



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES
Y ADMINISTRATIVAS

SEMINARIO EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS

“EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE
TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE
MUELLES”

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL
POR ESEÑANTAN
KARLA RAQUEL ARVIZU VARGAS
LUIS DANIEL CAMPOS REYES
CARLOS ANTONIO LEMUS LÓPEZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
POR ESEÑANTAN
RAQUEL MARITZA HERNÁNDEZ RAMÍREZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO
POR ESEÑANTAN
OSCAR DAVID ALBOR LEÓN

EXPOSITORES
DR. JOAS GÓMEZ GARCÍA
DRA. EVELIA ROJAS ALARCÓN
M. EN C. OSIRIS SUHELEN GUZMÁN RUÍZ
CIUDAD DE MÉXICO

2018

No. DE REGISTRO

17.2495



Oficio número: S.Aca./JPAIL/135/18

Ciudad de México, 10 de agosto del 2018.
ASUNTO: Autorización de Tema de Titulación
OPCIÓN: Seminario de Titulación

CC. PASANTES:
OSCAR DAVID ALBOR LEÓN
KARLA RAQUEL ARVIZU VARGAS
LUIS DANIEL CAMPOS REYES
RAQUEL MARITZA HERNÁNDEZ RAMÍREZ
CARLOS ANTONIO LEMUS LÓPEZ
P R E S E N T E S.

Tengo el agrado de comunicarles que les ha sido autorizado el trabajo de titulación denominado "EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MUELLES", con el siguiente contenido:

ÍNDICE
RESUMEN
INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO
CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL O REFERENCIAL
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA (DIAGNÓSTICO)
CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O MEJORA
CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

La tesina es dirigida por el(la) M. EN E. JOAS GÓMEZ GARCÍA.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Nota: este oficio sustituye al Oficio número: S.Aca./JPAIL/066/18.

ATENTAMENTE
"La Técnica al Servicio de la Patria"



[Firma]
M. EN C. MARÍA DEL ROSARIO CASTRO NAVA
JEFA DE LA COORDINACIÓN DE SEMINARIOS DE TITULACIÓN

M. en I.I. RAFAEL LOZANO LOBERA
JEFE DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
I. P. N.
UPICSA
SEMINARIO DE TITULACIÓN

[Firma]
M. EN A. LAURA ANDRÓMEDA FONSECA MONTERRUBIO
JEFA DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
UPICSA
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
JEFA DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

Ccp: M. en C. María del Rosario Castro Nava.- Jefa de la Coordinación de Seminarios de Titulación.
LAI. María Elizabeth Peralta Calderón.- Jefa de la Oficina de Titulación.
M. en A. Laura Andrómeda Fonseca Monterrubio.- Jefa del Programa Académico de Administración Industrial
Expediente.

RL/eaat



CARTA DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE TRABAJOS ESCRITOS

Ciudad de México a los 20 días del mes de Junio de 2018.

Lic. Karina Elizabeth Domínguez Yebra
 Jefa del Departamento de Servicios Estudiantiles
 Presente

En cumplimiento al Artículo 27° del Reglamento de Titulación del IPN, hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo de titulación por la opción de Seminario denominado:

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MUELLES

Desarrollado por el (los) Pasante(s): Programa Académico

Oscar David Albor León	Ingeniería Mecánica
Karla Raquel Arvizu Vargas	Ingeniería Industrial
Luis Daniel Campos Reyes	Ingeniería Industrial
Raquel Maritza Hernández Ramírez	Administración Industrial
Carlos Antonio Lemus López	Ingeniería Industrial

Firma

Y dirigido por Director Joas Gómez García _____

Considerando que éste reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador, no tenemos inconveniente en aprobarlo.

Atentamente
"La técnica al Servicio de la Patria"

Asesor/Expositor	Firma
Dra. Evelia Rojas Alarcón	
M. en C. Osiris Suhelen Guzmán Ruíz	

V. Bo. Jef@ de Programa Académico de Ingeniería Industrial

 M. en C. Osiris Suhelen Guzmán Ruíz

V. Bo. Jef@ de Programa Académico de Administración Industrial

 M. en C. Laura Anariberto Fonseca Monterrubio

V. Bo. Jef@ de Coordinación de Seminario de Titulación

 M. en C. María del Rosario Castro Nava

Autorización de uso de obra

Instituto Politécnico Nacional
Lic. Karina Elizabeth Domínguez Yebra
Jefa del Departamento de Servicios Estudiantiles
P r e s e n t e


Bajo protesta de decir verdad los que suscriben **Karla Raquel Arvizu Vargas, Luis Daniel Campos Reyes, Carlos Antonio Lemus López, Raquel Maritza Hernandez y Oscar David Albor León** (se anexa copia simple de identificación oficial), manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada **EVALUCIÓN ECONOMÍA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MUELLES**, en adelante "La Tesis" y de la cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al Instituto Politécnico Nacional, en adelante "El IPN", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales, **para su referencial, teórico o de investigación**, "La Tesis" por un periodo de **5 años** contado a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a "El IPN" de su terminación.


En virtud de lo anterior, "El IPN" deberá reconocer en todo momento mi calidad de autores de "La Tesis"

Adicionalmente, y en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "La Tesis", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por el suscrito respecto de "La Tesis", por lo que deslindamos de toda responsabilidad a El IPN en caso de que el contenido de "La Tesis" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.


Ciudad de México, 10 de agosto de 2018


Atentamente


Karla Raquel Arvizu Vargas


Carlos Antonio Lemus López


Oscar David Albor León


Luis Daniel Campos Reyes


Raquel Maritza Hernandez Ramirez

ÍNDICE

Resumen	i
Introducción	ii
Capítulo I Marco Metodológico	1
1.1 Título del proyecto de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema de investigación	1
1.3 Pregunta de investigación	1
1.4 Objetivo general de la investigación	1
1.5 Objetivos específicos	2
1.6 Justificación o relevancia del estudio	2
1.7 Hipótesis	2
1.8 Tipo de investigación	2
1.9 Diseño de investigación	3
1.10 Técnicas de investigación a emplear	3
1.11 Cronograma de actividades de investigación	3
Capítulo II Marco contextual o referencial	4
2.1 Reseña histórica	4
2.1.1 Misión	4
2.1.2 Visión	4
2.1.3 Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2018	5
2.1.4 Estadísticas a propósito de la industria Automotriz	5
2.2 Productos	12
2.2.1 División suspensiones	12
2.2.2 División frenos	12
2.2.3 División repuestos	12
2.3 Demanda actual o producción	13
2.4 Planeación Estratégica	15
Capítulo III Marco Teórico	17
3.1 Procesos utilizados para la manufactura de una muelle	17
3.1.1 Dibujo del producto y planos de producción	17
3.1.2 Selección de materiales	17
3.1.3 Fabricación y obtención de piezas	17
3.1.4 Proceso de manufactura	18
3.2 Métodos y herramientas de calidad	24
3.2.1 El ciclo Deming o ciclo PHVA como herramienta	25
3.2.2 Herramientas para generar y ordenar ideas	25
3.2.3 Diagrama de Flujo	30
3.2.4 Diagrama de flujo de proceso	31
3.2.5 Lean manufacturing	33
3.2.6 Kaizen	36
3.2.7 Las 5´s	36
3.2.8 El Sistema SMED (Single-Minute Exchange of Dies)	37
3.2.9 Mantenimiento Productivo Total TPM	38
3.2.10 Control visual	39
3.2.11 Poka-yoke	40
3.2.12 Kanban	40

3.3	Planeación Estratégica.....	41
3.4	Capacitación y Adiestramiento.....	42
Capítulo IV Resultados y Análisis de la información obtenida (Diagnóstico)		45
4.1	Gestión y administración de los procesos de manufactura de muelles	45
4.2	Análisis del sistema productivo	45
4.3	Operación Actual.....	47
4.3.1	Proceso	48
4.3.2	Máquinas.....	52
4.3.3	Técnicas de calidad y control.....	58
4.3.4	Valores de producción actual.....	59
4.4	Análisis de solución	64
4.4.1	Aplicación de análisis para la detección de mejoras del AMEF	64
4.4.2	Análisis de la implementación del paquete tecnológico	66
4.4.3	Análisis de adquisición de maquinaria.....	82
4.4.4	Valores de producción esperados	83
4.5	Evaluación y selección tecnológica.....	84
4.6	Capacitación y Adiestramiento.....	85
Capítulo V Propuesta de solución o mejora		88
5.1	Evaluación económica del paquete tecnológico.	88
5.1.1	Estudio financiero.....	88
5.1.2	Evaluación económica	89
Conclusiones		92
Referencias		94

Resumen

El propósito principal de este trabajo es demostrar que mediante la implementación de un paquete tecnológico, se resuelva el problema de falta de producción de muelles automotrices debido al incremento en su demanda.

Se establece el marco contextual y referencial de la empresa, donde se describe la oferta y demanda de las muelles automotrices. Posteriormente se realiza la descripción de los procesos de manufactura actual ocupados para la producción, la cual abarca los diferentes tipos de procesos de maquinado y de tratamientos térmicos, su maquinaria y materiales usados. Después se analiza la producción actual con un enfoque a procesos de mejora continua para poder segmentar las estaciones de trabajo, las operaciones, la maquinaria, operarios y conocer el tiempo estándar por cada operación, y determinar las acciones a seguir con base en las áreas de oportunidad detectadas.

Se busca que dicha solución sea rentable y de viable implementación. Utilizando la metodología AMEF se determinan las principales áreas de oportunidad, así como las herramientas y métodos de calidad que podrían ser implementados para la solución de las mismas en el consecuente aumento de la producción, realizando la explicación de cada propuesta de mejora y la descripción de las herramientas físicas, cambios en el proceso de algunas estaciones de trabajo, la capacitación necesaria para poder llevarlas a cabo y la inversión requerida. Pudiendo de igual manera cotejar las mejoras en los tiempos de los procesos por estación en donde se establecieron las mejoras y la producción mejorada resultado de las implementaciones.

Cerrando como punto principal de este trabajo se concluye con el análisis económico financiero de la inversión requerida para hacer las implementaciones y los beneficios pronosticados por el aumento de la producción determinado por el paquete tecnológico, el cual tiene como resultado viabilidad tanto en rentabilidad como en su implementación.

Introducción

El presente trabajo, EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MUELLES, proyecto de investigación, consta de: Índice; Resumen; la presente Introducción; Capítulo 1, Marco metodológico; Capítulo 2, Marco contextual o referencial; Capítulo 3, Marco teórico; Capítulo 4, Resultados y análisis de la información obtenida (diagnóstico); Capítulo 5, Propuestas de solución o mejora, Conclusiones Recomendaciones y Bibliografía.

- Capítulo I. Marco metodológico. Se determinó mediante la definición de una pregunta de investigación, objetivos, hipótesis, diseño, métodos, técnicas e instrumentos necesarios para realizar una investigación con un enfoque interdisciplinario.
- Capítulo II. Marco contextual o referencial. Describe el desarrollo de la empresa, integración, arranque de operaciones, detallando una línea de tiempo que permite el estudio y análisis de pertinencia de la industria automotriz.
- Capítulo III. Marco teórico. Describe los procesos requeridos para la fabricación de una muelle, así también los métodos y herramientas de calidad.
- Capítulo IV. Resultados y análisis de la información obtenida (diagnostico). La forma de abordar esta problemática fue a través de la implementación de un paquete tecnológico basado en métodos y herramientas de calidad, obteniendo la disminución de tiempos.
- Capítulo V. Propuestas de solución o mejora. Se desarrolla el estudio económico y financiero, evaluando la rentabilidad de los cambios realizados para el incremento de producción determinando el riesgo de la inversión

Se desarrolló debido a la necesidad de incrementar la producción generado por el mercado de refacciones originales, el cual empezó a tener mayor importancia después de la crisis que presentó el mercado automotriz en el 2008.

Debido a estos cambios en el mercado, se tiene la necesidad de evaluar alternativas para obtener mayor producción, por lo que se selecciona la implementación de un paquete tecnológico basado en métodos y herramientas de calidad. Observando los procesos productivos, con el apoyo del análisis de modos y efectos de fallas potenciales AMEF, se obtuvo como resultado paros por ajuste, tiempos prolongados en cambio de herramientas y actividades mal ejecutadas.

La forma de abordar esta problemática fue a través de la implementación de un paquete tecnológico basado en métodos y herramientas de calidad, para eficientar los procesos de corte y temple donde se presentan los valores más bajos de producción tiempos más prolongados de producción. Procesos con oportunidad para aplicar los métodos 5's, Poka-Yoke y SMED, como herramientas de mejora, obteniendo la disminución de tiempos.

Una alternativa que se puede ver también es la adquisición de un equipo nuevo para el proceso de temple, la cual es solo un comparativo con la propuesta.

Como último capítulo se desarrolla el estudio económico y financiero, evaluando la rentabilidad de los cambios realizados para el incremento de producción determinando el riesgo de la inversión y posteriormente calculando TREMA y TIR de la inversión.

Capítulo I Marco Metodológico

Para el desarrollo del proyecto de investigación se determinó el marco metodológico mediante la definición de los objetivos específicos, métodos, técnicas e instrumentos necesarios para realizar una investigación descriptiva y explicativa con un enfoque interdisciplinario que pondrá a prueba la hipótesis y se contrastará con el problema de investigación, para lograr demostrar mediante el estudio y la relación de variables que la hipótesis es correcta.

1.1 Título del proyecto de investigación

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE MUELLES

1.2 Planteamiento del problema de investigación

Debido a la crisis automotriz en 2008 se generó una baja en la demanda de vehículos y camiones de carga, lo que propició en La empresa X una consecuente baja en la solicitud de muelles, producto manufacturado principalmente para las camionetas y camiones de las empresas Ford y Toyota.

Sobre la base de las consideraciones anteriores se toma la decisión de entrar en el mercado minorista de refacciones, esto para diversificar el mercado y nivelar la demanda en conjunto a la capacidad de producción de la empresa y garantizar la rentabilidad, dejando como resultado un aumento en las solicitudes del producto.

Ante este cambio de estrategia se aumentó la demanda en un 60% tomando como mejor alternativa realizar la implementación de métodos y herramientas de calidad para aumentar la producción con la capacidad actual.

Por lo que el problema se centra en generar un aumento en la producción actual consecuente al aumento de la demanda, mediante la implementación de un paquete tecnológico (Maquinaria, herramientas y métodos) en el proceso productivo desarrollado actualmente, o en última instancia evaluar la adquisición de un equipo que nos brinde el aumento de producción deseado.

La selección del paquete tecnológico consiste en el análisis de maquinaria, herramental de operación, métodos y herramientas de calidad óptimas que puedan ser implementados en la mejora de la operación y en el consecuente aumento de la producción.

1.3 Pregunta de investigación

¿Es rentable invertir en un paquete tecnológico para aumentar la producción?

1.4 Objetivo general de la investigación

Evaluar la rentabilidad de implementación de un paquete tecnológico aplicable al sistema productivo actual de fabricación de muelles, mediante el análisis y propuesta de aplicación de mejoras para aumentar la producción.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar herramientas y métodos disponibles que permitan aumentar la producción.
- Realizar la evaluación económica de la implementación del paquete tecnológico.
- Comparar el beneficio de la implementación del paquete tecnológico contra la adquisición de maquinaria de mayor capacidad.

1.6 Justificación o relevancia del estudio

Mediante el desarrollo de este proyecto y la evaluación económica a las implementaciones tecnológicas se demostrará que la opción del paquete tecnológico logrará resolver la falta de capacidad de producción actual al menor costo ya que de esta manera se puede garantizar la operatividad y rentabilidad de la empresa.

Para el desarrollo del presente proyecto se cuenta con un enfoque interdisciplinario lo cual incluye conocimientos específicos aplicados a la industria como se enuncia a continuación:

- Ingeniería industrial: Evaluar y proponer la implementación de un paquete tecnológico que incluya métodos y procesos de producción que apliquen al sistema productivo actual y propuesto, analice las herramientas de calidad aplicadas para la mejora continua y el consecuente aumento de la producción que permita realizar una evaluación económica a los cambios propuestos.
- Administración industrial: Generar el estudio de variables externas e internas y de mercado que en conjunto al análisis financiero de las alternativas de solución ayuden a la toma de decisiones. Participar en el diseño e implementación de los planes de capacitación y adiestramiento pertinentes a las implementaciones propuestas.
- Ingeniería mecánica: Evaluar la herramienta de manufactura actual y propuesta dentro del sistema productivo, verificar el control de calidad del producto, generar planos de implementación de equipos y Lay Out de planta conforme a las implementaciones propuestas.

1.7 Hipótesis

Dado que se tiene un incremento en la demanda y la capacidad de producción no es suficiente para lograr cubrirla, la implementación del paquete tecnológico incrementará la producción adicional requerida y mediante la evaluación económica se podrá determinar que es la solución óptima.

1.8 Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se optó por realizar una investigación de tipo explicativa.

De acuerdo con el razonamiento anterior se lleva a cabo una exploración de información disponible sobre los métodos de producción actual, técnicas y métodos de calidad viables para la

implementación y el cumplimiento de los objetivos, también se efectuará la recolección de datos para la determinación de demanda y estudios que permitan explicar la toma de decisiones en la implementación del paquete tecnológico para el incremento de producción y su consecuente evaluación económica financiera.

1.9 Diseño de investigación

La estrategia para cubrir con el desarrollo y objetivos planteados de esta investigación será mediante la recolección de información documental de libros, estadísticas oficiales y aquellas que apliquen con fuentes oficiales, vigentes, además de datos de campo, debido a que se necesitará información de mercado actual, especificaciones técnicas de materiales y equipos conjuntamente de técnicas financieras de análisis que apliquen.

1.10 Técnicas de investigación a emplear

Explicativa. - Por medio de la investigación documental se aplicarán técnicas y herramientas de calidad para la optimización de la producción.

- Tecnológico. - Se analizará la situación actual de equipos y herramientas con la que se cuenta y las posibles implementaciones.
- Cuantitativa. - Se establecerá para conocer el beneficio económico de la aplicación del paquete tecnológico.
- Campo. - Se utilizará para conocer datos del proceso y costo.

1.11 Cronograma de actividades de investigación

Cronograma de actividades													
Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13
Selección de equipo de trabajo	■												
Planificación del proyecto	■												
Presentación del proyecto		■											
Realización del protocolo del proyecto			■	■									
Delimitación de temas a investigar por integrante				■									
Recopilación de información para marco contextual				■	■								
Recopilación de información para marco teórico					■	■	■	■	■	■			
Análisis de resultados										■	■		
Propuesta de solución y mejora											■	■	
Conclusiones													■

Capítulo II Marco contextual o referencial

El presente capítulo describe el desarrollo de La empresa X como productor de componentes para sistemas de suspensión y frenos; integrando el contexto histórico de la empresa desde el inicio de sus operaciones. Se establece una línea de tiempo que permite el estudio y análisis de la industria automotriz, detallando el comportamiento de la mencionada industria con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Lo anterior permite describir los momentos más relevantes y de toma de decisiones estratégicas, que han generado cambios trascendentales en la consolidación de la Empresa X.

2.1 Reseña histórica

La empresa X es una empresa mexicana que se encuentra entre los principales productores en su ramo, dedicada al diseño y la manufactura de componentes para sistemas de suspensión y frenos para la industria automotriz; constituida en la Ciudad de México el 24 de febrero del 1996, bajo la denominación de “Empresa X Sociedad Anónima de Capital Variable (S.A. de C.V.)”. En el año 2007, mediante la asamblea general extraordinaria de accionistas, se determinó el cambio de la compañía a la modalidad de Sociedad Anónima Bursátil de Capital Variable (S.A.B. de C.V.) “Empresa X Sociedad Anónima Bursátil de Capital Variable”, el motivo del cambio fue a razón de la entrada en vigor de la nueva Ley de mercado de Valores (Ley de Mercado de Valores, 2005).

El éxito de la corporación se centra en anticipar áreas de crecimiento y oportunidades, así como tendencias y oportunidades potenciales para la compañía como fue el capitalizar los beneficios del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en inglés North American Free Trade Agreement (NAFTA). La empresa X es reconocida en el mercado de Norteamérica por ofrecer productos de la más alta calidad y acordes a las necesidades de los clientes, brindando innovación tecnológica en el diseño y producción de componentes de suspensión y frenos, los cuales son utilizados en todo tipo de vehículos en la industria automotriz.

Las principales armadoras de la industria automotriz obtienen equipo original (OEM'S del mercado automotriz) de la empresa X manteniendo una amplia base de clientes con largas relaciones, entre ellos Ford Motor Co., Fiat Chrysler Automóviles, General Motors, Toyota, Honda, Mitsubishi, Nissan, Mercedes-Benz, Volkswagen entre otras; siendo utilizados sus productos en todo tipo de vehículos, desde camiones comerciales de carga ligera y pesada hasta vehículos de alto desempeño para pasajeros, compactos y subcompactos, Crossover Utility Vehicle (CUVs) y Sport Utility Vehicle (SUVs).

2.1.1 Misión

La misión es ofrecer en el mercado nacional e internacional productos y repuestos de la más alta calidad para la suspensión vehicular y frenos, fabricados con altos estándares tecnológicos.

2.1.2 Visión

Mantener el posicionamiento y liderazgo en el mercado nacional e internacional con sólidas relaciones con los clientes, proveedores, trabajadores y accionistas, a través de una estrecha colaboración y cumpliendo con las exigencias y necesidades del mercado.

2.1.3 Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2018

Con la consolidación del tratado de Libre Comercio de América del Norte las grandes oportunidades de negocio y comercio se potencializan al grado de generar un crecimiento superior al estimado en los primeros 2 años de operaciones de la empresa X, consolidando a la organización en el mercado de autopartes por la creciente demanda de equipo original (OEM'S del mercado automotriz) para la fabricación de vehículos, esta tendencia permite a la organización posicionarse en el mercado al ofrecer a las armadoras más importantes productos de alta calidad con precios competitivos.

“En 1994, las dependencias gubernamentales de estadística de Canadá, Estados Unidos y México acordaron elaborar de manera conjunta un clasificador de las actividades económicas realizadas en América del Norte. El nuevo clasificador, el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) o North American Industry Classification System (NAICS), daría respuesta a la necesidad, surgida a raíz de la ratificación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), de contar con un instrumento para recopilar, analizar y difundir información estadística que permitiera evaluar y comparar, de manera más precisa, las economías de la región” (México SCIAN, 2018).

De acuerdo con el sistema de clasificación de Industria de América del Norte, México SCIAN 2018, la empresa X se encuentra en la clasificación:

“3363 fabricación de partes de vehículos automotores.

Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de partes para vehículos automotores (automóviles, camionetas, camiones, trenes, barcos y aeronaves), como motores de gasolina, híbridos y de combustibles alternativos para vehículos automáticos (automóviles, camionetas y camiones); equipo eléctrico y electrónico para vehículos automotores, sistemas de dirección, suspensión y frenos para vehículos automotrices, sistemas de transmisión asientos y accesorios interiores para vehículos automotores; piezas metálicas troqueladas y otras partes para vehículos automotrices” (México SCIAN, 2018).

“33633 fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices.”

“336330 fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices.

Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de partes de sistemas de dirección y suspensión para vehículos automotrices, camionetas y camiones” (México SCIAN, 2018).

“33634 fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotrices.”

“336340 fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotrices.

Unidades económicas dedicadas principalmente a la fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotrices (automóviles, camionetas y camiones, como balatas, discos y tambores para frenos” (México SCIAN, 2018).

2.1.4 Estadísticas a propósito de la industria Automotriz

Para el presente proyecto se integra la información generada conjuntamente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C., denominado Estadísticas a propósito de la Industria Automotriz, es importante comentar que los datos presentados se fundamentan en el Censo económico 2014.

2.1.4.1 Delimitación de la Industria automotriz

La industria automotriz considera 4 ramas dentro del código SCIAN (Tabla No. 1).

Tabla 1

Actividades económicas que integran la Industria automotriz

Código SCIAN	Actividad económica	Unidades económicas	Personal ocupado total Porcentajes	Producción bruta
Industria automotriz		100.0	100.0	100.0
Rama 3361	Fabricación de automóviles y camiones	2.7	10.3	54.9
Rama 3362	Fabricación de carrocerías y remolques	34.6	3.2	1.6
Rama 3363	Fabricación de partes para vehículos automotores	58.1	85.3	43.0
Rama 3369	Fabricación de otro equipo de transporte	4.6	1.2	0.5

Fuente: INEGI. Censos económicos 2014. Las cifras correspondientes al número de unidades económicas se obtuvieron del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2014

La Empresa X, participa en la Rama 3363 (Código SCIAN) Fabricación de partes para vehículos de automotores, la participación de esta rama en un 58.1% de las unidades económicas pertenecientes a la industria automotriz, siendo la rama que genera mayor cantidad de personal ocupado con el 85.3% de la industria con una producción bruta del 43% de la industria automotriz de acuerdo a censo económico 2014.

El INEGI define a las Unidades Económicas: “Son las entidades productoras de bienes y servicios, llámense establecimientos, hogares, personas físicas”.

Existen diversos factores que han sido considerados por la Empresa X para generar una estabilidad en la organización a pesar del complicado ambiente económico mundial; la cual ha implicado adecuaciones en las operaciones de tal manera que se mantenga una participación importante dentro de los segmentos de componentes de sistemas de suspensiones y frenos y continuar siendo un proveedor esencial para equipos originales de refacción.

Uno de los momentos mas críticos que la empresa X enfrentó fue en el año 2008, propiciado por los impactos de la crisis económica cuya repercusión en los clientes fue determinante para generar una nueva estrategia de negocios. La problemática que se presentó consistió en la reducción de la demanda de los componentes de sistemas de suspensiones por 2 de los principales clientes: Ford y Toyota. La reducción de demanda de estos 2 clientes fue del 35%, estos dos clientes representaban el 68% de la producción de componentes de sistema de suspensiones en el año 2008 por lo que implicó un impacto importante (ver gráfica 2).

Una decisión estratégica para afrontar esta amenaza consistió en la “Diversificación del mercado”, consolidando y abriendo nuevos horizontes para la organización al introducir a la Empresa X al mercado del Repuesto siendo un proveedor de OEMs (Fabricantes de equipos originales, por sus siglas en ingles); esta estrategia significó un crecimiento fundamental para la organización ya que logró afrontar una amenaza aprovechando sus fortalezas operativas, generando que diversificara sus clientes a un mercado no explorado y que significaba un gran potencial de crecimiento para la empresas X.

2.1.4.2 Importancia de la Industria automotriz en la economía

“La producción de la Industria automotriz ha aumentado su importancia relativa en la economía. Cuando entró en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, esta industria representaba el 1.9% del PIB del país y en 2014, este porcentaje fue del **3.0%**” (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

Eventos de relevante importancia para la Empresa X: El inicio de las operaciones en el año 1996 y la diversificación de mercados al ingresar al ser proveedor de equipos originales en el año 2009.

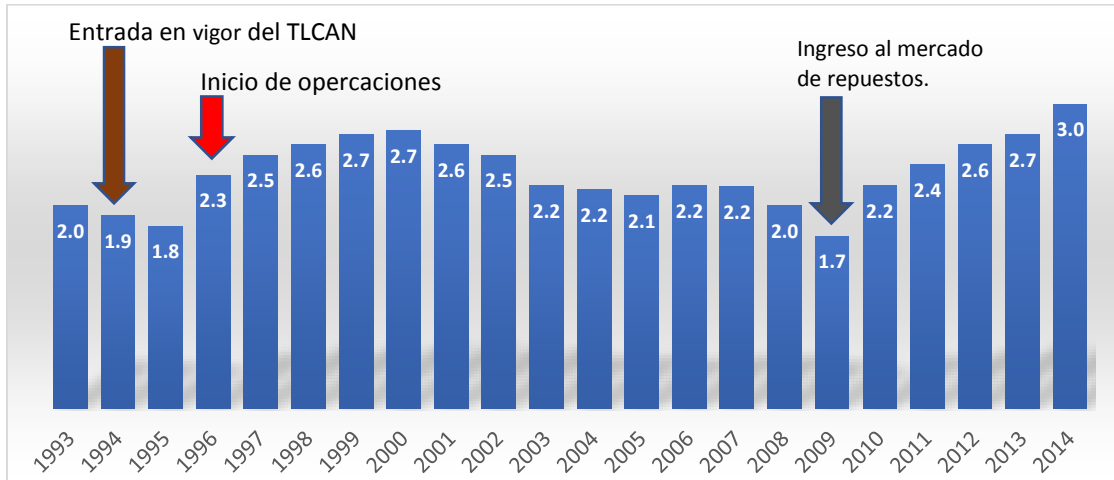


Figura 1: Porcentajes respecto al PIB del país a precios corrientes
Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto.

En la Figura 1 se observan los porcentajes respecto al PIB de México a precios corrientes, permite visualizar el comportamiento que tiene la industria automotriz y el impacto de esta industria en la economía nacional, esta fuente es emitida quinquenalmente. Para los fines del presente proyecto se presentan las tendencias que tendrá la industria en el periodo comprendido del último censo económico del año 2014 al año 2018; Esto debido a que el censo económico será realizado hasta el año 2019.

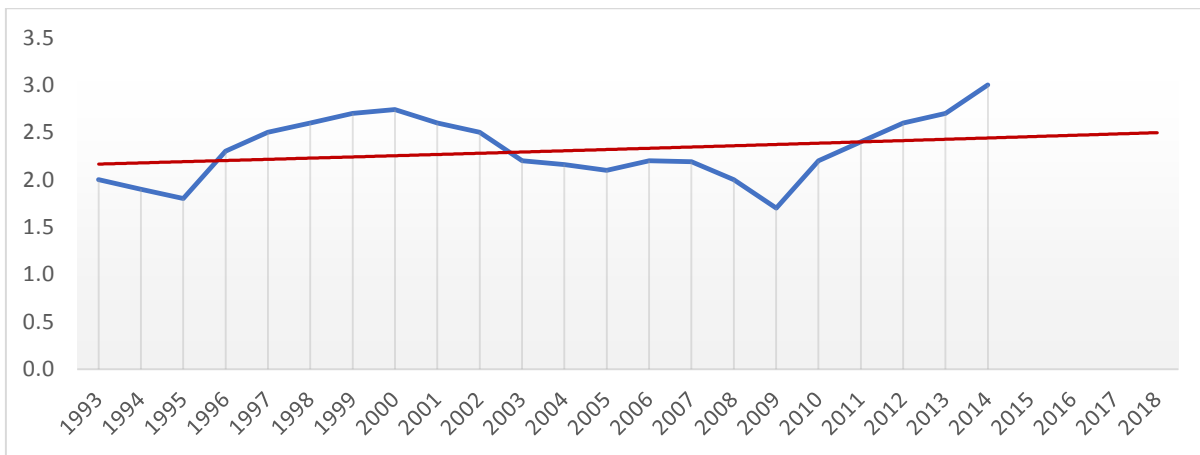


Figura 2: Tendencias porcentuales respecto al PIB a precios corrientes.
Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto interno bruto

En la Figura 2 se observa la producción de la Industria automotriz representó el **16.9%** de las manufacturas durante 2014, alcanzando el sector automotriz una importancia económica que no tiene precedente. (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

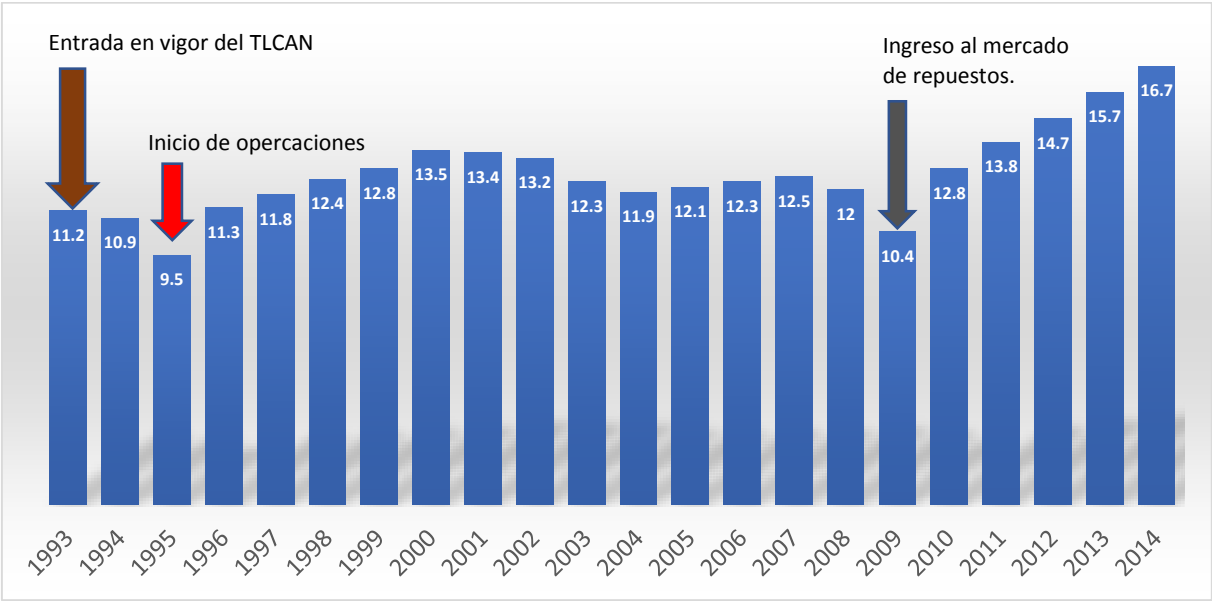


Figura 3: Porcentajes respecto al PIB manufacturero a precios corrientes.
 Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto.

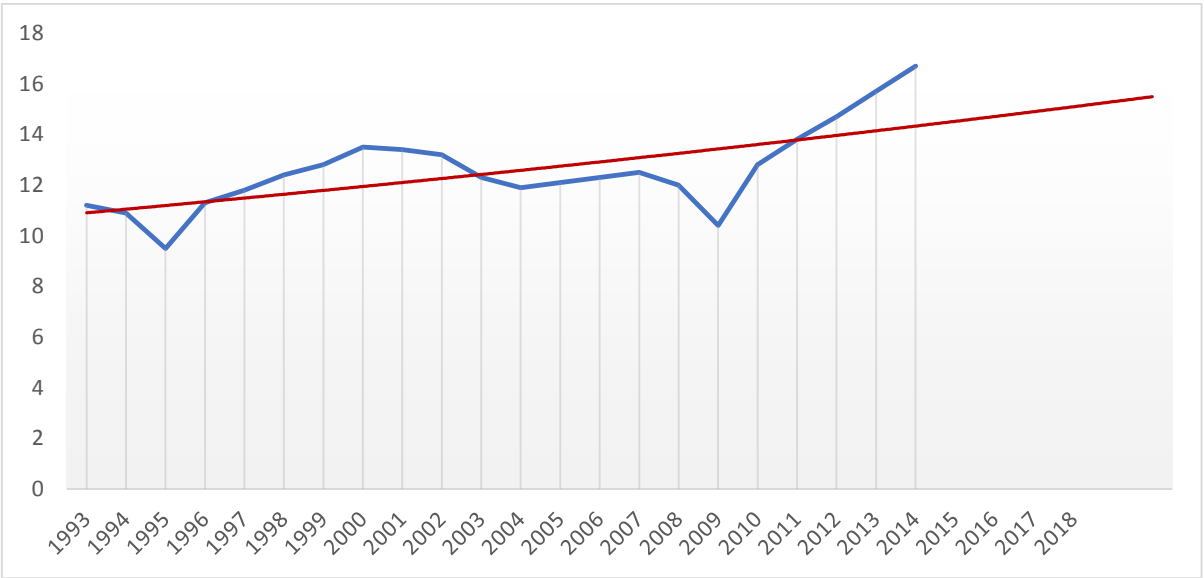


Figura 4: Tendencias porcentuales respecto al PIB manufacturero a precios corrientes.
 Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México, Producto Interno Bruto.

Para fines del presente proyecto se analizan las tendencias del porcentaje respecto al PIB manufacturero a fin de determinar las oportunidades de negocio a las que tendrá acceso la industria automotriz, al representar año con año un crecimiento constante de participación en la industria manufacturera (ver Figura 4).

2.1.4.3 Evolución de la industria automotriz

La información de la industria automotriz en México es de vital importancia para la Empresa X, puesto que le ha permitido generar las estrategias operativas que la consolidan hoy como una de las principales compañías dentro del segmento de componentes de sistemas de suspensiones y frenos y continua siendo un proveedor esencial de equipos originales, por lo que la información económica refleja la prospectiva operativa y financiera con relación en posibles acontecimientos futuros que nos permiten estimar y generar una planeación estrategia integral.

“En 1993 existían 10 plantas de fabricación de vehículos ligeros y motores, representadas por cinco marcas; 22 años después tienen 18 plantas y 8 marcas. Adicionalmente, se han anunciado nuevas inversiones para la producción de vehículos, motores y transmisiones que iniciará operación entre 2016-2019” (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).



Figura 5: PIB de la Industria automotriz

Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto.

En un contexto general, la Industria automotriz está registrando una dinámica de crecimiento superior a la de la economía en su conjunto desde 2010. (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016) (ver Figura 5).

Tabla 2

Evolución del PIB

Miles de millones de pesos constantes.

Denominación	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PIB total	10,873	11,417	11,776	11,941	11,380	11,961	12,445	12,941	13,080	13,101
PIB de las industrias manufactureras	1,941	2,028	2,027	2,027	1,858	2,017	2,109	2,193	2,225	2,279
PIB Industria automotriz	205	234	243	243	178	257	297	336	353	387

Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de bienes y servicios, 2012 preliminar.

La participación de la industria automotriz ha tenido un desempeño favorable y constituye una rama de crecimiento en la industria manufacturera como se muestra en la Tabla 2, incrementando constantemente su porcentaje de participación en la misma, por lo que se debe de considerar que

el desempeño de la industria automotriz ha tenido un desempeño favorable y su tendencia muestra un crecimiento exponencial en los próximos años (ver Figura 6).

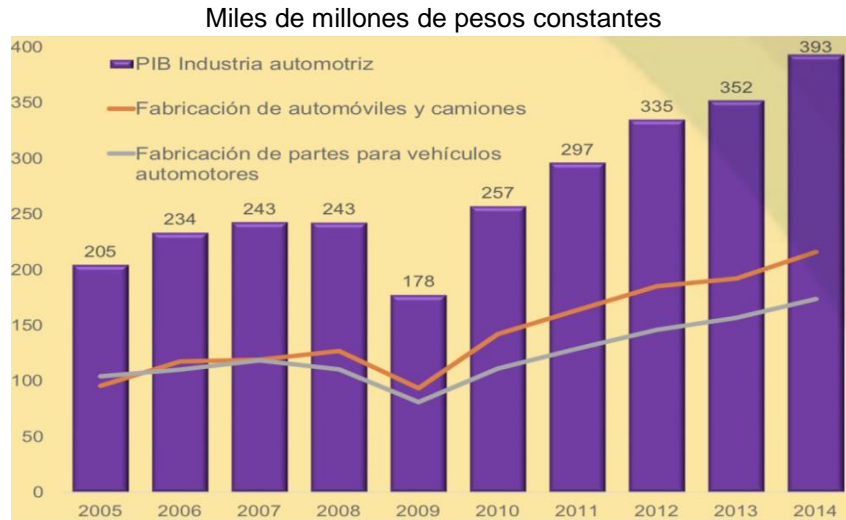


Figura 6: Evolución del PIB de la Industria automotriz

Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuentas de bienes y servicios, 2012 preliminar.

La industria automotriz mexicana es importante porque (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016):

- “Su producción representó el 16.9% de las manufacturas durante el 2014”.
- “Se ubica como la segunda actividad más importante dentro de las manufacturas después de la industria alimentaria”.
- “Por sus exportaciones ocupó el cuarto lugar a nivel mundial en 2014”.

2.1.4.4 Insumos de la Industria Automotriz

“Para generar su producción, la industria automotriz demanda insumos (demanda intermedia), tanto nacionales como importados”. (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

Los insumos que más demanda la Industria automotriz se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3

Insumos de la Industria de automóviles y camiones

Denominación	Porcentajes
Total, de insumos	100.0
Fabricación de partes para vehículos automotores.	45.5
Fabricación de productos de plástico	6.3
Fabricación de productos de hule	4.9
Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones.	4.8
Fabricación de componentes electrónicos.	3.9
Resto de actividades.	34.6

Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales. Matriz de Insumo Producto. 2012.

“El proveedor de insumos mas importante de la Industria es la Fabricación de partes para vehículos automotores con 45.5% del total de los insumos. Le siguen los productos de plástico y hule, la

fabricación de motores, turbinas, transmisiones y la fabricación de componentes electrónicos. Estos productos representan el 65.4% del total de los insumos” (ver Tabla 4). (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

Tabla 4

Insumos de la Industria de partes para vehículos automotores

Denominación	Porcentajes
Total de insumos	100.0
Fabricación de partes para vehículos automotores.	16.1
Fabricación de productos de plástico	5.0
Fabricación de componentes electrónicos	4.5
Fabricación de otros productos metálicos	4.1
Fabricación de productos de hierro y acero	3.9
Resto de actividades.	66.4

Fuente: INEGI, Sistema de Cuentas Nacionales. Matriz de Insumo-Producto, 2012.

“Del total de insumos utilizados por la industria de autopartes, los más relevantes corresponden a la fabricación de partes para vehículos automotores” (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

2.1.4.5 Comercio Exterior.

“La industria es una actividad que presenta un saldo superavitario y creciente en la balanza comercial. Después de la crisis económica del 2008 mantiene una dinámica de recuperación muy favorable debido al crecimiento de los volúmenes de exportación de esta industria, lo que le ha generado un saldo superavitario en la balanza comercial cercano a los 50 mil millones de dólares en 2014, cifra que contrasta con el saldo de la balanza comercial nacional que es deficitario al igual que el de las industrias manufactureras (ver Figura 7)”. (Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, enero 2016).

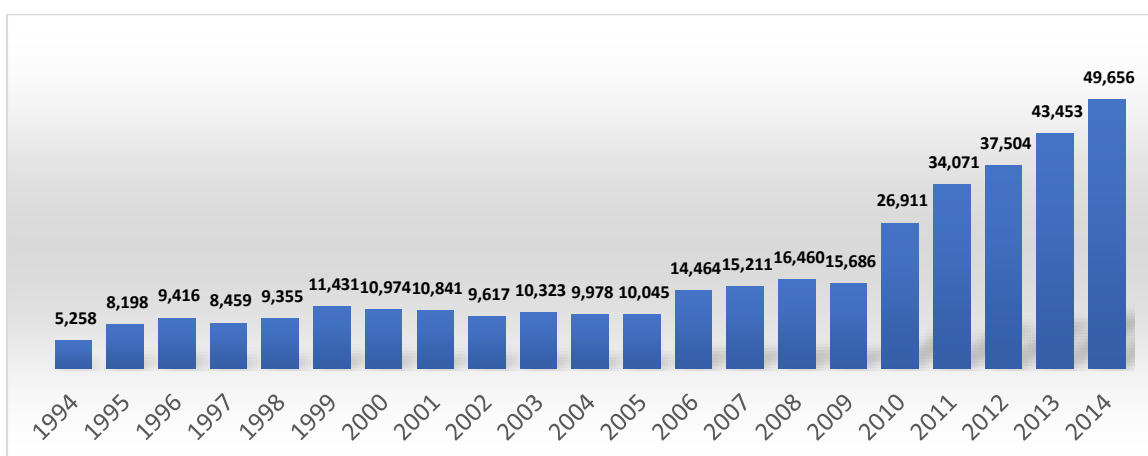


Figura 7: Saldo del comercio exterior de la Industria Automotriz

Fuente: Grupo de Trabajo de Estadísticas de Comercio Exterior, integrado por el Banco de México, INEGI, Servicio de Administración Tributaria y la Secretaría de Economía.

2.2 Productos

La empresa X, se encuentra entre los principales productores en su ramo dedicada al diseño y manufactura de componentes de suspensión y frenos para la industria automotriz global, principalmente enfocada a las ensambladoras de equipo original (OEMs por sus siglas en inglés), participa en el mercado con los siguientes productos:

2.2.1 División suspensiones

La Dirección de ingeniería mantiene una línea de Productos y Procesos para el desarrollo de componentes para suspensión más ligeros con materiales reforzados, los productos que representa esta división son:

- Muelles: Es un elemento mecánico para suspensión que se utilizan para amortiguar peso en el manejo del vehículo, los muelles pueden deformarse de manera no permanente absorbiendo energía elástica, para después restituirla, total o parcialmente. Generalmente se usan en camionetas pick-up, en camiones semipesados, pesados y tráileres; en la empresa X, se fabrican dos tipos:
 - Muelle de multihoja: está compuesto de cuatro o más hojas de acero.
 - Muelle parabólico: la cual está compuesto de hasta 3 hojas con un espesor central.
- Resortes: tienen la función de amortiguar la carga, se utilizan en las suspensiones en automóviles y en la parte delantera de camiones ligeros que no son sometidos a un trabajo de carga excesiva.

2.2.2 División frenos

La empresa X es una de las principales productoras de discos para freno verticalmente integrado en México, incluyendo procesos de fundición de hierro gris y hierro nodular, maquinado, pintura, tratamientos térmicos anticorrosivos y ensamble.

- Discos: Los rotores o discos son componentes de frenos que operan con las ruedas de los automóviles, el funcionamiento que tienen los discos ocurre cuando el pedal del freno es aplicado, se activa el caliper forzando al material de fricción contra el movimiento del vehículo generando la fuerza de frenado.
- Tambores: Elementos circulares producidos a base de hierro gris con una superficie cilíndrica para transmitir la fuerza de frenado de la zapata, disponen de un punto de apoyo fijo sobre el que se acciona; absorben y disipan la energía térmica generada por la fricción. Se usan en partes traseras de ciertos vehículos.
- Ensamblajes y Mazas: Las mazas son dispositivos que otorgan la conexión mecánica entre las ruedas, rotores/discos y los tambores con los soportes montados en el eje de rotación del eje. Dentro de sus principales funciones resaltan la función de transmitir las fuerzas verticales, laterales y longitudinales al vehículo, así como el torsor de frenado.

2.2.3 División repuestos

Desde el año 2009, la empresa X identificó una oportunidad al ingresar al mercado de refacciones para ofrecer componentes de mayor durabilidad, específicamente para el segmento de camiones ligeros y pesados, generando y diversificando los mercados; este evento generó grandes

oportunidades y ventajas competitivas a la compañía al consolidarse como diseñadores y productores de componentes para equipo original.

En la empresa X la producción de muelles se constituye como el producto principal, por lo que la participación de los proveedores tanto nacionales como extranjeros representan una relevancia predominante. La principal materia prima requerida para la fabricación de muelles es la barra de acero plano (solera). La barra de acero redonda, por la variedad de dimensiones que se manejan (anchos y espesores), así como de diferentes grados de acero aunado a los altos volúmenes de compra. Se cuenta con varios proveedores: Stell, Inca, SIMECI Acero S.A. de C.V., Productos siderúrgicos de Jalapa, Mittales Steel S.A. de C.V, Terniumes S.A. de C.V., Nucor y Saarsthl Co. que cuentan con la capacidad y posicionamiento en el mercado que permite garantizar el suministro de materia prima.

2.3 Demanda actual o producción

Las ventas consolidadas por porcentaje de participación de producto en los años 2015, 2016 y 2017 se detalla en la Figura 8:




	Muelles	Frenos	Resortes
Años			
2017	57%	31%	12%
2016	56%	31%	13%
2015	59%	28%	13%

Figura 8: Distribución de las ventas consolidadas de la empresa X por producto y año
 Fuente: Reporte de ventas netas consolidadas de la empresa X años 2015, 2016 y 2017 (piezas).

En la distribución de ventas de la empresa X en términos de productos, la producción de muelles representa el 57% de las ventas consolidadas, los discos de frenos comprenden el 31% y los resortes solo representan el 12% al cierre operativo del año 2017, en la Figura 9 se observa la participación porcentual de la división de suspensiones y frenos.

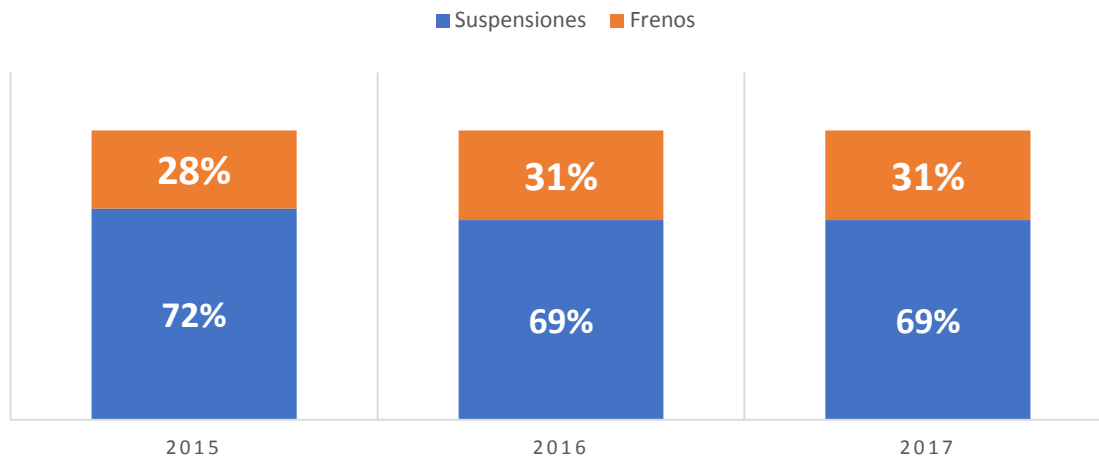


Figura 9: Participación porcentual de cada división sobre el total de ventas consolidadas de la empresa X

Fuente: Reporte de ventas netas consolidadas de la empresa X años 2015, 2016 y 2017.

Principales clientes: La base de clientes de la empresa X está conformada por: General Motors, Ford, Fiat Chrysler Automobiles, Volkswagen, MAN, Mercedes Benz, Nissan, Toyota, Maserati, Scania y Mitsubishi.

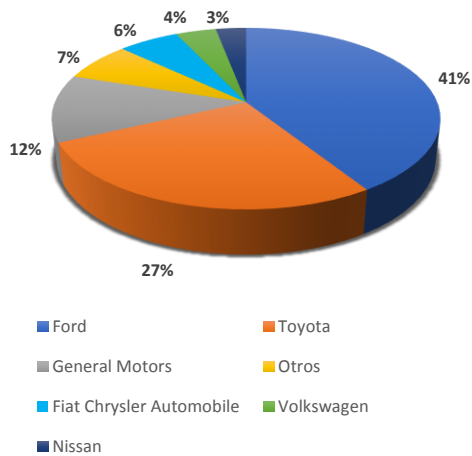


Figura 10: Principales Clientes año 2008

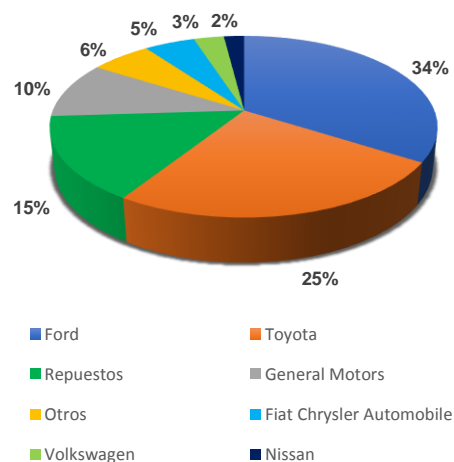


Figura 11: Principales clientes año 2017

Fuente: Reporte de ventas netas consolidadas de la empresa X años 2008 y 2017.

Los reportes de ventas consolidadas de la empresa X de los años 2008 y 2017 y sus respectivas gráficas establecen el desempeño que ha tenido la organización con sus clientes.

- Como se observa en la Figura 10 en el año 2008 la producción de La empresa X dependía en gran escala de las dos armadoras de autos Ford y Toyota las cuales representaban el 68% de las ventas consolidadas, seguidas por General Motors que representó el 12%.
- Como se observa en la Figura 11 en el año 2017 con el cambio de estrategia y con la diversificación de mercado, se continuó manteniendo a las dos armadoras de autos Ford y

Toyota; sin embargo, la rama de repuestos se coloca en tercer lugar con un porcentaje de ventas consolidadas que asciende al 15%.

Incremento de demanda

El departamento de ventas de la Empresa X, logró consolidar la relación comercial con un nuevo cliente en la sección de Refacciones Originales, el nuevo cliente es la refaccionaria “Los Ángeles”. Esta refaccionaria tiene presencia en toda la República Mexicana por lo que significa un cliente importante en el ramo; el contrato se consolida en marzo del 2018 y tiene una vigencia de dos años, el cual integra los dos tipos de Muelles: Muelle parabólica y Muelle multihoja; el reto de la organización se centra en incrementar la producción de Muelles a 700 piezas mensuales requeridas por el contrato con la refaccionaria Los Ángeles, adicional al pronóstico de venta con un incremento del 7% en el año 2018 y del 4% en el 2019 contra el 2018, siendo el primer entregable en el mes de Julio del presente año..

Este contrato tiene un impacto favorable a la organización representando un incremento en la participación de la producción total de la empresa X, en específico en los clientes de Repuestos Originales que representaban antes de la firma del contrato un 15% de las ventas consolidadas de la organización, y ya con el contrato se genera un incremento del 21% de participación en las ventas consolidadas en Repuestos Originales.

2.4 Planeación Estratégica

La empresa X, en el transcurso de su historia ha consolidado su operación mediante la formulación de estrategias operativas y de mercado fundamentadas en la planeación estratégica de la junta directiva. El contexto económico, social y político que presenta el año 2018 constituye retos importantes para la industria automotriz; situación que ha sido integrada dentro de los retos prioritarios a resolver en las reuniones de la junta directiva, de tal forma que se cuente con los planes y estrategias requeridas para afrontar asertivamente los retos del año 2018.

Para la determinación de la situación actual de la empresa en el contexto interno y externo, se elaboró un análisis FODA en el que se determinó si hay una concordancia estratégica de la Empresa X con las oportunidades externas y las Amenazas externas, para así generar las estrategias requeridas para desarrollar las fortalezas de la empresa y reducir a su mínima expresión el impacto de las debilidades internas.

Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) fue elaborado en marzo del 2018 con el objetivo de poder diseñar las estrategias requeridas para poder solventar el problema de generar un incremento en la producción actual, consecuente al aumento de la demanda del producto de Muelles en sus dos tipos: Muelle parabólica y Muelle multihoja (ver Figura 12).

Factores Externos (EFAS)	Factores Internos (IFAS).	Fortalezas (F). <ul style="list-style-type: none"> ● Productos competitivos. Producto principal la muelle. ● Sólidas relaciones con los clientes, manteniendo relaciones comerciales a largo plazo. ● Continuar siendo un proveedor esencial de equipos originales (repuestos). ● Capacidad instalada. 	Debilidades (D). <ul style="list-style-type: none"> ● La Dirección de ingeniería identifica retrasos en la producción. ● Deficiencias en los programas de capacitación y formación del personal en planta de producción.
	Oportunidades (O). <ul style="list-style-type: none"> ● Crecimiento exponencial de la rama 3363 – fabricación de partes para vehículos automotores. ● Incremento de demanda en los segmentos de refacciones originales, productos muelles. ● Estrategias económicas de comercio exterior para la apertura a nuevos mercados y tratados comerciales. 	FO Estrategias MAX – MAX <ul style="list-style-type: none"> ➢ Consolidar nuevos clientes con las refaccionarias mas importantes de México. ➢ Incrementar la capacidad instalada. 	DO Estrategia MIN – MAX <ul style="list-style-type: none"> ➢ Identificar alternativas para el aumento de la producción al menor costo. ➢ Generar mejoras en el proceso de capacitación para los operarios.
Amenazas (A). <ul style="list-style-type: none"> ● Renegociación del TLCAN. ● Precio internacional del acero. ● Riesgos de tipo de cambio y tasa de interés. ● Político – Año de elecciones México. ● Nuevos competidores en el mercado. 	FA Estrategias MAX- MIN <ul style="list-style-type: none"> ➢ Generar mejores condiciones contractuales a los clientes. 	DA Estrategia MIN- MIN <ul style="list-style-type: none"> ➢ Identificar e implementar mejoras en el proceso productivo. ➢ Consolidar la relación con los clientes. 	

Figura 12: Matriz FODA – Estrategias

Fuente: Matriz FODA Empresa X

La matriz FODA establece estrategias dirigidas para la Dirección de ingeniería, la cual deberá:

- Identificar alternativas para el aumento de la producción al menor costo.
- Identificar e implementar mejoras en el proceso productivo que resuelvan el problema de producción.
- Incrementar la capacidad instalada.

Capítulo III Marco Teórico

Para el desarrollo del proyecto de investigación se integra un marco teórico que describe los procesos requeridos para la fabricación de una muelle. Por lo que se genera un estudio detallado de los diferentes métodos y herramientas de calidad. Este contexto teórico permite a la Dirección de ingeniería de la empresa X calificar y seleccionar qué herramientas y métodos brindan las mejores alternativas para identificar e implementar las mejoras en el proceso productivo que resuelvan el problema de producción que afronta la organización.

3.1 Procesos utilizados para la manufactura de una muelle

La fabricación de una muelle inicia desde su ingeniería de diseño y la elaboración de sus planos, con el fin de crear un producto útil en cuanto a sus cualidades físicas y geométricas, para después seleccionar el tipo de acero a trabajar.

Identificado el material a trabajar, se generan procedimientos para la formación del producto terminado, que en este caso son las mulles; se hace un análisis de tiempos y movimientos para la distribución adecuada de cada proceso, contemplando espacios del material, y sus máquinas-herramienta. De esta forma se podrá generar un Layout correcto de la planta.

Los operarios se guían con base en los planos de fabricación que se generan por cada uno de los procesos, con el fin de eficientar su trabajo y aumentar la calidad del producto terminado.

A continuación, se describe cada uno de los trabajos involucrados en la fabricación de una muelle.

3.1.1 Dibujo del producto y planos de producción

Los dibujos de ingeniería son planos detallados del producto que incluyen las especificaciones del diseño, como características geométricas, dimensiones, tolerancias y requisitos de materiales.

“En el proceso de manufactura uno de los primeros pasos de desarrollo es obtener el dibujo 3D del producto y realizar el plano de producción regulado con los estándares y normas de manufactura. CAD es una herramienta que permite optimizar la tarea del diseño que comprende la creación de los planos de manufactura” (Hernández & Mendoza, 2015).

3.1.2 Selección de materiales

“Al elegir un material para una determinada aplicación, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Sus Propiedades físicas: dureza, flexibilidad, resistencia al calor.
- Las posibilidades de fabricación: las máquinas y herramientas con que se dispone, la facilidad con que se trabaja.
- Su disponibilidad: la abundancia del material, la proximidad al lugar donde se necesita.
- Su precio.”(Maya, 2010)

3.1.3 Fabricación y obtención de piezas

“Las piezas de tipo mecánico se pueden obtener de muy diversas maneras y formas, desde un simple golpe de prensa, que nos daría una pieza terminada, hasta pasando por un proceso de fabricación en los que intervienen varias máquinas, y su proceso desde que se tiene el material en bruto hasta que la pieza está terminada puede ser de lo más complejo” (Millán, 2006).

3.1.4 Proceso de manufactura

“El concepto “Manufactura” se deriva de las palabras latinas manus (mano) y factum (hecho) y significa hecho a mano. Este término describe adecuadamente los métodos manuales que se utilizaban cuando se acuñó la expresión.

La aplicación de procesos físicos y químicos altera la geometría, las propiedades o apariencia de un material de inicio para fabricar piezas o productos. Los procesos de manufactura implican una combinación de máquinas herramienta, energía y trabajo manual. Comunmente la manufactura se ejecuta como una secuencia de operaciones, cada una de las cuales acerca más el material al estado final deseado” (Hernández & Mendoza, 2015).

En la Figura 13 y Figura 14 se detalla el maquinado en los metales.

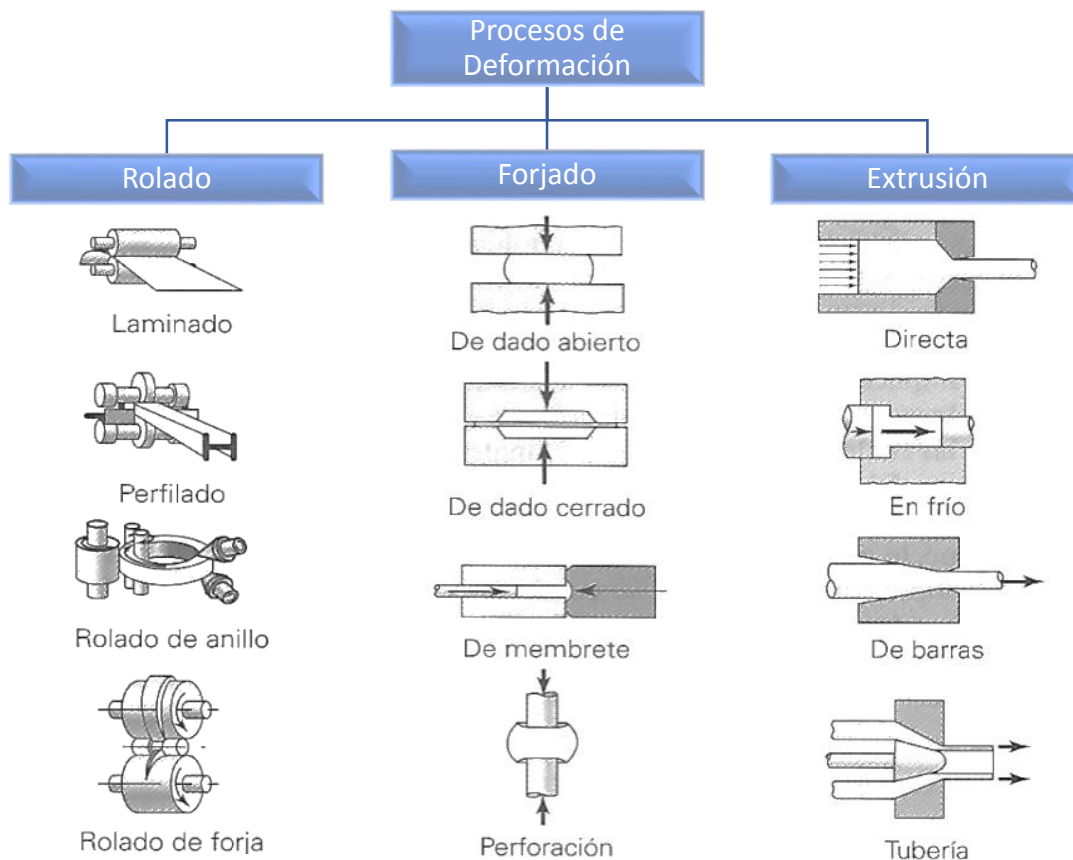


Figura 13: Procesos de deformación

Fuente: (Hernández & Mendoza, 2015)

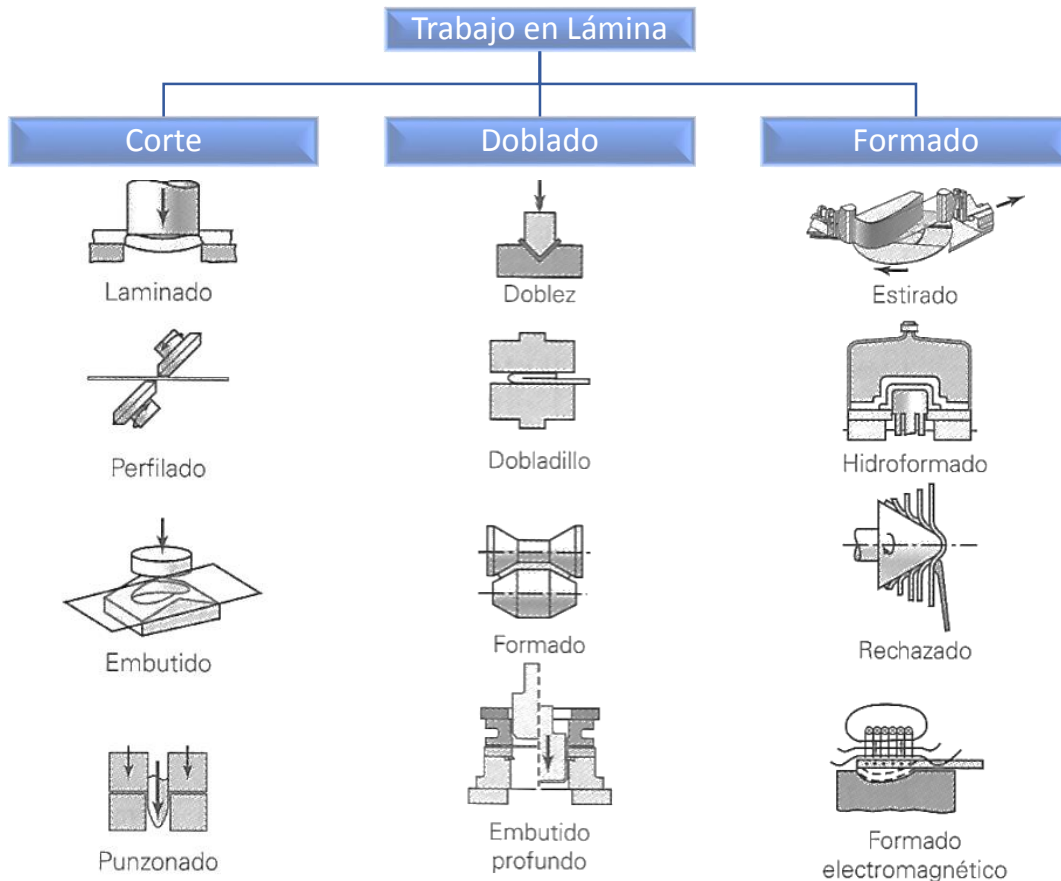


Figura 14: Trabajo en lámina

Fuente: (Hernández & Mendoza, 2015)

Descripción del proceso de las Máquinas-Herramienta

Las máquinas-herramienta suelen utilizar diferentes fuentes de energía. Pueden operarse manualmente o mediante control automático, y sirven para el mecanizado de metales principalmente. Están conformadas por un conjunto de piezas en matricería, acopladas y dispuestas de tal forma que son capaces de cortar, doblar y conformar el metal, incluso doblándolas y cortándolas al mismo tiempo, obteniendo grandes series de piezas iguales.

En la fabricación de una muelle se utilizan diferentes tipos de máquinas-herramienta las cuales se explican a continuación.

3.1.4.1 Arranque de material y conformado

Cortado

La cizalla es una máquina preparada para cortar los materiales. Las hay manuales, que mediante una palanca cortan las barras pequeñas. Las mecanizadas suelen cortar chapas evitando la deformación de las mismas.

Punzonado

Una punzonadora es un tipo de máquina que se usa para perforar y conformar planchas de diferentes materiales, usando un punzón y una matriz a semejanza de una prensa. Estas pueden ser: sencillas comandadas manualmente, o muy complejas, operadas bajo un control numérico por computadora (CNC).

Forjado

Es la operación de darle forma a los materiales mediante calor. Se obtiene la deformación plástica requerida, mediante fuerzas de compresión utilizando el horno de forjado para calentar el metal, y después pasan por prensas hidráulicas obteniendo el laminado.

“El doblado y curvado se define como la deformación de un material alrededor de un eje; por la parte interior se comprime y por la exterior se fracciona. No produce apenas cambio de espesor en la pieza. Los métodos más usados son el doblado en V y el doblado de bordes. Hay que tener en cuenta el denominado rebote que se produce al dejar de hacer presión, y que puede compensarse realizando un sobredoblado” (Bergillos, 2012).

Rolado

Es un elemento mecánico que consta de dos o más rodillos montados en pares de anillos, permitiendo el giro en su eje, esto permite colocar una lámina o tubo entre los rodillos y someterlos a fuerzas mecánicas de presión, flexionando el material para dar una forma curva específica.

Perforado

En el caso de los centros de maquinado de fresado, los métodos de sujeción implican una prensa con barras paralelas. Una alternativa de mayor grado de complejidad es sujetar una pieza de geometría variable, que permite desbastar zonas específicas de alta precisión en un centro de maquinado de tres o más ejes, a través de montaduras, pernos, bujes y accesorios de sujeción.

Máquinas-Herramienta Especiales

Las máquinas-herramienta especiales son centros de maquinado diseñados para llevar a cabo varias operaciones en una sola máquina automatizada, operada bajo un control numérico por computadora (CNC). Este tipo de máquinas han permitido que la industria produzca piezas a una velocidad y con una precisión completamente imposible de lograr hace sólo algunos años. Si el programa de la pieza se ha preparado apropiadamente, se puede producir una misma pieza, con la misma exactitud, cualquier cantidad de veces.

“Existen dos clases de centro de maquinado, el vertical y el horizontal. El centro de maquinado vertical, cuyo husillo está en posición vertical, es utilizado principalmente para piezas planas donde se requiere un maquinado en tres ejes. El centro de maquinado horizontal, cuyo husillo está en posición horizontal, permite que las piezas sean trabajadas en cualquier lado en una disposición, si la máquina está equipada con una mesa orientable. Algunos centros de maquinado tienen husillos verticales y horizontales, que permite a la máquina pasar de uno a otro con mucha rapidez” (Krar, Gill, & Smid, 2009).

3.1.4.2 Tratamientos Térmicos

Austenizado

Consiste en un proceso por medio del cual un metal se somete a calentamiento que a cierta temperatura se vuelve constante entre el rango de 815 a 950 °C, en la cual su estructura está compuesta en un 100% por austenita, (ver Figura 15). Posteriormente se realiza un enfriamiento rápido del metal desde la temperatura de austenización, momento en el cual se denomina la región de temple, en este procedimiento se obtienen variaciones en la microestructura anterior, transformándose en una mezcla de diferentes estructuras martensíticas y bainíticas, variando su porcentaje según el tipo de temple. La temperatura crítica de temple se define como la temperatura a la cual la estructura forma una estructura de martensita sin entrar a la fase en mezcla de perlita, siendo una línea tangente a la nariz de la curva comprendida entre el tiempo 0 y 1 segundos.

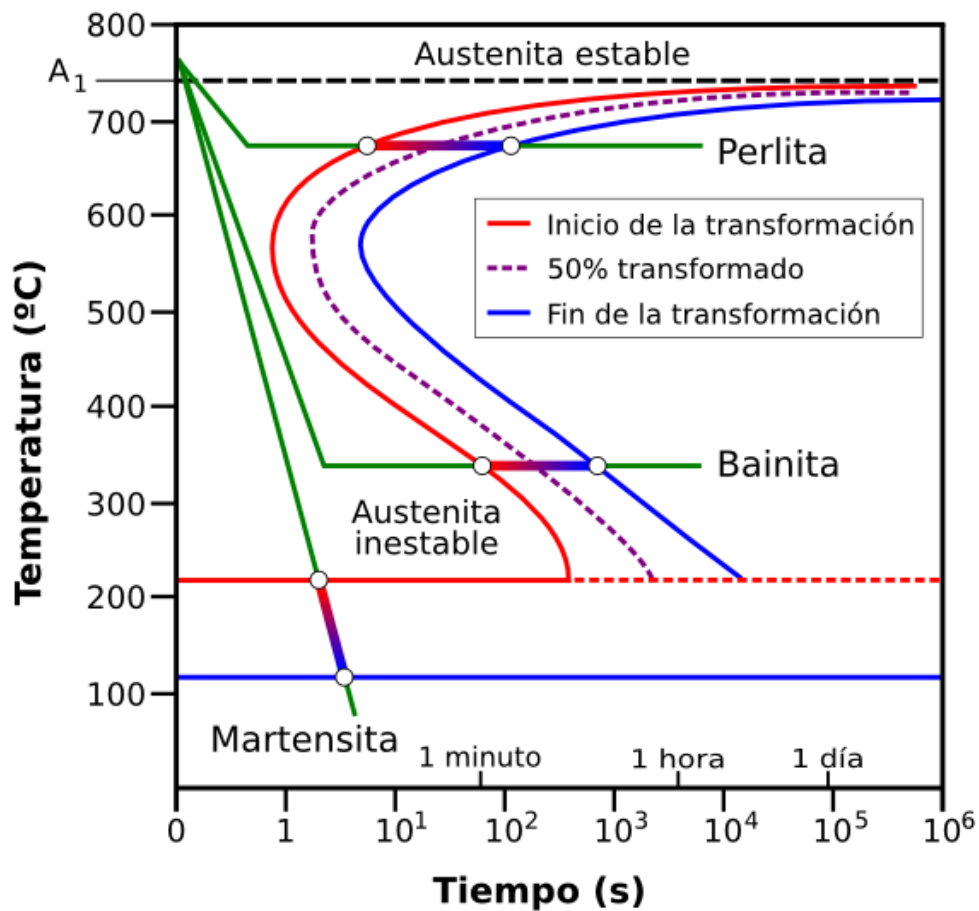


Figura 15: Diagrama Austenizado de acero TTT (Temperatura, Tiempo, Transformación)

Fuente: (Garbi, 2014)

Temple

Es el tratamiento térmico más importante de todos y consiste en darle dureza a los aceros mediante el calentamiento y luego el enfriamiento rápido en aceite o agua.

Revenido

Es un tratamiento térmico que se les da a los aceros después del temple para reducir o eliminar las tensiones internas aumentando la tenacidad y reduciendo la fragilidad del material. (Millán, 2006)

3.1.4.3 Ensayo de dureza

Para revisar que el material cumple con las características de dureza necesarias se somete a una prueba de resistencia. La dureza depende de la elasticidad del material y de su estructura interna. En los ensayos de dureza a la penetración se mide la resistencia del material al ser penetrado por una pieza de otro material, denominado penetrador, el cual se empuja con una fuerza controlada y durante un tiempo fijo contra la superficie del material cuya dureza se desea calcular.

Para la determinación de la dureza del material por medio del ensayo Rockwell no se requiere la utilización de fórmula alguna. Esta se obtiene directamente del dial indicador de la máquina ya que la misma está dada por el incremento de profundidad de penetración debido a la acción del penetrador, el cual puede ser una bolilla de acero o un cono de diamante.

En la operación, la cual se muestra esquemáticamente en la Figura 16, se aplica inicialmente una carga de 10kg, la cual causa una penetración inicial P_0 , que pone el penetrador sobre el material y lo mantiene en posición. El indicador de la máquina se pone en cero, es decir se toma la línea de referencia a partir de la cual se medirá la indentación y se aplica la carga adicional P_1 , que generalmente es de 50 o 90 kg cuando se utiliza como penetrador una bolilla de acero y de 140 kg cuando se utiliza el cono de diamante.

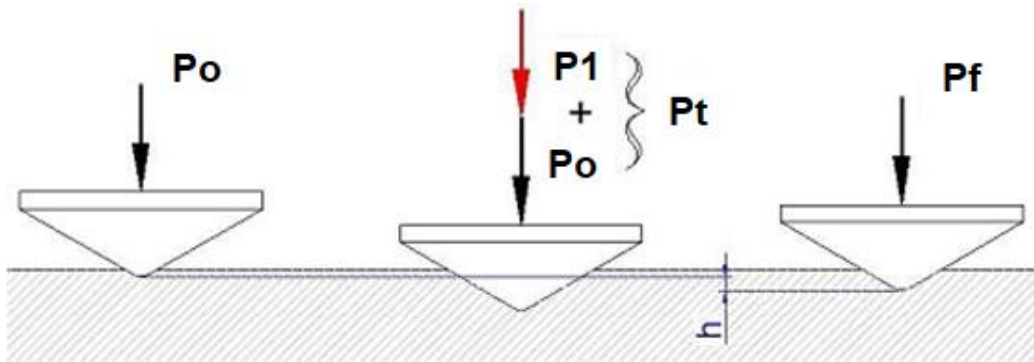


Figura 16: Ensayo Rockwell

Fuente: Google teoría Rockwell

“Al aplicar la carga adicional P_1 el material fluye plásticamente, resultando una penetración total P_t . Posteriormente se retira la carga adicional, permitiendo la recuperación elástica del material resultando una penetración final P_f . Comprobando, con la huella h en las escalas de dureza Rockwell, el cumplimiento recomendado del material” (Davis & Troxell, 1964) (S.R. Low, 2001).

3.1.4.4 Granallado

“El shot peening es un proceso en frío donde la superficie del componente es granallada con granalla redonda pequeña. Como cada grano de granalla golpea la superficie de la pieza, ésta actúa como un martillo de bola, dejando un pequeño impacto esférico. En los procesos de forja, la

capa de la superficie se tensiona. La capa interna del material intenta transformar la capa superficial a su forma original. Esto produce un área de tensión compresiva causada por el impacto de la granalla. La superposición de impactos genera una mayor distribución de la alta tensión compresiva interna en la superficie del componente. Lo cual reduce notablemente la probabilidad de roturas en el material chorreado, y aumenta considerablemente la dureza de la superficie” (GranallaTecnica S.L., 2006).

3.1.4.5 Pintura Electroestática

Hay hornos de convección que actúan por medio de aire caliente, traspasando el calor al metal para curar la pintura. También existen los de radiación, que proporcionan en forma directa una mayor energía a la pintura para obtener la polimerización. En ambos casos, la energía requerida se obtiene a través del gas o de la electricidad, ya sea para calentar el aire o los elementos que posteriormente emitirán la radiación en la longitud de onda adecuada.

El sistema de aplicación más común es de recubrimiento electrostático, que tiene como principio básico cargar eléctricamente las partículas de polvo. Para este tipo de aplicación es necesario utilizar pigmentos específicos y de tonos precisos para lograr el color final. Se usan equipos que generan cargas que luego son transferidas a la pintura, utilizando una fuente externa de alta tensión para cargar el aire, donde se liberan iones libres y el polvo adquiere una carga eléctrica negativa. Este tipo de equipos tiene como ventaja, que es económico y requiere un bajo mantenimiento, además de poderse utilizar en cualquier tipo de producto; sin embargo, tiene como desventaja su limitada capacidad para penetrar en zonas ocultas y que produce un efecto Faraday.

También se pueden usar sistemas Triboeléctricos donde los equipos provocan las cargas mediante el rozamiento de los granos de pintura entre sí y contra las paredes del cañón de la pistola, cargando positivamente el polvo. Las ventajas de este sistema es que tiene un bajo efecto Faraday, permite acceder a zonas de difícil alcance y un mayor control en el espesor; sin embargo, tiene un alto costo de mantenimiento, requiere de granulometrías/ productos especiales y presenta un rápido deterioro en la calidad del polvo.

En el momento de la aplicación de la pintura en polvo se deben tener en cuenta ciertas condiciones óptimas: humedad ambiental máxima de 65%; temperatura ambiente no mayor a 35°C; el aire debe estar libre de aceite, humedad y partículas sólidas; deberá realizarse el proceso en un cuarto con presión positiva; es decir, sin fugas o entradas de aire contaminado, las pistolas deben estar ubicadas de 20 a 30 cm. de distancia de la pieza.

Secado al Horno

El curado es un proceso mediante el cual se forma la película del recubrimiento sobre la pieza por acción de la temperatura, por lo que es de gran importancia mantener su control dentro del horno. La temperatura es monitoreada con aparatos especiales en distintas partes del horno, ya que de esta característica dependerá la uniformidad en el acabado obtenido y en los colores, que pueden variar mucho cuando las condiciones de los hornos de curado no son constantes. El nivel de la temperatura combinado con el tiempo necesario del horneado garantiza un óptimo curado. De esta manera se asegura un resultado adecuado en las propiedades mecánicas, químicas y de apariencia de la pintura. Cuando las películas son insuficientemente curadas presentan deficientes propiedades de adherencia, resistencia química, al impacto, resistencia al exterior y a la corrosión se ven disminuidas.

“Durante este proceso, la pintura en polvo se funde para lograr que el revestimiento adquiriera sus propiedades finales. Dependiendo del tipo de resina, se establecen los tiempos de polimerización, que se expresan mediante una curva de curado y son proporcionadas por el fabricante según el tipo de pintura. Además, existen diferentes tipos de hornos: llamados de convección, que actúan por medio de aire caliente y que transfieren el calor al metal para curar la pintura; y los hornos por radiación que suministran directamente mayor energía a la pintura para obtener la polimerización. Sus dimensiones y diseño varían según el volumen de piezas que se requiera pintar” (Llano, 2010).

3.1.4.6 Ensamble

En el caso de operaciones de ensamble, un sistema de sujeción implica una gran variedad de arreglos de fijación. Dependiendo de la pieza, el mecanismo puede tener topes, pernos, bujes y barrenos de localización que permiten ubicar la pieza o piezas en el lugar correcto de ensamble o maquinado.

“Regularmente se utilizan montaduras de uso universal, las cuales son placas de acero herramental diseñadas en diferentes configuraciones geométricas y dotadas de múltiples barrenos distribuidos que permiten la sujeción de piezas de diversas geometrías” (Hernández & Mendoza, 2015).

3.2 Métodos y herramientas de calidad

“Mejorar la calidad, la productividad y la competitividad son exigencias crecientes para las organizaciones en un mundo cada día más globalizado. Las respuestas a esta exigencia han sido a lo largo de los años muy variadas: planeación estratégica, certificación de los sistemas de gestión de la calidad, Seis Sigma, manufactura esbelta (lean), entre otras” (Gutiérrez Pulido, 2010).

Sin embargo, en ocasiones estas actividades no se han desarrollado a partir de un entendimiento profundo de lo que está ocurriendo en el interior y exterior de la organización. Por lo cual, el propósito es abordar herramientas o métodos de mejora de calidad que permitan a la Dirección de ingeniería determinar que métodos y herramientas de calidad son las adecuadas para la solución del problema de producción de la empresa X.

¿Qué es método?

Método se define como un conjunto de pasos, estrategias, herramientas las cuales se utilizan para llegar a un objetivo preestablecido. Cualquier proceso que se lleve a cabo requiere de un método para que funcione.

Los métodos pueden ser adoptados por acciones repetidas en un proceso o pueden ser por enseñanza como práctica dentro del lugar de trabajo.

¿Qué es herramienta?

Herramienta es un instrumento que permite realizar ciertos trabajos dependiendo el uso de esta. Son Instrumentos tangibles o intangibles, que se poseen para poder llevar a cabo un proyecto para conseguir un resultado concreto.

Cuando se emplean herramientas, no hay una única solución válida, ni el empleo de una sola herramienta va a permitir lograr la solución a un problema. El conjunto de ellas permitirá garantizar

la ejecución satisfactoria de la totalidad de los procesos, actividades y las tareas conducentes al logro de productos de calidad adecuada y uniforme.

Actualmente existen métodos que permiten la mejora de producción apoyados con herramientas las cuales, al analizar los procesos productivos, ayudan a evidenciar áreas de oportunidad y tomar acciones.

3.2.1 El ciclo Deming o ciclo PHVA como herramienta

El ciclo, ruta, rueda Deming fue creado por el físico y matemático el Dr. Williams E. Deming. Trabajó en la década de los cincuenta en Japón como consejero del censo de este país. Sus conceptos de calidad fueron rápidamente aplicados en Japón en el área industrial y en la alta gerencia.

“Este ciclo desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear) que se aplica en pequeña escala o sobre una base de ensayo (hacer); se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados (verificar); y de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan —si dio resultado— y tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible; o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo” (Gutiérrez Pulido, 2010).

“Cuando un equipo se reúne con el propósito de ejecutar un proyecto para resolver un problema importante y recurrente, antes de proponer soluciones y aventurar acciones, se debe contar con información y seguir un método que incremente la probabilidad de éxito. De esta manera, la planeación, el análisis y la reflexión se harán un hábito y gracias a ello se reducirán las acciones por reacción. En este sentido se propone que los equipos de mejora siempre sigan el ciclo PHVA junto con los ocho pasos (ver Tabla 5)”. (Gutiérrez Pulido, 2010).

Tabla 5
Ciclo PHVA – 8 pasos en la solución de un problema

Etapa del ciclo	Paso núm.	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, h. de verificación, histograma, c. de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuál es la causa más importante	Pareto, estratificación, d. de dispersión, d. de Ishikawa
	4	Considerar las medidas remedio	Por qué . . . necesidad Qué . . . objetivo Dónde . . . lugar Cuánto . . . tiempo y costo Cómo . . . plan
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados <i>(continúa)</i>
Actuar	6	Verificar los resultados	cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

3.2.2 Herramientas para generar y ordenar ideas

“La generación de ideas es una buena herramienta para comenzar a trabajar en equipo, para que las personas que integran el mismo se conozcan, comprendan sus comportamientos y aprendan a saber cómo se logra el desempeño óptimo del equipo.” (Calidad, 2009).

Es recomendable usar una secuencia de herramientas.

1. **Torbellino de ideas**
2. **Diagrama de causa y Efecto de Ishikawa**
3. **Diagrama de Árbol**
4. **Diagrama de Pareto**

Esta secuencia tiene la particularidad que a partir de una situación se puede llegar hasta la decisión de implantar una acción, sin demasiadas etapas y con escasa inversión de tiempo.

3.2.2.1 Metodología Análisis de Modo y Efectos de Fallas Potenciales (AMEF)

Proceso de AMEFs

“El AMEF es una metodología analítica usada para asegurar que problemas potenciales se han considerado y abordado a través del proceso de desarrollo del producto y proceso (APQP – Planeación Avanzada de la Calidad de un Producto). El resultado más visible es la documentación de conocimientos en forma colectiva de grupos multifuncionales. Parte de la evaluación y análisis es una evaluación de riesgos misma. El punto importante es que se conduzca una discusión en relación con el diseño (del producto o proceso), la revisión de las funciones y cambios en la aplicación, y los riesgos resultantes de las fallas potenciales. Cada AMEF debería asegurar que se ha dado atención a cada componente dentro del producto o ensamble. Para componentes o procesos críticos o relacionados con la seguridad, se les debería dar una alta prioridad”. (AMEF, 2008)

“Las acciones que resulten de un AMEF pueden reducir o eliminar la probabilidad de implementar un cambio que crearía un aspecto de preocupación más grande. Idealmente, el proceso del AMEF de Diseño debería implementarse en etapas iniciales del diseño y el AMEF de Proceso antes de que el herramental o equipo de manufactura sea desarrollado y comprado. El AMEF evoluciona a lo largo de cada etapa del proceso de desarrollo del diseño y la manufactura, y puede también ser usado en la solución de problemas” (AMEF, 2008).

“El AMEF puede también ser aplicado para áreas que no son de manufactura. Por ejemplo, el AMEF podría ser usado para analizar riesgos en un proceso de administración o para la evaluación de un sistema de seguridad. En general, el AMEF se aplica para fallas potenciales en el diseño del producto y los procesos de manufactura, donde los beneficios son claros y potencialmente significativos”. (AMEF, 2008)

Como una herramienta en la evaluación de riesgos, el AMEF es considerado como un método para identificar la severidad de efectos potenciales de fallas y ofrece entradas para medidas de mitigación para reducir riesgos. El AMEF es una herramienta que es instrumental en el mejoramiento de la confiabilidad. (AMEF, 2008)

“Existen tres casos básicos para los cuales el proceso de AMEF es aplicado, cada uno con un alcance o enfoque diferentes:

Caso 1: Nuevos diseños, nueva tecnología o nuevos procesos. El alcance del AMEF es el diseño, tecnología o proceso completos.

Caso 2: Modificaciones a diseños o procesos existentes. El alcance del AMEF debería enfocarse en las modificaciones a los diseños o procesos, posibles interacciones debidas a la modificación e historia de campo. Esto puede incluir cambios en requerimientos regulatorios.

Caso 3: Uso de un diseño o proceso existente y en un ambiente, localización, aplicación o perfil de uso nuevos (incluyendo ciclo debido, requerimientos regulatorios, etc.). El alcance del AMEF debería enfocarse en el impacto del ambiente, localización o uso en la aplicación en nuevos diseños o proceso existente.” (AMEF, 2008)

“El desarrollo de un AMEF es una actividad multidisciplinaria que afecta el proceso completo de elaboración de un producto, su implementación necesita ser bien planeada para que sea plenamente efectiva. Este proceso puede tomar tiempo considerable y el compromiso de recursos requeridos es vital. Es importante para el desarrollo del AMEF un responsable del proceso y el compromiso de la alta administración” (AMEF, 2008)

El desarrollo de un AMEF, de diseño de procesos, utiliza un enfoque común para abordar:

- Fallas potenciales del producto o proceso para cumplir con expectativas
- Consecuencias potenciales
- Causas potenciales de modos de fallas
- Aplicación de controles actuales
- Niveles de riesgo
- Reducción de riesgos

Estructura básica de los formatos

El propósito de los formatos recomendados de AMEFs es organizar la recolección y despliegue de información de AMEFs mismos relevantes. Los formatos específicos pueden variar con base en las necesidades de la organización y los requerimientos de los clientes. Fundamentalmente, el formato utilizado debería abordar:

- Funciones, requerimientos y entregables de un producto o proceso siendo analizado,
- Modos de fallas cuando los requerimientos funcionales no se cumplen,
- Efectos y consecuencias de los modos de fallas,
- Causas potenciales de modos de fallas,
- Acciones y controles para abordar las causas de los modos de fallas, y
- Acciones para prevenir recurrencias de modos de fallas.

3.2.2.2 Torbellino de ideas

El torbellino de ideas, la tormenta de ideas, la lluvia de ideas o «brainstorming» es una metodología para encontrar e identificar posibles soluciones a los problemas y oportunidades potenciales para el mejoramiento de la calidad.

El torbellino de ideas se utiliza en cualquier etapa del proceso de mejora continua de la calidad ya que permite destrabar el pensamiento creativo de un equipo con la finalidad de generar y aclarar una lista de ideas, que permitan identificar posibles soluciones a ciertos problemas o temas.

El torbellino de ideas es una manera de generar ideas rápidamente para que sean consideradas de manera posterior mediante el empleo de otras herramientas. Es útil como una técnica que contribuye con las herramientas de planificación y organización.

3.2.2.3 Diagrama de causa efecto de Ishikawa

“El nombre de diagrama de Ishikawa es en honor al japonés Kaoru Ishikawa que fue uno de los principales impulsores del movimiento por la calidad, y quien empezó a usar sistemáticamente este diagrama. Este diagrama es también conocido bajo las denominaciones de cadena de causas-consecuencias, diagrama de espina de pescado o “fish-bone”

El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para realizar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables” (Calidad, 2009).

Se usa el diagrama de causas-efecto para:

- Analizar las relaciones causas-efecto
- Comunicar las relaciones causas-efecto y
- Facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución.

En este diagrama se representan los principales factores (causas) que afectan la característica de calidad en estudio como líneas principales y se continúa el procedimiento de subdivisión hasta que están representados todos los factores factibles de ser identificados (ver Figura 17).

El diagrama de Ishikawa permite apreciar, fácilmente y en perspectiva, todos los factores que pueden ser controlados usando distintas metodologías. Al mismo tiempo permite ilustrar las causas que afectan una situación dada, clasificando e interrelacionando las mismas.

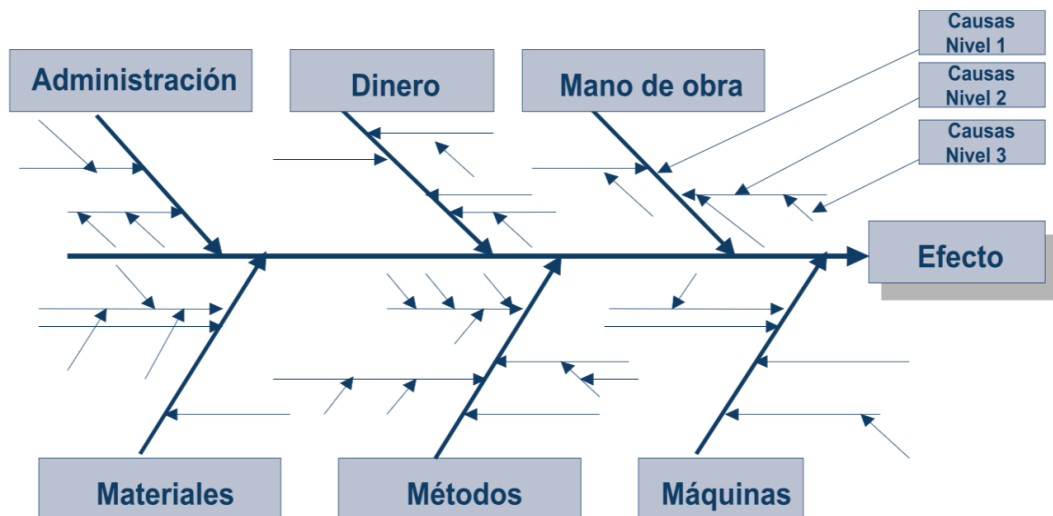


Figura 17: Ejemplo diagrama de Ishikawa

Fuente: (Calidad, 2009)

3.2.2.4 Diagrama de Árbol

“Un diagrama de árbol de decisión es un mapa de los posibles resultados de una serie de decisiones relacionadas. Permite que un individuo o una organización comparen posibles acciones entre sí según sus costos, probabilidades y beneficios. Se pueden usar para dirigir un intercambio de ideas informal o trazar un algoritmo que anticipe matemáticamente la mejor opción. Un árbol de decisión, por lo general, comienza con un único nodo y luego se ramifica en resultados posibles. Cada uno de esos resultados crea nodos adicionales, que se ramifican en otras posibilidades. Esto le da una forma similar a la de un árbol (ver Figura 18)” (Calidad, 2009)

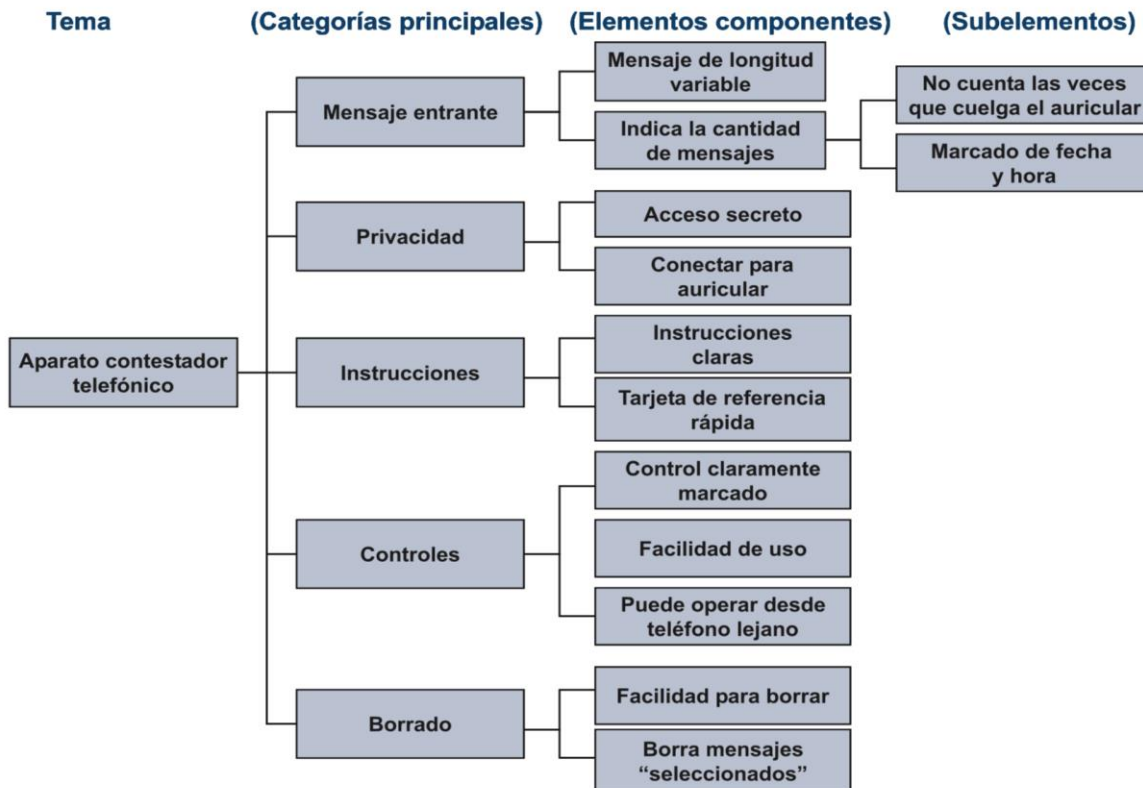


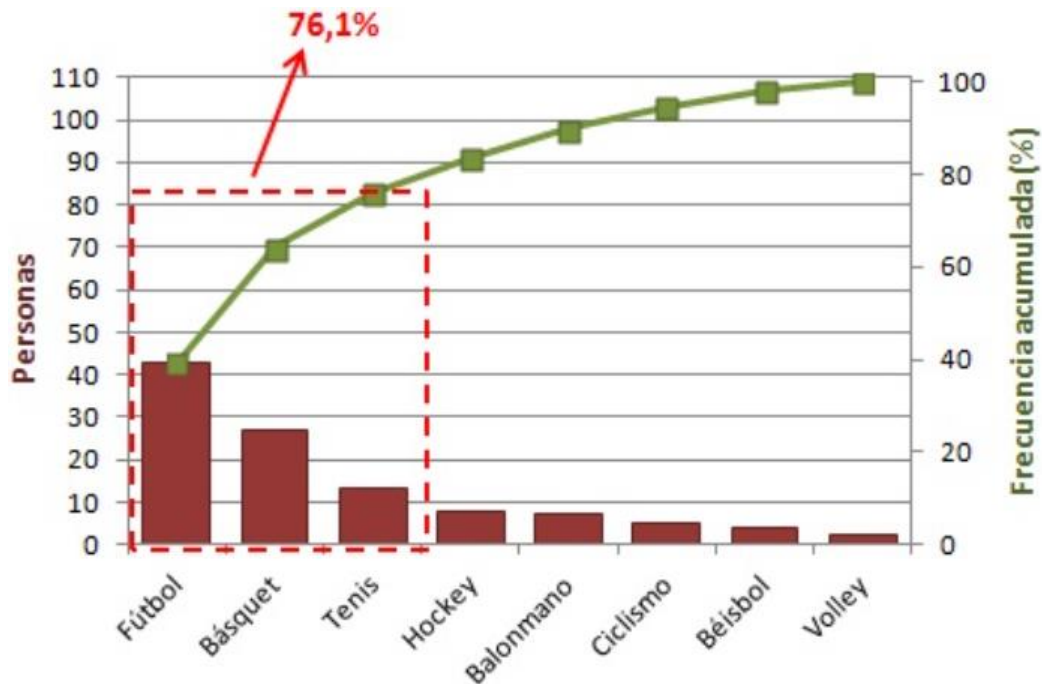
Figura 18: Ejemplo diagrama de árbol

Fuente: (Calidad, 2009).

3.2.2.5 Diagrama de Pareto

Es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas de un proceso o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es escoger un proyecto que pueda alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo. El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que sólo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, sólo unos cuantos son realmente importantes.

“El diagrama de Pareto facilita la comunicación, motiva la cooperación y recuerda de manera permanente cuál es la falla principal. El análisis de Pareto es aplicable a todo tipo de problemas: calidad, eficiencia, conservación de materiales, ahorro de energía, seguridad, entre otros. Otra ventaja del DP es que permite evaluar objetivamente, con el mismo diagrama, las mejoras logradas con el proyecto, para lo cual se observa en qué cantidad disminuyó la altura de la barra correspondiente a la categoría seleccionada (ver Figura 19)” (Calidad, 2009).



Fuente: Google imágenes, Ejemplo diagrama de Pareto
 Figura 19: Ejemplo de Diagrama de Pareto

3.2.3 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica que indica las actividades que constituyen un proceso dado y en el cual se da la ordenación de los elementos. Es la forma más fácil y mejor de comprender cómo se lleva a cabo cualquier proceso.

Se puede dibujar tanto el diagrama de flujo del proceso primario como el de procesos paralelos o alternativos.

De esta manera se puede representar la sucesión de acontecimientos que ocurren para la realización de un producto (desde los materiales hasta los productos). Esto permite, asimismo, que cada persona sepa qué se hace antes y qué se va a hacer después de la actividad o la tarea que ejecuta.

Se utiliza indistintamente, según el caso considerado, la simbología ingenieril o la simbología informática. También pueden usarse simplemente cuadrados o rectángulos para interrelacionar las fases. En este caso se hace referencia a la representación gráfica como diagrama de bloques.

“En cualquier caso, lo más importante es que la representación gráfica sea comprensible y útil para los fines para los cuales se realiza, ya sea describir un proceso existente o diseñar un

proceso nuevo. Y es de gran utilidad en la planificación, realización, seguimiento y control de cualquier proceso. (ver Figura 20)” (Calidad, 2009)

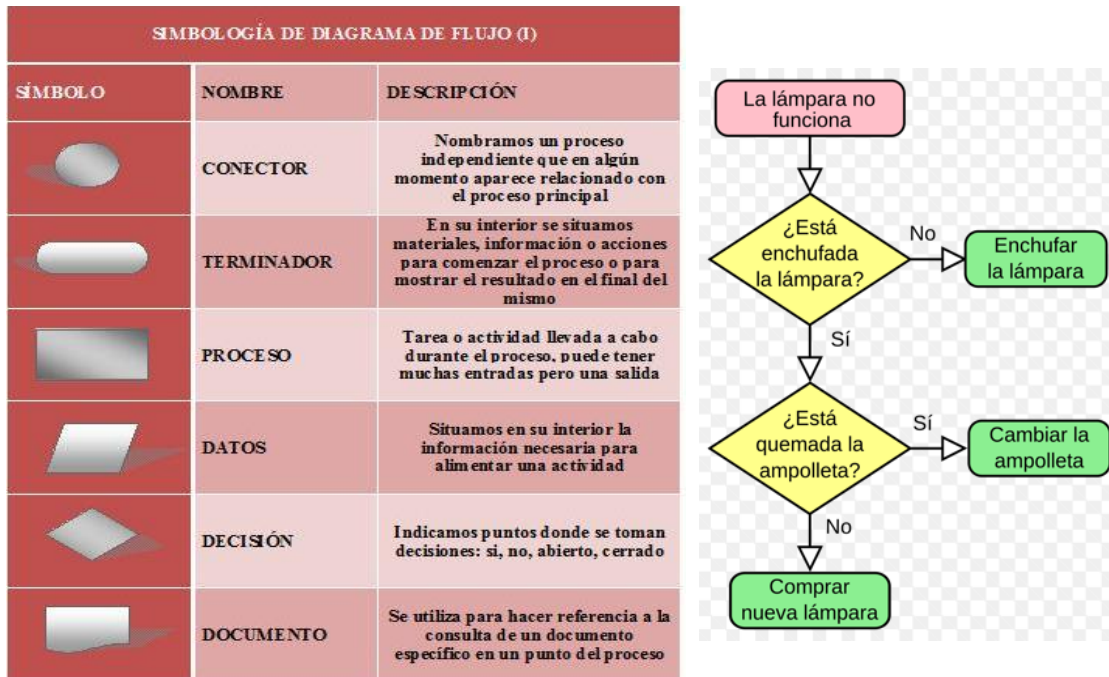


Figura 20: Diagrama de Flujo

Fuente: Google imágenes, Simbología para el diagrama de flujo (convención informática, norma ISO 5807) y ejemplo básico de diagrama de flujo.

3.2.4 Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo del proceso es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos, como por ejemplo las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos. Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización (ver Figura 21).

“El diagrama de flujo del proceso facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las distancias se encuentran

registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta (ver Figura 22) "(Niebel, 2009).

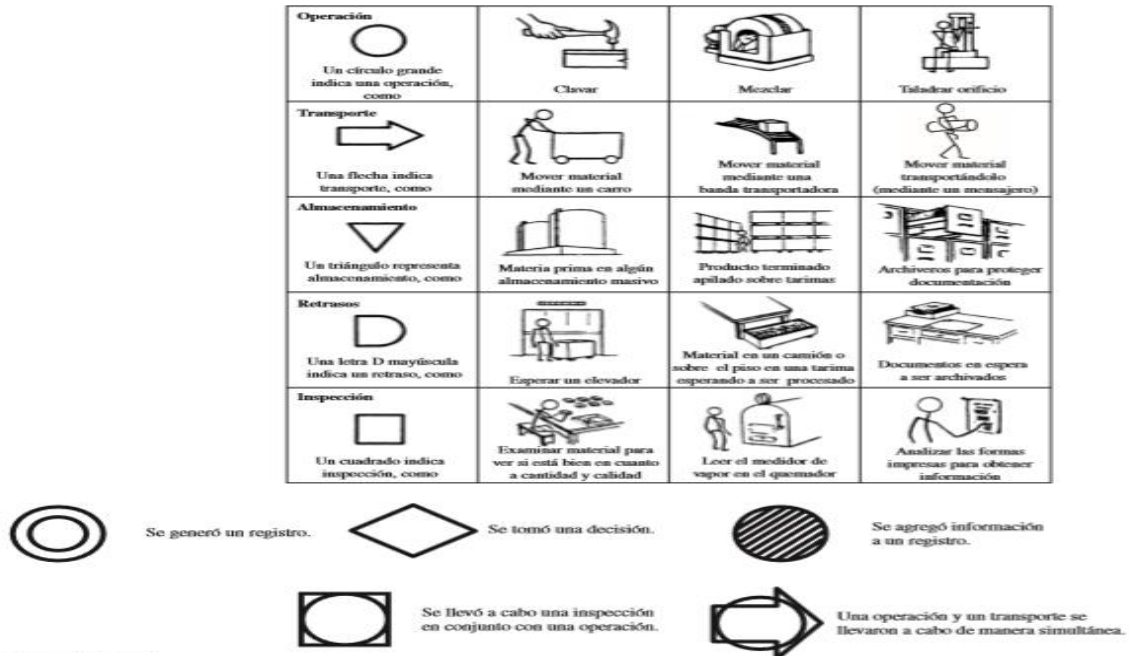


Figura 21: Conjunto de símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME

Fuente: Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Benjamin W. Niebel

Diagrama de flujo del proceso		Resumen			
Ubicación: Dorben Ad Agency		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Actividad: Preparación de anuncios por correo directo		Operación	4		
Fecha 1-26-98		Transporte	4		
Operador: J.S. Analista: A. F.		Retrasos	4		
Encierre en un círculo el método y tipo apropiados		Inspección	0		
Método: <u>Presente</u> Propuesto		Almacenamiento	2		
Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Tiempo (min)			
Comentarios:		Distancia (pies)	340		
		Costo			
Descripción de los eventos	Símbolo	Tiempo (en minutos)	Distancia (en pies)	Recomendaciones al método	
Cuarto con la existencia de materiales	○ ◊ D □ ●				
Hacia el cuarto de recopilación	○ ● D □ ▽		100		
Ordenar los estantes por tipo	○ ◊ ● □ ▽				
Ordenar cuatro hojas	● ◊ D □ ▽				
Apilar	○ ◊ ● □ ▽				
Hacia el cuarto de doblado	○ ● D □ ▽		20		
Empujar, doblar, rayar	● ◊ D □ ▽				
Apilar	○ ◊ ● □ ▽				
Colocar la engrapadora	○ ● D □ ▽		20		
Poner la grapa	● ◊ D □ ▽				
Apilar	○ ◊ ● □ ▽				
Hacia el cuarto del correo	○ ● D □ ▽		200		
Colocar la dirección	● ◊ D □ ▽				
A la bolsa del correo	○ ◊ D □ ●				

Figura 22: Ejemplo de cursograma analítico

Fuente: Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, Benjamín W. Niebel Ejemplo Diagrama de proceso.

3.2.5 Lean manufacturing.

Existen diferentes definiciones y perspectivas, dependiendo de la industria, la fuente y el tiempo que ha estado aprendiendo la organización sobre esta filosofía acerca de Lean.

Pero es definida como un conjunto de herramientas y principios de trabajo que permiten actuar sobre cadena de valor de producto o servicio de forma flexible y adaptable. Las empresas que gestionan sus procesos, según este principio, buscan conocer aquello que el cliente conoce como valor o agregado, y está dispuesto a pagar por ello y por el tiempo que va eliminando aquellas operaciones que no generan valor.

Como característica particular de las herramientas y técnicas en este sistema es que son capaces de crear disciplinas de trabajo, autocontrol y compromiso por parte de los empleados (ver Figura 23).

Son 5 pasos fundamentales sobre los que se sustenta la filosofía Lean:

1. Valor: El valor solo puede ser definido por el cliente final. Cualquier actividad que no dé valor añadido a este producto se puede definir como desperdicio, entendiendo valor añadido como todas aquellas actividades que se realizan para transformar un producto para que pase del estado A al estado B, aquella con la que el cliente esté satisfecho y dispuesto a pagar. Es por tanto la actividad que incorpora valor al producto.
2. Cadena de valores: Para cada producto, o en algunos casos para cada familia de productos, este es el paso siguiente del pensamiento Lean. Generalmente no se suele prestar atención a esta fase, pero habitualmente esconde grandes e innecesarias cantidades de actividades sin valor.
3. Flujo: Una vez especificado el valor; que la cadena de valor para un producto específico ha sido rastreada a través de toda la empresa; y que los pasos sin valor hayan sido eliminados, entonces es tiempo del siguiente paso Lean. En definitiva, se trata de hacer los pasos que agreguen valor y que tengan flujo.
4. Pull: Dejar que los clientes consigan el producto. La compañía debe hacer el proceso responsable de proveer el producto o servicio solamente cuando el cliente lo necesite.
5. Trabajando hacia la perfección: Este es un Esfuerzo repetido y constante hasta remover las actividades sin valor, mejorando el flujo y la satisfacción del cliente en las entregas requeridas.

El sistema de producción Lean tiene como objetivo final satisfacer al cliente.

Se define desperdicio o muda a cualquier cosa o actividad que genera costos, pero que no agrega valor al producto. Mediante la filosofía Lean se eliminan desperdicios (ver Tabla 6).

• Defectos • Exceso de producción • Transporte • Esperas • Inventarios • Movimientos • Procesos innecesarios

Para llevar a cabo esta serie de mejoras se trabaja sobre los principales indicadores industriales:

• Producción
• Índice de productividad MOD – MOI (relación directos-indirectos) • Tasa de Rendimiento Sintético - TRS • Tiempos de cambio - SMED • Calidad • Scrap - Piezas defectuosas • Costo de la no calidad • Costes • Plazos • Seguridad (Velasco, 2010)

Tabla 6

Tipo de desperdicios, síntomas, posibles causas e ideas y herramientas

Tipo de desperdicio	Síntomas	Posibles causas	Ideas y herramientas
Sobreproducción Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente	Se producen muchas partes y/o se producen con mucha anticipación Las partes se acumulan incontroladamente en inventarios Tiempo del ciclo extenso Tiempos de entrega pobres	Mucho tiempo para adaptar el proceso para que produzca otro modelo o parte Tamaño grande de lotes Pobre programación de la producción o de las actividades Desbalance en el flujo de materiales	Justo a tiempo SMED Reducir tiempos de preparación, sincronizar procesos, haciendo sólo lo necesario
Esperas Tiempo desperdiciado (de máquinas o personas), debido a que durante ese tiempo no hubo actividades que le agregaran valor al producto	Trabajadores en espera de materiales, información o de máquinas no disponibles Operadores parados y viendo las máquinas producir Grandes retrasos en la producción Tiempos de ciclo extensos	Tamaño de lote grande Mala calidad o malos tiempos de entrega de los proveedores Deficiente programa de mantenimiento Pobre programación	Eliminar actividades innecesarias, sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, trabajador flexible y multihabilidades, organizar el proceso en forma Kanban
Transportación Movimiento innecesario de materiales y gente	Mucho manejo y movimiento de partes Daños excesivos por manejo Largas distancias recorridas por las partes en proceso Tiempos de ciclo extensos	Procesos secuenciales que están separados físicamente Pobre distribución de planta Inventarios altos La misma pieza en diferentes lugares	Procesamiento en flujo continuo, sistemas Kanban y distribución de planta para hacer innecesario el manejo/transporte
Sobrepesamiento Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor	Ejecución de procesos no requeridos por el cliente Autorizaciones y aprobaciones redundantes Costos directos muy altos	Diseño del proceso y el producto Especificaciones vagas de los clientes Pruebas excesivas Procedimientos o políticas inadecuados	Simplificar proceso y eliminar actividades y operaciones que no agregan valor
Inventarios Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente	Inventarios obsoletos Problemas de flujo de efectivo Tiempos de ciclo extensos Incumplimiento en plazos de entrega Muchos retrabajos cuando hay problemas de calidad	Sobreproducción Pobres pronósticos o mala programación Niveles altos para los inventarios mínimos Políticas de compras Proveedores no confiables Tamaño grande de lotes	Acoratar tiempos de preparación y respuesta; organizar el proceso en forma Kanban; aplicar Justo a Tiempo
Movimientos Movimiento innecesario de gente y materiales dentro de un proceso	Búsqueda de herramientas o partes Excesivos desplazamientos de los operadores Doble manejo de partes Baja productividad	Pobre distribución de las celdas de trabajo, herramientas y materiales Falta de controles visuales Pobre diseño del proceso	Organización de celdas de trabajo, procesamiento en flujo continuo; administración visual
Retrabajo Repetición o corrección de un proceso	Procesos dedicados al retrabajo Altas tasas de defectos Departamentos de calidad o inspección muy grandes	Mala calidad de materiales Máquinas en malas condiciones Procesos no capaces e inestables Poca capacitación Especificaciones vagas del cliente	Control estadístico de procesos; mejora de procesos; desarrollo de proveedores

FUENTE: CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD; Tipos de desperdicio, síntomas, posibles causas e ideas y herramientas para eliminarlas

Para trabajar y mejorar los resultados de los indicadores se debe incidir sobre 3 grupos fundamentales de herramientas:

1. Herramientas para la mejora de la Calidad:

- Flujo pieza a pieza • Básicos de Calidad: Muro de Calidad, Gestión de Retrabajos, Poka-Yoke, Autocontrol, Contenedores Rojos, Primera Pieza OK • QRQC (Respuesta rápida a los Problemas de Calidad)

2. Herramienta para la mejora de Productividad:

• 5S • Definición flujo de materiales • Trabajo Estandarizado, Mediciones de tiempos – Balanceado de líneas • Taller TPM. • Model Line (Despliegue herramientas Fábrica) • Diseño de equipos de producción (criterios eficiencia en producción)

3. Herramientas para la mejora de los Plazos:

• Value Stream Map (Mapa del flujo de Valor) • Mejora del TRS. Análisis del No TRS • SMED. Tiempo de cambio

Estudio de métodos de trabajo • Líneas de producción isoproductivas. Flexible a la demanda manteniendo el costo. (Velasco, 2010).

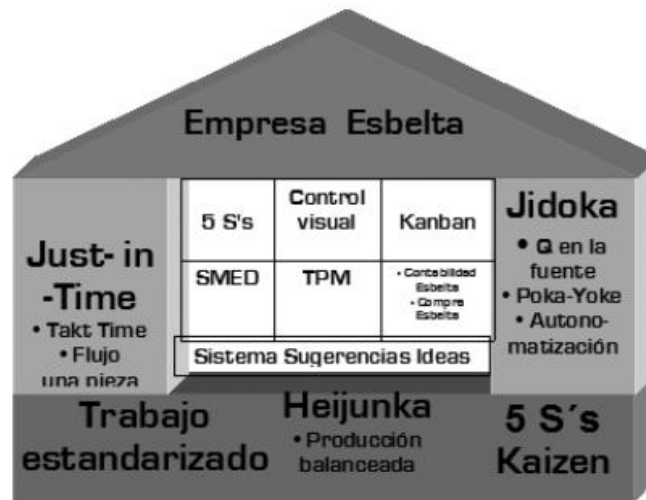


Figura 23: Esquema Sistema de producción Lean

Fuente: Google imágenes, Esquema Sistema de Producción Lean

- Las 5S. Técnica utilizada para la mejora de las condiciones del trabajo de la empresa a través de una excelente organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo.
- SMED. Sistemas empleados para la disminución de los tiempos de preparación.
- Estandarización. Técnica que persigue la elaboración de instrucciones escritas o gráficas que muestren el mejor método para hacer las cosas.
- TPM. Conjunto de múltiples acciones de mantenimiento productivo total que persigue eliminar las pérdidas por tiempos de parada de las máquinas.
- Control visual. Conjunto de técnicas de control y comunicación visual que tienen por objetivo facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora.
- Jidoka. Técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que otorgan a las máquinas la capacidad de detectar que se están produciendo errores.
- Técnicas de calidad. Conjunto de técnicas proporcionadas por los sistemas de garantía de calidad que persiguen la disminución y eliminación de defectos.
- Sistemas de participación del personal (SPP). Sistemas organizados de grupos de trabajo de personal que canalizan eficientemente la supervisión y mejora del sistema Lean.
- Heijunka. Conjunto de técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda de clientes, en volumen y variedad, durante un periodo de tiempo y que permiten a la evolución hacia la producción en flujo continuo, pieza a pieza.

- Kanban. Sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (Velasco, 2010).

3.2.6 Kaizen

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo, que se ha venido denominando en espíritu Kaizen.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito.

Las ventajas de su aplicación son patentes si se considera que los estudios apuntan a que las empresas, que realizan un constante esfuerzo en la puesta en práctica de proyectos de mejora continua, se muevan con crecimientos sostenidos superiores al 10% anual.

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras, realizado por todos los empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen a una garantía de calidad, una reducción de costos y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado. El proceso de la mejora continua propugna que, cuando aparece un problema, el proceso productivo se detiene para analizar las causas y tomar las medidas correctivas con lo que su resolución aumenta la eficiencia del sistema.

Llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son poco significativos. Entonces debe producirse una inversión o cambio de la tecnología utilizada. Cuando los cambios son radicales y se llevan a cabo mediante técnicas de reingeniería o de importantes mejoras en el diseño del producto, implican grandes inversiones y, a menudo, están asociados a la modernización de equipos y automatización.

“No hay nada más difícil que planificar, ni más peligroso que gestionar, ni menos probable de tener éxito, que la creación de una nueva manera de hacer las cosas, ya que el reformador tiene grandes enemigos en todos aquellos que se beneficiarán de lo antiguo y solamente un tibio apoyo de los que ganarán con lo nuevo”. Obviamente, las personas constituyen el capital más importante de las empresas; los operarios, que están en permanente contacto con el medio de trabajo, son quienes están mejor situados para percibir la existencia de un problema y, en multitud de ocasiones, son los más capacitados para imaginar las soluciones de mejor. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

3.2.7 Las 5´s

Metodología desarrollada en Japón que permite organizar el lugar de trabajo de los involucrados, con la finalidad de que sean funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros.

Las 5´s son cinco palabras de origen japonés que conforman los pasos a desarrollar para obtener un lugar óptimo de trabajo.

1. Seiri (clasificar): Retirar del área de trabajo lo innecesario.
“Este principio implica que, en los espacios de trabajo los empleados deban seleccionar lo que es realmente necesario e identificar lo que no sirve o tiene una dudosa utilidad para eliminarlo

de los espacios laborales. Por lo tanto, el objetivo final es que los espacios estén libres de piezas, documentos, muebles, herramientas rotas, desechos, etc.

Los beneficios para el ambiente de trabajo y la productividad de esta primera S se reflejan en la liberación de espacios, la reutilización de las cosas en otro lugar y el desecho de objetos que en la práctica son estorbo y basura” (Gutiérrez Pulido, 2010).

2. Seiton (ordenar): Poner cada elemento en su lugar y tener un lugar para cada elemento.

La idea es que lo que se ha decidido mantener o conservar en la primera S se organice de tal modo que cada cosa tenga una ubicación clara y, así, esté disponible y accesible para que cualquiera lo pueda usar en el momento que lo disponga. No hay que olvidar qué tan importante es localizar algo y poder regresarlo al lugar que le corresponde, “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”

3. Seiso (limpieza): Mantener el área de trabajo limpia.

Consiste en limpiar e inspeccionar el sitio de trabajo y los equipos para prevenir la suciedad, implementando acciones que permitan evitar, o al menos disminuir, la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.

Los beneficios de tener limpios los espacios no sólo es el agrado que causa a la vista y en general al ambiente de trabajo (menos contaminación), sino que también ayuda a identificar con más facilidad algunas fallas

4. Seiketsu (estandarizar): Marcar las pautas óptimas de trabajo.

Estandarizar, pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con el uso de las primeras 3 S, mediante la aplicación continua de éstas. En esta etapa se pueden utilizar diferentes herramientas. Una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que todos los trabajadores puedan verlas y así recordarles que ése es el estado en el que debería permanecer. Otra herramienta, es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

5. Shitsuke (disciplina): Las cuatro primeras eses no tienen sentido si no se tiene la disciplina correcta para mantenerlas.

“La disciplina es el canal entre las 5 S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismos y por los demás, así como una mejor calidad de vida laboral”. (Gutiérrez Pulido, 2010)

3.2.8 El Sistema SMED (Single-Minute Exchange of Dies)

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

“Es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión, aunque requiere método y constancia en el propósito.

Cabe destacar que en las empresas japonesas la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de producción e ingeniería, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC). Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como el análisis de Pareto, las seis preguntas clásicas ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué? Todas estas técnicas se usan para efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determina tiempos elevados de preparación o cambio de técnicas. En este sentido conviene tener presente las posibles causas que lo originan:

- La terminación de la preparación es incierta.
- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- Utilización de equipos inadecuados.
- Los materiales, las técnicas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- Número de operaciones de ajuste elevado.
- Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.
- Variaciones en los tiempos de preparación de las máquinas.

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación.” (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

3.2.9 Mantenimiento Productivo Total TPM

El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

La eficacia de los equipos se maximiza por medio del esfuerzo realizado en conjunto por la empresa para eliminar las “seis grandes perdidas” que restan eficacia a los equipos.

El TPM promueve la concientización sobre el equipo y el auto mantenimiento por lo que es necesario asegurar que los operarios adquieren habilidades para descubrir anomalías, tratarlas y establecer las condiciones óptimas del equipo de forma permanente.

En estas condiciones, la implementación TPM requiere una metodología adecuada a las características de la empresa, y sobre todo, formación de las personas (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

3.2.10 Control visual

Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de producción con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisiones.

El control y comunicación visual tiene muchas ventajas, entre ellas la rápida captación de sus mensajes y la fácil difusión de información. En las empresas japonesas se considera el dialogo como una inversión muy importante para las compañías, pues gracias a los aportes de sus integrantes se establece un proceso de aprendizaje, común y compartido, a partir de la experiencia y conocimiento de los mismos empleados. La motivación aumenta cuando el trabajador tiene la oportunidad de contribuir y recibir reconocimientos. Los tableros de gestión visual, o cualquier otro tipo de técnicas de comunicación visual, son excelentes espacios que sirven como marco metodológico para orientar el flujo de ideas y brindar un contexto de la situación a ser analizada como se observa en los ejemplos de la Tabla 7. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Tabla 7

Ejemplo de diagramas visuales

<p>Control visual de espacios y equipos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Identificación de espacios y equipos. ● Identificación de actividades, recursos y productos. ● Marcas sobre el suelo. ● Marcas sobre técnicas y estándares. ● Áreas de comunicación y descanso. ● Información e instrucciones. ● Limpieza.
<p>Documentación visual en el puesto de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Métodos de organización: Hojas de instrucciones, estudios de tiempos/movimientos, planificación del trabajo, auto inspección, recomendaciones de calidad, procedimiento de seguridad. ● Recursos y tecnología, instrucciones de operación y mantenimiento, cambios y ajustes, descripción de procesos y tecnologías. ● Productos y materiales. Especificaciones del producto, listas de piezas, requerimientos de empaquetado, identificación de defectos comunes en materiales y productos.
<p>Control visual de la producción.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Programas de producción. ● Programas de mantenimiento. ● Identificación de stocks. ● Identificación de reprocesos. ● Identificación de trabajos en procesos (cargas, retrasos...) ● Identificación de productividad.

Fuente: Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación Ejemplos de diagramas visuales

3.2.11 Poka-yoke

Los Sistemas poka-yoke's son las herramientas de producción, que se enfocan en la mejora continua de la calidad de los productos y servicios, utilizando mecanismos o dispositivos muy simples en la mayoría de los casos y, a veces, implementando automatizaciones para el logro de mejoras de la calidad. Estos sistemas fueron desarrollados por el ingeniero japonés Shigeo Shingo, que buscó con esta herramienta eliminar las inspecciones de control de calidad. Dichos métodos son denominados "Sistemas a prueba de errores" (fool proofing –a prueba de tontos–), y la idea detrás de ellos es respetar la inteligencia de los trabajadores liberándoles tiempo en sus puestos de trabajo, para que puedan dedicarse a actividades más productivas.

3.2.12 Kanban

El Kanban es uno de los elementos centrales del Lean Manufacturing y el más ampliamente usado como Sistema de flujos tirados. Es un término japonés que se podría traducir como tarjeta visual donde Kan significa "visual" y ban significa "tarjeta". El kanban permite controlar el flujo de trabajo en una fábrica, el movimiento de materiales y su fabricación mediante unas tarjetas, que van unidas a los productos intermedios o finales de una línea de producción. Las tarjetas actúan de testigo del proceso de producción.

Cuando un operario retira dichos productos de su lugar de almacenamiento, el kanban o la señal viaja hasta el principio de la línea de fabricación o de montaje para que produzca un nuevo producto. Se dice entonces que la producción está guiada por la demanda y que el kanban es la señal del operario que indica que un nuevo producto debe ser fabricado o montado para rellenar el punto de stock.

Funcionando sobre el principio de los flujos tirados (el operario "apela" el producto), el primer paso es definir la cantidad ideal de productos que hay que entregar, suficientemente grande para permitir la producción, ni demasiado grande para reducir las existencias, ver ejemplos en Figura 24 y Figura 25.

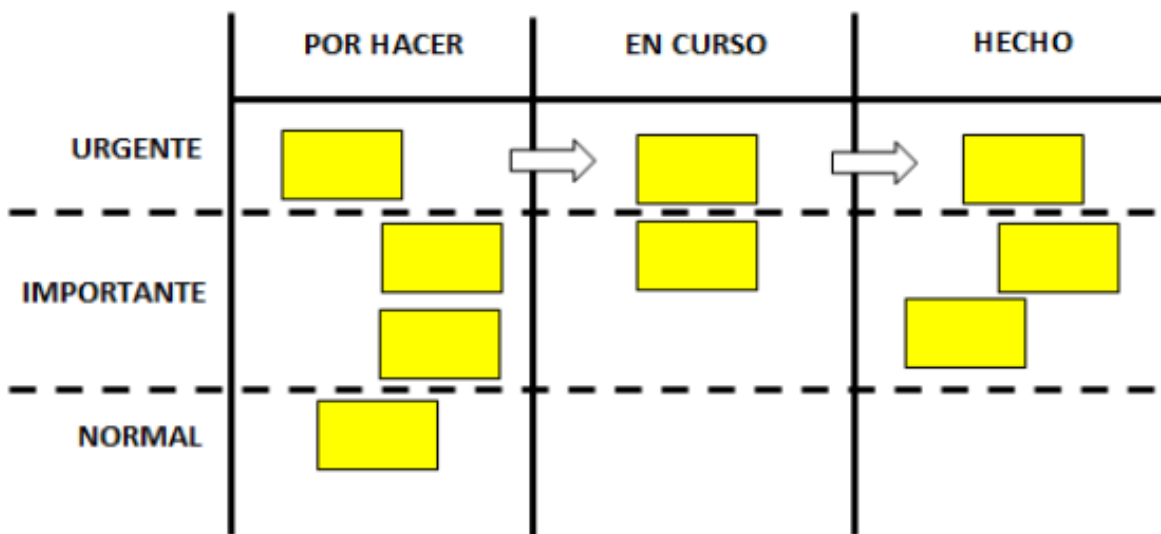


Figura 24: Ejemplo de KANBAN

Fuente Google imágenes, Ejemplos de KANBAN.

KanbanBOX		KANBAN
PN-126-720		
		
Supporto inferiore dx		
Fornitore: ACME Stamping		
Contenit.: Cassetta 600x400 -		
Lead time: 10 gg	Quantità:	
Data richiesta: 20-11-12	40	
		
Codice: GHPJ292		

Figura 25: Ejemplo de tarjeta KANBAN

Fuente Google imágenes, Ejemplo de tarjeta Kanban

3.3 Planeación Estratégica

“La formulación de la estrategia, usualmente denominada planeación estratégica o planeación de largo plazo, se ocupa del desarrollo de la misión, los objetivos, las estrategias y las políticas de una empresa. Comienza con el análisis de la situación, es decir, el proceso de encontrar una concordancia estratégica entre las oportunidades externas y las fortalezas internas, mientras simultáneamente se trabaja con las amenazas externas y las debilidades internas. El análisis FODA no solo debe permitir la identificación de las competencias o habilidades distintivas de una compañía, es decir, las capacidades y recursos específicos con que cuenta una empresa y la mejor manera de utilizarlos, sino también las oportunidades que la empresa no está aprovechando debido a la falta de recursos adecuados” (ver Figura 26) (Thomas L. Wheelen, 2013)

“Se puede decir que la esencia de la estrategia es la oportunidad dividida por las capacidades. Una oportunidad por sí misma no tiene valor real a menos que la empresa tenga la capacidad (por ejemplo, recursos) para aprovecharla. Este enfoque solo toma en cuenta las oportunidades y fortalezas al momento de considerar estrategias alternativas. Una competencia distintiva, en un recurso clave o en capacidad, no hace por sí misma que una estrategia sea exitosa. El análisis FODA puede utilizarse para tener una visión más amplia de la estrategia mediante el uso de la siguiente fórmula: $AE=O/(>F-D)$, es decir, alternativa estratégica es igual a oportunidades dividido entre el resultado de restar de las fortalezas las debilidades. Esto refleja un aspecto importante que los responsables de la estrategia deben confrontar: ¿Debemos invertir más en las fortalezas para hacerlas aún más fuertes (una competencia distintiva) o debemos invertir en las debilidades para por lo menos hacerlas más competitivas?” (Thomas L. Wheelen, 2013).

Factores Internos (IFAS). Factores Externos (EFAS)	Fortalezas (F). Enumere aquí fortalezas internas	Debilidades (D). Enumere aquí debilidades internas
Oportunidades (O). Enumere aquí oportunidades externas.	Estrategias FO Estrategias MAX – MAX Crear aquí estrategias que usen Fortalezas para aprovechar las oportunidades.	Estrategias DO Estrategia MIN – MAX Crear aquí estrategias que aprovechen las oportunidades al superar las debilidades.
Amenazas (A). Enumere aquí amenazas externas	Estrategias FA Estrategias MAX- MIN Cree aquí estrategias que utilicen Fortalezas para evitar Amenazas.	Estrategias DA Estrategia MIN- MIN Cree aquí estrategias que minimicen las debilidades y eliminen las amenazas.

Figura 26: Matriz FODA – Estrategias

Fuente: (Thomas L. Wheelen, 2013)

3.4 Capacitación y Adiestramiento

“la capacitación es el proceso educativo de corto plazo, aplicado de manera sistémica y organizada, por medio del cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos. La capacitación entraña la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea y del ambiente, así como desarrollo de habilidades y competencias” (Chiavenato, 2011).

El proceso de capacitación se asemeja a un modelo de sistema abierto (ver Figura 27), cuyos componentes son:

- I. Insumos (entrada o “input”); como educandos, recursos de la organización, información, conocimientos, etcétera.
- II. Proceso u operación (rendimiento o “throughput”): como procesos de enseñanza, aprendizaje individual, programas de capacitación entre otros.
- III. Productos (salida o “output”): como personal capacitado, conocimientos, competencias, éxito o eficiencia organizacional, etcétera.
- IV. Retroalimentación (feedback): como evaluación de los procedimientos y resultados de la capacitación, ya sea con medios informales o procedimientos sistemáticos.

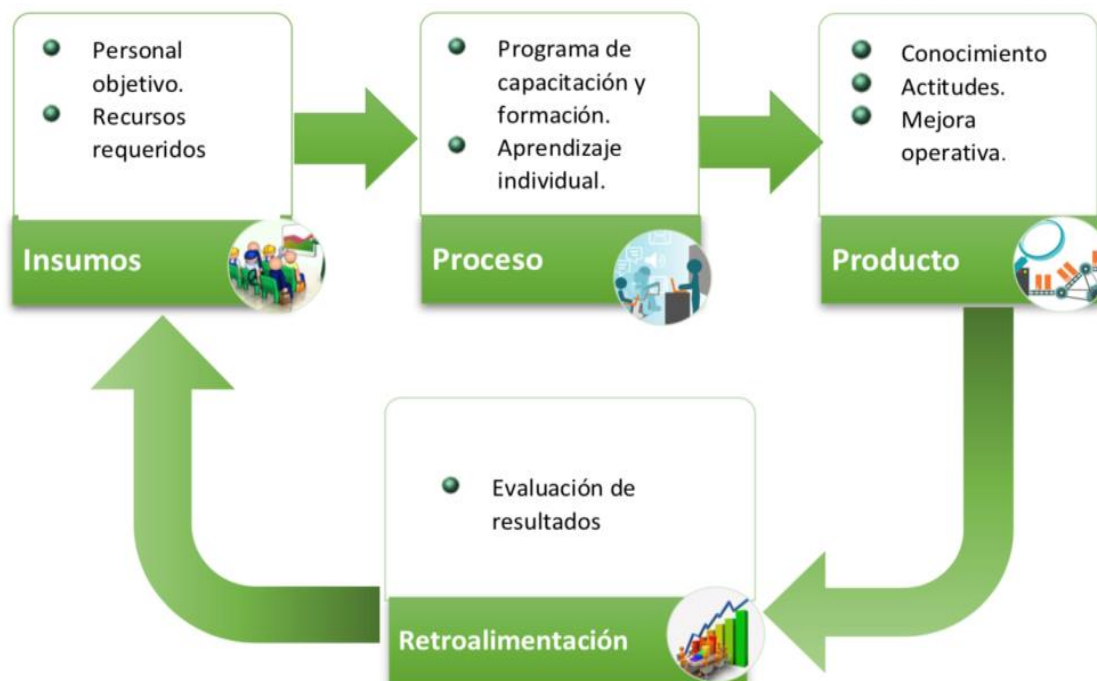


Figura 27: Sistema de capacitación

Fuente: La capacitación como sistema (Chiavenato, 2011)

En términos amplios la capacitación implica un proceso de cuatro etapas:

1. Detección de necesidades de capacitación (diagnóstico).
2. Programa de capacitación para atender las necesidades.
3. Implementación y ejecución del programa de capacitación.
4. Evaluación de los resultados.

Etapa 1: Detección de necesidades.

Es la primera etapa de la capacitación y se refiere al diagnóstico preliminar necesario. Para detección de las necesidades de capacitación se consideran 3 niveles de análisis detallados en la tabla 8:

Tabla 8

Los tres niveles del análisis para detectar necesidades de capacitación

Nivel de análisis	Sistema implicado	Información básica.
Análisis organizacional	Sistema organizacional	Objetivos de la organización y filosofía de la capacitación.
Análisis de recursos humanos	Sistema de capacitación.	Análisis de la fuerza de trabajo (análisis de las personas).
Análisis de operaciones y tareas	Sistema de adquisición de habilidades.	Análisis de las habilidades, experiencias, actitudes, conducta y características personales exigidos por los puestos (análisis de puestos).

Fuente: (Chiavenato, 2011)

Etapa 2: Programa de capacitación.

Una vez efectuado el diagnóstico de la capacitación, se sigue con la terapéutica, es decir, la elección y prescripción de los medios de tratamientos para sanar las necesidades señaladas o percibidas (ver Figura 28).

El programa de capacitación requiere un plan que incluya los puntos siguientes:




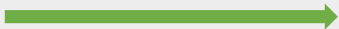
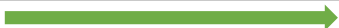
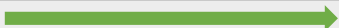

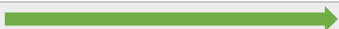
¿Quién debe capacitar?		Aprendices
¿Quién va a capacitar?		Capacitador o instructor.
¿Sobre qué va a capacitar?		Asunto o contenido de la capacitación.
¿Dónde será la capacitación?		Lugar físico puesto o aula.
¿Cómo será la capacitación?		Métodos de capacitación y/o recursos necesarios.
¿Cuándo será la capacitación?		Agenda de la capacitación y horario.
¿Cuánta será la capacitación?		Tiempo, duración o intensidad.
¿para qué es la capacitación?		Objetivo o resultado esperado

Figura 28: Puntos principales de un programa de capacitación

Fuente: (Chiavenato, 2011)

Etapas 3: Implantación o Ejecución del programa de capacitación.

La ejecución o realización de la capacitación supone el binomio formado por el instructor y el aprendiz. Los aprendices son las personas situadas en un nivel jerárquico cualquiera de la empresa que necesita aprender o mejorar sus conocimientos sobre alguna actividad o labor. Los instructores con las personas situadas en un nivel jerárquico cualquiera de la empresa que cuenta con experiencia, están especializadas en determinada actividad o experiencia, o están especializadas en determinada actividad o labor, y transmiten sus conocimientos a los aprendices.

Etapas 4: Evaluación de los resultados de la capacitación.

La etapa final del proceso de capacitación es la evaluación de los resultados. El programa de capacitación debe incluir la evaluación de su eficiencia, la cual debe considerar dos aspectos:

- Constatar si la capacitación produjo las modificaciones deseadas en la conducta de los empleados.
- Verificar si los resultados de la capacitación tienen relación con la consecución de las metas de la empresa.

Capítulo IV Resultados y Análisis de la información obtenida (Diagnóstico)

Este capítulo contiene el desarrollo del estudio técnico donde se analiza la situación actual de producción; se describen los procesos involucrados, los tiempos, la maquinaria, herramental, así como los métodos y herramientas de calidad que son aplicados para la producción de muelles. Se explica el proceso efectuado para identificar mediante la metodología AMEF las áreas de mejora y determinar las probables opciones de solución al problema; Asimismo, se describe el diseño del paquete tecnológico como principal propuesta de mejora en el sistema productivo que logra resolver la problemática actual de producción.

4.1 Gestión y administración de los procesos de manufactura de muelles

Dentro de las actividades de gestión y administración de los procesos de manufactura de muelles de la operación actual, se procede a realizar de primera mano la descripción del proceso por cada actividad realizada y segmentándola por cada estación de trabajo, de tal manera que se logre el entendimiento del sistema de producción.

Posteriormente se describirá la maquinaria involucrada en la producción, así como las técnicas de calidad y control que se utilizan actualmente para tener una visión integral del sistema y contribuya en la detección de los problemas o fallas potenciales, y la solución a los mismos.

4.2 Análisis del sistema productivo

La manufactura de muelles aplicada en la empresa X se basa en un sistema de producción en serie en el cual toda la maquinaria y los flujos de operación se encuentran definidos, la producción es repetitiva y no se interrumpe más que por los cambios de modelo de las muelles, las cuales en este análisis se dividen en 3 categorías: las muelles multihojas de 5 hojas, las muelles de 4 hojas y las muelles parabólicas o de 3 hojas; a continuación (Tabla 9 y Tabla 10) se detallan los componentes y diagramas explosivos (Figura 29, Figura 30 y Figura 31) de los muelles antes mencionados:

Tabla 9

Componentes de las muelles por categoría

Muelles	Dimensiones		
	Cantidad	Espesor	Largo
Identificación	de hojas		
Multihojas No 1	5	20 mm	1400 mm
Multihojas No 2	4	20 mm	1203 mm
Parabolicas	3	20 mm	1447 mm

Especificaciones de las muelles.

Tabla 10

Componentes de la muelle por categoría

Muelles	Accesorios						
	Tornillería			Abrazaderas		Bujes	
Identificación	Cantidad	Tornillo	Tuerca	Cantidad	Dimensiones	Cantidad	Dimensiones
Multihojas No 1	3	12 mm	24 mm	2	50 mm	2	70 mm
Multihojas No 2	2	24 mm	24 mm	1	47 mm	2	76 mm
Parabolicas	1	24 mm	24 mm	2	25 mm	2	24 mm

Ver dibujos explosivos No. 1, No. 2, No. 3.

Dibujos explosivos:

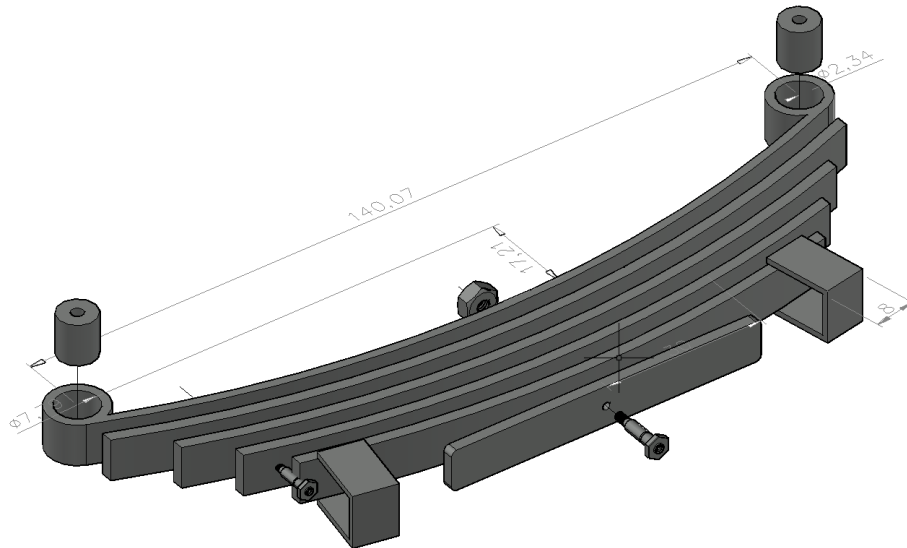


Figura 29: Dibujo explosivo de la Muelle Multihoja No 1

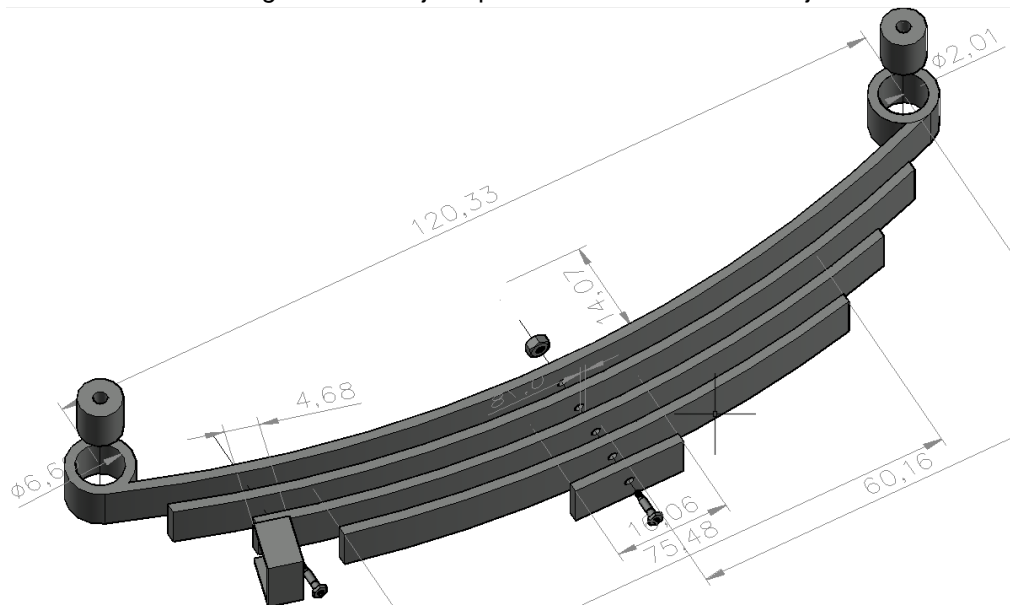


Figura 30: Dibujo explosivo de la Muelle Multihojas No 2

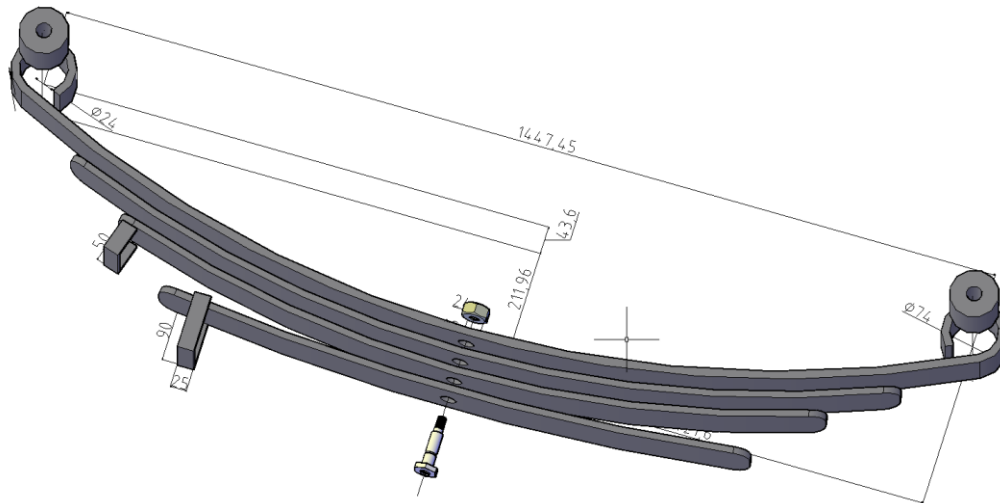


Figura 31: Dibujo explosivo de la Muelle Parabólica

Al ser un sistema de producción continua, buscando la mejora continua y el consecuente aumento de producción se debe revisar los siguientes criterios:

- Estudiar las operaciones y sus métodos: “El objetivo es optimizar el trabajo haciéndolo más fácil, rápido sin prisas, más sencillo y más seguro, lo cual entrega mayor productividad”. (García, 2008)

Conforme a la metodología recomendada para el análisis de un sistema de producción continua, se enuncia de la siguiente manera:

- a) Registrar todos los detalles del trabajo mediante la descripción de los diagramas de procesos, horas-hombre, diagrama analítico y los que apliquen.
 - b) Examinar críticamente con actitud interrogante toda la información del trabajo a realizar en la línea: Materiales, herramientas, accesorios, maquinaria y condiciones de trabajo.
- Definir la maquinaria, equipo, herramienta, accesorios e instalaciones más convenientes. Es básico seleccionar estos recursos con base a la definición del producto, los procesos y los volúmenes de producción.

Por lo que en primera instancia se describirá el sistema de producción actual como se lleva a cabo con los parámetros de procesos, tiempos estándar, retrasos y niveles de producción actual.

4.3 Operación Actual

La revisión de la operación actual se dividió en tres partes específicas de análisis: del sistema productivo en los cuales se identifican las actividades concernientes al proceso de producción necesario para la realización de las muelles; la maquinaria utilizada; y las técnicas de calidad que se desarrollan en la operación, con la finalidad de poder resolver la problemática planteada identificando cualquier error o falla potencial que se detecte.

A continuación, se describe cada punto analizado.

4.3.1 Proceso

Descripción de la fabricación de la muelle.

El desarrollo de la manufactura actual de las muelles se realiza de la siguiente manera conforme al siguiente diagrama de proceso (ver Figura 32).

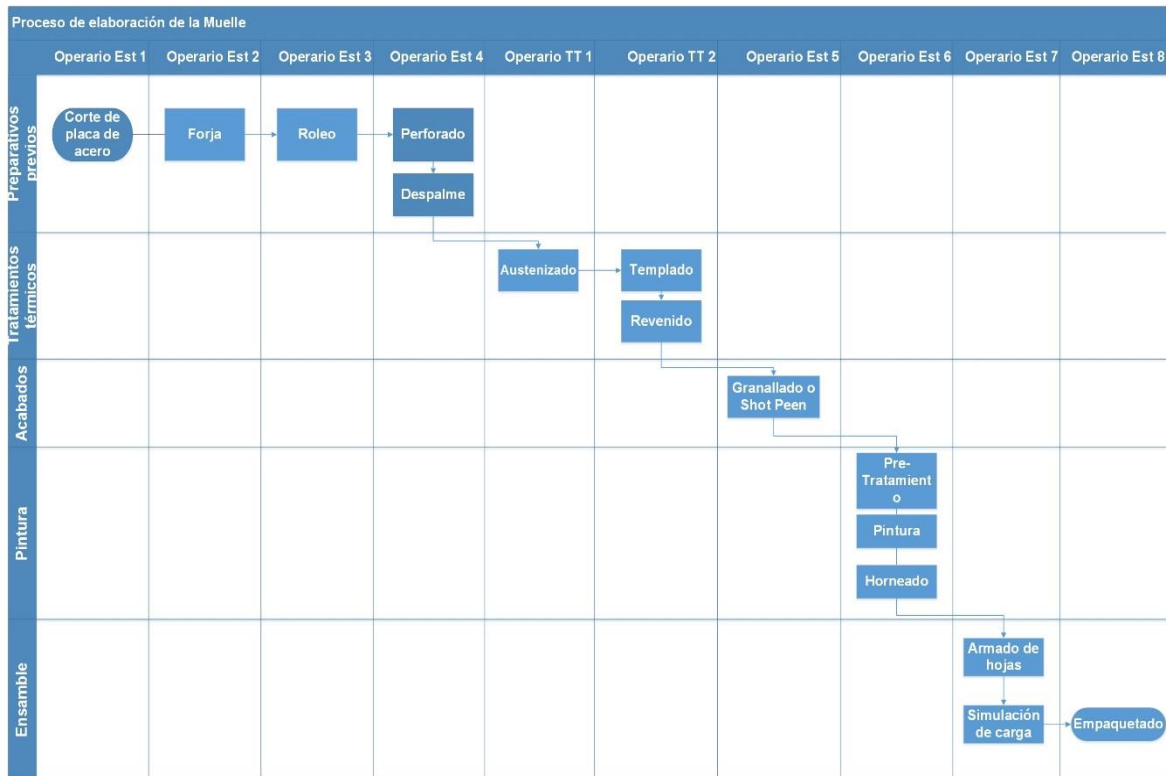


Figura 32: Diagrama de flujo de funciones cruzadas del proceso de elaboración de la muelle

A continuación, se realiza la descripción de cada actividad del proceso de fabricación de las muelles.

Fabricación de la muelle

Actividad inicial

Para comenzar, la materia prima que se utiliza en la fabricación de muelles se llama solera de acero, la cual es entregada al almacén donde se le efectúa una revisión, si ésta cumple con las características adecuadas se le coloca una etiqueta verde, donde el material es transportado para comenzar el proceso.

Primera fase preparativos previos

En esta fase la solera de acero es preparada de tal manera que alcance la forma mecánica requerida para el inicio de la producción.

1. Primera operación corte: Las piezas son cortadas de acuerdo con las especificaciones que emite el departamento de ingeniería, que es largo y ancho, después se transportan al horno.
2. Segunda operación forja: Las piezas se introducen a un horno y son calentadas a una temperatura de 900°C.
3. Tercera operación roleo: Las hojas primarias o maestras, son sujetadas y enrolladas a un perno que le da la forma de ojillo el cual permite unir a la muelle al chasis del vehículo.
4. Cuarta operación perforado: Las hojas son perforadas en el centro con la punzonadora, esto permitirá conformar la muelle tras la unión de la hoja primaria con otras, según aplique.
5. Quinta operación despalde: simultáneamente las hojas secundarias pasan a un horno de calentamiento y luego de elevar la temperatura del material permitirá reducirlo en los extremos, con la finalidad de proporcionar el efecto de comodidad conocido como confort, una vez que la muelle está en uso en el vehículo.

Segunda Fase tratamiento términos

En esta fase se realizan calentamientos y enfriamientos que brindan las características de tenacidad y resistencia finales, determinando la vida útil de la muelle.

1. Primera operación Austenizado: Las hojas se someten a una temperatura de 950°C en un tiempo aproximado de quince minutos. La finalidad es crear una micro estructura de acero conocida como austenita.
2. Segunda operación temple: Las hojas son colocada en moldes o formadores al fin de lograr la curvatura adecuada para la muelle y sometidas a un enfriamiento brusco con aceite cuya composición favorece la transformación de la microestructura del acero, y a la vez evita que el material se fracture o presente grietas prematuras.
3. Tercera operación revenido: Las hojas son sometidas a temperaturas que fluctúan entre los 400 C° y 470 C° por un periodo de tiempo aproximado de 45 minutos, es aquí donde las muelles adquieren su microestructura final conocida como martencita la cual proporciona las propiedades necesarias de elasticidad y tenacidad al acero.

Tercera fase acabados

En esta fase se termina con el tratamiento físico de las muelles, tiene como propósito alargar el tiempo de uso de la misma.

Primera operación Stress Shot Peen o Granallado: En esta operación las hojas son deflexionadas y pasan a través de una máquina en la que se bombardean por medio de pequeños perdigones de acero llamados Granalla que se mueven a alta velocidad. Las hojas al ser impactada en todas sus superficies, por los perdigones metálicos, sellan las micro grietas ocasionadas por el temple. La función principal del granallado es que extiendan la vida del acero, pues se obtiene mayor durabilidad en la prueba de fatiga de la muelle y por consiguiente en su vida útil.

Cuarta fase pintura

En esta fase se recubre el material para prevenir la corrosión y darle acabados a la muelle.

1. Primera operación pretratamiento: Las hojas son sometidas a un pretratamiento para limpiar el metal y dejar la superficie preparada para su fosfatado que es un recubrimiento de cristales metálicos que impiden la corrosión de las piezas.
2. Segunda operación pintura: Se aplica pintura negra en polvo por medio de pistolas neumáticas, la cual se adhiere por medio de magnetismo provocado por carga positiva en la muelle y carga negativa en el polvo.
3. Tercera operación horneado: Por último, se hornea la hoja durante el tiempo exacto para que la pintura endurezca y tome un acabado liso y brillante.

Quinta fase ensamble

En esta fase se unen las hojas y componentes que conforman la muelle, para después ser probadas, empaquetadas y almacenadas.

1. Primera operación ensamble: Se arman las hojas e implementos que conforman la muelle, las características del producto deben ser verificadas y en esta parte se lleva a cabo una operación de carga que simula el peso del vehículo sobre la muelle.
2. Segunda operación simulación de carga:
3. Tercera operación empaque: Las muelles son agrupadas en contenedores e identificadas con un color específico conforme a la carga. Después son trasladadas a la plataforma de embarque para su distribución.

Estas son las cinco fases para la producción de las muelles, las cuales se analizan para realizar la propuesta de mejora del sistema de producción.

Se realizó el análisis de las operaciones mediante el cursograma analítico y conforme a los datos obtenidos de producción, así como los tiempos estándar establecidos por cada operación. Los tiempos presentados son por cada 48 piezas ya que es el rendimiento que da la solera de acero (ver Figura 33).

Cursograma Analítico									
Diagrama Núm.: 1	Hoja Núm. 1 de 1		Resumen						
Producto: Elaboración de Muelles	Actividad		Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: Cortar, Forjar, Roleo, Perforado, Depalme, Austenizado, Templado, Revenido, Granallado, Pretratamiento, Pintura, Horneado, Armado, Simulación de carga, Empaque. Método: Actual	Operación		15						
Lugar: Nave INDUSTRIAL	Transporte		6						
Operario (s): Operario 1 y Operario 2 Ficha núm.:	Espera		1						
Compuesto por: Supervisor 1 Fecha: 7/04/18	Inspección		6						
Aprobado por:	Almacenamiento		2						
	Distancia (m)		147 m						
	Tiempo (min-hombre)		373						
	Costo								
	- Mano de obra								
	- Material								
	Total								
Descripción	Cantidad Bloque 1	Tiempo (Metros)	Distancia (Metro)	Símbolo		Observaciones			
En almacén llega la solera de acero	48	3	7	●					
Se transporta el material al área de corte.		2	15	■		Con patín			
Se corta de acuerdo a la especificación de Ancho, largo y espesor.		2	3	■					
Inspección de acuerdo a las especificaciones del departamento de ingeniería.		2		■		Largo, ancho y espesor			
Forja la solera se calienta a 900°C		23	3	■		Horno			
Roleo se realiza a la hoja primaria para unir la muelle al chasis		36	3	■					
Perforado de centro permite conformar la muelle		31	3	■		Troquel de perforado de centro			
Inspección del perforado de centro.		5		■					
Despalme solo para las hojas secundarias.		21	2	■		Despalmadora			
Inspección de los extremos		5		■					
Se transporta el material al área de tratamientos térmicos		10	15	■		Con racks			
Autenticado se calienta a una temperatura de 950°C para formar una estructura de acero la austenita.		15	1	■					
Se somete a un enfriamiento brusco se temple.		10	4	■		Banda transportadora			
Se coloca en moldes formadores.		34		■		Moldes			
Se somete a un calentamiento entre 440°C y 470°C		15	4	■		Horno			
Inspección de dureza		5		■					
Se transporta el materia a la granalladora		5	5	■					
Las muelles se bombardean con pequeños perdigones de acero llamados granalla		15		■		stress shot peen			
Se transportan las hojas para el área de pintura		5	20	■		Con racks			
Pre- tratamiento para limpiar la pieza		5	2	■		pintura			
Aplicación de pintura		8	3	■					
Se hornea la hoja		7	4	■					
Se inspecciona que tome un acabado liso y brillante		3		■		se encuentre lisa			
Se transporta las hojas al área de ensamble		5	15	■		Con racks			
Armado de hojas		30	2	■					
Se inspecciona las características del producto		8		■					
Se simula la operación de carga		43	10	■		Peso del vehículo			
Empaque		10	15	■		Contenedores			
Se transporta al almacén de producto terminado		5	6	■		Con Racks			
Se acomoda en el almacén		5	5	■					
	Total	48	373	147	15	6	1	6	2

Figura 33: Cursograma Analítico

4.3.2 Máquinas

Se presenta la información correspondiente de la maquinaria que se utiliza actualmente en la producción de las muelles, la cual nos sirve para analizar la posible solución del problema planteado por falta de producción.

Maquinaria utilizada para corte



Figura 34: Imagen Cizalla

Nombre de la máquina: Cizalla
Marca: WYSONG
Capacidad: 10' x 3/8"
Modelo: 1038-RD
Serie: P31-126
Mesa: 120-3/4" x 19"
Altura de trabajo: 48"

Carrera de tope: 24"
Tipo de tope: Manual
CPM: 45-60 Aprox
Tipo: Cortina
Sistema: Mecánica
Motor: 10HP
Rpm: 1675
Voltaje: 220V
Voltaje de Transformador: 220V
País de Origen: USA

Dimensiones de la máquina
Largo: 233"
Alto: 90"
Ancho: 72"
Peso de la máquina: 39,000 lbs

Maquinaria utilizada para forja

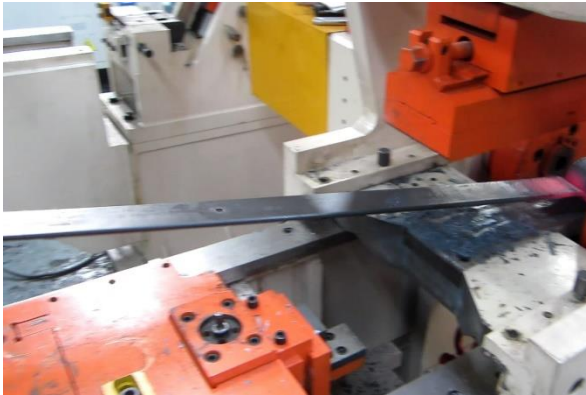


Figura 35: Imagen Horno

Nombre de la máquina: Horno

Marca: XX Zhongli
Modelo: RT-1
Peso: 35 T
Temperatura máxima, 1200 °C.
Capacidad: 150 T
Alimentación a Gas Natural LP
Consumo: 600-800 m3/h
Carga: 3 Fases 220 V
Dimensiones de la máquina:
Largo 7 m Ancho 5 m Alto 3 m
Cavidad interna útil del horno H1:
Fondo 4 m Ancho 4 m Alto 2 m

Maquinaria utilizada para roleo



Marca:	SDGT
Modelo:	ER3F
Especificaciones técnicas	
Barra Metálica	
Espesor	6-25 mm
Ancho	44-120 mm
Diámetro mínimo de la oreja	20 mm
Diámetro máximo de la oreja	130 mm
Productividad	4 orejas/min
Temperatura máxima de trabajo	1100 °C
Alimentación	Gas LP o natural

Nombre de la máquina: Formador de oreja semiautomática

Figura 36: Imagen Formador de oreja semiautomática

Maquinaria utilizada para despalme



Nombre de la máquina: Despalmadora	
Modelo:	DZJ-200
Capacidad:	2000kN
Dimensiones generales	
Longitud:	6000mm
Anchura:	1000mm
Altura de trabajo:	850mm
Altura total	2400 mm
Capacidad Máxima:	300 mm
Temperatura máx. de trabajo	1100 °C
Combustible Gas Natural o Gas LP	
Presión	Hidráulica
Velocidad de Rodillo	20 rpm
Longitud de la abrazadera	200 mm
Capacidad de Presión	100 Ton
Eficiencia máx	7.5 s

Marca: SDGT

Figura 37: Imagen Despalmadora

Maquinaria utilizada para perforado



Nombre de la máquina:	Punzonadora
Modelo	TRJ23 63T
Marca:	McLane
Capacidad:	63 T
Especificaciones técnicas	
Golpe bajo fuerza nominal:	8 mm
Golpe del martillo:	120 mm
Golpes por minuto:	50/min
Máxima altura de cierre:	270 mm
Altura ajustable de cierre:	80 mm
Dimensiones de la mesa (profundidad X ancho):	480x710 mm
Distancia entre columnas:	350 mm
Dimensiones del troquel (diámetro X profundidad):	Ø 50x80 mm
Espesor de refuerzo:	90 mm
Potencia del Motor:	5.5kW
Dimensiones generales:	1810 x 1350 x 2640 mm
Peso:	4000 kg aprox.

Figura 38: Imagen Punzonadora

Maquinaria utilizada para la fase de tratamientos térmicos

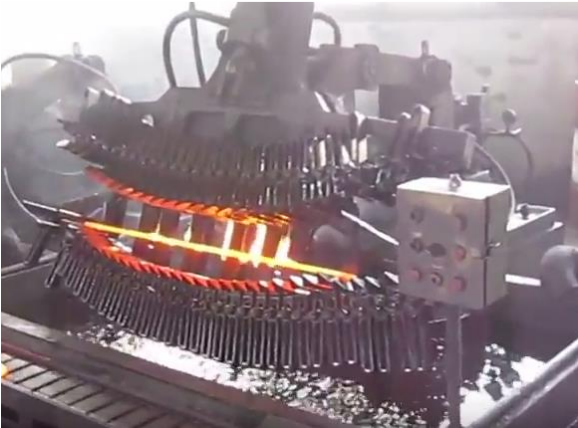
Maquinaria utilizada para austenizado



Nombre de la máquina:	Horno de Tratamiento Térmico
Marca:	Abbott
Capacidad	200 u/h
Temperatura máxima	950 °C
Tamaño:	4000 x 12000 mm

Figura 39: Imagen Horno de tratamiento térmico

Maquinaria utilizada para templado



Longitud min-máx 150 - 2050 mm

Figura 40: Imagen Prensa de temple

Nombre de la máquina: Prensa de temple

Marca: CEG

Tamaño de la placa

Ancho máx. 120 mm

Ancho min 50 mm

Espesor máx. 25 mm

Espesor min 6 mm

Especificaciones técnicas:

Temperatura máxima de trabajo 1100 °C

Ancho del abanico 2200 mm

Altura de máquina de arqueado 270 mm

Tiempo de enfriamiento 0-300 s

Potencia 5.5 kW

Maquinaria utilizada para revenido



Figura 41: Imagen Cabina de revenido Bättenhausen

Nombre de la máquina: Cabina de Revenido

Marca: Bättenhausen

Capacidad: 130 m3

Especificaciones técnicas

Plataforma de carga 5 x 7.7m

Duración de tratamiento 60-150 min

Maquina utilizada para la revisión de dureza



Figura 42: Imagen Durometro.

Nombre de la maquina: Durometro

Marca: Rockwell

Capacidad: 150 kgf

Dimensiones

Ancho: 475 mm

Longitud: 220 mm

Altura: 865 mm

Maquina utilizada para granallado



Figura 43: Imagen Shot Peen

Nombre de la maquina: Shot Peen
Marca: OMSG
Capacidad max 400 u/h
Dimensiones
Ancho: 4800 mm
Longitud: 7600 mm
Altura: 5000 mm

Maquinaria utilizada para pintura



Marca: Spray
Dimensiones
Ancho: 4000 mm
Fondo: 8000 mm
Altura: 5500 mm
Especificaciones técnicas
Voltaje de entrada 220V
Presión de entrada 6 bar
Normativa EN 50053-2: EEx 5 mJ
Laboratorio Certificador Ex LOM 00.E.2049
Herramienta
Pistola Automática Modelo AP3X-CP
Tensión primaria 22 V DC
Tensión de salida 85 kV
Intensidad de salida máxima 100 mA
Peso 900 gr

Nombre de la maquina: Ecout

Figura 44: Imagen Ecout.

Maquinaria utilizada para ensamble



Figura 45: Banda transportadora

Nombre de la máquina: Banda transportadora

Marca: WireBelt

Alta resistencia

Acero Inoxidable 304

Ancho: 3 m

Largo: 15 m

Herramienta utilizada para la colocación de la tornillería



Figura 46: Llave de torque.

Nombre de la herramienta: Llave de torque neumática

Marca: Enerpac

Modelo: PTW3000

Peso: 10kg

Brazo de reacción 2.85 lbs

Salida 1220-4067 Nm

Máquina utilizada para la colocación de bujes



Nombre de la máquina: Prensa Neumática

Figura 47: Prensa Neumatica

Marca: MIKEL'S

Modelo: PHB-100

Capacidad: 100 T

Especificaciones técnicas:

Peso: 670 Kg

Ancho: 1200 mm

Fondo: 990 mm

Altura 2050

Máquina utilizada para simulación de carga



Nombre de la máquina: Máquina Probadora
Modelo: PTM100
Tamaño de la muelle
Longitud: 2100 mm
Ancho: 1200 mm
Espesor: 3500 mm
Altura: 3500 mm
Especificaciones técnicas
Sensor Encoder
Desplazamiento Sensor de Fuerza
Carga <0.3% Carga completa
Repetibilidad estática <0.5mm
Repetibilidad rígida <1 %
Control de velocidad Manual ajustable

Figura 48: Máquina probadora

4.3.3 Técnicas de calidad y control

A continuación se describen las técnicas de calidad y control, las cuales se utilizan en la operación actual para poder identificar las mejoras con las que cuenta el proceso y posteriormente analizar las áreas de mejora disponibles que se puedan implementar.

Día Kaizen - Mejores prácticas

Se basa en que toda persona pueda participar en su área o departamento. El primer paso es generar una lluvia de ideas por parte de los integrantes, de las cuales se pone a votación para desarrollar y describir de forma breve el área de oportunidad, después de desarrollar y ejemplificar el antes y el después de trabajar la mejora y finalmente los beneficios que implica el desarrollar la idea.

Ayudas visuales.

Las ayudas visuales que son utilizadas en las áreas productivas, con guías y distintivos que ayudan en las operaciones cotidianas en estaciones de trabajo. Estas son prácticas y fáciles de entender para su uso.

Instructivos.

Los instructivos son usados como herramientas que guían el armado o el uso de máquinas y herramientas para nuevos operadores

Manuales de mantenimiento.

Los manuales de mantenimiento describen las actividades de servicio, limpieza y protocolos de acción ante las fallas potenciales que puedan presentar las máquinas y equipos, así como las fechas programadas de estas actividades, esto con la finalidad de facilitar una acción planificada y eficiente de mantenimiento

Manual de uso de maquinaria

Este manual presenta paso a paso el uso de la máquina, ya que el buen funcionamiento de la maquinaria determina el tiempo útil del equipo usado.

Planos de armado

Los planos son prácticamente el explosivo del producto final a ensamblar el cual indica cuales son las piezas, dimensiones y componentes y ayudan al desarrollo de la tarea de forma correcta.

4.3.4 Valores de producción actual

A continuación se explican los valores de producción actual dentro de los que se abarca lo siguiente:

- Tiempo estándar de producción
- Eficacia
- Capacidad de producción
- Plan maestro de producción actual

Tiempo estándar de producción actual:

El tiempo estándar actual de producción se obtuvo con datos de producción obtenidos de fábrica. Se realizó el cálculo de los tiempos de operación y capacidad de producción actual de la siguiente manera para un turno de trabajo:

Cálculo de la meta por turno

Se comenzó por calcular la meta por turno, que es la cantidad de trabajo a realizar por el obrero durante una jornada de trabajo y se calcula de la siguiente manera:

$$T = J / t$$

T=Número de piezas como tarea o meta

J=Minutos por jornada

t= tiempo estándar

Cálculo de unidad de tránsito.

Después se calculó la unidad de tránsito que es la cantidad de obreros o máquinas que se requieren para producir el total de piezas, con duración de un minuto, indicadas en la meta por turno y se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Unidad de tránsito} = \text{Meta por turno} / \text{Jornada (Tiempo disponible por jornada)}$$

Cálculo del número de obreros.

Se realizó el cálculo de número de obreros o máquinas requeridas al multiplicar la unidad de tránsito por el número de minutos que requiere la fabricación de producto en cada estación.

$$\text{Número de operarios/máquina} = t \text{ (tiempo estándar)} \times \text{Unidad de tránsito}$$

Capacidad por estación en piezas

Se obtuvo multiplicando tarea estándar o meta por turno por el número de obreros calculados en esa estación. Se debe detectar aquella estación que detecte menor capacidad la cual representa el cuello de botella y la cual es la capacidad de producción actual de la línea.

Determinar la capacidad de la línea:

- La capacidad de la línea se divide entre el número de obreros y se establece la meta por obrero.
- La capacidad teórica de la línea se obtuvo multiplicando el total de obreros por los minutos de la jornada y dividido el producto entre el total de minutos de producción.

Capacidad teórica= Número de obreros x Tiempo disponible / Total de minutos de producción
Obteniendo los siguientes resultados conforme se muestra en la Tabla 11 tiempo de operación.

Tabla 11
Tiempo estándar de operación

Estaciones	Tiempo estándar de operación															Tiempo total de operación
	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4		Estación 5	Estación 6		Estación 7	Estación 8			Estación 9		Estación 10	
Actividad	Corte de solera	Forja	Roleo	Perforado	Despalme	Auslenizado	Templado	Revenido	Granallado	Pretratamiento	Pintura	Horneado	Armado de hojas	Simulación de carga	Empaquetado	Minutos
Tiempo estándar por bloque de 48 muelles	7	25	36	36	36	15	44	25	20	5	8	10	43	43	20	373
Tiempo estándar por muelle	0.15	0.52	0.75	0.75	0.75	0.31	0.92	0.52	0.42	0.10	0.17	0.21	0.90	0.90	0.42	7.77
Meta por turno / Capacidad por estación	3086	864	600	600	600	1440	491	864	1080	4320	2700	2160	502	502	1080	
Tiempo disponible por turno	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	
Número de obreros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Unidad de tránsito	6.86	1.92	1.33	1.33	1.33	3.20	1.09	1.92	2.40	9.60	6.00	4.80	1.12	1.12	2.40	

Datos obtenidos

Tiempo disponible por jornada= 450 minutos

Tiempo estándar por muelle = 7.77 minutos

La capacidad de la línea se establece por la operación más tardada en 491 unidades por turno

La capacidad teórica se calculó en 869 unidades por turno

La eficacia se estableció entre la (capacidad de la línea / capacidad teórica) x 100

Eficacia = $(491/869) \times 100 = 57\%$

Con los resultados mostrados aquí se demuestra que todavía se cuenta con capacidad instalada suficiente para poder obtener mayor producción.

A continuación se presentan las causas de tiempo muerto y atrasos detectados que afectan a la operación actual. Se informan los siguientes tiempos muertos con los diferentes conceptos durante el desarrollo de cada turno de trabajo (ver Tabla 12)

Tabla 12*Tiempos muertos de operación por turno*

Concepto	Tiempo (Min)	Operación detectada
Tiempo de ajuste de corte	20	Estación 1 Corte
Tiempo de arranque de horno	10	Estación 2 Horneado
Tiempo de paro por cambio de herramienta	37.50	Estación 6 Templado
Total	67.5	

El total de tiempo muerto por jornada de trabajo es de 67.5 minutos lo que se convierten en 74 piezas si se divide entre el tiempo estándar de la operación más tardada que es el templado.

Capacidad de producción

Para determinar la producción diaria se realizó lo siguiente:

Turnos diarios = 3

Capacidad de la línea por turno = 491

Capacidad de la línea disminuida por turno = $491 - 74 = 417$

Capacidad diaria por tres turnos = 1252

Capacidad mensual 25 días completos

Sábados Dos turnos

Domingos Mantenimiento preventivo de maquinaria

Requisito de producción mensual

La demanda promedio mensual de la producción de muelles fue calculada con base en la venta realizada durante el periodo del 2015 a 2017 y proyectada linealmente al año 2018-2019 (ver Figura 49).

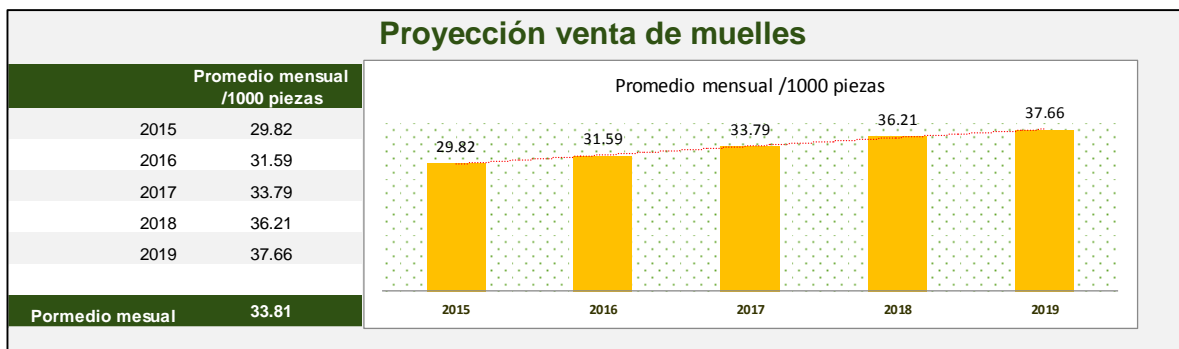


Figura 49: Proyección de ventas

Tomando estos valores como base y proyectando los años 2018 y 2019 con base en el nuevo contrato ganado de 700 piezas mensuales y al aumento de producción, se presenta los siguientes datos como pronóstico de venta con un incremento a cubrir para estos periodos (ver Tabla 13).

Tabla 13*Plan maestro de producción*

Producto	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	Promedio mensual	% Participación
3 Hojas	20,908	20,305	19,823	20,242	19,388	21,445	19,318	21,696	21,970	21,525	21,812	19,669	20,675	57%
4 Hojas	10,418	10,118	9,878	10,087	9,661	10,686	9,626	10,811	10,947	10,726	10,869	9,801	10,302	28%
5 Hojas	5,293	5,140	5,018	5,124	4,908	5,429	4,890	5,492	5,562	5,449	5,522	4,979	5,234	14%
	36,619	35,562	34,719	35,453	33,958	37,560	33,835	37,999	38,478	37,699	38,202	34,448	36,211	

Producto	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Promedio mensual	% Participación
3 Hojas	21,842	21,891	21,083	21,510	21,159	21,223	21,589	21,343	21,970	21,131	21,864	21,456	21,505	57%
4 Hojas	10,884	10,908	10,506	10,718	10,544	10,576	10,758	10,635	10,948	10,530	10,895	10,692	10,716	28%
5 Hojas	5,529	5,542	5,337	5,445	5,356	5,373	5,465	5,403	5,562	5,349	5,535	5,432	5,444	14%
	38,254	38,340	36,925	37,673	37,059	37,171	37,812	37,380	38,479	37,010	38,294	37,579	37,665	

Requisito de producción mensual de 36,211 piezas con el nuevo contrato de 700 piezas y la proyección, se tiene un déficit de producción de 2,593 piezas mensuales para el año 2018 y de 4,693 piezas para el año 2019 (ver Tabla 14).

Tabla 14*Capacidad de producción*

Año	Capacidad por día	Capacidad Mensual	Requisito mensual	Déficit
2018	1,252	34,641	36,211	1,570
2019	1,252	34,641	37,665	3,024

4.3.4.1 Costo unitario de producción de la muelle conforme a la categoría (Parabólicos y multihojas).

Para continuar con el análisis del sistema productivo actual, se determina el costo unitario de fabricación en el cual se consideró lo siguiente (ver Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17):

- Costo de material por categoría de muelle en Kg (Acero)
- Costo de material (Bujes, tornillería y empaque)
- Costo de mano de obra
- Costos indirectos de producción (Electricidad, agua, costos indirectos)

Tabla 15*Desglose de costo mano de obra*

Desglose de costo de mano de obra					
Personal	Cantidad	Salario mensual	Carga social	Salario + Carga	Total mensual
Operadores	15	\$6,000	0.32	\$ 7,920.00	\$ 118,800.00
Supervisores	3	\$15,000	0.32	\$ 19,800.00	\$ 59,400.00
Almacenistas	1	\$8,000	0.32	\$ 10,560.00	\$ 10,560.00
				Total	\$ 188,760.00
				Por turno	\$ 6,292.00

				Por hora	\$ 786.50
				Piezas por hora	52
				Costo por pieza	\$ 15.13

Tabla 16

Desglose del costo indirecto

Desglose de Costo Indirecto de fabricación mensual		
Concepto	Cantidad	Costo mensual
Agua	1	\$ 25,000.00
Luz	1	\$ 26,000.00
Maquinaria	1	\$ 300,000.00
MOI	1	\$ 590,000.00
Total mensual		\$ 941,000.00
Costo diario		\$ 31,366.67
Costo por turno		\$ 3,920.83
Piezas por hora	52	
Costo por pieza		\$ 75.40

Tabla 17

Costo unitario por categoría de la muelle

Concepto	3 Hojas	4 Hojas	5 Hojas	Costo Unitario (pesos mxn)	Costo por pieza 3 hojas (pesos mxn)	Costo por pieza 4 hojas (pesos mxn)	Costo por pieza 5 hojas (pesos mxn)
Acero (kg)	6	10	14	\$ 7.19	\$ 43.14	\$ 71.90	\$ 100.66
Bujes	2	2	2	\$ 20.00	\$ 40.00	\$ 40.00	\$ 40.00
Tornillos con tuerca	1	2	3	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 30.00	\$ 45.00
Abrazaderas	2	1	2	\$ 70.00	\$ 140.00	\$ 70.00	\$ 140.00
Empaque	1	1	1	\$ 2.50	\$ 2.50	\$ 2.50	\$ 2.50
Costo mano de obra (por turno)	19 trabajadores			\$ 15.13	\$ 15.13	\$ 15.13	\$ 15.13
Costos Indirectos		1		\$ 75.40	\$ 75.40	\$ 75.40	\$ 75.40
				Costo Unitario	\$ 331.17	\$ 304.93	\$ 418.69

Se presenta la siguiente Tabla 18 con el desglose de la utilidad por categoría de la muelle.

Tabla 18*Utilidad por categoría de la muelle*

Descripción	Producto	Costo Fabricación (pieza)	Costo de venta (pieza)	% Ganancia	Utilidad (pieza)
Muelle Parabólico	3 hojas	\$ 331.17	\$ 604.00	45%	\$ 272.84
Muelle Multihoja	4 hojas	\$ 304.93	\$ 400.00	24%	\$ 95.08
	5 hojas	\$ 418.69	\$ 517.50	19%	\$ 98.81

4.4 Análisis de solución

Con base en el análisis realizado sobre la capacidad instalada actualmente sobre la línea de producción de muelles, tanto parabólicos como multihojas, se determina estar trabajando a un 57% de la capacidad instalada bajo los tiempos y análisis de flujo de procesos. Mediante el análisis del proceso actual se observaron las siguientes áreas de oportunidad:

- Paros de máquina por ajustes.
- Tiempos prolongados en cambio de herramienta.
- Variedad de moldes
- Material desperdiciado por mal temple por exceso de tiempo en actividades de preparación
- Actividades mal ejecutadas por parte del operador

Por lo que se tomó la decisión de generar un análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) como herramienta, que refuerce la acción de implementar un paquete tecnológico de mejora continua o la adquisición de maquinaria para el aumento de la producción.

4.4.1 Aplicación de análisis para la detección de mejoras del AMEF

Para el inicio del análisis de mejoras se utiliza la metodología AMEF para la detección de los riesgos potenciales implicados en el sistema productivo.

A continuación se realiza el análisis AMEF dentro de cada actividad de la línea de producción para poder identificar riesgos potenciales o problemas que surjan, con el propósito de realizar un plan de acción. (ver Tabla 19)

Tabla 19
Análisis de AMEF

Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales



Numero de Documento:
AMEF-PO0401

Proceso / Nombre del producto: Elaboración de Mueles
Nombre del documento: AMEF Herramienta de Calidad

Preparado por: Oscar Alvar, María Ariza, Luis Campa, Néstor Hernández, Carlos Lemus
Fecha: 08-ene-17

Revisado por: Oscar Alvar, María Ariza, Luis Campa, Néstor Hernández, Carlos Lemus
Fecha de Revisión: 08-ene-17 # Revisión: 01

Note: Todos los cambios deben reportarse en la sección de abajo

Proceso ID	Paso del proceso	Requerimientos	Modo de Falla Potencial	Efecto Potencial de Falla	Efectividad	Causa Potencial	OCC	Control de proceso		D	R	P	E	O	C	D	R	
								Con fines de prevención	Con fines de control									
10	Operaciones Prestar	Diferencias correctas de corte (Largo, ancho y espesor) Calefacción de material (500 grados) Fuerza de ejecución de maquinaria para Roleo Alineación de material para troquear	Faltas por material no conforme	Material Scrap	8	Mal ejecución de medida del operador	4	Instrucciones de corte de Metales	Verbal y medición de la muestra de departamento de calidad	8	256			8	4		8	256
				Material Scrap	8	No se programó la máquina correctamente o presionar de computadora	2	Maneja el nivel de presión y material para programar el horno	Muestreo por parte de calidad	4	64			8	2		4	64
				Defecto material	7	Maquina mal calibrada	3	Maneja el nivel de presión, material calibrado	Verbal y medición de la muestra de departamento de calidad	3	63			7	3		3	63
				Defecto material	7	Mal ejecución del operador al colocar material	4	Instrucciones Troquear	Verbal y medición de la muestra de departamento de calidad	5	140			7	4		5	140
20	Tratamiento Temper	Calefacción de material (500 grados) Moldes no corresponden a tamaño Formar, tiempo material con chimeneas específicas Dirección incorrecta de los materiales	Defectos en el horno	Material Scrap	8	No se programó la máquina correctamente o presionar de computadora	2	Maneja el nivel de presión y material para programar el horno	Muestreo por parte de calidad	7	112			8	2		7	112
				Material Scrap	8	Mal ejecución operador	7	Verbal	8	448	Técnica de 5's	8	7		8	448		
				Material Scrap	8	Variedad de moldes	7	No se tienen controles preventivos para el proceso	Verbal	8	448	Técnica S.M.E.D cambios de tamaño	8	7		8	448	
				Material Scrap	8	Tiempo de calefacción y entumescimiento del material	7	Verbal	8	448	Dispositivos prueba de error Poka Yoke	8	7		8	448		
				Material Scrap	8	No se programó la máquina correctamente o presionar de computadora	2	Maneja el nivel de presión y material para programar el horno	Muestreo por parte de calidad	7	112			8	2		7	112
				Material Scrap	7	La hoja se colocada de forma incorrecta o la velocidad del galvanizado es incorrecto	3	Maneja el nivel de presión y material para programar el horno	Muestreo por parte de calidad / pruebas de alta velocidad	7	147			7	3		7	147
Pinta	Pinta	Químicos correctos que impidan la corrosión Horneo del ligas pasasabado	Utilizar químico incorrecto Dejar las ligas en el horno	Material Scrap	6	Mal ejecución de la pieza	2	Procedimientos ya establecidos	Hijas de seguridad general industrial	7	84			6	2		7	84
				Material Scrap	6	Mal ejecución del operador con respecto al tiempo	1	Estrategia de trabajo que cada una lleva	Hijas de programación de tareas	7	42			6	1		7	42
40	Ensamble	Herramientas para armado Uso incorrecto de las herramientas Componentes Etiquetado Empaque	No tener las herramientas correctas Uso incorrecto de las herramientas Faltas en componentes No detección de errores a la carga No colocar en contenedor adecuado	Material Scrap	7	Mal funcionamiento	4	ayudas visuales y específicas de liguería	Operación de carga	4	112			7	4		4	112
				Material Scrap	7	Mal funcionamiento	4	ayudas visuales y específicas de liguería	Operación de carga	4	112			7	4		4	112
				Material Scrap	8	Mal funcionamiento	4	ayudas visuales y específicas de liguería	Hijas de trabajo	4	128			8	4		4	128
				Material Scrap	8	Mal funcionamiento	4	ayudas visuales y específicas de liguería	Hijas de trabajo	4	128			8	4		4	128
				Material Scrap	7	Mal funcionamiento	4	ayudas visuales y específicas de liguería	Hijas de trabajo	4	112			7	4		4	112

Resultados obtenidos del análisis AMEF

De acuerdo con la figura anterior, el AMEF de diseño, se encuentra que existen 4 fallas, las cuales se presentan en las siguientes fases:

1.-Falla en operaciones previas

- Dimensiones de corte (Largo, ancho) incorrectas debido a la mala ejecución de medición del operador, lo que genera *Scrap* y atrasos en tiempo de producción.

2.-Falla en tratamientos térmicos

- Los moldes no corresponden al tamaño requerido, lo que genera *Scrap*.
- Tiempos prolongados para el ajuste de moldes durante el templado.
- Dureza incorrecta de los materiales por tardanza en los cambios de molde.

La aplicación del paquete tecnológico, que representa tanto herramientas de calidad como herramientas físicas, pretende solucionar el problema establecido de la necesidad de producción la cual es la primera opción de elección, la segunda opción será evaluar la compra de maquinaria como solución para el aumento de producción.

4.4.2 Análisis de la implementación del paquete tecnológico

Con los resultados obtenidos del análisis AMEF se procede a realizar un análisis Kaizen mejor conocido como mejoramiento continuo o también llamado círculo de Deming de la calidad para la planeación de la implementación del paquete tecnológico. El cual se divide en cuatro fases las cuales se aplicaron de la siguiente manera para cualquier proyecto de mejora

- Planificar
- Hacer
- Verificar
- Actuar

Con base en los resultados obtenidos del análisis AMEF se establece la planificación de la mejora continua a partir de estas fallas.

Planificar: Se establece como objetivo para la mejora, el cual es disminuir los tiempos muertos por atrasos, cambios de herramientas y malas prácticas para aumentar la productividad y la producción.

Hacer: Se realiza esto en Operaciones Previas y Tratamientos Térmicos de acuerdo al resultado del AMEF de proceso:

1. Se utiliza una plantilla de corte en Operaciones Previas.
2. Se realizará un ordenamiento de herramental para cambio de moldes.
3. Modificación de herramentales para disminuir tiempos de cambio.

Mediante la aplicación de las herramientas de calidad Poka Yoke, 5'S y SMED se buscan solucionar los problemas detectados.

Verificar: Se realizará el seguimiento y medición con dispositivos aprueba y error *Poka-Yoke*.

Actuar: Tomar acciones para mejorar continuamente el proceso con las RTD Rutinas Diarias de Trabajo. La cuales registren las áreas de oportunidad de la actividad y establezcan controles para la misma.

Desarrollo de las propuestas de mejora

1.- Implementación de dispositivos de aprueba de errores Poka – Yoke

Observando las actividades de producción se detectaron áreas de oportunidad en el corte de materiales y en el cambio de herramienta para el templado de la muelle, las cuales pueden ser abordadas con la herramienta de calidad Poka - Yoke la cual busca eliminar de errores y las fuentes que lo generen, esto a través de dispositivos que no permitan el error humano, ni de proceso o máquina.

Implementación de Poka Yoke en la operación de corte.

En las actividades de corte de solera y perforado se detectó material no conforme por corte incorrecto o perforados de forma errónea, generando retrabajos para los tramos largos, y para el caso de los tramos con dimensiones menores o perforados fuera de lo especificado, se envían directo a desperdicio (*Scrap*).

Por lo que se debe implementar plantillas de corte que permitan la correcta medición y calibración del tamaño a cortar o perforar conforme a los planos y especificaciones que debe presentar el material, conforme al modelo de la muelle que se encuentre en la línea de producción. Al implementar esto en la estación de trabajo ayudará a la disminución de tiempo por ajuste de dimensiones, re trabajo y disminución de costo de materiales enviados a desperdicio por no tener las dimensiones correctas (ver Tabla 20).

Es importante señalar que se debe tener una plantilla por cada hoja y tipo de muelle que se produce.

Tabla 20

Resultados esperados Poka Yoke para corte

No.	Actividad	Resultado inicial	Resultado final esperado
1	Tiempo de retrabajos por error en ajuste de corte	20 m	5 min
2	Número de empleados a capacitar	6	6

Requisitos de implementación.

Materiales:

1. 2 guías de corte con escala de dimensión grabada de 140 centímetros de longitud, Costo unitario \$ 9,500 pesos (Ver Figura 49).
2. Costo de adaptar mesa plana al final del corte para 2 máquinas (corte y perforado), Costo unitario\$ 2,850 pesos (Ver Figura 50).
3. Costo de mano de obra de 2 personas, costo de la actividad \$ 350 pesos



Figura 49: Guías de corte



Figura 50: Mesa plana

Implementación de Poka Yoke en la operación de templeado

Se observó que en la operación de temple se presentan tiempos de paro debido a que el molde cuenta con regletas y uñas que al paso del tiempo y uso se dañan generando ruptura, por lo que el operador debe realizar un paro de máquina para la sustitución de estos elementos. En ocasiones el error humano se presenta al colocar de forma incorrecta este componente del molde generando nuevamente paro por ajuste o daño, repitiendo la actividad y gastando esta refacción.

Así también los cambios de molde son tiempos de paro importantes debido a que no se tienen identificados los moldes, provocando que el operador tarde al buscar el molde correcto y se monte en la maquinaria.

La implementación de inventarios con código de colores para los moldes y refacciones (uñas y regletas) que permita conocer a simple vista las dimensiones y escala de ajuste que se debe realizar al montar en la maquina disminuyendo los tiempos de paro (ver Tabla 21).

El código se realizará de la siguiente manera:

- Se marcarán las regletas, uñas y moldes de color rojo para los muelles parabólicos de 3 hojas.
- Se marcarán las regletas, uñas y moldes de color amarillo para los muelles multihojas de 4 hojas.
- Se marcarán las regletas, uñas y moldes de color azul para los muelles multihojas de 5 hojas.

Tabla 21

Resultados esperados Poka Yoke para temple

No.	Actividad	Resultado inicial	Resultado final esperado
1	Tiempo de búsqueda de molde y herramienta	37.5 m	12.5m
2	Número de empleados a capacitar	3	3

Requisitos de implementación.

Materiales:

1. 12 esmaltes en aerosol para altas temperaturas de 3 colores diferentes (Precio unitario de \$125) (Ver Figura 51).
2. Banner de identificación de los muelles con información de código de colores de 80 X 200 cm costo de \$549 pesos (Ver Figura 52).



Figura 51: Aerosol de colores



Figura 52: Banner de identificación

2.- Aplicación de técnica 5's

La técnica 5's pretenden implementar en la operación de templado en la estación de trabajo número 6 para el cambio de herramienta, de la siguiente manera:

Visitar el área de templado para identificar la manera actual de trabajo y enfocarse en oportunidades de mejora.

Realizar la descripción de la actividad para realizar un levantamiento inicial del templado para establecer un punto de referencia del inicio de la mejora.

La actividad se realiza de la siguiente manera:

El operador de la estación, al realizar el cambio de herramienta en la línea de producción para el formado en la máquina de temple del nuevo modelo de la muelle, se tiene que dirigir al almacén para solicitar el molde correspondiente que siga en la línea de producción y la herramienta correspondiente, lo que genera pérdida de tiempo y errores al solicitar el modelo necesario. Además, que no se cuenta con un área para colocar la herramienta y moldes del cambio.

Se debe iniciar el análisis conforme a lo a continuación descrito:

- Se mide el tiempo en que los trabajadores encuentran y colocan los moldes para desarrollar la operación de manera inicial, con el que ya se cuenta con base en los tiempos de paro por cambio de herramienta (ver Tabla 12, página 61).

- Se inicia con la clasificación que es la primera S en la que se identifica y se eliminan los elementos innecesarios dentro de la estación de trabajo (Trapos, herramienta mal colocada moldes y suciedad), y se clasifican los moldes de las muelles conforme al tipo de muelle requerido, así como el herramental para realizar el cambio de molde. Los moldes se clasifican y se pintan con códigos de colores de acuerdo al tipo de muelle.
- Al terminar esta clasificación y solo quedar aquellos elementos necesarios, se colocan los moldes en estantes de almacén por el almacenista de acuerdo a la clasificación de la muelle. La herramienta se coloca en un carro portaherramientas para su rápida localización y utilización. Se debe contar con carros utilitarios para transportar los moldes para el cambio. Ordenando el área correspondiente a la aplicación de la segunda S.
- Una vez teniendo en orden los moldes y la herramienta se hará la limpieza como especifica la 3's del área de trabajo la cual aplica a (herramientas, polvo, suciedad, aceite y aquellas que se encuentren).
- La estandarización que es la 4's busca crear hábitos de limpieza y orden para evitar perder todo que se ha logrado con la 3's. Los operarios deben conocer claramente cuáles son sus responsabilidades dentro de su área de trabajo y el manejo de sus herramientas, por lo cual se identificarán mediante etiquetas los estantes para moldes en almacén y herramientas a utilizar en los carros portaherramientas.
- La disciplina y la revisión de la implementación de las S deben realizarse mediante las revisiones periódicas o auditorias y la implementación de rutinas diarias de trabajo para el seguimiento a estas actividades, obteniendo como resultado de estas actividades lo indicado en la Tabla 22.

Tabla 22

Resultados esperados para 5's en temple

No.	Actividad	Resultado inicial	Resultado final esperado
1	Tiempo de búsqueda de molde y herramientas.	37.5m	12.5m
2	Número de trabajadores a capacitar	3	3

Requisitos de implementación

Materiales:

1. 2 estantes para colocar moldes de tabla de aglomerado, 72 x 36 x 72" (Precio unitario de \$7,410) (Ver Figura 53).
2. 2 carros porta herramientas de 7 cajones (Precio unitario \$21,736) (Ver Figura 54).
3. 2 carros utilitarios para moldes (Precio unitario de \$4,563) (Ver Figura 55)



Figura 53: Estantes de aglomerado



Figura 54: Carro porta herramientas



Figura 55: Carro para moldes

Aplicación del método SMED “Cambios Rápidos de Producción”

La aplicación del método SMED se realizará en la estación de trabajo número 6 en la operación de templado. Para asegurar que el método SMED dé resultados, todos sus componentes deben ser considerados como parte de un Sistema Integral.

Pasos:

1. Análisis del Método Actual (ver Tabla 23 y Tabla 24)
2. Clasificación de Actividades de Preparación (ver Tabla 25)
3. Conversión de actividades internas en externas (ver Tabla 26)
4. Mejoramiento de actividades internas (ver Tabla 27)
5. Mejoramiento de actividades externas (ver Tabla 28)
6. Estandarizar el nuevo método (ver Tabla 29)

Paso 1: se anota los pasos del procedimiento actual del turno 1 y turno 2, se toman los tiempos de cada actividad realizada y de tiempo total del cambio, se registra todas las observaciones permitientes, incluso las más triviales (En estos detalles se encuentran ideas para mejorar).

1. Análisis del Método Actual.

TURNO 1

OPERADOR "1"

Tabla 23

Análisis del método actual SMED operador 1

Actividad	Tiempo	Observaciones	
1.- Modo manual	0.30	Tener toda la información necesaria	
2.- Cambiar de estación de trabajo.	1.00		
3.- Consulta de número de partes	1.00		
4.- Desmontar tornillo de sujeción	1.00		
5.- Quitar molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén	5.00		
6.- Sujetar molde del rack y ponerlo en estación	9.00		
7.- Desmontar tuercas del porta pisador "Todas"	2.00		No está estandarizado el proceso
8.- Desmontar tuercas del porta pisador "Una por una"	2.00		
9.- Colocar uña	2.00		
10.- Configurar escuadras "Golpear"	2.00		
11.- Configurar escuadra	2.00		
12.- Aprieta tuercas del porta pisador	3.00		
13.- Aprieta uñas	3.00		
14.- Inspección visual de tolerancia.	1.00		
Tiempo total	34.30		

1. Análisis del Método Actual.

TURNO 2

OPERADOR "2"

Tabla 24

Análisis del método actual SMED operador 2

Actividad	Tiempo	Observaciones
1.- Modo manual	.50	
2.- Cambiar de estación de trabajo.	1.00	
3.- Consulta de número de partes	1.00	
4.- Desmontar tornillo de sujeción	1.00	
5.- Quitar molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén	6.00	No trabaja en equipo
6.- Sujetar molde del rack y ponerlo en estación	10.00	
7.- Desmontar tuercas del porta pisador "Todas"	2.00	
8.- Desmontar tuercas del porta pisador "Una por una"	2.00	
9.- Colocar uña	2.00	
10.- Configurar escuadras "Golpear"	3.00	
11.- Configurar escuadra	2.00	Golpea las Escuadras para adecuarlas a los moldes
12.- Aprieta tuercas del porta pisador	3.00	
13.- Aprieta uñas	3.00	
14.- Inspección visual de tolerancia.	1.00	
Tiempo total	37.50	

Paso 2: es clasificar que actividades de preparación son Externas y cuales son internas, simplemente se trasladó el tiempo de cada uno de los operadores.

2. Clasificación de Actividades

Tabla 25
Clasificación de actividades

Operador "1" Operador "2"

Ítem	Actividades	Tiempo (Min)	Tiempo (Min)	Actividades Internas	Actividades Externas
1	Modo manual	0.3	0.5		
2	Cambiar de estación de trabajo.	1	1		
3	Consulta de numero de partes	1	1		
4	Desmontar tornillo de sujeción	1	1	Desmontar Tornillo	
5	Quitar molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén	5	6		Llevar molde a rack.
6	Sujetar molde del rack y ponerlo en estación	9	10		Traer molde a estación.
7	Desmontar tuercas del porta pisador "Todas"	2	2		
8	Desmontar tuercas del porta pisador "Una por una"	2	2	Desmontar tuercas	
9	9.- Colocar uña	2	2	Colocar uñas.	
10	Configurar escuadras "Golpear"	2	3	Configurar escuadras	
11	Configurar Escuadra	2	2	Colocar escuadras	
12	Aprieta tuercas del porta pisador	3	3	Apretar tuercas	
13	Aprieta uñas	3	3	Apretar uñas	
14	Inspección visual de tolerancia.	1	1	Inspección visual	
Total			34.3	37.5	8
					2

Especificaciones de actividades.

- Actividades Internas
- Actividades Externas
- Actividades que no afectan en el tiempo

Paso 3: se simplifican las actividades interna y externa. Para esto, se puede analizar las observaciones que se realizaron al principio, con la finalidad de encontrar el problema. Las actividades internas tienen en común la acción de armar y desarmar.

3. Conversión de Actividades

Tabla 26
Conversión de actividades

Actividades	Actividades Internas	Actividades Externas	¿Cómo?	Observaciones
1.- Desmontar tornillo de sujeción, tuercas, colocar reglas y uñas para cargar la muelle	Implica las 8 actividades que se realizan en la clasificación		Todas las actividades internas llevan tuercas por eso se clasifican juntas	Esto se realiza con una matraca de torsión y diferentes dados para las tuercas.
2.-Quitar molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén		Quitar el molde y llevarlo al almacén	El almacenista se encarga de ir a recoger el molde que se uso	
3.- Traer del almacén el nuevo molde a ocupar, colocarlo en el polipasto y ponerlo en la estación		Buscar el molde en el almacén de acuerdo al tipo de muelle que se fabricará	El almacenista llevará antes del cambio de producto el molde a ocupar	El mayor tiempo desperdiciado es en buscar que molde sigue y sus aditamentos para colocarlo en la máquina
Actividades Totales:	1	2		

Especificaciones de actividades.

- Actividades Internas
- Actividades Externas
- Actividades que no afectan en el tiempo

Paso 4: se encuentran las actividades internas que causan atrasó, para mejorarlas se consideró colocar una pistola neumática que realice la actividad de desatornillas y atornillar. Tener un herramental adecuado para su fácil colocación.

4. Mejora de Actividades Internas

Tabla 27

Mejora de actividades internas

Actividades	Actividades Internas	Actividades Externas	¿Cómo?	Observaciones
1.- Desmontar tornillo de sujeción, tuercas, colocar reglas y uñas para cargar el muelle	Desmontar tuercas del porta pisador "1 x 1"		Siguiendo un orden de desmontarlas continuamente.	Colocando una pistola neumática que realice la actividad de desatornillar y atornillar
	Colocar uña		El operador necesita las uñas de diferentes tamaños	Capacitando al operador
	Configurar escuadras "Golpear"		Las escuadras se pueden colocar sin la necesidad de golpearlas.	Se necesita adquirir más escuadras
	Apretar tuercas del porta pisador		Siguiendo un orden de apretarlas continuamente.	

Especificaciones de actividades.

- Actividades Internas
- Actividades Externas
- Actividades que no afectan en el tiempo

Paso 5: Las actividades externas son las que limitan la frecuencia de cambios que se pueden realizar. Debido a esto, se optimiza el tiempo de preparación externa. En la columna ¿Cómo? Se registró como sería la solución.

5. Mejora de Actividades Externas

Tabla 28

Conversión de actividades

Actividades	Actividades Internas Tiempo	Actividades Externas	¿Cómo?	Observaciones
		2.- Quitar molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén	El almacenista puede estar listo con el polipasto, y llevárselo.	El almacenista y el operador trabajan juntos
			Mientras el almacenista quita el molde, el operador puede ir desatornillando las reglas y las uñas para que sea más rápido	Misma operación a la vez.
		3.- Traer del almacén el nuevo molde a ocupar colocarlo en polipasto y ponerlo en la estación	El almacenista puede llevar el molde que se va a poner cuando vaya por el molde que se ocupó.	El almacenista tiene la hoja de producción para ver cuál sigue.

Especificaciones de actividades.

- Actividades Internas
- Actividades Externas
- Actividades que no afectan en el tiempo

Paso 6: se calcula el nuevo tiempo de preparación de actividades internas y externas, donde las actividades externas se eliminan del proceso, se documenta el método como un procedimiento estándar, se capacita a todo el personal involucrado y se monitorea el nuevo método para corregir desviaciones.

6. Estandarice el Nuevo Método

Tabla 29

Estandarice el nuevo método

Actividades	Vega	Juárez
	TIEMPO (MIN)	Tiempo (Min)
1.- Modo manual	0.5	0.5
2.- Cambiar de estación de trabajo.	1	1
3.- Consulta de número de partes	1	1
4.- Desmontar tornillo de sujeción	1	1
5.- Quitar el molde con el polipasto y colocarlo en el rack para regresarlo al almacén	0	0
6.- Sujetar molde del rack y ponerlo en estación	0	0
7.- Desmontar tuercas del porta pisador "Todas"	1	1
8.- Desmontar tuercas del porta pisador "Una por una"	1	1
9.- Colocar uña	1	1
10.- Configurar escuadras "Golpear"	0	0
11.- Configurar escuadra	2	2
12.- Aprieta tuercas del porta pisador	1.5	1.5
13.- Aprieta uñas	1.5	1.5
14.- Inspección visual de tolerancia.	1	1
Total	12.5	12.5

Especificaciones de actividades.

- Actividades Internas
- Actividades Externas
- Actividades que no afectan en el tiempo

Se observa que el método SMED ayuda a encontrar las actividades que causan más tiempo en el proceso, este ayuda a dividir las en dos partes: internas y externas, las internas son las que no se

cambian, pero se mejoran y las externas son actividades que están dentro del proceso, pero se pueden quitar de él, ayuda también a encontrar la solución. Para realizar de una forma óptima las actividades internas se adapta una pistola neumática que disminuye el tiempo considerablemente en vez de hacerlo manual. Las actividades externas se solucionan por medio de un herramental adecuado y con ayuda del material humano, para llevar y traer el molde. Con base en lo anterior, el método SMED ayuda a reducir de un tiempo de 37. 5 minutos a 12. 5 minutos estandarizando el procedimiento y mejorando el proceso (ver Tabla 30).

Tabla 30

Resultados esperados de SMED

Actividad	Resultado inicial (Actividades)	Tiempo inicial	Resultado final (Actividades)	Tiempo final
Actividades Internas causantes de demoras	8	17 min	7	8 min
Actividades Externas causantes de demoras	2	16 min	0	0 min
Total de Actividades causantes de demoras (Internas + Externas)	10	34 min	7	12.5 min
Actividades que no causan demoras	4	4.5	4	4.5 min
Actividades del proceso TOTAL	14	37.5	11	12.5
Mejora de Actividades Internas:	1.- Matraca de torsión		1.- Pistola Neumática	
Mejora de Actividades Externas:	2.- Reglas desgastadas 3.- Uñas de tamaño incorrecto 4.- Operador lleva molde al almacén y trae molde nuevo		2.- Maquinar reglas nuevas 3.- Maquinar uñas de distintos tamaños 4.- Almacenista lleva molde nuevo al operador y recoge molde usado para llevar al almacén.	

Requisitos de implementación.

Materiales:

1. Una pistola neumática de impacto 1 pulgada 2500 Ft torque, Costo unitario \$9,400 pesos (ver Figura 55).
2. Se mandarón a maquinar nuevas uñas, de diferente tamaño, 84 en total ya que los moldes llevan cada uno 28 uñas y las que se tienen están desgastadas y no cubre las necesarias, Costo unitario \$500 pesos. Costo total \$42,000.00 (ver Figura 56).
3. Se mandarón a maquinar las reglas, de diferentes tamaños, 84 en total, ya que los moldes llevan 28 reglas y las que se tienen se encuentran chuecas. Costo unitario \$ 180 pesos. Costo total \$15,120.00 pesos (ver Figura 57).
4. Compresor, libre de aceite, 1.5 H.P., 20 galones, 150 PSI, \$9,899 pesos (ver Figura 58)



Figura 55: Imagen Pistola neumática

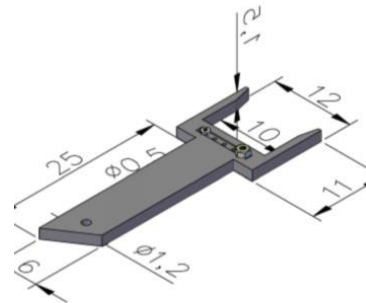


Figura 56: Dibujo Uña

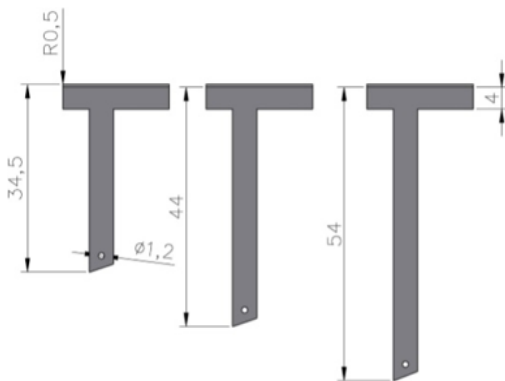


Figura 57: Dibujo Reglas



Figura 58: Imagen Compresor

Rutinas diarias de trabajo

Todo el personal operativo realiza actividades para satisfacer las necesidades de los procesos. En la mayoría de las ocasiones, estas deben repetirse varias veces, todos los días. Un Procedimiento Operativo Estándar (POE) da las siguientes características (ver Figura 59):

1. Su resultado es Predecible
2. Su resultado es el Deseado

Rutinas Diarias de Trabajo				
RDT: _____		Fecha: ___/___/___	Estación: _____	
Alimentación de Piezas a Maquina		Bloques: _____		
Actividad	Planteamiento de Verificación	Cumplimiento		Causas de desviación/observaciones
		SI	NO	
Acercar contenedor con moldes	Cambio de Moldes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Llevar moldes a almacén	Mantener moldes usados en almacén	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 59: Formato rutinas diarias de trabajo.

Acorde a las implementaciones propuestas se presenta el resumen de los tiempos que se pueden reducir debido a la implementación del paquete tecnológico se muestra en la Tabla. 31.

Tabla 31

Resultado de implementaciones

Concepto	Tiempo (Min)	Reducción de tiempo (Min)	Tiempo final (Min)
Tiempo de ajuste de corte	20	15	5
Tiempo de arranque de horno	10	0	10
Tiempo de paro por cambio de herramienta	37.50	25	12.5
Total	67.5	40	27.5

4.4.3 Análisis de adquisición de maquinaria

A pesar de que el alcance de la inversión es sin duda uno de los factores primordiales en la selección de la tecnología, también es necesario tomar en cuenta otros elementos, aún en los proyectos más sencillos. Entre ellos se encuentran los requerimientos del mercado, evaluación de la pertinencia, la oportunidad del costo y su estudio financiero.

La segunda opción que es considerada como parte de las posibles soluciones al problema de producción que enfrenta la empresa X, es la adquisición de maquinaria; por consecuencia se efectúa el análisis de costos que implicarían esta opción.

Adquisición de Máquina de formado:

En el proceso de temple, después de que la pieza sale del horno de austenizado, se cuenta con una máquina de moldeo, donde se colocan las soleras que vienen a 950 °C en los moldes de formado.

Estos moldes están compuestos por unas uñas que sujetan la solera, y unas reglas que se acomodan dependiendo del arco deseado, que al momento de accionar la prensa hidráulica comprimen la pieza y la llevan al aceite para el enfriamiento rápido.

En esta operación se tienen tiempos de paro por el cambio de moldes, o por el ajuste del molde por reglas o uñas dañadas. Con una máquina adicional se distribuye el cambio de moldes y se aumenta la capacidad de moldeo al doble.

4.4.3.1 Análisis de opciones de proveedores

Se realiza la cotización correspondiente para la adquisición de la máquina de formado, esto con la finalidad de considerar las diferentes opciones de costo de la maquina adicional. Se realizó una averiguación de los diversos proveedores existentes en el mercado. De las opciones obtenidas se integra el análisis detallado de los costos que generarían la adquisición de la máquina de formado, el cual considera los gastos de importación, la instalación de la maquinaria en la planta, y sus periféricos (ver Tabla 32).

Tabla 32*Adquisición de Maquinaria de Formado*

Proyecto: Adquisición de Maquina de Formado

Proveedor: CEG

Maquina Prensa de Temple

		Costo	
		MXN	USD
Leaf Spring Quenching Machine		290,308.50	15,000.00
Origen	Beijing, China		
Incotermfca	Qingdao Port		
Tamaño	2520x2200x1400 Mm		
Peso	1572 Kg		
Desconsolidado	Manzanillo	11,294.94	583.60
Aduanas	Importación	3,181.78	164.40
Seguro	17%	49,352.45	2,550.00
Flete	Manzanillo-Planta Torton	18,000.00	930.05
Instalación	2 Semanas		
Vuelo + Hospedaje		85,000.00	4,391.88
Viáticos		232,246.80	12,000.00
Moldes	6 moldes	135,000.00	6,975.34
Uñas de sujeción	14 /molde	42,000.00	2,170.11
Fabricación de Reglas	14 /molde	15,120.00	781.24
Grua Viajera	5 toneladas	195,000.00	10,075.49
Instalación	3 Días	45,000.00	2,325.11
T.C*	19.3539	Total	MXN 1,121,504.46
			USD 45,546.61

*Tipo de cambio referencial a la fecha 11/05/2018

4.4.4 Valores de producción esperados

Tomando en cuenta las mejoras propuestas del paquete tecnológico para las actividades a desarrollar dentro del proceso de producción de las muelles, se obtiene una disminución de tiempo muerto y atraso de 67.5 minutos a 27.5 minutos prácticamente un 40%, obteniendo un incremento en la producción mensual de 38,263 piezas, cubriendo de forma favorable el incremento en la venta (ver Tabla 33).

Tabla 33

Valores de producción esperados con paquete tecnológico

Año	Capacidad por turno aumentada piezas	Capacidad por día aumentada piezas	Capacidad Mensual aumentada piezas	Requisito mensual piezas
2018	461	1,383	38,263	36,211
2019	461	1,383	38,263	37,665

Otra de las opciones que se evaluó es la adquisición de una máquina de formado para el proceso de temple, con la cual se podría tener el doble de piezas hablando de un proceso óptimo solo para esta estación. Por lo cual la capacidad de la línea se vería sujeta a la operación más lenta que pertenece a la Estación 9 en el proceso de armado quedando por debajo del requerimiento mensual que esta pronosticado para los años 2018 y 2019. (ver Tabla 34).

Tabla 34

Valores de producción esperados con adquisición de maquinaria

Año	Capacidad por turno (piezas)	Capacidad Mensual piezas	Requisito mensual piezas	Diferencia
2018	428	35,554	36,211	- 657
2019	428	35,554	37,665	- 2,111

4.5 Evaluación y selección tecnológica

De las dos propuestas planteadas que son el paquete tecnológico o la compra de maquinaria se opta por la implementación del paquete tecnológico ya que nos parece la opción óptima debido a que los principales problemas que se detectan son por deficiencias del proceso como atrasos y errores humanos, se considera que la mejora por medio de herramientas de calidad brindan además del aumento de la productividad, otorgan solución a otros problemas detectados dentro de la línea de producción, brindan conciencia a los operadores y un involucramiento con su trabajo y operaciones realizadas.

Conforme a la Tabla 35 se realiza un comparativo de las opciones establecidas de solución para poder representar la toma de decisiones que se tuvieron para elegir el paquete tecnológico como la opción óptima para solucionar el problema planteado de falta de producción.

Tabla 35

Comparativo de posibles implementaciones

Concepto	Paquete tecnológico	Compra de maquinaria
Aumenta la producción	✓	✓
Reducción de tiempos muertos	✓	✓
Costo elevado	×	✓
Instalación especializada	×	✓
Mejora en el rendimiento de operadores	✓	×
Mejora las condiciones de trabajo	✓	×

Una vez seleccionando la solución mediante la aplicación del paquete tecnológico, en el estudio del capítulo de análisis financiero se procede a estudiar la viabilidad de las implementaciones de manera monetaria y rentable.

4.6 Capacitación y Adiestramiento

La capacitación para La Empresa X es de vital trascendencia; La Dirección de Recursos Humanos desarrolla una política de capacitación formal que consolida cuatro vertientes:

1. Transmisión de información: Incrementar el conocimiento de los colaboradores, integra información sobre la organización, sus clientes, productos y servicios, políticas y directrices, reglas y reglamentos.
2. Desarrollo de habilidades. Mejora de habilidades y destrezas, Habilitar en los colaboradores para que puedan ejecutar y operar tareas específicas, manejo de equipo, maquinaria, herramientas e implementaciones de sistemas de calidad.
3. Desarrollo de actitudes: Desarrollo o modificación de la conducta, cambiar actitudes negativas por favorables, adquirir conciencia de las relaciones y mejorar la sensibilidad hacia las personas como clientes internos y externos.
4. Desarrollo de conceptos: Elevar el nivel de comprensión, desarrollar ideas y conceptos para ayudar a las personas a pensar en términos globales y estratégicos.

En la empresa X, se diseñan programas de capacitación y adiestramiento alineados a los objetivos y tareas de toda la organización.

La Dirección de Ingeniería establece la siguiente necesidad al departamento de Recursos Humanos:

- Programa de capacitación para los operarios de la División de muelles que integre:
 1. La implementación de un paquete tecnológico en la división de muelles para el incremento de la producción.
 2. Cursos Mejores prácticas de manufactura (proveedor externo).
 3. Manuales operativos.
- Personal objetivo: División de muelles (20 personas).
 - Líder de proyecto – Dirección de ingeniería.
 - 3 operarios del proceso de Corte de solera.
 - 3 operarios del proceso de perforado.
 - 3 operarios de proceso de templado.
 - 3 almacenistas.
 - 1 gerente de Calidad.
 - 6 supervisores:
 - 3 supervisores de corte
 - 3 supervisores de tratamientos térmicos.

El departamento de Recursos humanos desarrolla el programa de capacitación integral que cubra las necesidades de la Dirección de ingeniería, se integra de 4 elementos: Diagnostico de la situación, Decisión en cuanto a la estrategia, Instrumentación o acción, evaluación y control (Ver figura 60):

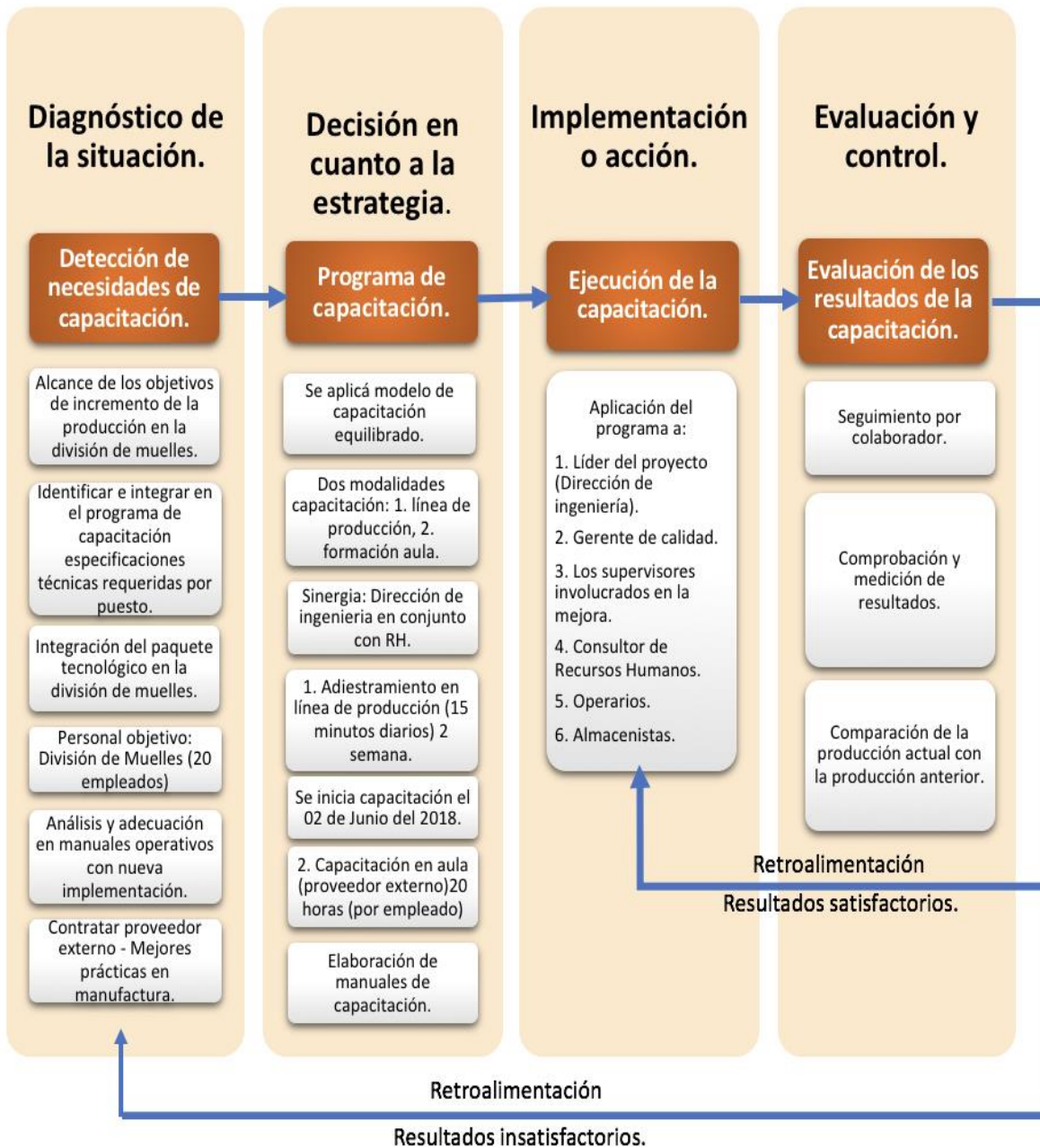


Figura 60: Proceso de capacitación del paquete tecnológico para la división de muelles

Fuente: Desarrollo de proceso de capacitación empresa X (Chiavenato, 2011)

Costo del programa de capacitación:

El departamento de Recursos Humanos realizará una inversión en el programa de capacitación por \$80,000.00, este costo se integra de la siguiente manera (ver Tabla 36):

Tabla 36*Costos del programa de capacitación*

Concepto:	Costo.
Contratación de proveedor externo (Mejores prácticas de manufactura). <ul style="list-style-type: none">• 20 horas de capacitación aula.• 20 empleados.• 4 sesiones costo por sesión \$16,000)	\$ 64,000.00
Insumos para la construcción de materiales de apoyo: <ul style="list-style-type: none">• Manuales operativos.• Materiales diversos (plumas, hojas, lápices, libretas de anotaciones, plumones, borradores y hojas de trabajo)	\$ 16,000.00
Costo total del programa de capacitación:	\$ 80,000.00

Capítulo V Propuesta de solución o mejora

En este capítulo se realiza el análisis económico y financiero de la implementación del paquete tecnológico conforme a los costos establecidos y desglosados requeridos para la puesta en marcha del mismo. Se analizará, si el proyecto es rentable determinando el riesgo del proyecto, la tasa de interés del mercado (TIIE) y la ganancia exigida por la Empresa X inherente a la implementación de mejoras dentro del proceso productivo, la rentabilidad del proyecto se determinará mediante el cálculo de la TIR y VAN.

5.1 Evaluación económica del paquete tecnológico.

Conforme a la selección del paquete tecnológico como la opción que otorga la solución al problema de la falta de producción se procedió a realizar la evaluación económica-financiera de la implementación para comprobar si el proyecto es rentable mediante el criterio del cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN).

5.1.1 Estudio financiero

Para el estudio financiero se determinó que la fuente de financiamiento será de manera externa con capital, esto con la finalidad de disminuir el impacto de flujo de efectivo que pudiera representar la inversión por mínima que parezca y se tiene una amortización periódica del monto que cubra la totalidad de los costos de implementación.

A continuación se presentan los costos de implementación del paquete tecnológico en el área productiva de la Empresa X conforme lo mostrado en la tabla No. 37. Estos datos fueron obtenidos con base en el capítulo cuatro donde se proyectaron las necesidades, describen el recurso a utilizar y visualizan los costos a implementar, costo de capacitación. Por último, el costo del uso de recurso humano.

Tabla 37*Inversión del paquete tecnológico*

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Total
Costo implementación Poka Yoke			
2	Guías de corte	\$ 9,500.00	\$ 19,000.00
2	Mesa Plana	\$ 2,850.00	\$ 5,700.00
1	Mano de obra	\$ 350.00	\$ 350.00
12	Esmalte para identificar moldes	\$ 125.00	\$ 1,500.00
1	Banner de información	\$ 549.00	\$ 549.00
Costo implementación 5's			
2	Carro porta herramienta 7 cajones	\$ 21,736.00	\$ 43,472.00
2	Carro porta moldes	\$ 4,563.00	\$ 9,126.00
2	Estantes	\$ 7,410.00	\$ 14,820.00
Costo implementación SMED			
1	Pistola neumática	\$ 9,400.00	\$ 9,400.00
1	Compresor Vertical 1.5 HP, 20 Galones	\$ 9,899.00	\$ 9,899.00
84	Refacciones Uñas para molde	\$ 500.00	\$ 42,000.00
84	Refacciones reglas para molde	\$ 180.00	\$ 15,120.00
Costo de capacitación			
1	Curso de capacitación (20 horas)	\$ 80,000.00	\$ 80,000.00
Costo de horas extras (20 horas)			
9	Operadores	\$ 25.00	\$ 4,500.00
3	Almacenistas	\$ 33.33	\$ 1,999.80
	Total del costo de implementación del paquete tecnológico		\$ 257,435.80

5.1.2 Evaluación económica

Los beneficios económicos obtenidos por la implementación del paquete económico se detallan en la Tabla 38 y Tabla 39, en la cual se describe cuál fue el aumento de la producción alcanzado debido a la implementación por el beneficio unitario por clasificación de cada muelle.

Tabla 38*Beneficios económicos año 1*

	Categoría	Piezas	Utilidad Unitaria	Beneficio
Año 2018	Parabólica	896	\$272.84	\$244,588.39
	Multihojas (4 hojas)	447	\$95.08	\$42,466.67
	Multihojas (5 hojas)	227	\$98.81	\$22,431.01
Total mensual		1,570		\$309,486.07
Total anual		18,842		\$3,713,832.87

Tabla 39*Beneficios económicos año 2*

	Categoría	Piezas (Mensuales)	Utilidad Unitaria	Beneficio
Año 2019	Parabólica	1,727	\$272.84	\$471,105.29
	Multihojas (4 hojas)	860	\$95.08	\$81,795.68
	Multihojas (5 hojas)	437	\$98.81	\$43,178.99
Total mensual		3,024		\$596,079.96
Total anual		36,288		\$7,152,959.56

Determinación de la rentabilidad del proyecto

Para determinar la rentabilidad del proyecto se calculó el riesgo conforme a lo que se indica en la Tabla 40 riesgo de proyecto, conforme a la confiabilidad del grado de eficiencia de cada estudio realizado.

Tabla 40*Riesgo del proyecto*

Estudio	Valor de estructura (%)	Confianza (%)	Confiabilidad (%)
Mega tendencia	15	95	13.5
Tendencias económicas	10	95	9.5
Estudio técnico	40	95	38
Evaluación financiera	18	95	17.1
Evaluación económica	17	95	16.15
Total	100		94.25

Riesgo: $100.00 - 94.25 = 5.75 \%$

Por tanto, el riesgo del proyecto es de 5.75 %

Calculo de la TREMA

Una vez teniendo los datos de los beneficios del paquete tecnológico y de la inversión inicial requerida se calcula la TREMA la cual se emplea para calcular el valor actual neto del proyecto VAN.

TREMA= r (tasa de interés del mercado) + R (riesgo del proyecto) + g (Tasa de ganancial real exigida)

La tasa de ganancia exigida por la compañía X es del 100%. Para la tasa de interés (i) se tomó la tasa de interés interbancaria de equilibrio a plazo de 28 días la cual se fijó en 7.52 %.

TREMA = $7.5\% + 5.75\% + 100\% = 113.25\%$ Anual

Lo que mensualmente significa una tasa del 9.43%

Cálculo del VAN

Se realizó el cálculo del Valor Actual Neto como el valor de los flujos de efectivo de la propuesta de inversión traídos a valor presente.

Se cuentan con los valores de la Tabla 37 Inversión del paquete tecnológico y de la Tabla 38 y Tabla 39 beneficios económicos año 1 y 2. Mediante los cálculos necesarios se obtiene el valor de la TIR (ver Tabla 41).

Tabla 41

Cálculo de TIR

TREMA=	9.43%	CORRIENTES				VALOR ACTUAL		
FACTOR	MES	INVERSIÓN	COSTOS	INGRESOS	FLUJO NETO	COSTOS	INGRESOS	VAN
1.0000	0	257,435.80		-	- 257,435.80	257,435.80	-	- 257,435.80
0.9138	1			309,486.07	309,486.07	-	282,816.48	282,816.48
0.8351	2			309,486.07	309,486.07	-	258,445.10	258,445.10
0.7631	3			309,486.07	309,486.07	-	236,173.90	236,173.90
0.6974	4			309,486.07	309,486.07	-	215,821.90	215,821.90
0.6373	5			309,486.07	309,486.07	-	197,223.70	197,223.70
0.5823	6			309,486.07	309,486.07	-	180,228.19	180,228.19
0.5322	7			309,486.07	309,486.07	-	164,697.24	164,697.24
0.4863	8			309,486.07	309,486.07	-	150,504.65	150,504.65
0.4444	9			309,486.07	309,486.07	-	137,535.09	137,535.09
0.4061	10			309,486.07	309,486.07	-	125,683.17	125,683.17
0.3711	11			309,486.07	309,486.07	-	114,852.57	114,852.57
0.3391	12			309,486.07	309,486.07	-	104,955.29	104,955.29
0.3099	13			596,079.96	596,079.96	-	184,727.41	184,727.41
0.2832	14			596,079.96	596,079.96	-	168,808.74	168,808.74
0.2588	15			596,079.96	596,079.96	-	154,261.85	154,261.85
0.2365	16			596,079.96	596,079.96	-	140,968.52	140,968.52
0.2161	17			596,079.96	596,079.96	-	128,820.72	128,820.72
0.1975	18			596,079.96	596,079.96	-	117,719.75	117,719.75
SUMAS:		257,435.80	-	7,290,312.60	3,146,910.97	257,435.80	3,064,244.26	2,806,808.46
							TIR =	120.20%

Conclusiones

Conforme a la hipótesis establecida para el proyecto de investigación es la siguiente “Dado que se tiene un incremento en la demanda y la capacidad de producción no es suficiente para lograr cubrirla, la implementación del paquete tecnológico incrementará la producción adicional requerida, y mediante la evaluación económica se determina que es la solución óptima”.

Mediante el análisis del sistema productivo actual, el cual describe y establece la capacidad de producción, las relaciones entre actividades como un enfoque de proceso y la problemática detectada por cada actividad productiva, se establecieron los puntos de acción y mejora con los que se determina el alcance y composición del paquete tecnológico, el cual incluye métodos y herramientas de calidad, así como herramental y equipos.

Se analizó la opción de compra de maquinaria en la estación de trabajo de tratamientos térmicos, específicamente para el templado de las muelles para el aumento de producción, pero con base en el estudio de capacidad se pudo demostrar que la capacidad de la maquinaria es suficiente, ya que se obtiene el 57% de la capacidad, y mediante el análisis AMEF se pudo comprobar que las causas de los tiempos muertos son debido a otros factores. Las principales causas de atraso son por errores humanos y malas prácticas en la aplicación del proceso de fabricación.

Como principal punto de mejora para el aumento de producción se buscó disminuir los tiempos muertos de operación identificados mediante la aplicación del paquete, corrigiendo, eliminando o disminuyendo conforme sea posible las causas de atraso en errores humanos y malas prácticas en la aplicación del proceso de fabricación. Al resolver estos problemas se pudo lograr la disminución de estos tiempos y realizar el cálculo de los nuevos valores de producción, los cuales cubren los requisitos establecidos con base en la demanda señalada, con lo que se demostró el primer requisito de la hipótesis.

Como segundo punto de comprobación de la hipótesis se seleccionó la opción del paquete tecnológico como referencia en el cálculo de la rentabilidad del proyecto, ya que en primera instancia es la opción que soluciona el problema de falta de producción, se calcularon los costos necesarios para la implementación del mismo, como son el costo de herramientas, equipos, capacitación, implementación y las horas extras necesarias para los trabajadores.

De igual manera se obtuvo el resultado de los beneficios económicos aplicables a la implementación y el consecuente aumento de producción, considerando solamente aquellos directamente relacionados con este y descartando aquellos beneficios que no se incluyen o se ven afectados como es la capacidad de producción normal sin la aplicación de dicho paquete.

Se encontró que la TIR y el VAR del proyecto son positivos y rentables contrastando con la inversión inicial requerida. Se obtienen beneficios económicos y se recupera el costo de la inversión al término del primer mes del conjunto de implementaciones, demostrando así el segundo punto de la hipótesis ya que la implementación del paquete tecnológico es la solución óptima.

En el resumen del análisis se enfatizan 3 aspectos fundamentales del proyecto que son:

- a) Producción
- b) Rentabilidad
- c) Viabilidad

- a) Producción: Mediante la implementación del paquete tecnológico y con los valores esperados de producción se determina que la capacidad de producción sin el paquete es de 34,641 piezas mensuales, con atrasos por turno de 67.5 minutos que en piezas representa mensualmente 6,112 piezas, que en porcentaje representa el 18% de la capacidad actual. Realizando la implementación del paquete tecnológico se logra reducir los atrasos por turno de 67.5 minutos a 27.5 minutos por turno, lo cual representa un incremento de la producción mensual de 3,622 piezas, logrando una capacidad mensual de 38,263 piezas lo que significa un aumento del 9% contrastado con la capacidad de producción pasada.
- b) Rentabilidad: Con base al análisis económico financiero del paquete tecnológico y a los beneficios demostrados mediante el aumento de producción y venta de las muelles se determina lo siguiente.
El costo de inversión del paquete tecnológico es de \$257,435.80 MXN, el cual incluye costos de herramientas, equipos, capacitación e implementación y los beneficios esperados de manera mensual para el primer año es de \$309,486.07 MXN.
Lo indicado en la TIR resultante fue del 120.20%, obteniendo en el primer mes la recuperación de la inversión, lo cual comprueba que el proyecto es rentable al obtener los beneficios esperados.
- c) Viabilidad: Conforme a lo analizado dentro del estudio técnico se puede determinar que las implementaciones son factibles y necesarias de aplicar para resolver los problemas planteados de producción, ya que solamente comprar maquinaria no resolvería de manera práctica y contundente los problemas detectados dentro de la línea de producción.
La viabilidad está determinada a la resolución de los problemas planteados ya que el paquete tecnológico logra resolver el déficit de producción y se considera rentable conforme a lo demostrado en los análisis realizados.

Referencias

- AMEF, A. d. (2008 de 2008). *academia.edu*. Recuperado el Mayo de 2018, de academia.edu (manual de referencia cuarta edición): www.academia.edu/8708638/Manual_AMEF_4_2008_Espaol
- Bergillos, Á. C. (2012). *Ingeniería de Fabricación*. Málaga, España: ETSII-Universidad de Málaga.
- Brassad, M., & Ritter, D. (1994). *El impulsor de la memoria II*. New hampshire U.S.A: Goalqpc.
- Calidad, H. p. (2009). *qualitasbiblo.wordpress.com*. Obtenido de Qualitas Biblio: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
- Chiavenato, I. (2011). *Administración de recursos humanos "Capital humano de las organizaciones"*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Davis, H., & Troxell, G. y. (1964). *Ensayo e Inspección de los Materiales en Ingeniería*. McGRAW-HILL.
- Estadísticas a propósito de la Industria automotriz, A. (enero 2016). *amia.com.mx*. Recuperado el Abril de 2018, de Asociación Mexicana de la Industria Automotriz A.C.: www.amia.com.mx
- Garbi, A. (2014). Aceros. *Elementos móviles y fijos no estructurales*, <https://alexgarbi93.wordpress.com/tag/teoria/>.
- GranallaTecnica S.L. (2006). Granallado. *Fundidores*, 12.
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: medio ambiente industria y energía.
- Hernández, G., & Mendoza, J. (2015). *Fundamentos y Planeación de la Manufactura Automatizada*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.
- Krar, S. F., Gill, A. R., & Smid, P. (2009). *Máquinas Herramienta*. Ciudad de México, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Ley de Mercado de Valores, S. (10 de Última reforma 2014 de 2005). *SEGOB, Secretaría de Gobernación*. Recuperado el Abril de 2018, de Leyes y Reglamentos Federales: www.ordenjuridico.gob.mx
- Llano, C. (2010). Pintura en Polvo. *MetalActual*, 25-27.
- Maya, C. (2010). Tratamientos Térmicos. *Metalografía*, http://blog.utp.edu.co/metalografia/files/2010/10/Tratamientos-t%C3%A9rmicos_1.pdf.

- México SCIAN, I. N. (2018). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, Mexico: SCIAN 2018*. Recuperado el 28 de Marzo de 2018, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: www.inegi.org.mx
- Millán, S. (2006). *Procedimientos de Mecanizado*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Niebel, A. B. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
- S.R. Low. (2001). *Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials*. U.S.: National Institute of Standards and Technology.
- Thomas L. Wheelen, J. D. (2013). *Administración estratégica y política de negocios* (Vol. Decimotercera edición). Colombia: Pearson.
- Velasco, J. (2010). *APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE ARTÍCULOS DE ESCRITURA*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) .