



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EJECUCIÓN INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE FABRICACIÓN DE RODILLOS
METÁLICOS Y DE IMPACTO, PARA CINTAS TRANSPORTADORAS DE
MATERIAL, EMPRESA METALÚRGICA REVESOL**

Nombre del profesor:

Mario Pizarro Stiepovich

Estudiante:

Jose Solis Gajardo

Diciembre – 2018
SANTIAGO DE CHILE

Agradecimientos

Con esta propuesta de mejora se da por finalizado un enorme proceso de aprendizaje y crecimiento personal y profesional, No podemos dejar de agradecer a todos los que participaron de este proceso, profesores que nos guiaron y apoyaron a lo largo de este proceso, así como a la empresa Metalúrgica Revesol, la cual tuvo una muy buena disposición para ayudar en la entrega de información relevante

Resumen ejecutivo

Metalúrgica Revesol, es una empresa metal mecánica, dedicada a la fabricación de repuestos e innovaciones para la minería

Los primeros inicios de la compañía fueron en el año 1980. Al pasar los años fue desarrollando un posicionamiento de marca muy fuerte en lo asociado a los servicios y al diseño de suministros de componentes, teniendo la flexibilidad de adecuarse a la situación particular de cada uno de sus clientes. Este significativo logro constituyó un importante avance en lo relacionado al crecimiento de la empresa y permitió consolidar una organización diseñada de manera muy funcional y que permitiría posicionar definitivamente a Revesol a través del tiempo, Numerosos han sido los desafíos que Revesol ha aceptado, cumpliendo y superando siempre los objetivos propuestos

En esta propuesta de mejora se describe el posicionamiento estratégico de la organización, se identifican las fortalezas y debilidades con el fin de analizar el nivel de competencia dentro de la industria, se ejecuta un diagnóstico de la situación actual y se utilizarán herramientas como diagrama de Pareto, principio enunciado por Wilfredo Pareto que dice, "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan". Con esta información se buscará determinar en cuál o cuáles de los problemas se enfocarán los esfuerzos de mejoras planteadas. Con la información extraída se traducirá a un diagrama de causa efecto propuesto por Kaoru Ishikawa en el año 1943, el cual analiza con mayor facilidad los problemas mediante la representación de la relación entre un efecto y todas sus causas o factores que originan dicho efecto.

Una vez realizado los puntos anteriores se determinará un plan para su posterior implementación.

En esta propuesta de mejora, se identifican en cada proceso de fabricación de rodillos, las operaciones con mayor improductividad, para así poder visualizar los distintos cuellos de botella en la línea de producción, porque fundamental encontrar dichos procesos, para poder cubrir las necesidades de los clientes en tiempo y calidad.

La compañía sea propuesto como meta para el primer semestre del año 2019 un nivel de servicio del 85%, en la actualidad está en 70%, Finalmente se puede concluir que lo que

se logró con este proceso de investigación fue medir el impacto en términos de atrasos en las entregas y cómo afecta en la operación del cliente.

Índice de contenidos

1.	Introducción	8
2.	Objetivos	10
2.1.	Objetivo general	10
2.2.	Objetivos específicos.....	10
3.	Alcances y limitaciones.....	11
3.1.	Alcances	11
3.2.	Limitaciones.....	11
4.	Justificación del proyecto.....	11
5.	Metodología y plan de trabajo.....	12
5.1.	Metodología	12
6.	Plan de propuesta de mejora.....	12
7.	Análisis de la situación de la empresa.....	13
8.	Visita a la empresa Metalúrgica Revesol	13
9.	Desarrollo de la metodología	14
10.	Análisis e impacto de las propuestas	14
11.	Fin del proyecto.....	15
12.	Resultados esperados.....	15
13.	Marco conceptual	15
14.	Contextualización de la fabricación de rodillos metálicos y de impacto	17
15.	Descripción de la empresa.....	17
15.1.	Misión	18
15.2.	Visión	18
15.3.	Clientes.....	18
15.4.	Proveedores	19
16.	Estudio y análisis de la situación actual empresa metalúrgica Revesol	19
16.1.	Análisis FODA.....	19
16.2.	Cinco fuerzas de Porter	20
17.	Indicadores de gestión.....	22
17.1.	Otif (A tiempo en su totalidad).....	22
17.2.	Tiempos muertos	23
17.3.	Productividad por maquina	24
18.	Medición y análisis de costos.....	25
18.1.	Medición de costos hora hombre.....	25

18.2. Medición de costos hora maquina.....	26
19. Levantamiento del proceso de fabricación.....	27
19.1. Proceso de corte	27
19.2. Proceso de mecanizado	28
19.3. Proceso de Soldadura	29
19.4. Diagrama de Flujo.....	30
20. Análisis de proceso.....	31
20.1. Lluvia de idea.....	31
20.2. Análisis Ishikawa	32
20.3. Análisis Pareto	35
21. Resultado análisis.....	36
22. Solución planteada	38
22.1. Medidas para el traslado de material fabricación de rodillos	38
23. Análisis de tiempos para el traslado de material fabricación de rodillos	40
24. Los costos asociados a la propuesta de fabricación de rodillos en Célula de trabajo.....	42
25. Análisis económico	43
26. Conclusión.....	45
27. Bibliografía	47

Figura 14.1: Rodillos metálicos y de impacto.....	17
Figura 15.1: Clientes.....	18
Figura 15.2: Proveedores.....	19
Figura 16.1: Foda.....	20
Figura 17.1: Otif.....	23
Figura 17.2: Productividad por máquina.....	25
Figura 18.1: Medición de costos hora hombre.....	25
Figura 18.2: Medición de costos hora máquina.....	26
Figura 19.1: Proceso de corte	27
Figura 19.2: Proceso Mecanizado.....	28
Figura 19.3: Proceso de soldadura.....	29
Figura 19.4: Diagrama de flujo	30
Figura 20.1: Lluvia de ideas	31
Figura 20.2: Ishikawa.....	32
Figura 20.3: Análisis Pareto.....	35
Figura 21.1: Arriendo de Grúa.....	37
Figura 22.1: Célula Fabricación de rodillos.....	38
Figura 23.1: Producción de rodillos.....	41
Figura 25.1: Análisis económico.....	44

Tabla 6.1: Carta Gantt plan de propuesta de mejora.....	13
Tabla 17.2: Distribución de tiempos por maquinas.....	24
Tabla 20.2: Tiempos de traslado material.....	34
Tabla 23.1: Traslado de material.....	40
Tabla 24.1: Valorización traslado de material producción habitual.....	42
Tabla 24.1: Valorización traslado de material propuesta de mejora.....	43

1. Introducción

Durante los últimos años, la minería ha sido protagonista de la senda de crecimiento que ha tenido la economía chilena en las últimas décadas. Luego de una producción de cobre estancada en torno a 1,4 millones de toneladas anuales durante los años 80, en la década siguiente se observó un crecimiento sostenido, alcanzando más de 4 millones de toneladas. Posteriormente ese crecimiento continuó, en los últimos años la producción se está acercando a 6 millones de toneladas anuales.

Esto ha permitido que Chile pase a representar desde un 16% de la producción mundial antes de los '90 a un 32% en años recientes, y un 30% durante el 2015, por esta razón el incremento de necesidades de repuestos, activan a los distintos proveedores de suministros para la minería, como River y Clack, competidores directos de Revesol,

Fuente: www.consejominero.cl

El siguiente trabajo se centrará en la problemática que presenta la compañía, en el cumplimiento de los plazos de entrega y los costos asociados a la fabricación de rodillos, ya que los incumplimientos en las entregas, están afectando directamente al cliente, el cual debe tener certeza de la llegada de los distintos insumos de cada proveedor, ya que con esto se planifica las mantenciones en cada faena, activando un sin número de maquinaria y personal para dicha mantención.

Debido a como se indicó anteriormente, la compañía está perdiendo nuevos y futuros negocios con las distintas mineras nacionales.

Fuente: Nivel de servicio semestral año 2018, Metalúrgica Revesol

En el año 2010 la empresa Metalúrgica Revesol, decide cambiar su planta de producción la cual se encontraba en la comuna de Macul, trasladándose a la comuna de Pudahuel duplicando el espacio de operación y logística. Con la nueva planta ha sido posible entregar los distintos productos a tiempo, perdiendo nuevos negocios y dando espacio a la competencia para posicionarse en el mercado de la minería.

La empresa metalúrgica Revesol, ha incorporado diversos programas y asesorías a las líneas de producción y logística, las cuales no han tenido el éxito esperado, mejorando levemente las operaciones internas de la compañía.

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

Las fuentes bibliográficas provienen en especial de análisis, libros y estudios ya realizados tanto de forma práctica dentro de la empresa Metalúrgica Revesol, y serán una referencia conceptual sobre el tema a desarrollar por lo que esta bibliografía fue contrastada y verificada con la realidad de la compañía. Lo que busca este estudio, exponer y así generar una representación más profunda sobre las observaciones con la intención de generar un interés real sobre este estudio y así poder concebir un énfasis y un alcance positivo para la compañía.

En relación al orden de exposición de contenidos, es presentar una pequeña introducción en los contenidos de cada tema expuesto, considerando todos los parámetros buscados con el propósito fundamental de enmarcar un patrón de referencia en relación al tema que se está analizando y así fundamentar lo que se busca con este proyecto de análisis, cubriendo los objetivos o fines fundamentales que busca esta propuesta de mejora.

2. Objetivos

2.1.Objetivo general

Diseñar un plan de mejora para el proceso de fabricación de rodillos metálicos y de impacto de la empresa Metalúrgica Revesol

2.2.Objetivos específicos

- Analizar el proceso actual de fabricación de rodillos metálicos y de impacto
- Elaborar un proceso de fabricación para determinar sus puntos críticos
- Plantear distintas soluciones al proceso de fabricación con el fin de disminuir los tiempos y costos de fabricación
- Definir indicadores de gestión con el fin de controlar las mejoras planteadas
- Realizar un estudio económico que determine, si es factible la propuesta de mejora

3. Alcances y limitaciones

3.1.Alcances

Por intermedio de la metodología investigativa expresada con anterioridad, se requiere generar un análisis de variables tanto bibliográficas como de medición en parámetros directos en diseño de mejora, considerando minimizar los costos de producción en el proceso de fabricación de rodillos.

3.2.Limitaciones

En esta propuesta de mejora, tendrá como fin primordial mejorar los tiempos de fabricación de rodillos metálicos y de impacto, para sí poder responder las necesidades de sus clientes en cada pedido de venta

4. Justificación del proyecto

La compañía Metalúrgica Revesol, ha tenido una gran cantidad de atrasos en las entregas con sus clientes los atrasos dificultan las operaciones en faena de los clientes , ya que para cada faena se requiere una coordinación minuciosa, activando maquinaria y horas hombre para realizar un mantenimiento en terreno adecuada , Por esta razón es muy importante tener los repuestos a tiempo y esta es la base para realizar la propuesta de mejora en la fabricación de rodillos en la empresa Metalúrgica Revesol

5. Metodología y plan de trabajo

5.1. Metodología

- Análisis FODA
- Diagrama de Ishikawa para detectar los problemas principales
- Diagrama de Pareto permite asignar un orden de prioridades
- Cinco fuerzas de Porter
- Indicadores de gestión KPI

6. Plan de propuesta de mejora

Tabla 6.1: Carta Gantt plan de propuesta de mejora

Carta Gantt																
Descripción y entregable	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Análisis de la situación de la empresa	■	■	■													
Desarrollo de antecedentes de la empresa				■	■	■	■									
Objetivos								■	■							
Visita a empresa Revesol										■						
Metodología de trabajo											■	■	■	■		
Análisis de impacto de propuesta															■	■
Fin del proyecto																■

Cantidad de semanas	16
Cantidad de meses	4

Fuente: Elaboración propia.

7. Análisis de la situación de la empresa

Hoy en día, la compañía está pasando por un mal momento al no cumplir con sus compromisos en tiempo y calidad con sus respectivos clientes. Por esta razón, es fundamental realizar un cambio en el proceso de fabricación, utilizando los recursos adecuadamente, para así poder mantenerse competitivo en el mercado.

El punto de partida de este proyecto, estará enfocado en el análisis de los procesos de fabricación de rodillos, que son los que no cumplen las necesidades de los clientes en tiempo y calidad. La compañía en el último tiempo ha tenido pérdidas significativas que equivalen a 3000 unidades mensuales aproximadamente con una valorización promedio por unidad de \$ 7500 ya que no ha sido capaz de cumplir las necesidades de los clientes, perdiendo nuevos negocios para la empresa.

8. Visita a la empresa Metalúrgica Revesol

Desde el inicio de este trabajo se realizaron cuatro visitas a la empresa Metalúrgica Revesol para conocer en profundidad el proceso de fabricación de rodillos metálicos y de impacto, para sí poder indagar las etapas de corte, mecanizado y de soldadura, que corresponden a la fabricación de rodillos

9. Desarrollo de la metodología

En esta etapa del trabajo con los datos generados anteriormente y utilizando los métodos, aprendidos a lo largo del proceso de estudio, como diagramas y análisis de la situación se desarrollaron las propuestas planteadas.

10. Análisis e impacto de las propuestas

Ya casi al final de este trabajo de propuesta de mejora, se realizaron las conclusiones y desarrollo de las mejoras propuestas para el proceso fabricación de rodillos en la empresa Metalúrgica Revesol.

También se realizaron análisis costo de beneficio de implementar las propuestas que resulten del proceso investigativo.

11. Fin del proyecto

Se finaliza este proyecto de propuesta de mejora, con un plan de puesta en marcha sugerido.

12. Resultados esperados

En este trabajo de investigación, se busca conocer y analizar el proceso de fabricación de rodillos en la empresa metalúrgica Revesol, con el propósito de detectar los puntos críticos y falencias operacionales, como de gestión que repercuten en la entrega a los distintos clientes, buscando minimizar los tiempos de entrega y los costos asociados a la fabricación de rodillos. Todo esto con el fin de diseñar un plan de mejora, para así poder ser más competitivo en el mercado nacional

13. Marco conceptual

Esta propuesta de mejora interviene varias partes de los procesos, desde una mejora en la planificación de la producción tanto en el diseño de varios procesos o de gestión utilizadas actualmente, lo que proporciona una visual clara en la optimización de cada operación en la fabricación de rodillos

Por otra parte, este conjunto de contribuciones que se centra en una parte clave de la empresa Metalúrgica Revesol tiene un papel fundamental en la satisfacción o malestar de

los clientes. Los tiempos de respuesta en que se realiza es de vital importancia ya que existe un programa de mantención en faena que involucra distintos recursos como maquinaria, mano de obrar, esperando los distintos repuestos para la mantención de cintas trasportadoras de material

En el resto de este trabajo, se describe en detalle la motivación detrás de esta investigación, y los principales objetivos de la tesis. Por consiguiente, después de la introducción y los objetivos de este proyecto, se presentarán de forma analítica el planteamiento del problema de investigación.

Más adelante se observará dentro de esta sección de tesis las diversas preguntas de investigación, la justificación expuesta de este proyecto, los alcances y limitaciones del trabajo como también un análisis generalizado.

Por consiguiente, con la utilización de un diagrama de modelamiento en Bizagi, se darán variables de análisis en generación de procesos referenciales, para dar un énfasis y analizar el diseño actual y propuesta de mejora, para la fabricación de rodillos en la empresa Metalúrgica Revesol

Se dará la utilización de diferentes herramientas de análisis como, ISHIKAWA, PARETO y KANBAN, exponer los datos que generaran una interpretación teórica y que permitan determinar qué factores influye tanto de comportamiento como de gestión en la fabricación

Por último, se generará una conclusión referente a este proyecto, abordando todos los procesos, preguntas, justificaciones y objetivos, teóricamente como de forma práctica y así también se verán ciertos ámbitos de finalidad al cabo de determinar los tiempos y los costos de fabricación de rodillos.

14. Contextualización de la fabricación de rodillos metálicos y de impacto

Rodillos de carga y de impacto

Estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora. Están ubicados debajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga, generalmente son metálicos y de caucho debido a que absorben mejor el impacto.



Figura 14.1: Rodillos metálicos y de impacto

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

15. Descripción de la empresa

15.1. Misión

Proveer productos y servicios que satisfagan eficientemente las necesidades y expectativas de nuestros clientes, basándonos en la calidad, el aprendizaje continuo y la innovación.

15.2. Visión

Ser una empresa modelo tanto en la producción y comercialización de productos y servicios de calidad e innovadores en el sector metalúrgico industrial, como en la satisfacción total de nuestros clientes.

15.3. Clientes

- Los principales clientes:

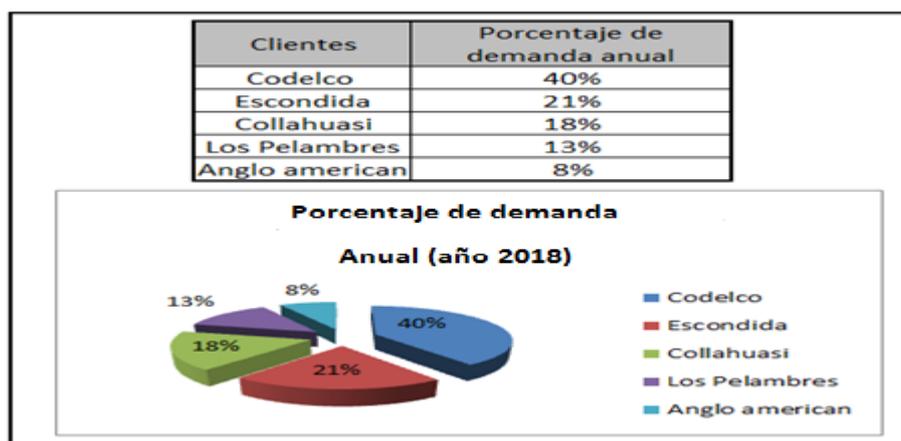


Figura 15.1: Clientes

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

15.4. Proveedores

- Los principales proveedores, para la fabricación de rodillos

Proveedores
Materia prima
Aceros Otero
Acermet
Grupo BS
Indura
Servicios
Ingomar
Cicon
Pehuen

Figura 15.2: Proveedores

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

16. Estudio y análisis de la situación actual empresa metalúrgica Revesol

16.1. Análisis FODA

El siguiente análisis FODA, corresponde al estudio de la situación de la empresa Metalúrgica Revesol, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades).

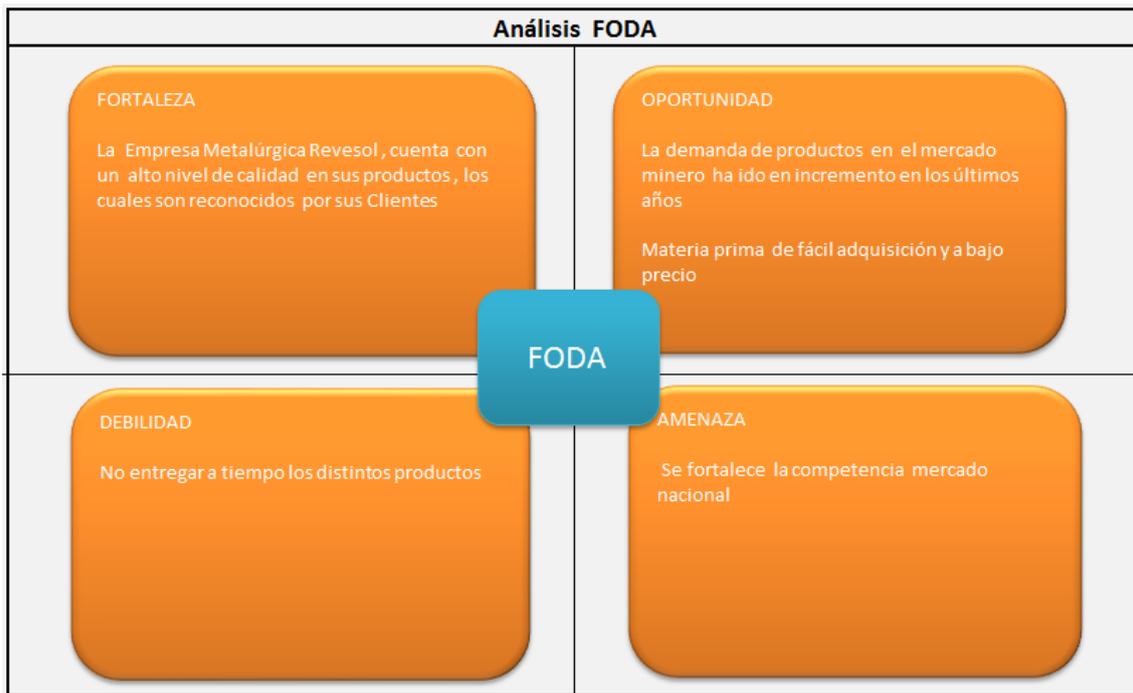


Figura 16.1: Foda

Fuente: Albert S. Humphrey

16.2. Cinco fuerzas de Porter

Nuevos entrantes

Para la empresa Metalúrgica Revesol la amenaza de nuevos entrantes cada día es más latente, ya que el incremento de nuevos proyectos en la minería demanda una cantidad de repuestos para las distintas cintas transportadoras. Por esta razón, el incremento de nuevas empresas proveedoras interesadas en ser parte del círculo minero. Hoy en día la empresa metalúrgica Revesol, está en un mercado extremadamente competitivo y muy disputado en cuanto a precio pese a ser una de las empresas más grande a nivel nacional en la fabricación de rodillos.

Poder de negociación de los clientes

En este caso las distintas mineras de Chile no tienen una mejor alternativa de proveedor nacional para satisfacer las necesidades urgentes con un alto nivel de calidad como lo requiere la producción en faenas, por lo tanto su poder de negociación es muy bajo, pero si hay una real preocupación de parte de la empresa por prestar un mejor servicio a diario y a un menor costo.

Poder de negociación de los proveedores

Los proveedores de Metalúrgica Revesol, son las compañías fabricantes de acero, prestadores de servicios pintura y de engomado. Estas últimas prestan servicios a la empresa participando en licitaciones en conjunto con muchas otras empresas de este tipo. Por lo tanto, el poder de negociación es bajo ya que se elige el que ofrezca menores costos y generalmente con varias cláusulas para término de contrato anticipado en casos de incumplimiento.

Productos sustitutos

En Chile existen empresas más pequeñas, dedicadas a la fabricación de rodillos para cintas transportadoras, representando una amenaza para Metalúrgica Revesol. Estas empresas cada día se acercan al nivel de producción y calidad de Metalúrgica Revesol, mejorando los plazos de entrega y ganando posición en el mercado minero.

Rivalidad de la competencia

La rivalidad es alta, ya que existen empresas nacionales e internacional dedicadas a la fabricación de rodillos para cintas transportadoras, Metalúrgica Revesol tiene una pequeña ventaja en la calidad y en los plazos de entrega para satisfacer las necesidades de los clientes.

17. Indicadores de gestión

Los indicadores de gestión operacional determinan la eficacia de fabricación y la entrega oportuna al cliente.

Se conoce como aquel dato que refleja cuáles fueron las consecuencias de acciones tomadas en el pasado de los procesos de fabricación. La idea de estos indicadores en la empresa Metalúrgica Revesol es que sienten las bases para las acciones a tomar en el presente y en el futuro.

Es importante que los indicadores de gestión reflejen datos fiables, ya que el análisis de la situación de otra manera no será correcto.

En la empresa Metalúrgica Revesol el cumplimiento de los objetivo es fundamental para poder seguir siendo competitivo en el mercado, evaluando su desempeño en los procesos internos y externos de la compañía, a continuación se detalla los siguientes indicadores.

17.1. Otif (A tiempo en su totalidad)

El OTIF es un indicador de desempeño de la industria logística que refleja el porcentaje de despachos que llegan a tiempo (On Time), con el producto y cantidad solicitados y al lugar indicado por el cliente (In Full) se mide de la siguiente manera.

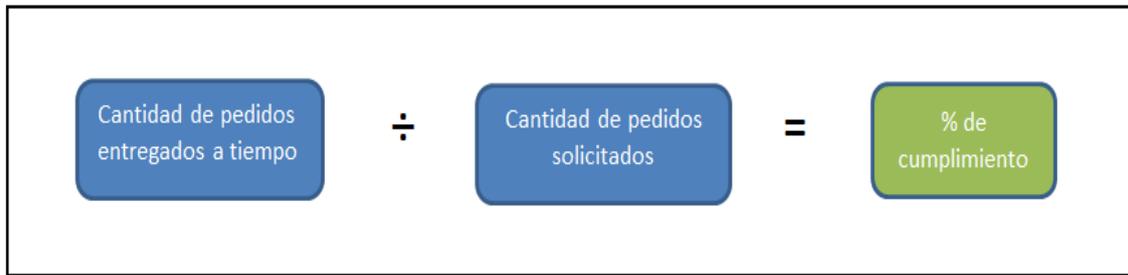


Figura 17.1: Otif

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

17.2. Tiempos muertos

Es el tiempo en el que no se está realizando un trabajo útil. En Metalúrgica Revesol se miden las averías de una máquina, los tiempos de traslados de material, Tiempos de preparación de la máquina, calidad, tiempo de espera proceso anterior, es muy importante medir su duración y su frecuencia para poder mejorar cada proceso.

Tabla 17.2: Distribución de tiempos por máquinas

Tabla distribución de tiempos muertos		
Descripción	Tiempos	%
Averías de máquina		
Traslado de material		
Preparación de la máquina		
Calidad		
Espera proceso anterior		
Total de tiempo		
Horas por turno		
% de horas no productivas		

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

17.3. Productividad por máquina

La productividad por máquina es la relación entre la cantidad de productos obtenida en la fabricación de rodillos metálicos y de impacto y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos. En realidad la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida, la medición de productividad por máquina es fundamental, para mejorar los tiempos de proceso, los costos involucrados, asegurando la eficiencia en la fabricación de rodillos metálicos y de impacto en la empresa Metalúrgica Revesol.

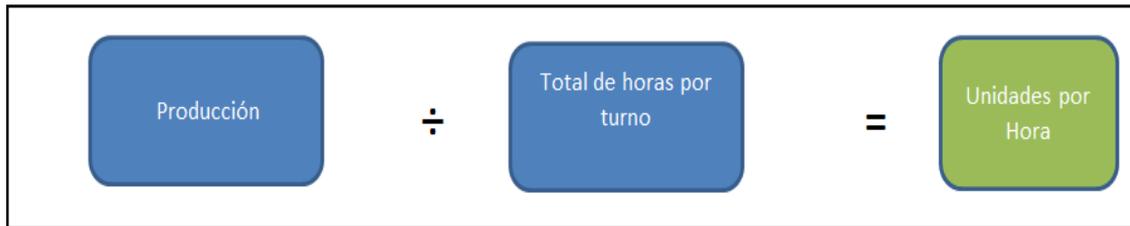


Figura 17.2: Productividad por máquina

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

18. Medición y análisis de costos

18.1. Medición de costos hora hombre

Una hora hombre es una unidad de estimación del esfuerzo necesario para realizar un proceso en la fabricación de rodillos, equivale a una hora de trabajo ininterrumpido de un trabajador, la medición de horas hombres, es fundamental en los procesos de corte, mecanizado y soldadura, los permite reflejar los costos asociados en cada proceso.

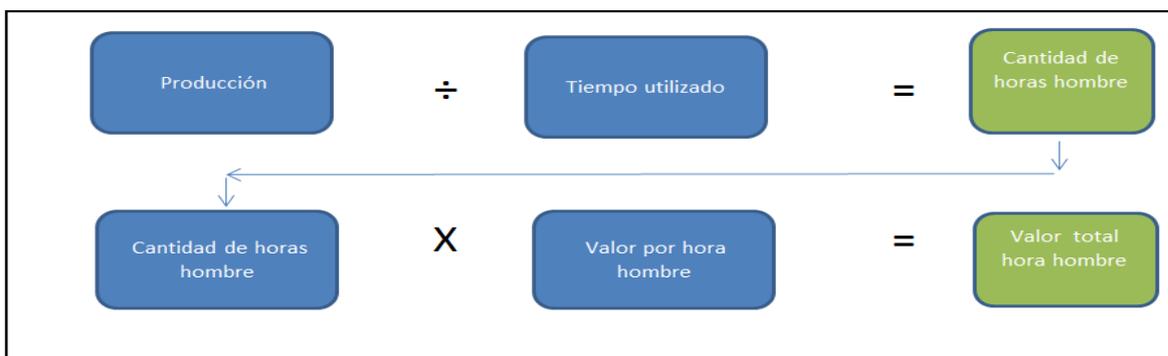


Figura 18.1: Medición de costos hora hombre

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

18.2. Medición de costos hora máquina

La medición de horas máquina, es fundamental en el proceso de fabricación de rodillos metálicos y de impacto, los permite reflejar los costos y los tiempos asociados en cada proceso, permitiendo poder mejorar y corregir las distintas desviaciones.

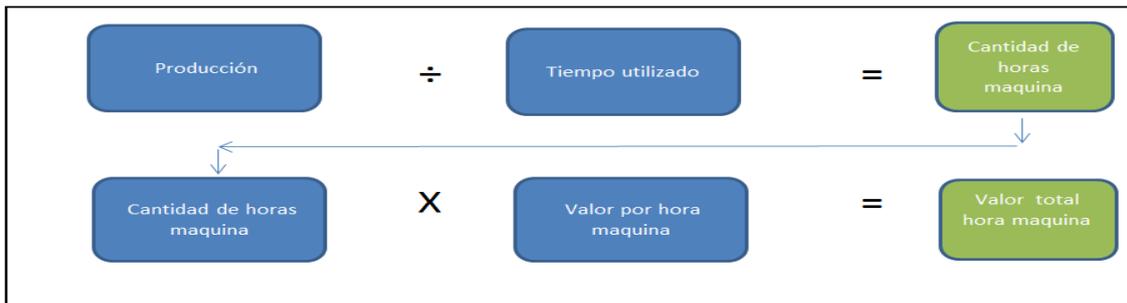


Figura 18.2: Medición de costos hora máquina

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

19. Levantamiento del proceso de fabricación

19.1. Proceso de corte

El proceso de corte es la primera etapa en la fabricación de rodillos. Se utiliza una máquina CNC de corte, la cual se ajusta a los distintos diámetros de cada tubo de acero. Estos pueden ser de diámetro 4", 5", 6". El tiempo de ciclo de corte de la máquina es 0,5 minuto por cada pieza equivalente a 960 cortes por turno de 8 horas.

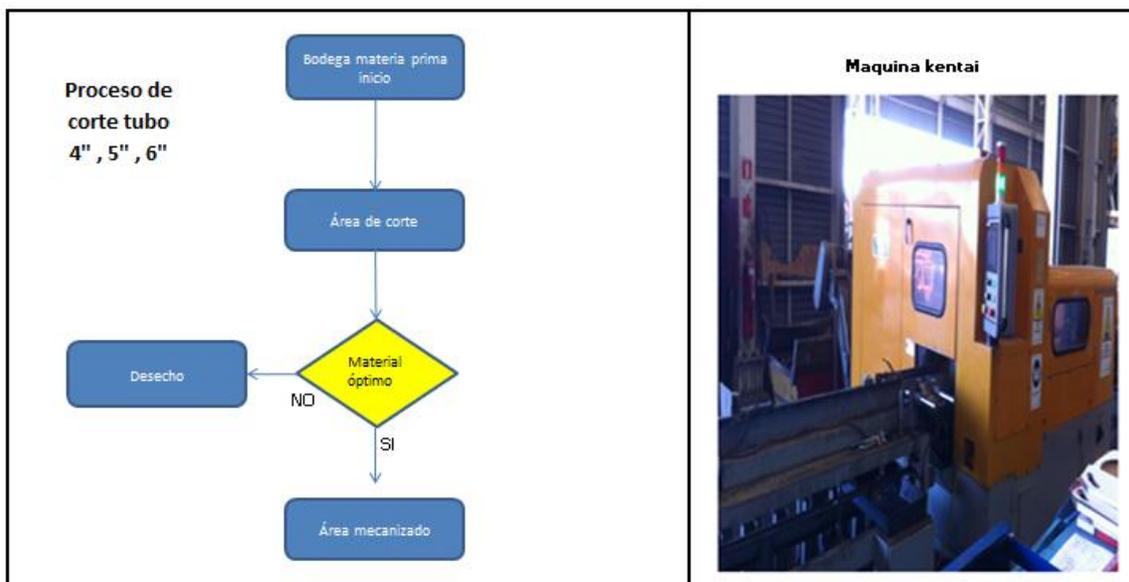


Figura 19.1: Proceso de corte

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

19.2. Proceso de mecanizado

Este proceso es el segundo en la fabricación de rodillos, donde se cargan los distintos cortes con sus respectivos diámetros para ser mecanizado en cada extremo del tubo. Para esto se utiliza una máquina CNC, con una velocidad en el ciclo de mecanizado de 1 minuto por tubo, equivalente a 480 piezas por turno de 8 horas.

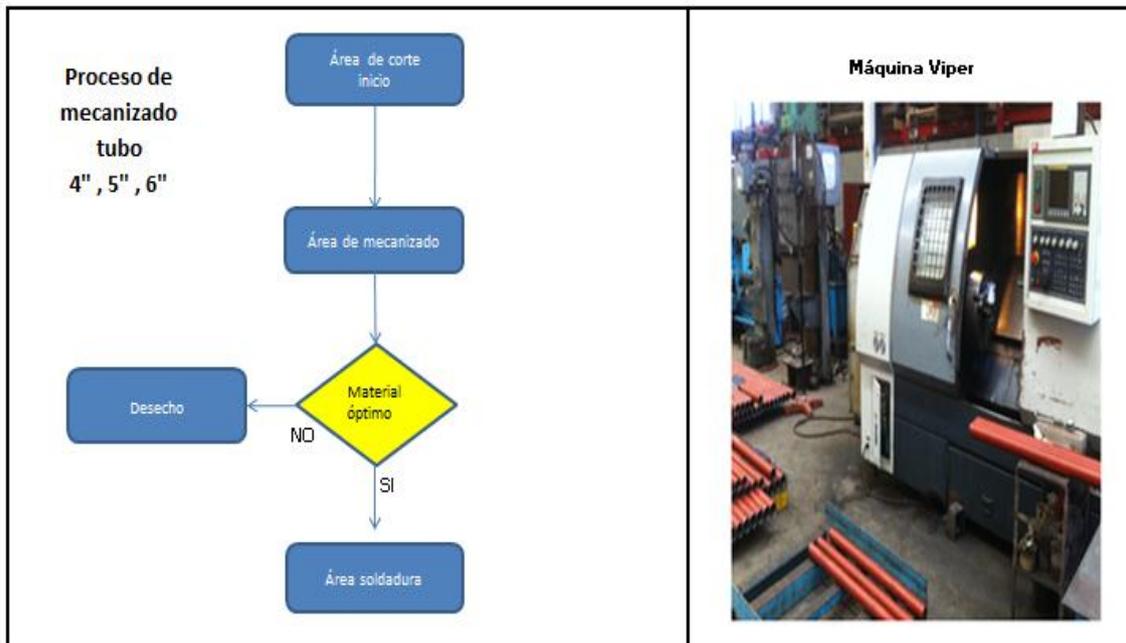


Figura 19.2: Proceso mecanizado

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

19.3. Proceso de soldadura

Este proceso es el tercero en la fabricación de rodillos, donde se cargan los distintos tubos mecanizados. Para adaptar una tapa metálica en cada extremo del tubo, las tapas metálicas existen en distintos diámetros según el tipo de tubo. El tiempo de ciclo en el proceso de soldadura es 1 minuto por cada tubo, equivalente a 480 piezas por turno de 8 horas

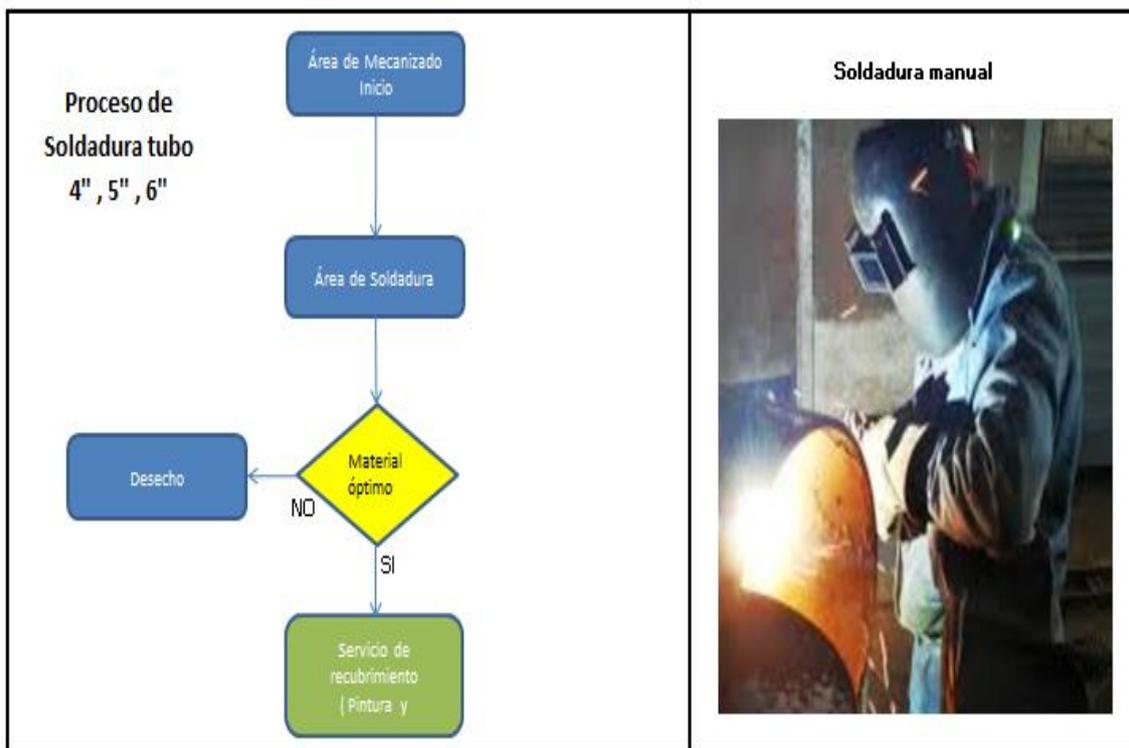


Figura 19.3: Proceso de soldadura

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

19.4. Diagrama de flujo

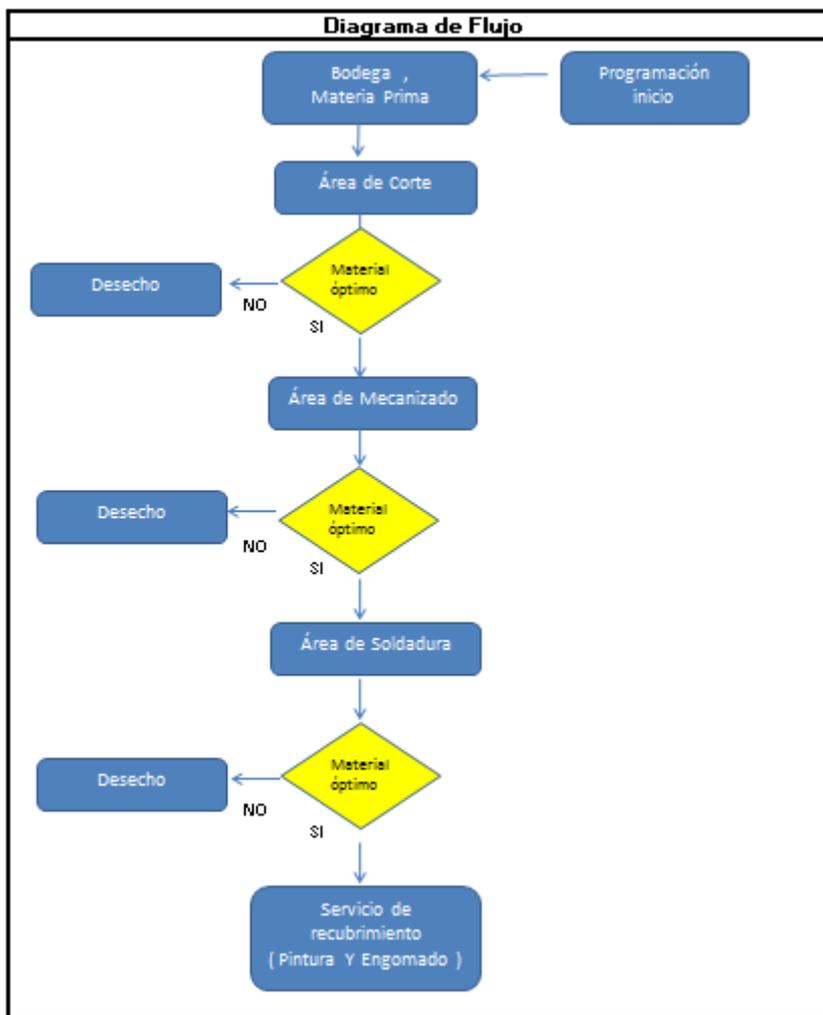


Figura 19.4: Diagrama de flujo

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

20. Análisis de proceso

20.1. Lluvia de ideas

La siguiente lluvia de ideas, corresponde al trabajo grupal con los involucrados en el proceso de fabricación de rodillos, tales como operadores de: máquinas, área de programación de la producción, bodega de materia prima, supervisores. La idea es que cada persona del grupo genere ideas o sugerencias sobre el proceso de fabricación de rodillos.

Muchas ideas, tal vez aprovechables, mueren precozmente ante una observación "juiciosa" sobre su inutilidad o carácter disparatado. Las ideas mencionadas pasarán a la siguiente etapa, Análisis Ishikawa.

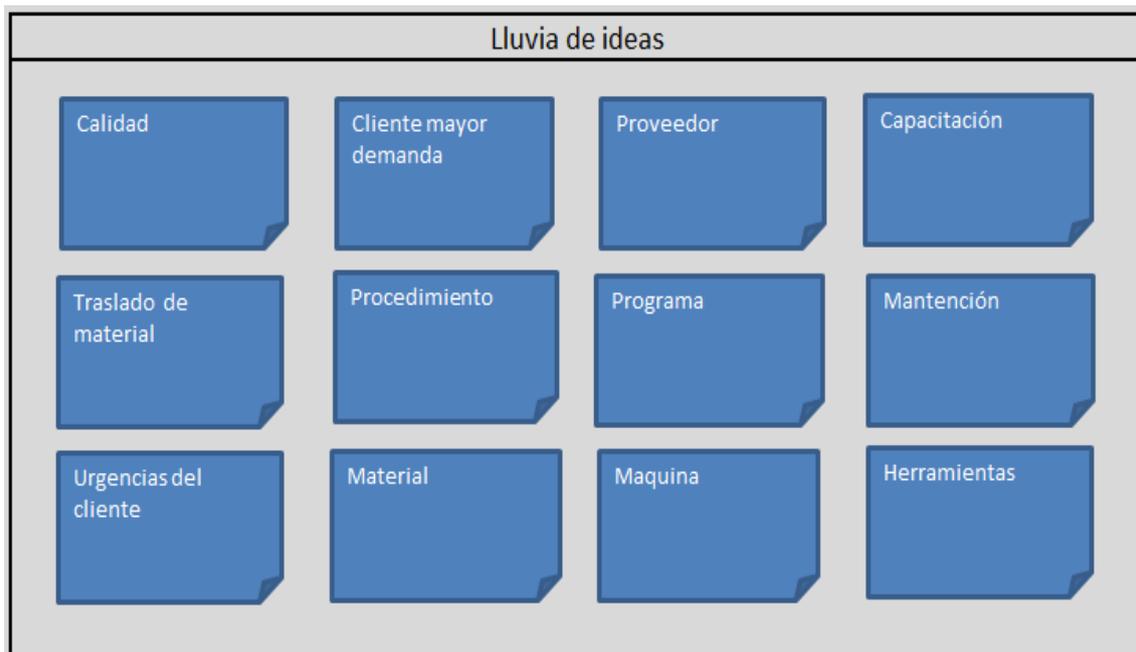


Figura 20.1: Lluvia de ideas

Fuente: Alex Faickney Osborn

20.2. Análisis Ishikawa

El siguiente análisis de Ishikawa, nace por la necesidad de entregar a tiempo los distintos pedidos de venta, relacionados a la demanda de rodillos metálicos y de impacto. Para formar el diagrama de Ishikawa, se consideraron los procesos más relevantes según los distintos operadores en el flujo completo en la fabricación de rodillos considerando el objetivo final y mejorando el plazo de entrega hacia el cliente. En el siguiente análisis Ishikawa, se distribuyeron las diferentes causas probables del no cumplimiento en la entrega final.

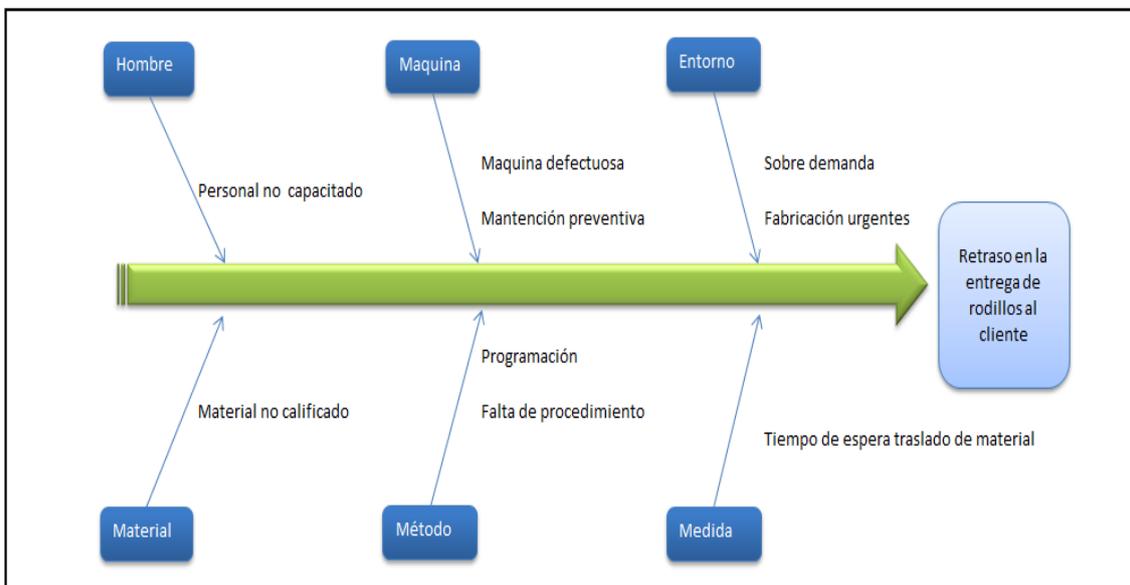


Figura 20.2: Ishikawa

Fuente: Kaoru Ishikawa

A continuación se detallan las causas probables de no cumplimiento en los plazos de entrega hacia el cliente.

- **Hombre:** está enfocada al personal no capacitado para realizar las operaciones adecuadamente. Existe una gran rotación de personal, las operaciones a realizar son de baja complejidad, la cual afecta levemente las operaciones a realizar.
- **Máquina:** en este punto se tienen dos posibles causas, maquinaria defectuosa y mantenimiento preventivo. La causa por maquinaria defectuosa corresponde a reparaciones menores a 15 minutos con una frecuencia de 4 reparaciones al mes, correspondiente a una hora mensual.
- **Entorno:** se refieren a las distintas urgencias activadas por el área comercial. Estas solicitudes son activadas por el cliente con una frecuencia de cinco solicitudes al mes, la cual difícilmente las líneas de producción pueden cubrir por su nivel de atraso.
- **Material:** se refiere a la calidad de materia prima, existen tubos de acero golpeados por su traslado y acopio en las bodegas del proveedor. La cantidad de material defectuoso corresponde al 5% de la totalidad del material para satisfacer la necesidad de producción de 6 meses. Esto ocurre con una frecuencia de tres veces al mes
- **Método:** corresponde a la programación por área. Esta programación no visualiza el proceso completo de fabricación de rodillos formando wip (trabajo en proceso) innecesario utilizando recursos y materia prima. La sobre producción en el proceso de corte puede llegar al 100% más de lo que requiere el siguiente proceso, esto equivale a 960 cortes de tubo adicionales y 4 horas hombre y máquina. Esto ocurre con una frecuencia de seis veces al mes.

- Medida: este punto refleja los tiempos de traslado de material entre un área a otra. En el proceso de fabricación de rodillos existen tres procesos fundamentales que están distribuidos en la planta de producción demandando los siguientes tiempos.

Tabla 20.2: Tiempos de traslado material

Corte → Mecanizado

Operación	Tiempo en minutos	Frecuencia por día	Total tiempo
Traslado de material	5	10	50
Grúa			
Operador de Grúa			

Mecanizado → Soldadura

Operación	Tiempo en minutos	Frecuencia por día	Total tiempo
Traslado de material	3	10	30
Grúa			
Operador de Grúa			

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

20.3. Análisis Pareto

El diagrama de Pareto, permite mostrar gráficamente las causas probables que no permitan cumplir exitosamente las entregas hacia los clientes.

Las causas más comunes de los defectos o las causas más frecuentes para la fabricación de rodillos se concentran en el traslado de material entre áreas. Según el análisis se puede apreciar el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas asociadas a la fabricación de rodillos. Con este análisis se puede concluir que se debe trabajar para mejorar los tiempos de traslado en cada proceso para así disminuir los tiempos de espera los cuales están afectando directamente al cliente al no cumplir con las fechas solicitadas en cada pedido de venta.

Descripcio	Frecuencia Mensual	%
Traslado de material	400	95%
Programación	6	96%
Urgencias Cliente	5	97%
Personal no capacitado	4	98%
Maquinaria defectuosa	4	99%
Material defectuoso	3	100%

422

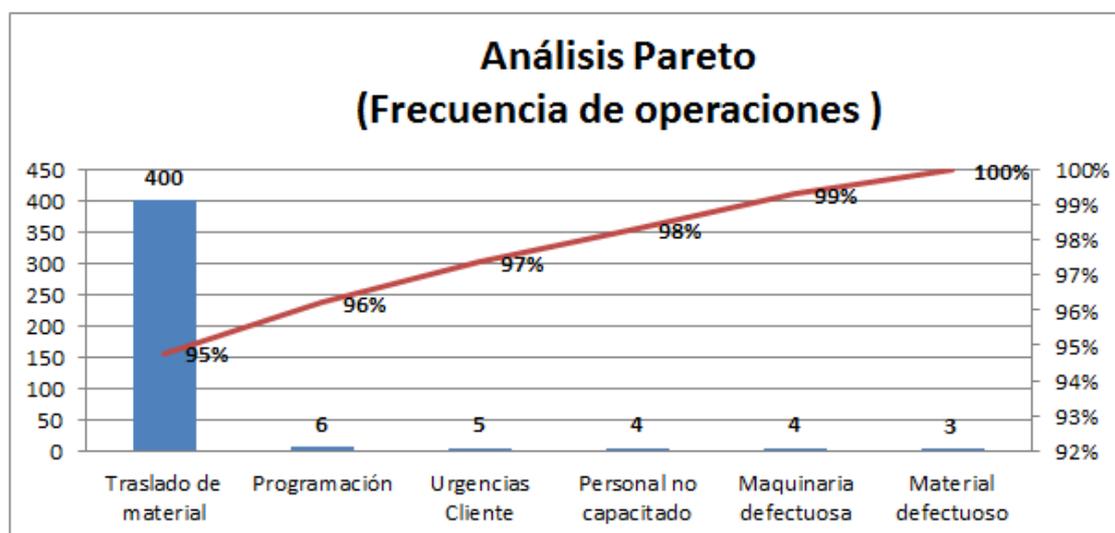


Figura 20.3: Análisis Pareto

Fuente: Libro Richard Koch 80 / 20

21. Resultado análisis

Dentro de las funciones principales de una empresa está la producción y para lograr una gestión eficaz los responsables de dicha gestión deben conseguir el mejor aprovechamiento de los medios disponibles para cada tarea.

Según los análisis efectuados anteriormente, el traslado de material tanto como materia prima y material transformado (semi elaborado), es la causa principal para realizar las distintas entregas oportunamente a los clientes. Las metodologías realizadas en la línea de producción fueron abordadas con las distintas áreas de apoyo las cuales mantienen un personal con una larga trayectoria en cada tarea que realizan.

Los tiempos y la frecuencia de traslado de material entre áreas, son significativos al momento de entregar el producto final. A continuación se detallan dichos tiempos y costos asociados a la operación de traslado de material.

Traslado de Material Por Turno

Tiempo total traslado	Frecuencia total	Total Tiempo de traslado por turno (En Minuto)
5	10	50
3	10	30
8	20	80

20 Días Hábiles Mensual 20

Frecuencia Mensual 400

Tiempo Mensual 3200 min

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

Costo asociados

Costos por hora Grúa	13000
Horas mensual	53
Valor total	689000

Tarifas	
HORARIO	2.5 - 3.0 TONELADAS
Lunes a Viernes	\$13.000
Lunes a Viernes 18:01 a 07:59	\$16.000
Sábado desde 8:00 a 14:00	\$16.000
Sábado despues 14:00, Domingos y festivos	\$16.000
Hora de espera adicional de camion en obra	



Grúa 2,5 Toneladas

Dimensiones:

- Altura Mastil (m): 2,12
- Levante (m): 1,70
- Ancho (m): 1,15
- Largo (m): 3,85
- Largo Horquillas (m): 1,2
- Combustión: Gas

Figura 21.1: Arriendo de grúa

Fuente: Empresa Comaco

22. Solución planteada

22.1. Medidas para el traslado de material fabricación de rodillos

Una de las primeras medidas para disminuir el tiempo de traslado en cada operación en la fabricación de rodillos, es agrupar las distintas máquinas que influyen en la fabricación, se debe considerar para una productividad eficiente en cada proceso de corte, mecanizado y soldadura, tener las máquinas produciendo sin tiempos de espera por cada proceso.

Los tiempos de espera que produce el traslado de material por área, serán minimizados con una célula de trabajo, esta célula consiste en organizar el sistema productivo en compartimientos individuales, independientes y dinámicos, formado por una agrupación de personas y máquinas que realizan un determinado número de operaciones específica en cada proceso de fabricación de rodillos. A continuación, se detalla un flujo operacional en una célula de trabajo.

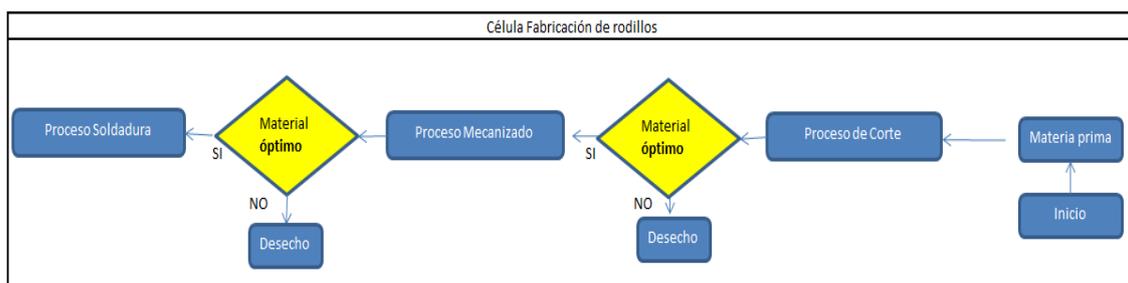


Figura 22.1: Célula fabricación de rodillos

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

La célula señalada anteriormente será organizada en un sector cerca del acopio de materia prima para poder minimizar los tiempos de carga en el proceso de corte. Esta célula contará con 3 máquinas Corte Mecanizado Soldadura. Estas máquinas se colocarán en un área compacta permitiendo ahorro de espacio libre, asegurando el avance sin problema de una etapa a la siguiente facilitando la progresión lógica de los productos que se producen desde la materia prima en un extremo hasta el producto terminado en el otro. Del mismo modo, en el contexto de oficinas, las células de trabajo pueden facilitar la colaboración con una mejor comunicación y un uso más eficiente de los recursos compartidos. La flexibilidad de la célula permite a las cadenas de montaje evolucionar a un ritmo manejable, fácil de cambiar, además una célula con varios puestos en un área, permite a los productos pasar menos tiempo viajando de un puesto a otro. Esto es importante para encontrar defectos rápidamente. En lugar de tener el producto moviéndose hacia otra área de la planta, haciendo de esta la solución perfecta para la empresa Metalúrgica Revesol que está a favor de un menor gasto de capital en sus operaciones y reducir los tiempos de entrega, los tiempos de entrega es lo más importante para la empresa Metalúrgica Revesol ya que con esto puede mejorar el nivel de servicio hacia sus clientes.

23. Análisis de tiempos para el traslado de material en la fabricación de rodillos

Tal como se puede observar en los datos indicados anteriormente el tiempo que influye en el traslado de material entre áreas está relacionado directamente en el mal funcionamiento del proceso de fabricación provocando tiempos improductivos. La realización de la operación traslado de material debe permitir que las demás operaciones se hagan en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida, por lo tanto el objetivo de esta propuesta de mejora es mejorar los tiempos de traslado de material. A continuación, se detallan los tiempos de traslado de material para la producción habitual y la propuesta de mejora.

Tabla 23.1: Traslado de material

Traslado de Material Por Turno (habitual)

Traslado de material entre operaciones	Tiempo total traslado	Frecuencia total	Total Tiempo de traslado por turno (En Minuto)
Corte / Mecanizado	5	10	50
Mecanizado / Soldadura	3	10	30
	8	20	80

Traslado de Material Por Turno (Propuesta de mejora)

Traslado de material entre operaciones	Tiempo total traslado	Frecuencia total	Total Tiempo de traslado por turno (En Minuto)
Corte / Mecanizado	0	0	0
Mecanizado / Soldadura	0	0	0
	0	0	0

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

Con la propuesta de mejora se puede aumentar la productividad por máquina, incrementando el flujo de entrega final hacia el cliente. Al tener un incremento en las entregas se tendrá un aumento en el nivel de servicio el cual está afectando actualmente a la empresa Metalúrgica Revesol. A continuación, se detalla el incremento en la producción considerando la propuesta de mejora en el traslado de material.

Producción habitual (Turno de 8 horas)

Promedio Producción Primer semestre año 2018	Tiempo producción por turno	Tiempo de traslado por turno (Minutos)	Tiempo de traslado por turno (Hora)	Rodillos por Hora
300	5	160	2,7	56

Producción según propuesta de mejora

Producción	Tiempo producción por turno	Tiempo de	Tiempo de traslado
450	8	0	0

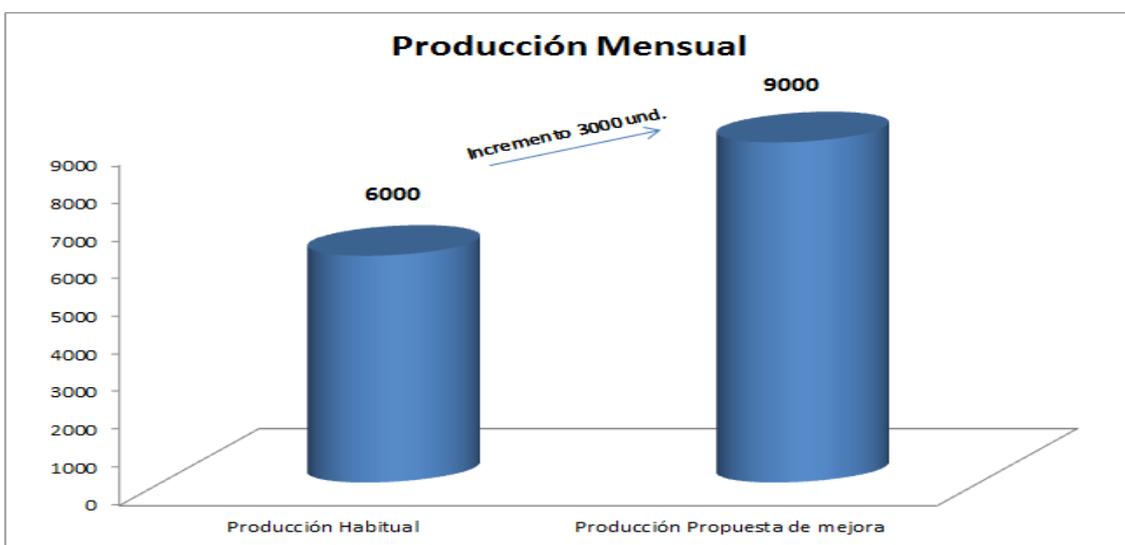


Figura 23.1: Producción de rodillos

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

En el detalle anterior, se puede observar el incremento en la producción por turno, este incremento cubre la cantidad de atrasos mensuales señalado por la empresa Metalúrgica Revesol,

24. Los costos asociados a la propuesta de fabricación de rodillos en célula de trabajo

Para la empresa Metalúrgica Revesol, su primera prioridad es reducir los tiempos de entrega para cada uno de sus productos a un menor costo. La propuesta de mejora en consecuencia para reducir los tiempos de entrega esta direccionado también en minimizar. Los costos operaciones, los costos operaciones que se detallaran a continuación están directamente relacionado al traslado de material entre áreas.

Tabla 24.1: Valorización traslado de material producción habitual

Traslado de Material Por Turno (habitual)		
Traslado de material entre operaciones	Tiempo total traslado	Frecuencia total
Corte / Mecanizado	5	10
Mecanizado / Soldadura	3	10
	8	20
Minutos de traslado de material por turno	160	
Tiempo Mensual (20 días *160 minutos)	3200	
20 Días Hábiles Mensual	20	
Horas mensual (3200 Tiempo Mensual /60 Minutos)	53	
Costos por hora Grúa	\$ 13000	
Valor total	\$ 689000	

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

Tabla 24.1: Valorización traslado de material propuesta de mejora

Traslado de Material Por Turno (Propuesta de mejora)

Traslado de material entre operaciones	Tiempo total traslado	Frecuencia total
Corte / Mecanizado	0	0
Mecanizado / Soldadura	0	0
	0	0
20 Días Hábles Mensual	0	
Tiempo Mensual (En minuto)	0	
Horas mensual	0	
Costos por hora Grúa	0	
Valor total	0	

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

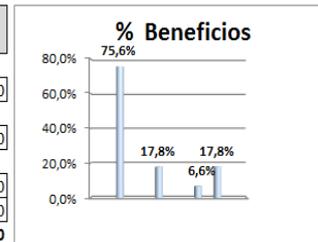
25. Análisis económico

El siguiente análisis económico corresponde al estudio de la propuesta de mejora. En la empresa Metalúrgica Revesol este análisis económico se refleja la inversión y la rentabilidad de los capitales utilizados en la propuesta de mejora para la línea de producción de rodillos metálicos y de impacto

El análisis económico estará enfocado en la productividad del proceso de fabricación, que viene determinada por el grado de eficiencia de los equipos productivos en la obtención de un determinado volumen y calidad de los rodillos. La base de este análisis económico está estructurada con los datos de la empresa Metalúrgica Revesol del primer semestre año 2018 comparando con la propuesta de mejora evaluando diferentes índices como la productividad y nivel de servicio de la compañía. A continuación, se detalla los costos y beneficios correspondientes a la propuesta de mejora.

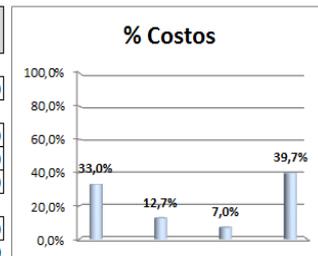
Total (Beneficios)

Descripción	Horas Mensual	Valorización	Total Valorización
Arriendo			
Grúa para trasladar material	53	\$ 13.000	\$ 689.000
Tiempos			
Se Minimiza tiempos de espera material , 3 horas *20 días	60	\$ 2.700	\$ 162.000
Mano de obra			
No existe Reprogramaciones, 1 hora *20 días	20	\$ 3.000	\$ 60.000
No existe Horas extras, 5 Horas por semana , dos operadores	40	\$ 4.050	\$ 162.000
Total			\$ 911.000



Total (Costos)

Descripción	Horas Mensual	Valorización	Total Valorización
Arriendo			
Grúa para traslado de maquina	16	\$ 13.000	\$ 208.000
Mano de obra			
Supervisión jefatura	16	\$ 5.000	\$ 80.000
Dos técnicos de mantención	16	\$ 3.000	\$ 48.000
Creación de Layout, lo crea el departamento de Diseño	8	\$ 5.500	\$ 44.000
Materia prima			
Insumos para la instalación	1	\$ 200.000	\$ 250.000
Total			\$ 630.000



Resumen

Total beneficio mensual	\$ 911.000
Total costo de propuesta	\$ 630.000
Indicador (Costos - Beneficios)	\$ 281.000



Figura 25.1: Análisis económico

Fuente: Elaborado por Empresa Metalúrgica Revesol

Con la propuesta de mejora se puede concluir, Tener un lead time más corto permitiendo entregar los distintos pedidos de manera más rápida, lo que se convierte en una importante ventaja competitiva, ya que posiciona a la empresa Metalúrgica Revesol, por encima de sus competidores en cuanto a tiempo de producción, este tiempo en definitiva se convierte en lo que espera la empresa, entregar a tiempo sus productos para sí poder aumentar el nivel de servicio de 70% a 85% en un plazo de 6 meses.

26. Conclusión

Metalúrgica Revesol es una empresa que busca entregar un servicio excepcional a sus clientes buscando constantemente entregar sus productos a tiempo y en calidad, el desarrollo de esta tesis ha permitido profundizar en una problemática fundamental en las operaciones de fabricación de rodillos.

El objetivo general de esta tesis tenía que ver con medir el impacto en términos de atrasos en las entregas, para luego proponer medidas de mejora frente a los principales eventos causantes. Desde esa perspectiva, se considera que el objetivo se logró y efectivamente fue posible identificar con un cierto grado de error las problemáticas en la fabricación de rodillos. A su vez, a partir de ese análisis fue posible proponer una propuesta de mejora.

Este estudio permitió primero identificar dentro de la gama de eventos operacionales posibles, cuales generaban un gran impacto en términos de atrasos. Esto corresponde a una primera aproximación sobre que eventos deben ser controlados a fin de mejorar el nivel de servicio de la compañía.

Cabe recalcar que los modelos obtenidos no presentaron ajustes altamente significativos y que sería conveniente aproximar el problema mediante otras formulaciones matemáticas. Estas formulaciones fueron escogidas por la simpleza en su construcción e implementación limitados por la duración del trabajo de esta memoria.

Los costos obtenidos dan una noción de cómo afectan a la empresa Metalúrgica Revesol, ante eventos operaciones. No fue profundizado demasiado en este ámbito dando mayor énfasis en las entregas así el cliente.

Es interesante como a simple vista un traslado de material de 5 minutos con una frecuencia de 20 veces por turno parece insignificante pero al momento de calcular los costos asociados estos son significativos. Los cálculos arrojaron que el acumulado de estos tiempos es una de las causas más significativas para poder cumplir con las demandas de los clientes.

Las medidas propuestas en esta tesis requieren de mayor profundidad en cuanto a su evaluación. Estas solo representan una solución aproximada y general a los problemas detectados actualmente en la compañía.

Aun así, tras este estudio existe una oportunidad importante de seguir mejorando los distintos procesos, la invitación es seguir innovando los procesos productivos adaptándose a la real necesidad de sus clientes. De esta forma Metalúrgica Revesol dará un valor agregado a sus clientes y un posicionamiento firme en el mercado nacional.

27. Bibliografía

1. Resumen de operaciones Metalúrgica Revesol , Gerencia de Operaciones
2. Memoria anual Metalúrgica Revesol 2016
3. Memoria anual Metalúrgica Revesol 2017
4. Koch Richard , El principio del 80/20 , 1º Edición , Paidós, 21 mayo 2009
5. Blanco Rivero Luis Ernesto, Factor Estratégico de Competitividad, 1º Edición, E. Colombiana de Ingeniería, 1999