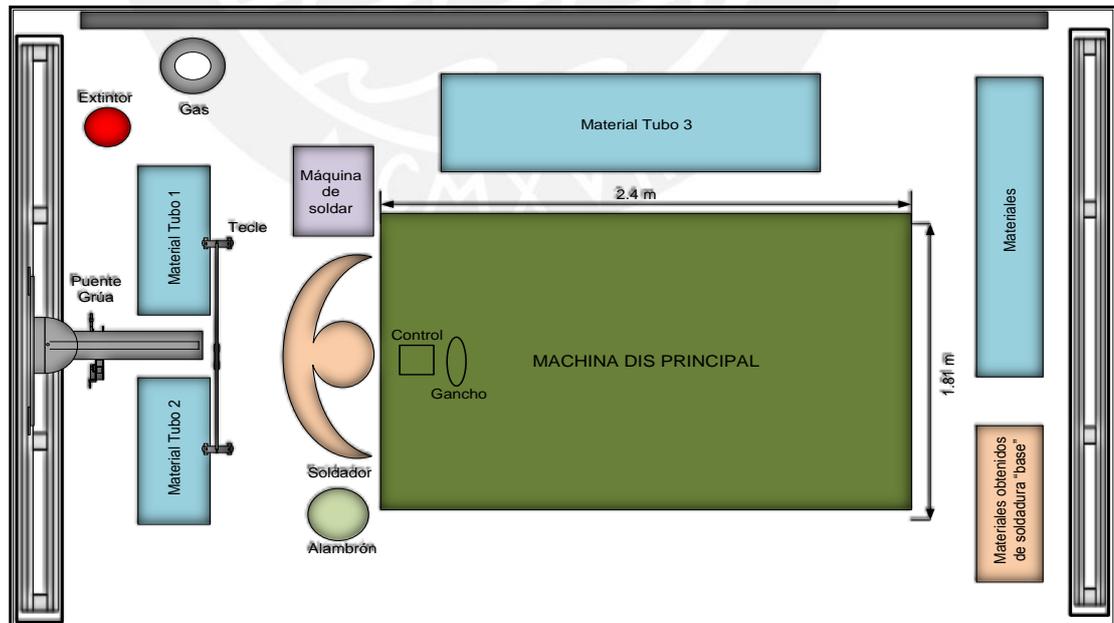
<b>OPERACIÓN:</b>	SOLDADURA DIS PRINCIPAL	<b>CÓD. MÁQUINA:</b>	
<b>SECCIÓN:</b>	SOLDA DURA	<b>CÓD. OPERARIO:</b>	

### DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE PUESTO DE TRABAJO

#### Vista Frontal



#### Vista de Planta



### INSTRUCTIVO DE TRABAJO

<b>OPERACIÓN:</b>	SOLDADURA DIS PRINCIPAL
<b>SECCIÓN:</b>	SOLDADURA

<b>CÓD. MÁQUINA:</b>	
<b>CÓD. OPERARIO:</b>	

### MÉTODO DE TRABAJO

DIAGRAMA BIMANUAL				PROCESO:			
MÉTODO:		<input type="checkbox"/> Actual	<input checked="" type="checkbox"/> propuesto	Soldadura DIS principal			
C	M	SIMBOLO		MANO IZQUIERDA		MANO DERECHA	
1	3			Hacia materiales en teclé.		Hacia materiales en teclé.	3 1
2	2			Asir material,		Asir material,	2 2
1	4			Hacia machina.		Hacia machina.	4 1
2	3			Encajar material en machina		Encajar material en machina.	3 2
2	3			Presionar material en machina		Presionar material en machina	3 2
1	3			Hacia materiales		Hacia materiales	3 1
2	2			Coger tubo 1		Coger tubo 2	2 2
1	3			Hacia machina		Hacia machina	3 1
2	3			Colocar tubo 1 en machina		Colocar tubo 2 en machina	3 2
2	3			Presionar tubo 1 en machina		Hacia Tubo 1 en machina	3 1
2	4			Presionar tubo 1 en machina		Girar seguro de ajuste en machina	3 2
1	3			Soltar tubo 1		Soltar seguro	3 1
1	3			Hacia tubo 2		Hacia tubo 2	3 1
2	3			Presionar tubo 2 en machina		Girar seguro de ajuste en machina	3 2
1	3			Soltar tubo 2		Soltar seguro	3 1
1	4			Hacia materiales		Hacia materiales	4 1
2	3			Coger Tubo 3		Coger Tubo 4	3 2
1	3			Hacia machina		Hacia machina	3 1
2	3			Colocar Tubo 3 en machina		Colocar Tubo 4 en machina	3 2
2	3			Presionar tubo 3 en machina		Hacia tubo 3	3 1
2	3			Presionar tubo 3 en machina		Girar seguro de ajuste en machina	3 2
1	3			Soltar tubo 3		Soltar seguro	3 1
1	4			Hacia tubo 4		Hacia tubo 4	4 1
2	3			Presionar tubo 4 en machina		Girar seguro de ajuste en machina	3 2
2	3			Soltar tubo 4		Soltar seguro	3 2
1	3			Hacia alambción		Hacia pistola de soldar	4 1
2	2			Coger alambción		Coger pistola de soldar	3 2
1	4			Hacia tubo 1 en machina		Hacia tubo 1 en machina	4 1
2	3			Presionar alambción sobre superfice a		Accionar pistola de soldar	3 2
1	3			Retirar alambción sobrante		Dejar de accionar pistola de soldar	3 1
1	4			Hacia careta de soldar		Hacia careta de soldar	4 1
1	3			Subir careta de soldar		Subir careta de soldar	3 1
1	4			Hacia tubo 2 en machina		Hacia tubo 2 en machina	4 1
2	3			Presionar alambción sobre superfice a		Accionar pistola de soldar	3 1
1	3			Retirar alambción sobrante		Dejar de accionar pistola de soldar	3 1
1	4			Hacia careta de soldar		Hacia careta de soldar	4 1
1	3			Subir careta de soldar		Subir careta de soldar	3 1

Diagramado por: Diego Acuña Alcarráz

Fecha 26/10/2011 Hoja 01 de 02

DIAGRAMA BIMANUAL				PROCESO:			
MÉTODO:		<input type="checkbox"/> Actual	<input checked="" type="checkbox"/> propuesto	Soldadura DIS principal			
C	M	SIMBOLO		MANO IZQUIERDA		MANO DERECHA	
1	4			Hacia tubos 3 y 4 en machina		Hacia tubos 3 y 4 en machina	4 1
2	3			Presionar alambción sobre superfice a		Accionar pistola de soldar	3 2
1	3			Retirar alambción sobrante		Dejar de accionar pistola de soldar	4 2
1	4			Hacia careta de soldar		Hacia careta de soldar	4 1
1	3			Subir careta de soldar		Subir careta de soldar	3 1
3	3			Desajustar seguros de machina		Desajustar seguros de machina	3 3
1	4			Hacia gancho de grúa puente		Hacia control de grúa puente	4 1
2	4			Ajustar gancho a producto soldado		Ajustar gancho a producto soldado	4 2
1	4			Hacia producto		Accionar motor de grúa puente	2 2
2	4			Coger producto		Accionar motor de grúa puente	2 2
3	4			Equilibrar carga		Accionar motor de grúa puente	2 2
1	4			Hacia almacén de productos en proceso		Accionar motor de grúa puente	2 2
2	3			Soltar producto		Soltar control de grúa puente	3 2

Diagramado por: Diego Acuña Alcarráz

Fecha 26/10/2011 Hoja 02 de 02

Elaboración propia

Tabla 55 Instructivo de trabajo-Transporte crítico

INSTRUCTIVO DE TRABAJO			
<b>OPERACIÓN:</b>	TRANSPORTE DE CHASIS TERMINADOS		<b>CÓD. MÁQUINA:</b>
<b>SECCIÓN:</b>	SOLDADURA		<b>CÓD. OPERARIO:</b>
<b>ELEMENTOS</b>			
A	Ubicación y traslado de carrito hacia zona de chasis		
B	Posicionamiento de chasis en carrito		
C	Transporte de carrito hacia almacén		
D	Descarga y almacenaje de chasis		
<b>Tiempo Estándar (minutos)</b>		1.11	
<b>PRODUCTIVIDAD (unid/hora)</b>		54.05	
<b>Lista de Herramientas:</b>			
Hoja 1/3			
<b>DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE PUESTO DE TRABAJO</b>			
<b>Vista Frontal</b>	VER ANEXO 25		
<b>Vista de Planta</b>	VER ANEXO 26		
Hoja 2/3			
<b>MÉTODO DE TRABAJO</b>			
VER ANEXO 24			
Hoja 3/3			

Elaboración propia

Tabla 56 Instructivo de trabajo-Almacenamiento crítico

INSTRUCTIVO DE TRABAJO			
<b>OPERACIÓN:</b>	ALMACENAMIENTO DE TUBOS Y PLATINAS		<b>CÓD. MÁQUINA:</b>
<b>SECCIÓN:</b>	ALMACÉN MATERIA PRIMA		<b>CÓD. OPERARIO:</b>
<b>ELEMENTOS</b>			
A	Ubicación de Tubos y quitar alambón		
B	Izaje y posicionamiento tubos para almacenaje		
C	Traslado de tubos y descarga en estante		
D	Ubicación de Platinas y quitar alambón		
E	Izaje y posicionamiento de platinas para almacenaje		
F	Traslado de Platinas y descarga en estante		
<b>Tiempo Estándar (minutos)</b>		0.44	
<b>PRODUCTIVIDAD (unid/hora)</b>		136.36	
<b>Lista de Herramientas:</b>			
Hoja 1/3			
<b>DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE PUESTO DE TRABAJO</b>			
<b>Vista Frontal</b>	VER ANEXO 34		
<b>Vista de Planta</b>	VER ANEXO 35		
Hoja 2/3			
<b>MÉTODO DE TRABAJO</b>			
VER ANEXO 33			
Hoja 3/3			

Elaboración propia

Tabla 57 Instructivo de trabajo-Espera crítica

INSTRUCTIVO DE TRABAJO			
OPERACIÓN:	ESPERA EN CORTE DE TUBOS		CÓD. MÁQUINA:
SECCIÓN:	CORTE		CÓD. OPERARIO:
ELEMENTOS			
A Espera a sierras			
Tiempo Estándar (minutos)		1.19	
PRODUCTIVIDAD (unid/hora)		50.42	
Lista de Herramientas:			
Hoja 1/2			
DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE PUESTO DE TRABAJO			
<u>Vista Frontal</u>	VER ANEXO 36		
<u>Vista de Planta</u>	VER ANEXO 37		
Hoja 2/2			

Elaboración propia

Como paso complementario, a continuación presentamos una serie de indicadores adicionales, que servirán para evaluar a los diferentes puestos de trabajo:

- $$\bullet \text{ Eficacia} = \frac{N^{\circ} \text{ _chasis _ producidos}}{N^{\circ} \text{ _chasis _ que _ deberían _ producirse}}$$

Con este indicador se quiere medir si se está cumpliendo lo propuesto en la etapa de planificación, así en la etapa de control se podrán determinar las causas del problema y se podrán tomar decisiones para mejorar la producción.

- $$\bullet \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad _ de _ materia _ prima _ que _ deberían _ usarse}}{\text{Cantidad _ de _ materia _ prima _ que _ se _ usa}}$$

Lo que se quiere medir con este indicador es en qué manera varía lo estimado, en relación a la materia prima, con lo que actualmente se consume en la empresa, esto sirve para ver si se están incurriendo en gastos excesivos o, por el contrario, los gastos son mínimos, lo cual debe significar un aspecto positivo para la empresa.

- $$\bullet \text{ Efectividad} = \frac{\text{Productividad _ real}}{\text{Productividad _ óptima}}$$

Con este indicador se quiere medir como varía la productividad real en relación con la productividad óptima, es decir, se quiere saber si el consumo real de recursos para lograr productos es menor o mayor al consumo óptimo que es tomado como estándar.

- **Calidad** = 
$$\frac{N^{\circ} \text{ rechazos de chasis}}{\text{recursos insumidos}}$$

Con este indicador se quiere medir en qué parte se están perdiendo insumos al fabricar estructuras chasis de mototaxis que están mal fabricados y que son devueltos a la empresa para re fabricarlos, lo cual incurre en costos adicionales.

- **Calidad**= 
$$\frac{\text{Dinero en mermas de metal}}{\text{Dinero en recursos insumidos}}$$

Los residuos de los metales son utilizados como chatarra y son vendidos en grandes cantidades para obtener ganancias y así aprovechar los insumos a un 100%. Entonces con este indicador se quiere lograr ver en qué medida son aprovechados los recursos de la empresa (metal) para obtener un estimado de cuánto dinero se está perdiendo o ganando en la utilización de los metales y su posterior venta como chatarra.

- **Productividad** = 
$$\frac{N^{\circ} \text{ chasis producidos}}{\text{Cantidad de materia prima consumida}}$$

Mediante este indicador se piensa controlar y mitigar la cantidad de materia prima consumida, en base a la cantidad de unidades de chasis producidas, es así que cuando se observe un bajo indicador de productividad, será necesario investigar las fuentes de desperdicios y tomar acciones correctivas al respecto.

- **Productividad** = 
$$\frac{N^{\circ} \text{ chasis producidos}}{\text{Horas Hombre empleadas}}$$

El principal objetivo del trabajo de investigación es proporcionar las herramientas y técnicas para lograr el incremento de la capacidad de producción. Es así que mediante el uso de este indicador buscamos la manera de controlar las unidades producidas en relación a la cantidad de horas-hombre empleadas, por tanto el incremento de unidades de chasis producidas con una misma cantidad de horas-hombre empleadas, contribuye al incremento del indicador y de la capacidad de producción de la empresa.

## Capítulo 6

### 6.1 Evaluación técnica de impactos del rediseño.

Como etapa complementaria de la investigación, procedemos a realizar la evaluación técnica de los impactos del rediseño de las operaciones analizadas. Analizaremos la influencia e impacto de las mejoras propuestas sobre las operaciones críticas tomando en cuenta conceptos de productividad, calidad, seguridad industrial, incremento de área y espacio volumétrico, impacto tecnológico, capacidad de producción, etc.

A continuación presentamos el incremento estimado de la productividad, considerando un ratio de producción por proceso completo:

Tabla 58 Incremento de productividad – Fab. Chasis

Productividad			
Elemento	PDVD actual (Unid/día)	PDVD con mejoras (Unid/día)	% incremento
Fab. Chasis	18.34	20.75	13.1%

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se estima un incremento del 13.1% de la productividad (medida en unidades de chasis fabricadas por día), debido a la implementación de la mejoras en las operaciones críticas analizadas.

Asimismo, procedemos a presentar el aprovechamiento del espacio volumétrico, y el incremento del área por cada operación crítica.

Tabla 59 Aprovechamiento del espacio volumétrico

Elemento	% Aprovechado actual	% Aprovechado con mejoras	% incremento
Soldadura DIS Principal	50%	75%	50%

Elaboración propia

En el cuadro anterior, se manifiesta un incremento estimado de 50% de aprovechamiento de espacio volumétrico, debido a la instalación de un dispositivo tipo puente grúa en la operación crítica denominada Soldadura DIS principal.

Tabla 60 Incremento de área

Elemento	% Aprovechado actual	% Aprovechado con mejoras	% incremento
Soldadura DIS principal	80%	80%	0%
Transporte de chasis terminados	60%	60%	0%
Inspección de tubos	75%	75%	0%
Almacenamiento de tubos y platinas	80%	80%	0%
Espera en corte de tubos	65%	65%	0%

Elaboración propia

Se estima que no se incrementa el área de los puestos de trabajo.

Respecto al concepto de calidad, hemos realizado el análisis por cada operación crítica analizada y basándonos en conceptos de reprocesos, mermas y productos defectuosos. Es así que presentamos la mejora de calidad en los procesos en la siguiente tabla, manifestándose en reducción del porcentaje de reprocesos, mermas y productos defectuosos por cada operación crítica analizada.

Tabla 61 Mejora de la calidad

Elemento crítico	Concepto	% actual	% con mejoras	% reducción
Soldadura DIS principal	Reprocesos	8%	4.5%	44%
	Mermas	6%	2%	67%
	Prod. Defectuosos	4%	2%	50%
Inspección de tubos	Reprocesos	4%	0%	100%
	Mermas	0%	0%	0%
	Prod. Defectuosos	10%	0%	100%
Almacenamiento de tubos y platinas	Reprocesos	8%	2%	75%
	Mermas	0%	0%	0%
	Prod. Defectuosos	5%	3%	40%
Espera en corte de tubos	Reprocesos	5%	4%	20%
	Mermas	0%	0%	0%
	Prod. Defectuosos	8%	5%	38%

Elaboración propia

El detalle de cálculo del porcentaje de reducción estimado de reprocesos, mermas y productos defectuosos se presenta en el ANEXO 52.

Asimismo se estima, que mediante la implementación de las mejoras, el impacto tecnológico sobre las operaciones críticas se beneficiará principalmente por la implementación del dispositivo puente grúa (se utilizará un poliplasto eléctrico de cadena con tranvía motorizado) ya que mediante su uso se suprimirá el apoyo de un operario para la operación de descarga del chasis de la machina DIS principal. Además de la implementación de tecles de sujeción y manipuleo que facilitan un trabajo más estándar y ordenado.

Tabla 62 Impacto tecnológico

Elemento	Descripción
Soldadura DIS principal	Dispositivo Puente grúa
Equipos de sujeción	Tecles de manipuleo y sujeción

Elaboración propia

Respecto al concepto de accidentes, en la tabla siguiente podemos apreciar que se estima una reducción del 85% de accidentes por concepto de manipuleos, y una reducción del 70% de accidentes por concepto de traslados.

Tabla 63 Reducción de accidentes

Elemento	% accidentes actual	% accidentes con mejoras	% Reducción
Manipuleos	7%	1%	85%
Traslados	10%	3.0%	70%

Elaboración propia

El detalle de cálculo de reducción de accidentes se muestra en el ANEXO 53.

El impacto de las mejoras sobre las operaciones críticas se manifiesta también en la reducción de los tiempos estándares, es así que a continuación mostramos la tabla resumen de la reducción de tiempos estándares de las operaciones críticas:

Tabla 64 Reducción de tiempos estándar

Operación	TE actual (min)	TE estimado (min)	Tiempo total reducido	% Reducción
Soldadura DIS principal	16.92	13.42	3.5	21%
Transporte de chasis terminados	1.94	1.11	0.83	43%
Inspección de tubos	2.79	100% reducido	2.79	100%
Almacenamiento de tubos y platinas	0.94	0.44	0.5	53%
Espera en corte de tubos	2.69	1.19	1.5	56%
		<b>TOTAL</b>	<b>9.12</b>	<b>12%</b>

Elaboración propia

Finalmente presentamos la tabla con el análisis técnico del impacto de las mejoras en base a la capacidad de producción y su incremento tomando como referencia periodos mensuales y anuales:

Tabla 65 Incremento de capacidad de producción

Elemento	Mensual actual (unid)	Mensual . Objetivo de prod. (unid)	% incremento
Fab. De Chasis	477	539	13.1%
Elemento	Anual actual (unid)	Anual .Objetivo de prod. (unid)	% incremento
Fab. De Chasis	5721	6473	13.1%
Elemento	Anual actual (unid)	Anual. Límite mínimo (unid)	% incremento
Fab. De Chasis	5721	6279	9.7%

Elaboración propia

Considerando que alrededor del 3% de la capacidad estándar objetivo estimada se desperdicia, obtenemos un incremento estimado del 9.7% de capacidad de producción.

De acuerdo a las tablas anteriores podemos estimar que la implementación de las mejoras propuestas para las operaciones críticas se traduce en el incremento del rendimiento de indicadores técnicos relacionados a la calidad, seguridad industrial (accidentes), impacto tecnológico, tiempos estándar, productividad, incremento de área, aprovechamiento de espacio volumétrico y capacidad de producción.

## **6.2 Evaluación económica de impactos del rediseño.**

Complementando la evaluación técnica, procedemos a realizar la evaluación económica de los impactos del rediseño de los procesos analizados.

Analizaremos los componentes de costo de la inversión y coinversión, tales como los materiales requeridos para la implementación de las mejoras, los documentos y útiles de control y gestión administrativa, los materiales y la valorización del tiempo invertido en el desarrollo de las mejoras y las horas invertidas en capacitación. También analizaremos los costos variables en un horizonte de cinco años por conceptos de energía, insumos, repuestos por desgaste y mantenimiento. Asimismo calcularemos los ahorros generados por conceptos de reducción de reprocesos, productos defectuosos, mermas y desarrollo de mejoras, teniendo en cuenta la capacidad de producción ganada por reducción del tiempo estándar de fabricación del proceso completo.

Finalmente realizaremos la evaluación económica comparando los montos por inversión, coinversión y gastos variables contra los ingresos generados por los ahorros, dicha comparación se realizará tomando como referencia un horizonte de cinco años.

Para efectos de la evaluación utilizaremos indicadores financieros tales como el TIR (Tasa interna de retorno), VAN (Valor actual neto), que ayudarán a determinar si el proyecto de investigación es rentable o no. Asimismo mostraremos el período de recuperación.

Empezaremos el análisis de los costos por conceptos de inversión y coinversión,

### 6.2.1 Costos de inversión y co-inversión

A continuación presentamos la tabla resumen de precios de la inversión requerida para la implementación de las mejoras por concepto de materiales y horas-hombre. Teniendo en cuenta que el desarrollo de precios se realiza en base a las mejoras planteadas por cada operación crítica analizada:

Tabla 66 Costos de materiales

OPERACIONES CRÍTICAS	DESCRIPCIÓN DE MEJORA	ELEMENTOS	COSTO (S/.)	Comentario
Soldadura DIS principal	Dispositivo puente grúa	Estructura metálica	S/. 2,000.00	Compra y fabricación
		Poliplasto eléctrico de cadena con tranvía motorizado (Motor 1 HP)	S/. 9,250.00	Compra
		Eslingas de cadena	S/. 500.00	Compra
		Instalación puente grúa	S/. 600.00	MO calificada
	Tecla p/materiales	Tecla para sujeción	S/. 400.00	Compra
	Sistema de etiquetado	Etiquetas y materiales	S/. 100.00	Compra
		Implementación de sistema	S/. 500.00	MO calificada
	Reducción de la altura de la machina DIS principal	Ruedas para machina	S/. 120.00	Compra y fabricación
		Herramientas	S/. 150.00	Compra
		Implementación de machina	S/. 200.00	MO calificada
Transporte de chasis terminados	Tecla p/manipuleo	Tecla para manipuleo	S/. 450.00	Compra
	Rediseño mango carrito	Materiales (tubos, ganchos,etc)	S/. 150.00	Compra
		Implementación de mango	S/. 250.00	MO calificada
Almacenamiento tubos y platinas	Dispositivo tipo cuña	Viga horizontal	S/. 200.00	Compra
		Tecla para levante	S/. 450.00	Compra
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>S/. 15,320.00</b>	

Elaboración propia

De la tabla anterior obtenemos que se requiere un total de S/. 15,320.00 por concepto de materiales para la implementación de mejoras.

La implementación de mejoras no comprende únicamente materiales y horas-hombre, también se estima que se incurrirá en costos de control y gestión administrativa, que engloba los costos de documentación, asesoría y negociación para la revisión del contrato con el proveedor de tubos, así como también los costos incurridos en la adición de un nuevo operario, y finalmente los costos incurridos en los instructivos de rediseño de puestos:

Tabla 67 Costos de control y gestión administrativa

OPERACIONES CRÍTICAS	REQUERIMIENTO	ELEMENTOS	COSTO (S/.)
Inspección de tubos	Revisión de contrato con proveedor de tubos	Documentación de penalidad.	S/. 120.00
		Asesoría.	S/. 400.00
		Negociación con proveedor.	S/. 500.00
Espera en corte de tubos	Adición operario	Trámites de selección y capacitación	S/. 150.00
		Inducción y capacitación	S/. 250.00
Todas	Instructivos y rediseño de puestos	Útiles de oficina.	S/. 100.00
		Mostradores y vitrinas	S/. 300.00
		Valorización de uso de PC.	S/. 300.00
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>S/. 2,120.00</b>

Elaboración propia

El cálculo de los costos se basa en la estimación valorizada del tiempo invertido. Para la el desarrollo de mejoras, se requirió la participación completa del analista encargado del trabajo de investigación, así como también el apoyo del jefe de producción. Asimismo se hizo uso de instrumentos, equipos y herramientas para el correcto desarrollo de las mejoras. A continuación presentamos la tabla de costos por concepto de desarrollo de mejoras.

Tabla 68 Costos de desarrollo de mejoras

Elemento	HH empleadas	Valorización del tiempo invertido	Costo total (S/.)
Honorarios por análisis y mejoras	700	S/. 5.17	S/. 3,619.00
Honorarios por apoyo de jefe de producción	250	S/. 12.50	S/. 3,125.00
Equipos	Cant.	Costo unit	Costo total (S/.)
Cronómetros	2	S/. 75.00	S/. 150.00
Cámara digital	1	S/. 400.00	S/. 400.00
Calibradores	2	S/. 125.00	S/. 250.00
Alquiler PC	1	S/. 500.00	S/. 400.00
Materiales de Escritorio	1	S/. 250.00	S/. 250.00
<b>TOTAL</b>			<b>S/. 8,194.00</b>

Elaboración propia

Se estima la valorización del tiempo invertido, en base al salario recibido mensual, información proporcionada por la empresa del caso de estudio. Se obtiene un total de S/. 8194.00 por concepto de desarrollo de mejoras.

La implementación de las mejoras acarrea, también, costos de capacitación. Dentro de estos costos se consideran los correspondientes al entrenamiento para el manejo del dispositivo puente grúa, de los tecles para manipuleo y sujeción, de la correcta interpretación de los instructivos de trabajo y normas del proceso. A continuación presentamos los costos de capacitación:

Tabla 69 Costos de capacitación

Elemento	N° personas	N° de días de capacitación	HH / día	Valorización del tiempo invertido	Costo Total (S/.)
Operarios	12	10	3	S/. 5.10	S/. 1,836.00
Supervisor	1	10	3	S/. 6.50	S/. 195.00
<b>total</b>					<b>S/. 2,031.00</b>

Elaboración propia

Se considera que se capacitarán 12 operarios y un supervisor, quien será el encargado de verificar el cumplimiento de los instructivos de trabajo y normas del proceso. Se obtiene un total de S/. 2031.00 por concepto de capacitación.

Finalmente procedemos a presentar la tabla resumen con el monto total por concepto de inversión y co-inversión para la implementación de las mejoras:

Tabla 70 Costos de inversión y co-inversión

Elemento	Costo (S/.)
Implementación de mejoras	S/. 15,320.00
Ctrl. Gestión Adm.	S/. 2,120.00
Desarrollo de mejoras	S/. 8,194.00
Capacitación	S/. 2,031.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/. 27,665.00</b>

Elaboración propia

De la tabla anterior, podemos estimar que se requiere un total de S/. 27,665.00 para el desarrollo e implementación de las mejoras.

### 6.2.2 Costos variables

La implementación de las mejoras, incluye también costos variables. Para efectos del trabajo de investigación, consideramos un horizonte de cinco años para la evaluación económica. A continuación, en la tabla 71, presentamos los costos variables por concepto de energía, generado por el motor de 1 HP para el dispositivo puente grúa.

Tabla 71 Costos variables - Energía

Potencia motor (HP)	Rendimiento	Horas por turno	Horas anuales	Consumo (KW.hora)	Costo ( S/. /KW.hora)	Costo anual energía (S/)
1	90%	3	792	531.75	0.4525	S/. 241

Elaboración propia

Asimismo se estima, se incurrirá en costos por insumos, los cuales son calculado en base a costo actual, y se proyecta su incremento en base al incremento de la capacidad de producción:

Tabla 72 Costos variables - Insumos

Elemento	Costo anual actual	Incremento de producción	Costo Anual con mejoras
Refrigerante	S/. 1,650	13.10%	S/. 216
Grasa	S/. 1,800		S/. 236
Aceite	S/. 2,300		S/. 301

Elaboración propia

Debido al desgaste de los equipos y herramientas se estima incurrir en costos por concepto de repuestos. Se estima la cantidad de unidades de repuestos en base a la cantidad de equipos y a su tasa de desgaste.

Tabla 73 Costos variables - Repuestos

Elemento	cant. anual (unid)	costo (S/. / unid)	Costo anual
Tubos	18	S/. 15	S/. 275
manijas	16	S/. 20	S/. 320
Sujetadores	24	S/. 12	S/. 288

Elaboración propia

Así entonces presentamos, en la tabla 74, los costos variables en un horizonte de 5 años, considerando un incremento anual de 6% sobre los costos incurridos, excepto para los costos constante de manijas, sujetadores y mantenimiento.

Tabla 74 Costos variables

Elemento	Descripción	Periodo (Año)				
		1	2	3	4	5
Energía	Consumo de electricidad	S/. 241	S/. 255	S/. 270	S/. 287	S/. 304
Insumos	Refrigerante	S/. 216	S/. 229	S/. 243	S/. 257	S/. 273
	Grasa	S/. 236	S/. 250	S/. 265	S/. 281	S/. 298
	Aceite	S/. 301	S/. 319	S/. 339	S/. 359	S/. 380
Repuestos por desgaste	Tubos	S/. 275	S/. 291	S/. 308	S/. 327	S/. 347
	Manijas	S/. 320				
	Sujetadores	S/. 288				
Mantenimiento	MO calificada	S/. 2,000				
	<b>TOTAL</b>	<b>S/. 3,876</b>	<b>S/. 3,952</b>	<b>S/. 4,033</b>	<b>S/. 4,119</b>	<b>S/. 4,209</b>

Elaboración propia

### 6.2.3 Ahorros

El desarrollo de las mejoras, trae consigo la reducción del tiempo de fabricación de cada estructura chasis; lo que se traduce en capacidad de producción ganada para fabricar una mayor cantidad de unidades.

Para el cálculo de ahorros, tomaremos en cuenta los costos actuales por conceptos de reprocesos, productos defectuosos y mermas; divididos en sus componentes de costo de materiales, mano de obra y energía. Dichos costos nos fueron proporcionados por la empresa. Asimismo tomaremos en cuenta el % de reducción de dichos conceptos (reprocesos, productos defectuosos y mermas) cuyo detalle de cálculo se ubica en el ANEXO 52.

Tabla 75 Cálculo de ahorros – mejora de la calidad

Elemento	Concepto de ahorro	Costos actuales			% Reducción	Ahorro generado		
		Materiales	Mano de Obra	Energía		Materiales	Mano de Obra	Energía
Operación crítica	Reprocesos	S/. 0.47	S/. 0.33	S/. 0.15	44%	S/. 0.21	S/. 0.15	S/. 0.07
	Prod. Defectuosos	S/. 0.41	S/. 0.29	S/. 0.12	50%	S/. 0.21	S/. 0.15	S/. 0.06
	Mermas	S/. 0.18	S/. 0.15	S/. 0.03	67%	S/. 0.12	S/. 0.10	S/. 0.02
Almacenamiento crítico	Reprocesos	S/. 0.11	S/. 0.04	S/. 0.03	75%	S/. 0.08	S/. 0.03	S/. 0.02
	Prod. Defectuosos	S/. 0.16	S/. 0.06	S/. 0.08	40%	S/. 0.06	S/. 0.02	S/. 0.03
Espera crítica	Reprocesos	S/. 0.46	S/. 0.35	S/. 0.28	20%	S/. 0.09	S/. 0.07	S/. 0.06
	Prod. Defectuosos	S/. 0.22	S/. 0.11	S/. 0.16	38%	S/. 0.08	S/. 0.04	S/. 0.06

Fuente: Informe producción de la empresa (2011)

Elaboración propia

Asimismo, para el caso de la inspección crítica, debido a que se eliminó dicha operación. El ahorro generado llega a ser el 100% del costo actual de dicho elemento.

Tabla 76 Cálculo de ahorros – Inspección crítica

Costos actuales			Ahorro generado	
Materiales	Mano de Obra	% Reducción	Materiales	Mano de Obra
S/. 0.05	S/. 0.12	100%	S/. 0.05	S/. 0.12

Fuente: Informe producción de la empresa (2011)  
Elaboración propia

Otro componente de ahorro se manifiesta debido a la implementación de mejoras, en este caso para el concepto de mano de obra. Pues al reducirse el tiempo de ciclo se reduce el costo de fabricación.

Tabla 77 Cálculo de ahorros – Desarrollo de mejoras

Elemento crítico	Costo actual	% Reducc. Tiempo de ciclo	Ahorro generado
Operación	S/. 1.50	21%	S/. 0.31
Transporte	S/. 0.21	49%	S/. 0.10
Almacenaje	S/. 0.15	63%	S/. 0.09
Espera	S/. 0.25	56%	S/. 0.14

Fuente: Informe producción de la empresa (2011)  
Elaboración propia

Finalmente, a continuación, en la tabla 78, presentamos la valorización de ahorros por todos los conceptos mencionados:

Tabla 78 Valorización de ahorros

Concepto	Red. Reprocesos	Red. Prod. Defectuosos	Red. Mermas	Des. mejoras	Valorización total	Costo de Producto	% de Red. Costo unitario
Materiales	S/. 0.38	S/. 0.35	S/. 0.12	S/. 0.05	S/. 0.90	S/. 221.00	0.41%
Mano de Obra	S/. 0.25	S/. 0.21	S/. 0.10	S/. 0.77	S/. 1.32		0.60%
Energía	S/. 0.14	S/. 0.15	S/. 0.02	S/. 0.00	S/. 0.31		0.14%
<b>Valorización total de ahorros por unidad fabricada.</b>					<b>S/. 2.53</b>	<b>% Ahorro total</b>	<b>1.15%</b>

Elaboración propia

El resumen de los detalles del cálculo de ahorros se muestran en el ANEXO 54. Podemos verificar, del cuadro anterior, que se genera un ahorro total de S/. 2.53 por cada unidad de chasis fabricada, que representa un total de 1.15% de ahorro sobre el costo de fabricación original (S/. 221.00).

A continuación procedemos a presentar la valorización del ahorro total considerando periodos anuales:

Tabla 79 Valorización anual total de ahorros

Producción anual actual (unid)	Capac. Prod. Ganada anual (unid)	Producción anual con mejoras (unid)	Valorización de Ahorro anual
5721	558	6279	S/. 15,913.24

Elaboración propia

El detalle de cálculo de la tasa de producción anual actual, producción anual con mejoras y de la capacidad de producción ganada, se muestra en el ANEXO 55.

De la tabla anterior, obtenemos un ahorro total anual estimado de S/. 15.913.24.

#### 6.2.4 Evaluación de indicadores económicos

A continuación procedemos a presentar la evaluación económica de las mejoras propuestas, considerando un horizonte de 5 años, empleando indicadores financieros como el VAN (Valor actual neto), TIR (Tasa interna de retorno), relación beneficio/costo y presentando el periodo de recuperación.

Tabla 80 Flujo de ahorros y egresos.

Elemento	0	1	2	3	4	5
Ahorros		S/. 15,913.24				
Egresos	S/. 27,665.00	S/. 3,876.37	S/. 3,952.47	S/. 4,033.14	S/. 4,118.64	S/. 4,209.28
Ingresos - Egresos	<b>-S/. 27,665.00</b>	<b>S/. 12,036.87</b>	<b>S/. 11,960.77</b>	<b>S/. 11,880.10</b>	<b>S/. 11,794.59</b>	<b>S/. 11,703.95</b>

Elaboración propia

Tabla 81 Indicadores económicos

TASA DE DESCUENTO	7.41%
VAN	<b>S/. 20,544.08</b>
TIR	33%

Elaboración propia

Tabla 82 Relación Beneficio/Costo

VAN Ahorros	<b>S/. 64,537.35</b>
VAN Egresos	<b>S/. 43,993.27</b>
Beneficio/Costo	<b>1.47</b>

Elaboración propia

Es necesario mencionar que la tasa de descuento usada (7.41%) para el cálculo del VAN, viene a ser la tasa de interés pasiva promedio de mercado efectiva, según datos proporcionados por la SBS.

Tabla 83 Periodo de recuperación

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Egresos	-S/. 27,665.00	S/. 12,036.87	S/. 11,960.77	S/. 11,880.10	S/. 11,794.59	S/. 11,703.95
<b>Sumarizando</b>		S/. 11,206.47	S/. 21,573.87	S/. 31,160.94	S/. 40,022.38	S/. 48,209.08

Elaboración propia

La suma de cada período, de la tabla 83, se obtiene calculando el VAN del flujo de Ingresos – Egresos hasta el periodo requerido, por ejemplo la suma del periodo 2 es el VAN del flujo de Ingresos – Egresos hasta el período 2. Así obtenemos que la inversión se recuperará en el segundo año, ya que la suma del año 2, es mayor al flujo de Ingresos – Egresos del mismo año.

Finalmente, de las tablas anteriores podemos verificar que el desarrollo de las mejoras propuestas es rentable, ya que proporciona un VAN alto (S/. 20,544.08), un TIR alto (33%); además podemos verificar que la relación Beneficio/Costo es mayor que 1 (1.47). Complementariamente, podemos observar de la Tabla 83 que la inversión se recuperará en el segundo año.

## Capítulo 7

### 7.1 Conclusiones

A continuación procedemos a presentar las conclusiones que se generan a partir del desarrollo del trabajo de investigación:

- El continuo crecimiento de la oferta y demanda de productos y servicios asociados a los principales sectores económicos del país (construcción, minería, industria, etc.) se debe principalmente al desarrollo económico de estos últimos. Entonces la aparición de nuevos competidores en el mercado es inminente, por tanto la dirección de la empresa debe garantizar su competitividad y diferenciación. De todo esto, surge la necesidad de una revisión de los procesos actuales y de optimizar los recursos de la empresa con la finalidad de responder a los cambios contractuales.
- La forma de trabajo de la empresa en la parte de manufactura de estructuras de chasis no es la adecuada, pues como se observó se generan excesos de mermas, reprocesos y productos defectuosos. Asimismo, no se cuenta con un trabajo estandarizado y normado, caracterizándose el sobre-esfuerzo físico realizado por los operarios por las condiciones anti-ergonómicas de los puestos de trabajo. Adicionalmente se verificó que las áreas de trabajo son desordenadas y antihigiénicas, dificultando la labor del operario en la identificación de herramientas y equipos. Todo esto se traduce en capacidad de producción desaprovechada.
- Existe una fracción de la demanda del cliente que no es atendida por la empresa. Asimismo pudimos observar, que la producción real de estructuras de chasis de la empresa en un periodo de 6 meses fue de 2795 unidades, cantidad que representa un 85% de la capacidad de producción nominal. Entonces concluimos que la producción de estructuras de chasis manifiesta un 15% de ineficiencia. Es por eso que es necesario analizar los elementos concernientes a la organización del trabajo que contribuyan a reducir la ineficiencia de producción, y así poder abarcar un porcentaje mayor de la demanda del cliente.
- Del punto anterior, se desprende que la empresa deja de atender aproximadamente 505 unidades de estructuras de chasis semestralmente, por ineficiencias en la organización del trabajo, lo que se traduce en unidades

monetarias a 4141.00 US\$, es decir la empresa deja de percibir dicha cantidad como utilidad neta, en periodos semestrales.

- Hoy en día, es reconocido cada vez más, que la aplicación de la metodología denominada 5S contribuye a mejorar la productividad y competitividad. Razón por la cual urge la necesidad de su aplicación en la empresa, ya que se centra en establecer un entorno de calidad en la organización, asegurando el cumplimiento de estándares en los procesos. Su implementación es simple y el enfoque de mejora poderoso, además no se incurren en altos costos, y los resultados obtenidos son sorprendentes.
- Las propuestas de mejora realizadas en la fase del estudio de métodos generará resultados importantes como el aumento de la productividad de los operarios involucrados de las diferentes áreas, traduciéndose en la fabricación de más piezas en menor tiempo. Debido a la reducción de tiempos muertos y del esfuerzo físico. Contribuyendo con el incremento de la capacidad de producción.
- Del punto anterior deriva que la operación crítica analizada denominada Soldadura DIS principal, es tal cual que al implementarse las mejoras propuestas se obtendrán los mejores resultados concernientes a reducción de tiempos y esfuerzo físico. Principalmente por la instalación del dispositivo puente grúa, que además suprimirá el apoyo de un operario para la descarga del chasis.
- Es indispensable la normalización de los procesos, una vez obtenidos los tiempos estándares, para la obtención de una producción de calidad, con el objetivo final de garantizar una mejor organización del trabajo.
- Con la implementación y desarrollo de las mejoras, se estima una reducción de 9.12 minutos del tiempo de ciclo (por procesos completo); lo que se traduce en un incremento de la productividad, medida en unidades fabricadas por mes, de 13.1%. Asimismo se verifica un incremento del 50% del aprovechamiento del espacio volumétrico, en la operación crítica Soldadura DIS principal.
- Asimismo, en el ámbito de calidad, se estima la reducción de mermas, reprocesos y productos defectuosos. En el ámbito de accidentes, se estima una reducción del 67% por concepto de manipuleos y de 55% por concepto de traslados. Adicionalmente se estima un incremento del 10.1% de la capacidad de producción anual, considerando un 3% de capacidad desperdiciada.
- La reducción de reprocesos, mermas, productos defectuosos y el desarrollo de mejoras, estimamos, generarán un ahorro de S/. 2.53 por cada unidad de estructura chasis fabricada, que si lo llevamos a periodos anuales, se observa que se genera un ahorro de S/. 15,913.24.

- Finalmente, podemos concluir que el estudio de investigación y el posterior desarrollo e implementación de las mejoras es económicamente rentable, ya que al evaluar los ingresos (por reducción de costos por unidad fabricada e incremento de capacidad de producción) y egresos (por desarrollo e implementación de mejoras) en un horizonte de cinco años, nos proporciona un VAN (valor actual neto) alto de S/. 20,544.08, un TIR (tasa interna de retorno) alto de 33%; además podemos verificar que la relación Beneficio/Costo es mayor que 1 (1.47). Complementariamente, como se observó la inversión se recuperará en el segundo año.

## 7.2 Recomendaciones

Se plantean las siguientes recomendaciones, en base a la experiencia ganada y a las conclusiones obtenidas, resultado del trabajo de investigación:

- Es fundamental que las compañías consideren la aplicación de herramientas de mejora de procesos, específicamente metodologías de implementación de 5S e ingeniería de métodos, en contextos económicos de bonanza así como en escenarios de recesión por el alto ratio beneficio/costo de su aplicación.
- Para la aplicación y ejecución de un estudio de mejora de procesos, es imprescindible la aprobación y apoyo continuo de la dirección de la organización. Con la finalidad de alinear los resultados del estudio con los objetivos principales de la compañía.
- Se recomienda un único proveedor de tubos metálicos para la fabricación de estructura de chasis, con la finalidad de concretar la negociación con el mismo y elaborar un contrato en el que se estipule una penalidad hacia el proveedor por la entrega de unidades defectuosas, mediante dicho contrato se eliminará la inspección crítica de tubos en el proceso de fabricación de estructuras de chasis, reduciendo el tiempo de ciclo de fabricación.
- Es necesario mencionar que las mejoras a implementar, pueden servir para otros puestos de trabajo, por ejemplo la implementación del dispositivo puente grúa (funcionamiento con poliplasto eléctrico de cadena con tranvía motorizado, eslingas de cadena y control remoto) en la operación crítica soldadura DIS principal, también puede ser implementada en los demás puestos de soldadura, ya que estos cuentan con operaciones de descarga similares. Asimismo, el

desarrollo y adquisición de tecles y dispositivos de sujeción y manipuleo, se pueden usar en los diferentes puestos de trabajo, del proceso crítico.

- Se recomienda el desarrollo e implementación de un programa de mantenimiento preventivo, con la finalidad de evitar accidentes originados por fallas en las máquinas, así como también para el correcto funcionamiento de las mismas.
- Es primordial que la organización realice auditorías internas por lo menos 2 veces en periodos anuales, teniendo en cuenta el estado y la funcionalidad de los procesos. Se recomienda también considerar los resultados de auditorías previas y las recomendaciones de mejora propuestas internamente, o las realizadas por los clientes.
- Del punto anterior deriva la necesidad de tomar acciones para eliminar las no conformidades y sus causas. Se debe contar con un programa de actividades de seguimiento y control, verificando la ejecución de las acciones tomadas y su registro completo.
- Se debe de capacitar esporádicamente a los operarios, con la finalidad de asegurar la correcta utilización de los equipos y de la adecuada interpretación de los procedimientos. Se busca reducir el número de accidentes y enfermedades por mala utilización de equipos. Asimismo se recomienda contar con un plan de capacitación e inducción para el personal nuevo.
- Es importante que la organización considere la definición, planificación, ejecución y control de metodologías de la ingeniería de métodos empleadas y aplicadas en el presente trabajo de investigación a todo el proceso completo de fabricación de estructuras chasis de mototaxis. Asimismo, se recomienda la aplicación de dichas metodologías a todos los productos fabricados por la empresa, con la finalidad de obtener los resultados generados en el presente trabajo de investigación y consolidar el liderazgo de la empresa en el mercado y garantizar su competitividad y diferenciación.

**Bibliografía**

- BARNES, Ralph.  
1979 *Estudios de movimientos y tiempos*. 5.a ed. Madrid: Aguilar.
- CHASE AQUILANO, Jacobs  
2004 *Administración de la producción y operaciones*. 1.a ed. México: Mc. Graw Hill.
- CLAUDIO LOAYZA, Pedro Joseph  
2011 *Diagnóstico y Propuesta de Mejora de los Procesos de un Taller Mecánico de una Empresa Comercializadora de Maquinaria*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta 27 de abril de 2012.  
<<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/947>>
- ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  
2008 *Mejoramiento de Una Línea de Producción de Estanterías de Almacenaje para Uso Industrial Mediante La Técnica 5S*. Material de Enseñanza. Chile. Centro de Investigación Científica y Tecnológica.
- GARDNIER NIELSEN ASSOCIATES INC.  
*5S Checklist*
- GRAINGER  
2010 *What you need to get it done*. 4.a ed. Miami: MIXED SOURCES
- INCUBA NETWORK SAC  
2010 *Pautas para elaborar el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP)*. Material de Enseñanza. Lima. Incuba Network. Consulta: 25 de agosto de 2011.  
<<http://www.incubanetwork.com/descargas/biblioteca/41.%20Plan%20de%20Operaciones>>
- INSITITUTO TECNOLÓGICO DE LA PAZ  
1999 *Tutorial de producción 1*. Material de Enseñanza. México. Instituto Tecnológico de La Paz, Departamento de Sistemas y Computación. Consulta: 19 de mayo de 2011.  
<[http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/produccion1/tema4\\_3.htm](http://sistemas.itlp.edu.mx/tutoriales/produccion1/tema4_3.htm)>
- MEYERS, Fred.  
2000 *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. 2.a ed. México: Pearson Educación

- OIT  
1996 *Introducción al estudio del trabajo*. 4.a ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo,
- PALACIOS ACERO, Luis Carlos  
2009 *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. 1.a ed. Bogotá: Ecoe,
- PBWORKS  
2009 *Suplementos*  
Consulta: 16 de junio de 2012  
< <http://organizacionymetodos.pbworks.com/f/7p+suplementos.pdf>>
- PEÑOLES  
2004 *Las cinco S's y controle visuales*. Material de Enseñanza. México. Simape.
- REGO CALDAS, Luis Guillermo  
2010 *Análisis y propuestas de mejoras en el proceso de compactado en una empresa de manufactura de cosméticos*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Consulta 02 de junio de 2011.  
<<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/542>>
- VALOR Y EMPRESA  
2002 *Resumen de Organización Industrial*  
Consulta: 17 de mayo de 2011  
<<http://www.valoryempresa.com/archives/tutoriales/tiempos/>>
- VARGAS RODRÍGUEZ, Héctor.  
2004 *Manual de implementación de las "5S"*. Santander: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONALDE SANTANDER