

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA BASADA EN
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA**

TESIS

Presentada por:

Bach. Cesar Ahmet Tejada Laguna

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA - PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA METALMECÁNICA BASADA EN HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

Tesis sustentada el 30 de diciembre del 2019, estando integrado el jurado calificador por:

PRESIDENTE :  Dr. Medina Salas, Jesús Plácido

SECRETARIO :  Msc. Cárdenas Garcia, Daniel

VOCAL :  Dr. Pari Pinto, Avelino Godofredo

ASESOR :  MSc. Telles Rios, Reynaldo Clemente

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis,

*A mis amados padres, por sus consejos, paciencia, apoyo incondicional,
por haberme soportado todos estos años y nunca dejarme rendir a pesar
de los tropiezos y adversidades.*

A mis hermanas, quienes son mis mejores amigos.

*A mis abuelitos, tíos y primos por ser parte de la inspiración de mi
superación.*

*Al Ejército y mis instructores por haberme formado el carácter necesario
para superar cualquier límite.*

*A la Universidad y mis profesores, por haberme formado como persona y
profesional.*

A mis amigos, por su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento, A mis padres por todo lo que han hecho por mí para formar una persona de bien. A mis hermanas por nunca abandonarme, a mis abuelitos por su amor de padre, a mis maestros por las enseñanzas.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos	6
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4. OBJETIVOS.....	7

1.4.1. Objetivo general	7
1.4.2. Objetivos específicos	7
1.5. HIPÓTESIS.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS	13
2.2.1. Definición de manufactura esbelta	13
2.2.2. Pilares de manufactura esbelta.....	17
2.2.3. Herramientas de la manufactura esbelta.....	20
2.2.4. Industria metalmecánica en el Perú	39
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	41
CAPÍTULO III.....	44
MARCO METODOLÓGICO.....	44
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.1.1. Tipo de investigación.....	44
3.1.2. Diseño de investigación	45
3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO	45

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	46
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	48
3.4.1. Población	48
3.4.2. Muestra del estudio.....	48
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	49
CAPÍTULO IV.....	50
RESULTADOS.....	50
4.1. Descripción de los resultados	50
4.2. Contrastación de hipótesis.....	95
4.3. Propuesta de mejora.....	96
4.3.1. Herramienta lean: 5´s.....	96
4.3.2. Herramienta lean: Kanban	102
4.3.3. Herramienta lean: Justo a tiempo (JAT).....	106
4.3.4. Herramienta lean: Jidoka	110
4.3.5. Herramienta lean: Poka Yoke	112
4.3.6. Herramienta lean: Andon	114

CAPÍTULO V.....	117
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	117
5.1. Discusión de los resultados	117
5.2. Prueba de hipótesis	120
5.3. Correlaciones.....	122
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
ANEXOS.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Perú: Monto exportado de MIPYMES, según sector económico, 2011-2012 (millones de US\$ FOB)	4
Tabla 2.	Ventajas del uso de la herramienta lean 5s	23
Tabla 3.	Operacionalización de la variable independiente	46
Tabla 4.	Operacionalización de la variable dependiente.....	47
Tabla 5.	Muestra de estudio.....	48
Tabla 6.	Tipo de habilitado de material según el tipo de trabajo a realizar	50
Tabla 7.	Tipo de soldadura según el tipo de material usado.....	52
Tabla 8.	Defectos presentados versus proceso de producción.....	54
Tabla 9.	Matriz de evaluación de puntos críticos	56
Tabla 10.	Puntos críticos del proceso de producción.....	58
Tabla 11.	Valoración de los criterios de priorización para jerarquizar defectos detectados	60
Tabla 12.	Criterios y valor porcentual para asignar a los defectos o puntos críticos.....	62
Tabla 13.	Defectos prioritarios seleccionados según criterios de priorización.....	64
Tabla 14.	Principios de las herramientas lean	71

Tabla 15. Herramientas lean asignadas a los defectos o puntos críticos.....	72
Tabla 16. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean 5'S	73
Tabla 17. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Kanban.....	75
Tabla 18. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Justo a tiempo (JAT)	77
Tabla 19. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Jidoka.....	79
Tabla 20. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Poka Yoke	81
Tabla 21. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Andon.....	83
Tabla 22. Herramientas lean asignadas a los defectos o puntos críticos.....	85
Tabla 23. Puntuación sumada de herramientas lean a utilizar en defectos identificados	87
Tabla 24. Beneficio obtenido en punto crítico abolladura de tubos con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta	89

Tabla 25. Beneficio obtenido en punto crítico desconocimiento de las dimensiones del material con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.....	90
Tabla 26. Herramientas beneficio en punto crítico irregularidad en el corte del material con de herramientas de manufactura esbelta.....	91
Tabla 27. Beneficio obtenido en punto crítico incumplimiento de tolerancias con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.....	92
Tabla 28. Beneficio obtenido en punto crítico anomalía de disponibilidad específica de equipos de soldadura con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta.....	93
Tabla 29. Beneficio en punto crítico desorden del área de trabajo con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta	94
Tabla 30. Valoración	97
Tabla 31. Lista de chequeo.....	97
Tabla 32. Nivel de implementación de herramienta lean 5's.....	99
Tabla 33. Organización.....	100
Tabla 34. Determinación de color de la tarjeta kanban.....	104
Tabla 35. Asignación de colores para cada señal luminosa	115
Tabla 36. Prueba de normalidad.....	121
Tabla 37. Correlación.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. The house of lean production (La casa de la producción ajustada)	15
Figura 2. Pillars of lean production (Pilares de la producción ajustada)	16
Figura 3. Herramienta de las 5s.....	21
Figura 4. Tarjeta kanban de señal	28
Figura 5. Tarjeta kanban de producción	29
Figura 6. Tipo de habilitado de material según el tipo de trabajo a realizar	51
Figura 7. Tipo de soldadura según el tipo de material usado	52
Figura 8. Puntos críticos del proceso de producción	58
Figura 9. Criterios y valor porcentual para asignar a los defectos o puntos críticos.....	63
Figura 10. Defecto prioritario abolladura de tubos y sus efectos en el proceso de producción.....	66
Figura 11. Defecto prioritario desconocimiento de dimensiones del tubo y sus efectos en el proceso de producción	67
Figura 12. Defecto prioritario irregularidad en el corte y sus efectos en el proceso de producción.....	68

Figura 13. Defecto prioritario incumplimiento de las tolerancias y sus efectos en el proceso de producción.....	69
Figura 14. Defecto prioritario desorden del área de trabajo y sus efectos en el proceso de producción	70
Figura 15. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean 5'S	74
Figura 16. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Kanban.....	76
Figura 17. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Justo a tiempo (JAT)	78
Figura 18. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Jidoka.....	80
Figura 19. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Poka Yoke.....	82
Figura 20. Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Andon.....	84
Figura 21. Puntuación sumada de herramientas lean a utilizar en defectos identificados.....	88
Figura 22. Etapas de implementación de herramienta lean 5's.....	101
Figura 23. Etapas de implementación de herramienta lean kanban	105

Figura 24. Etapas de implementación de herramienta lean Justo a tiempo (JAT)	109
Figura 25. Etapas de implementación de herramienta Jidoka	111
Figura 26. Etapas de implementación de herramienta lean Poka Yoke.....	113
Figura 27. Herramienta lean: Andon, ejemplo	114
Figura 28. Etapas de implementación de herramienta lean Andon.....	116
Figura 29. Correlación	123

RESUMEN

El objetivo fue formular una propuesta de mejora en el proceso de producción de una empresa metalmeccánica basada en herramientas de manufactura esbelta. El diseño fue no experimental. Muestra: Principales personal: 10 y procesos de producción metalmeccánica: 20. Resultados se encontró defectos y/o anomalías en la sección de calderería, soldadura, armado principalmente. Conclusión: la propuesta formulada, comprende cinco herramientas lean: 5s, kanban, justo a tiempo, jidoka, poka yoke y andon, y se fundamenta en dos principios: mejora continua y respeto por el personal y tiene el propósito de lograr que los procesos *fluyan* aportando valor al proceso, con un enfoque de gestión o *Lean Management*.

Palabras clave: propuesta, mejora proceso de producción, empresa, metalmeccánica.

ABSTRACT

The objective was to formulate a proposal for improvement in the production process of a metalworking company based on lean manufacturing tools. The design was non-experimental. Sample: Main personnel: 10 and metalmechanical production processes: 20. Results were found defects and / or anomalies in the section boiler, welding, mainly assembled. Conclusion: The proposal includes five lean tools: 5s, kanban, just in time, jidoka, poka yoke and andon, and is based on two principles: continuous improvement and respect for staff and aims to make processes *flow* bringing value to the process, with a management approach or *Lean Management*.

Keywords: proposal, improvement production process, company, metalmechanics

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la gestión de la calidad implica deshacerse de todo lo que no agregue valor a la empresa, en tal sentido, las herramientas *lean* constituyen una opción plausible para eliminar los desperdicios y generar mayor rentabilidad y ventaja competitiva en un contexto empresarial típico del mundo globalizado. En este orden de ideas, aplicar *lean*, significa adoptar una filosofía donde es imperativo cambiar la cultura de la empresa.

Por tanto, la esencia de *lean* es pesquisa exhaustiva de la supresión de desperdicios, mejora continua (kaizen), producir al ritmo de la demanda del cliente, cuando el cliente lo quiere (JIT), asegurar calidad al detectar defectos y parar la producción hasta que las causas sean encontradas y corregidas (jidoka) (King). Womack et al. (1990) consideran que la implementación de la filosofía, puede ayudar a cualquier tipo de empresa u organización, pero requiere de disciplina y seriedad en su aplicación.

Asimismo, la unidad de estudio es la empresa WENSTHAY S.A.C., peruana, del sector económico, que inició sus actividades en el 2012 en la ciudad de Arequipa. Actualmente, brinda soporte de ingeniería en los sectores productos (industrial, minero, alimentario, construcción, plásticos, agroindustria, metalurgia y afines) y servicios de diseño y fabricación de

maquinaria industrial y minera y de estructuras metálicas en general, revestimiento y vulcanizado, instalación y montaje, mantenimiento mecánico, minero, industrial, eléctrico –electrónico y maestranza, y se ha posicionado en el mercado peruano, sin embargo, para mantener el posicionamiento se requiere garantizar la calidad, basado en una demanda cada vez más exigente y cambiante alineada en un entorno global también variable e imprevisible, con metodologías que permitan tomar decisiones estratégicas, rápidas concordantes con una filosofía de calidad total.

En este contexto, a partir de la perspectiva de la ingeniería mecánica, se llega a plantear una propuesta de mejora en el proceso de producción de la empresa Wensthay S.A.C. basada en herramientas de manufactura esbelta o *lean* correspondientemente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el sector de la industria metalmecánica es muy importante para la economía del país, ya que según Saldarriaga (2014) el 2014 se estimó un nivel de producción de aproximadamente 200 000 toneladas y ventas de aproximadamente US\$ 1000 millones, en lineamiento con el crecimiento nacional y el avance de proyectos energéticos y mineros. Es así, en el 2012, el monto exportado por las MYPYMES ascendió a US\$ 1 837 000, el monto superior en 23,4% al registrado el 2011. Esto fue generado por el aumento en el sector textil que creció 52,1%, el sector metalmecánico 24,7% y el sector minero 75,8%. En el cual el 74,1% del monto exportado se concentró en tres sectores: pesquero no tradicional 10,2%, agropecuario 26,2% y textil 37,7% (Ministerio de la Producción del Perú, 2013)

Tabla 1

Perú: Monto exportado de MIPYMES, según sector económico, 2011-2012 (millones de US\$ FOB)

Sector Económico	2011		2012		Var, 2012/2011
	Millones US\$ FOB	%	Millones US\$ FOB	%	
Textil	456	30,6	693	37,7	52,1
Agropecuario	434	29,2	480	26,2	10,6
Pesquero no tradicional	188	12,7	187	10,2	-0,6
Químico	107	7,2	102	5,5	-4,4
Agrícola	52	3,5	64	3,5	23,7
Metal-mecánico	41	2,7	51	2,8	24,7
Minero	22	1,5	39	2,1	75,8
Minería no metálica	26	1,8	31	1,7	17,2
Resto	162	10,9	189	10,3	16,3
Total	1 489	100,0	1 837	100,0	23,4

Nota. Datos tomados del Ministerio de la Producción del Perú (2013).

Sin embargo, según Navarro (2014) en la industria en general existen varios factores que influyen en el sector metalmeccánico y en la industria en general, como una escasez de trabajadores capacitados, las obligaciones excesivas en el trabajo, en un mercado laboral poco flexible, así como también la escasa aplicación de metodologías que promuevan el mejoramiento continuo de la calidad de los procesos y la producción.

Es así que en muchas empresas del sector metalmecánico, entre las que se encuentra la Empresa Wensthay S.A.C., dedicada al rubro metalmecánico y que tiene su sede de producción en la zona industrial de Arequipa y está dedicada a la producción de piezas metalmecánicas del sector siderúrgicos en concordancia con parámetros de calidad, oportunidad, cantidad y costos, empero, aún se requiere de mejorar la calidad de los procesos de producción, a través de herramientas como la manufactura esbelta, la que se fundamenta en un pensamiento esbelto enfocado en el modo de trabajar del personal centrado según los japoneses en un “régimen de relaciones humanas” (Niebel y Freivalds, 2004), tendiente a mejorar la cadena de producción de los productos metalmecánicos y por ende la rentabilidad.

De todo lo expuesto se plantea el problema de investigación siguiente:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la propuesta de mejora del proceso de producción en una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo es el habilitado de material, tipo de soldadura y los defectos que se presentan versus proceso de producción en la empresa Wensthay S.A.C.?
- b) ¿Cuáles son los puntos críticos, criterios de priorización, puntaje por cada defecto identificado y defectos seleccionados como prioritarios en el proceso de producción metalmeccánica de la empresa Wensthay S.A.C.?
- c) ¿Qué principios de las herramientas de manufactura esbelta son pertinentes para ser aplicados, puntuación y asignación de las herramientas según defectos Wensthay S.A.C.?
- d) ¿Cuáles serían los beneficios obtenidos en los puntos críticos con la aplicación de las herramientas de manufactura lean Wensthay S.A.C.?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El problema se justifica ya que la propuesta tiene como propósito contribuir a la mejora de los procesos de producción de una empresa metalmeccánica basada en herramientas de manufactura esbelta, la cual no es solo una metodología sino una filosofía, aplicable a cualquier tipo de

empresas del rubro de la producción metalmecánica y otras, para producir con mayor eficiencia y eficacia dentro del paradigma de la calidad total. Asimismo, el estudio se justifica desde el punto de vista teórico, en cuanto aporta una revisión exhaustiva de la base conceptual de las herramientas esbeltas o *lean*.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Formular una propuesta de mejora en el proceso de producción en una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Precisar cómo es el habilitado de material, tipo de soldadura y los defectos que se presentan versus proceso de producción en la empresa Wensthay S.A.C.
- b) Identificar cuáles son los puntos críticos, criterios de priorización, puntaje por cada defecto identificado y defectos seleccionados como prioritarios en el proceso de producción metalmecánica de la empresa Wensthay S.A.C.

- c) Determinar qué principios de las herramientas de manufactura esbelta son pertinentes para ser aplicados, puntuación y asignación de las herramientas según defectos Wensthay S.A.C.
- d) Identificar cuáles serían los beneficios obtenidos en los puntos críticos con la aplicación de las herramientas de manufactura lean Wensthay S.A.C.

1.5. HIPÓTESIS

La propuesta de mejora se relaciona significativamente con el proceso de producción de una empresa metalmecánica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En Guayaquil, Sánchez (2014) realizó la tesis *Diseño de un programa de gestión utilizando el sistema pull en una empresa metalmecánica de la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de Maestría) Universidad de Guayaquil. Conclusiones: Después de la aplicación de la herramienta *lean*, Productividad total de configuraciones por horas máquina de fábrica en relación a la producción en 2013 y 2014, se incrementó en un 13,3%; asimismo el número de perfiles rechazados en unidades en cada mes y por año, en el 2013 fue superior al índice alcanzado en el 2014, lo que indica una mayor eficiencia.

En Colombia, Wilches et al. (1970) realizaron el estudio denominado *Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor de una línea de producción de sillas para oficina*. Concluyen que de las herramientas de manufactura esbelta aplicables a la reducción de las mudas identificadas como prioritarias se vio tienen mayor impacto y las que más se usan en la eliminación de las mudas son las 5S,

JIT y el Kanban. Es vital que al realizarse el desarrollo de las opciones de opciones mediante la aplicación de instrumentos de manufactura lean se empiece con la implementación de las 5S porque son más sencillo de aplicar y aprender, la economía incluye a los trabajadores y esto trae varios beneficios para la compañía, la incorporación del sistema 5S es el inicio para asistir el mejoramiento de la línea estudiada, porque el mal hábito del desorden es factor que es más frecuente que afecta a la empresa.

En Cuenca, Faicán y Calle (2011) sustentaron la tesis titulada *Implementación y estandarización de estrategias de manufactura "5'S y KANBAN" en el área de preparación de materiales en la empresa Continental Tire Andina S.A.* (Tesis de titulación) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Conclusiones: se implementó una propuesta para menoscabar los altos niveles de residuos que se producen y esto se debe al incorrecto manejo de los inventarios y a que las materias primas no llevan las suficientes especificaciones. La aplicación de la estrategia 5s. en diversas áreas, ha tenido consecuencias positivas, motivación del personal, mejorando aspectos del ambiente donde se labora, mejor la distribución. La implementación de las estrategias 5 s y Kanban requieren de plantear los objetivos claros e identificar los problemas o puntos críticos.

En Santiago de Cali, Cabrera y Vargas (2011) desarrollaron la tesis *Mejorar el proceso productivo de una fábrica de confecciones en la ciudad de Cali, aplicando herramientas lean manufacturing*. (Tesis de titulación) Universidad ICESI. Conclusiones: Las principales falencias, son de tipo operativo, ya que no existe planeación adecuada, ni estándares de procedimiento y escasa de participación por parte del personal. A nivel productivo, se encontró varios desperdicios que no agregan valor. Con la aplicación de las 5s se mejoró la imagen de las empresas, se despejaron zonas y pasillos, y se limpiaron áreas de trabajo. La implementación paulatina de las herramientas *lean*, permite mejores resultados.

En México D.F., Bautista et al. (2010) desarrollaron la investigación denominada *Metodología para la implementación de la Manufactura esbelta en los procesos productivos para la mejora continua*. Concluye que: el *Lean Manufacturing* surge de la calidad y productividad aceptable a niveles más alto, que la productividad a gran escala que no alcanza, con los métodos y herramientas actuales, sin embargo con un enfoque centrado en los clientes para lo cual ofrece una diversidad de productos con una adaptación veloz a las preferencias la Manufactura esbelta es uno de los sistemas con el concepto principal de mejorar eliminando el residuos, por esto se recomienda poner en marcha en las empresas.

En México, Villanueva (2007) desarrolló el estudio *Análisis y propuesta de mejora de una empresa metalmecánica utilizando manufactura esbelta*. Entre las principales conclusiones sostiene que la empresa aumenta la rotación de inventario a 7,22 ciclos por año. El proceso de inventariado se reduce a 50,52 días, lo que supone una importante reducción del circulante. b) Se han realizado algunas modificaciones para ayudar la posición de la empresa por medio de la reducción de activos (servicios públicos y terrenos) y el reintegro del adeudo a larga duración. Por lo tanto, el ciclo de conversión de efectivo se acortó a 73,78 días y el rendimiento de los activos aumentó a 8,42%. c) La indiscutible mejora de las magnitudes de la compañía refleja una mejora sustancial de sus condiciones operativas y de su situación financiera.

En el Perú, Córdova (2012) realizó el estudio *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta*. Principales conclusiones: a) Se logró establecer procesos críticos como activación, fabricación de calderas y soldadura, que representan respectivamente el 27,18%, 23,44% y 28,13% del total de defectos detectados. b) De los 12 defectos definidos como prioritarios, aproximadamente el 42% corresponden al proceso de fabricación o montaje de la caldera y el 34% al proceso de corte o activación. De lo

anterior se concluyó que los defectos que se deben corregir en primer lugar dependen a los puntos críticos identificados en la etapa de fabricación de bobinas. c) De las 7 herramientas de manufactura esbelta utilizadas para el actual trabajo, la aplicación de dos de 5'S y Kanban mostró que el 62.09% de todos los errores detectados fueron afectados. d) Durante la fase de desarrollo del modelo se encontró que la aplicación de las herramientas Kanban y 5er requería básicamente de capacitación e inversión en tarjetas Kanban. Se llegó a concluir que la capacitación en estas herramientas solo tendrá un impacto alto del 62,07 %, un impacto moderado del 44,83 % y un impacto leve del 20,69 % para los 29 defectos identificados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición de manufactura esbelta

La manufactura esbelta es una herramienta que nos ayuda a reducir y/o eliminar todas las actividades que no agregan valor al producto, servicio y procesos, aumenta el valor de cada actividad y elimina lo innecesario. Reduzca los desperdicios y mejore las operaciones. *Lean Manufacturing* nació en Japón y fue diseñado por William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos, del Sistema de Producción Toyota (Del Castillo, 2009).

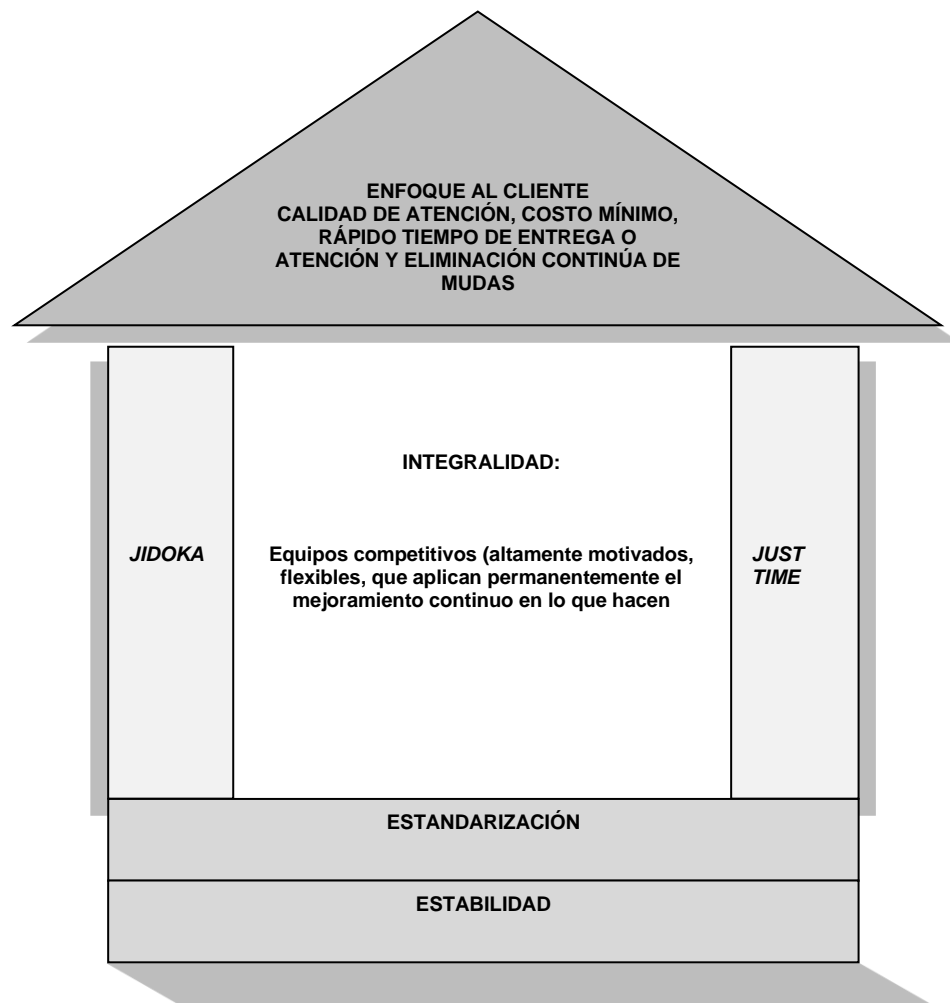
Los sistemas de manufactura esbelta se han fijado como una de las filosofías de excelencia en la producción basada en Del Castillo (2009):

- La mejora continua: Kaizen.
- Eliminación programada de todo tipo de residuos.
- Mejora continua de la fabricación como también la calidad.

La herramienta de manufactura esbelta, significa hacer más, pero con menos. Según Womack et al. (1990), implica minimizar el desempeño laboral a la mitad, las fallas a cero, es espacio a la mitad, pero produciendo igual volumen y tener parte del inventario en proceso, en orden siempre a satisfacer las necesidades o demandas del cliente. Cabe precisar, que los principios lean o esbeltos, tuvieron su origen en el ámbito de la manufactura o producción, pero se pueden aplicar universalmente. Al respecto, cabe precisar que la filosofía *lean* se puede expresar a través del gráfico denominado *The house of lean production* (Figura 1).

Figura 1

The house of lean production (La casa de la producción ajustada)

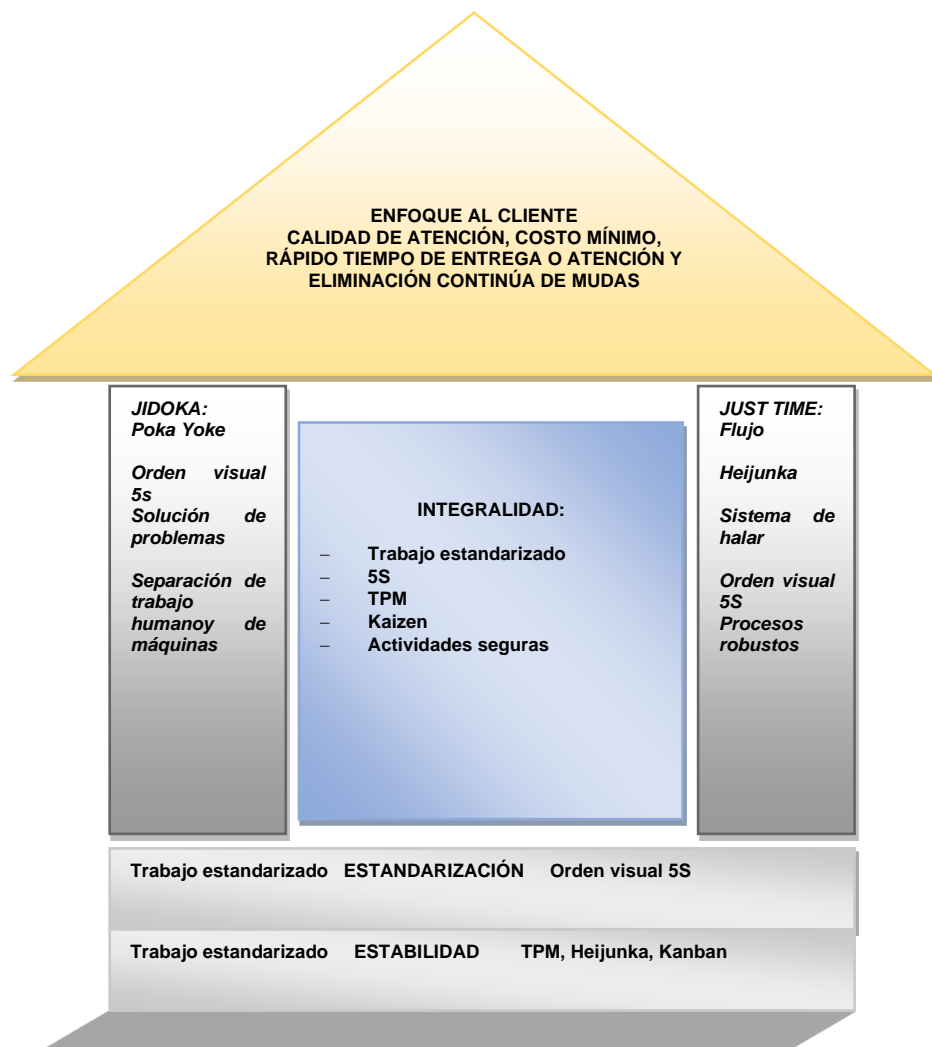


Nota. Casa de la producción ajustada. Fuente: Pérez (2016).

Asimismo, las herramientas involucradas en cada uno de los elementos de *The house of lean production* (Figura 2):

Figura 2

Pillars of lean production (Pilares de la producción ajustada)



Nota. La estructura de los Pilares de la producción ajustada. Fuente: Pérez (2016).

2.2.2. Pilares de manufactura esbelta

a) *Jidoka* (automatización inteligente o humanizada)

Concepto presentado por Kiichiro Toyoda (Fundador de Toyota) en 1924 en su empresa (Toyoda Loom Works), quién diseñó un dispositivo que puede detectar tiempos de rotura de hilo, detener la producción y evitar desperdicios o defectos en el tejido final (Zapata, 2013). Según este principio, si se identifica una pieza defectuosa o un equipo presenta fallas o funciones incorrectas, la máquina se paraliza inmediatamente hasta que se corrija el problema, a fin de satisfacer los estándares de calidad para todos los procesos, concretándose la separación del hombre y la máquina para lograr un trabajo con eficiencia. También, *jidoka* indica las causas del problema y las elimina antes de que aparezca la máquina.

En suma, *jidoka* implica:

- Encontrar el defecto y el mal funcionamiento de los procesos de los productos
- Realizar el pare por sí solo
- Enviar un mensaje de advertencia al operario

b) Justo a tiempo (JIT)

Un segundo pilar (complemento del *jidoka*) es el sistema justo a tiempo. Según Miranda (2002) el propósito de la filosofía *lean* justo a tiempo, es que se produzca o se compre el número de unidades que se necesiten y en el momento preciso que se requiere en orden a satisfacer la demanda de un producto, lo que se entendería como la filosofía que subyace a la herramienta JIT, y caracterizado por:

- Eliminación del desperdicio o despilfarro: El tiempo y el material desperdiciado, sin duda, aumentan el costo de la producción, no contribuyen con el valor del producto y menoscaban su calidad.
- Personal comprometido: La filosofía *lean* JIT se basa en el compromiso del personal involucrado (dueño del proceso), los que aportan sugerencias en el contexto de un círculo de calidad, por tanto, la producción de lotes pequeños y entregas continuas, permiten una mejor retroalimentación, evitando inventarios ociosos.
- Mejora continua: La implementación de la herramienta JIT, promueve una mejora global en la productividad.

En tal sentido, los elementos del JIT son los siguientes:

- Teoría de los 5 ceros.

- Nivelado de la producción.
- Sistema Kanban.
- Control autónomo de defectos (Jidoka).
- Reducción de los tiempos de organización.
- Estandarización de trabajo y componentes.
- Respeto a las personas.
- Relación con proveedores.
- Tecnología de grupo.
- Mantenimiento productivo.

c) Estabilidad (cimiento)

The house of lean production, se compone de dos pilares como el jidoka y justo a tiempo, los que se mantienen y mejoran a través de las interacciones del trabajo estandarizado, ya que el cimiento de la estabilidad radica en las bases que deben ser sólidas y resistentes, ya que los pilares caerán si las bases son débiles. Algunos indicios de inestabilidad, serían:

- Variabilidad alta de los indicadores de desempeño.
- Planes contingentes frente a la presencia de problemas.
- Regularidad de patrón de producción o método de trabajo deficiente.

- Grandes cantidades de inventario en proceso.
- Operaciones que operan independientemente, a pesar de formar parte de un proceso.
- Disrupción y/ o inconsistencia de flujos.

d) Objetivos de la Manufactura Esbelta

Constituye una estrategia cuyo propósito es proveer estabilidad a los procesos y se basa en tres elementos:

- Secuencia puntual de trabajo
- Inventario estándar
- Takt time

Luego de estandarizar los procesos, corresponde mejorar continuamente, haciendo uso del kaizen.

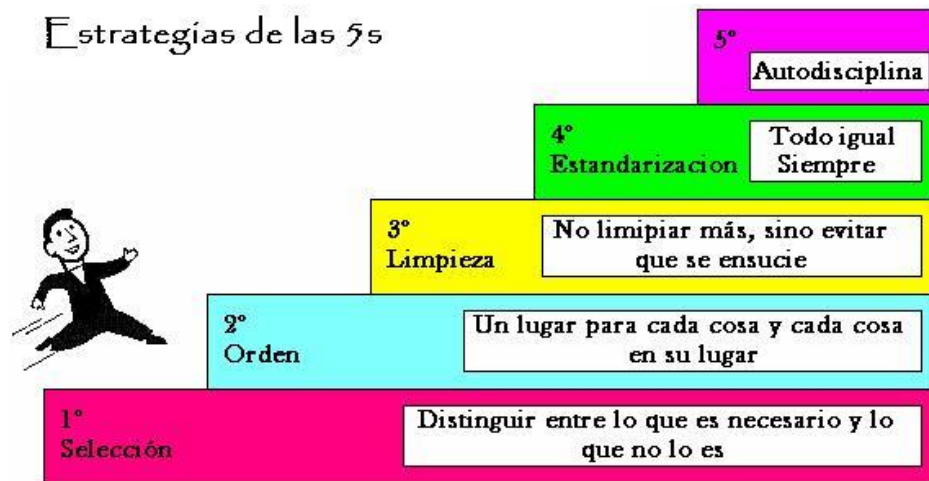
2.2.3. Herramientas de la manufactura esbelta

2.2.3.1. Las 5s

Se llama estrategia 5s porque representa una acción que es un principio expresado por cinco palabras japonesas que comienzan con S. Todas las palabras tienen implicaciones importantes para crear un lugar de trabajo digno y seguro. (*Shitsuke*: disciplina; *Seiketsu*: limpieza estandarizada; *Seiso*: limpieza; *Seiton*: orden y *Seiri*: clasificar).

Figura 3

Herramienta de las 5s



Nota. La figura muestra las fases de las Estrategias de las 5s. Fuente: Pérez (2011).

Los procesos de organización, pedido y limpieza fueron desarrollados bajo el nombre de 5S por empresas japonesas, incluida Toyota. Se han aplicado en diferentes países y han tenido bastante éxito. 5S son las siglas de 5 palabras que nombran las 5 frases que constituyen la metodología (Euscalit, 2011).

- Organización, SEIRI: Consiste en reconocer los materiales esenciales, separarlos de los no deseados para luego eliminarlos.

- Orden, SEITON: Se trata de determinar cómo encontrar y seleccionar el hardware requerido, haciendo que sea rápido y fácil de encontrar, usar y reemplazar.
- SEISO, limpieza: Consiste en reconocer y deshacerse de los orígenes de la contaminación para asegurar que todos los soportes estén excelentes condiciones.
- SEIKETSU inspección visual: Consiste en identificar con rapidez lo habitual de lo irregular gracias a reglas simples que se pueden ver.
- SHITSUKE, disciplina y costumbre: Implica trabajar constantemente de acuerdo a las normas establecidas.

Se activan las tres primeras fases (organización, ordenación, limpieza). El cuarto paso, el control visual, ayuda a mantener la condición al estandarizar las prácticas de los pasos anteriores, organización, orden y limpieza. El quinto y último paso, disciplina y hábitos, te permite acostumbrarte a la práctica y mejora continua de tus actividades diarias. Las cinco etapas forman un todo unificado y se procesan una tras otra.

Seguidamente, en la Tabla 2 se puede observar las ventajas más resaltantes por parte del uso de la herramienta *lean 5s* (Vargas, 2004):

Tabla 2

Ventajas del uso de la herramienta lean 5s

Sin 5s	Con 5s
- Falta de seguridad.	- Mayor seguridad.
- Deficiencias de higiene.	- Higiene.
- Contaminación visual por suciedad del lugar.	- Ambiente agradable.
- Dificultad de inspección de lugar sucio.	- Facilidad de inspección.
- Pérdida de tiempo en el trabajo por acumulados innecesarios o suciedad.	- Facilita la optimización de tiempo, ya que facilita el acceso y las tareas.

Nota. Datos tomados de Vargas (2004).

2.2.3.2. Kanban

a) Definición

Es un sistema de producción muy eficaz y eficiente y son las herramientas que se utilizan para lograr una producción "Just in time" (JAT). Kanban es un sistema de impulso, en el que se juntan todas las piezas, se elabora el producto y se mueven los materiales, después de empujar la primera pieza de la hilera (Sandoval y Vidal, 2006). En la práctica, es un sistema de jalón que siempre jala a las otras partes a lo largo del sistema de producción. Con este método una empresa pide productos a otro con una tarjeta que se denomina kanban, de allí el nombre de herramienta *lean kanban*.

En japonés significa “etiqueta de instrucción”, es como un guía de trabajo, con toda la información necesaria para determinar que se producirá, en qué momento y se trasladara (Daimon et al., 2010) y fue desarrollada por Taiichi Ohno (Vives, 2011).

b) Objetivos del uso de Kanban

Son tres los objetivos del uso de Kanban (Aranibar, 2016):

- Reducir la cantidad de material entre operaciones. Kanban prohíbe que el proceso anterior inicie la producción a voluntad. Solo se puede generar si recibe un comando kanban. De esta manera, se puede mantener una cantidad constante de material entre operaciones. Además, reducir el número de Kanban puede proporcionar un incentivo para acortar los plazos de entrega y reducir el inventario.
- Orden de trabajo. Kanban actúa como órdenes de producción que se preparan automáticamente en función de las necesidades de las operaciones posteriores. El control de la producción es cada día más fácil.
- Tarjeta de indicación clara.

c) Funciones de KANBAN

Principalmente son dos:

- Control de la producción y mejora de los procesos: Se comprende como la integración de distintas etapas y desarrollar el sistema JAT donde los materiales llegan en el momento adecuado y en las cantidades requeridas en las diferentes etapas de la planta y donde sea posible, incluyendo a los proveedores (Dynarax Systems, 2012).
- Función de mejora en procesos: Facilita la mejora de diversas acciones en la fábrica mediante el uso de KANBAN, lo cual se realiza a través de técnicas (organización del área de trabajo, eliminación de residuos, reducción de set-up, uso de maquinaria vs. uso bajo demanda, gestión multiproceso, pokayoke, mecanismo a prueba de error, mantenimiento preventivo y total de la producción, etc.), reducción de los índices del inventario (Dynarax Systems, 2012).

En síntesis, el KANBAN servirá fundamentalmente para:

- Capacidad para iniciar en cualquier momento, cualquier procedimiento estándar.
- Proporcionar instrucciones en base de las situaciones actuales en la zona de trabajos.

- Evite agregar tareas innecesarias a pedidos preinicializados y papeleo adicional innecesario (Dynarax Systems, 2012).

Asimismo, también es útil para facilitar el movimiento de materia prima, por tanto, la etiqueta KANBAN mueve con el material a todas partes y si se cumple con todos los procedimientos correctamente se abra logrado los siguientes puntos (Dynarax Systems, 2012):

- Se eliminación la sobreproducción.
- Priorización en la producción, en Kanban el más importante va al inicio en la producción.
- El control de material es más sencillo.

d) Tipos de Kanban

- De señal: Se inicia con la Autorización a la última etapa de procesamiento. Ordena a los puestos anteriores a este para empezar a procesar el material.
- De producción: Consiste en definir unos contenedores físicos de tamaños determinas y las denominadas fichas (kanban). Estas fichas corresponden al lote mínimo de fabricación de un determinado producto y al incremento de lote de dicho producto, el cual se define en función de las características del proceso de producción y del tamaño del contenedor.

“Cada casillero se refiere a un solo producto, y tiene tantas casillas como fichas Kanban se han definido para ese producto. Por tanto, casilleros diferentes se refieren a productos diferentes [...] y tienen el número de casillas diferentes” (Lozano, 2002, p. 329).

- De transporte (distribución): Cantidad a recoger por el proceso posterior. Va adherida al contenedor.
- De proceso: Cuando se produce por lotes, cada caja que contiene el lote se acompaña de un kanban triangular. Por tanto, cuando las ordenes retirados llegan a la ubicación indicada por el kanban triangular, se debe ejecutar las ordenes de producción.

e) Reglas del KANBAN

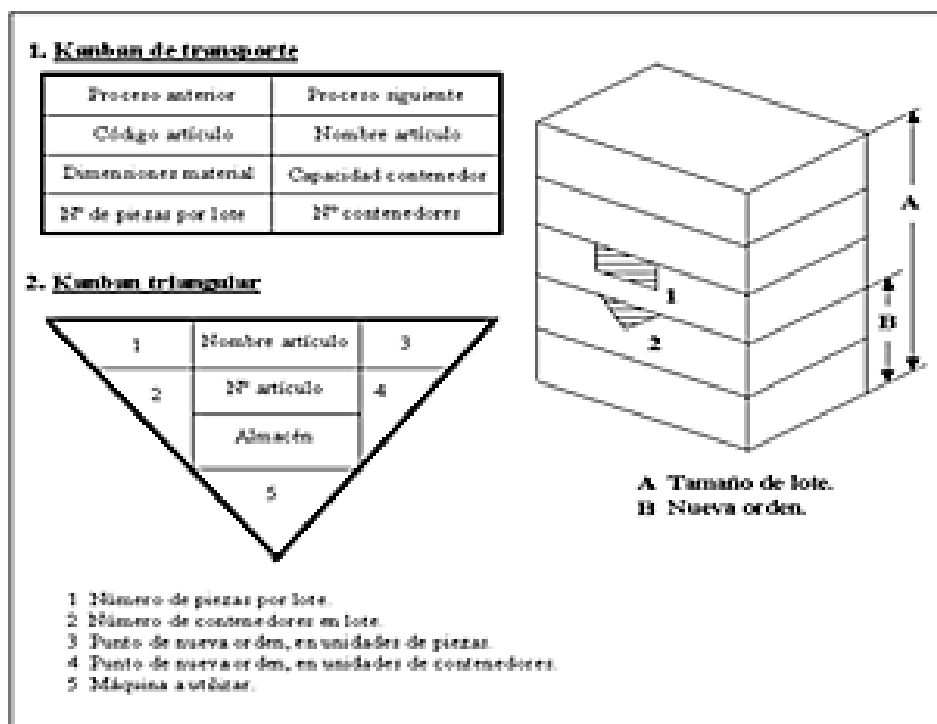
- Los productos defectuosos no pueden enviarse al siguiente proceso.
- Los procesos posteriores obtienen solo lo que necesitan.
- Produciendo la cantidad exacta necesaria para el siguiente proceso.
- equilibrio de producción.
- Kanban es un sistema que evita la especulación.
- Estabiliza y racionaliza procesos

f) **Tipos de Kanban de señal:**

Triangular o de material: Se utiliza como agente de la última estación de procesamiento (generalmente la estación de ensamblado) para emitir órdenes a las estaciones anteriores para comenzar a manejar materiales.

Figura 4

Tarjeta kanban de señal



Nota: Ejemplo de una tarjeta Kanban de señal. Fuente: Pérez (2011).

Kanban de producción: Indica la cantidad a producir por el proceso anterior.

Figura 5

Tarjeta kanban de producción

Nº de estante en almacén	Código de pieza	Proceso
Nº de pieza		
Nombre de pieza		
1		

Nota. Ejemplo de una tarjeta Kanban de producción. Fuente: Pérez (2011).

2.2.3.3. Jidoka

a) Concepto

El término jidoka fue insertado por el fundador de Toyota *Kiichiro Toyoda* en 1924 en los telares de su fábrica familiar (Toyoda Loom Works), quien inventó un mecanismo capaz de detectar la rotura de un hilo, interrumpir producción y evitar mermas o defectos en la tela terminada, resultando sin productos defectuosos y la posibilidad que un empleado esté a cargo de varios telares, y esto conduce a una mejora significativa en la productividad (Zapata, 2013). Según Leanroots (2011) *jidoka* que en el entorno del Sistema de producción Toyota, se entiende como automatización con contacto humano. En este sentido, es un dispositivo de automatización reactivo que, a

menudo, interrumpe la instalación cuando algo sale mal. Por tanto, el objeto es *fabricar bien a la primera* (Leanroots, 2011).

b) Pasos del Jidoka:

- Detectar el problema: Los accidentes pueden ser detectados tanto en máquinas como humanos. Se instalan mecanismos en el dispositivo para detener el proceso cuando se detecta una falla y para detener el dispositivo automáticamente. Por otro lado, las personas están empoderadas a través de algún mecanismo como presionar un botón para detener el proceso cuando notan que algo anda mal (Sánchez, 2014).
- Detener la producción: No significa necesariamente detener todo el proceso de producción. Las líneas de producción se pueden dividir en departamentos y subdividir en centros de trabajo, de manera que otros departamentos, al momento de reportar el incidente, puedan continuar con sus operaciones por un período de tiempo, asegurado hasta que se resuelva el problema. Sin embargo, hay ocasiones en las que se puede detener todo el proceso de producción (Sánchez, 2014).
- Corregir el problema: este paso intenta volver al ritmo normal de producción, y para ello existen tres alternativas: a) configurar un proceso especial como Kanban; b) establecer

una estación de retrabajo y c) detener la producción hasta que se repare una pieza del equipo (Sánchez, 2014).

- Investigar las causas e instalar contramedidas: Para investigar la causa raíz del problema, debe llegar al nivel del usuario. Después de la investigación, se pueden instalar soluciones permanentes para que el problema no se repita (Sánchez, 2014).

2.2.3.4. Andon

a) Definición

Término japonés referida a los faroles forrados de papel típicos del folclore de Japón. En tal sentido, Andon tiene la función de emitir luz resaltando así texto, gráficos, imágenes, etc.

b) Características del Andon

- Permiten saber si las condiciones de funcionamiento del dispositivo son óptimas y en algunos casos, proporcionan también información de la fuente del problema (Pérez R. , 2011).
- Es una señal con la función de ejecutar una respuesta inmediata para corregir el defecto. Cabe señalar que Andon

es una herramienta que advierte que el flujo está en peligro (Pérez R. , 2011).

2.2.3.5. Justo a Tiempo (JAT)

a) Definición

Justo a tiempo, es una filosofía de administración dirigida a reducir y/o eliminarlo, los desperdicios generados en cualquier etapa de las actividades relacionadas a la manufacturación. Uno de los tres componentes fundamentales para eliminar el desperdicio, como acciones o actividades que no agregan valor, es el concepto de equilibrio, sincronización y flujo, en tal sentido, la filosofía JAT considera que para que haya flujo, debe existir equilibrio en función del tiempo de ciclo (ritmo de producción) y carga nivelada (frecuencia de producción), ambos conceptos comprendidos en la proposición carga fabril uniforme (Hay y Cárdenas, 2003).

b) Tipos de mudas o desperdicios

Se definen ocho tipos de desperdicios de acuerdo al Tecnológico de Monterrey (2011):

- Transporte: Transporte de personas, información y productos.

- Inventario: Haga un inventario de partes, piezas y materiales con anticipación.
- Movimiento: Doblarse, estirarse, caminar, escalar, rotar.
- Espera: Espera de información, máquinas, piezas o instrucciones.
- Sobre producción: Hacer más de lo que se necesita inmediatamente.
- Procesamiento inadecuado: Tolerancias no conformes, procedimientos como inspección, equipos complejos, descarga, conteo, preparación, etc.
- Defectos: Documentación incorrecta, piezas defectuosas, reelaboración.
- Talento no aprovechado: Habilidades y destrezas sin explotar, encargadas con capacitación insuficiente.

La finalidad de la herramienta JAT es producir solo lo necesario, cuando se requiere realmente y justo la cantidad que se necesita.

c) Principios de Justo a Tiempo

Los principios de justo a tiempo son:

- Trabajar a tiempo *takt*. Normalmente minutos o segundos, que es necesario para producir un producto de calidad que

satisfaga las necesidades diarias del cliente dentro del tiempo de trabajo disponible (Montiel, 2014).

- Creación de flujo de producción: las estrategias le permiten vincular actividades y hacerlas interdependientes, ayudando así a resolver problemas (Montiel, 2014).
- Incorporar el sistema jalar: ligado con el concepto de flujo. Mientras que el flujo determina el estado del material a medida que pasa de un proceso al siguiente, el sistema de entrada determina cuándo se debe mover el material y quién (el cliente) determina qué se debe mover (Montiel, 2014).

d) Beneficios de Justo a Tiempo

Beneficios del JAT, según Hay y Cárdenas (2003):

- Aumento de la productividad.
- Reducción en precios de material comprado.
- Reducción de inventarios.
- Reducción del tiempo de producción.
- Reducción en costo de calidad.
- Reducción de espacios.
- Reducción de tiempo de alistamiento.

2.2.3.6. Poka Yoke

a) Definición

Técnica elaborada por el Shigeo Shingo en 1960, que significa “a prueba de errores”, en tal sentido, el concepto es elaborar un proceso en donde las fallas sean imposible de realizarse. Por tanto, está referido a cualquier mecanismo que permita prevenir los errores antes de su ocurrencia, o los evidencia para que el personal lo note y lo pueda corregir muy rápido. El principio lean Poka yoke incluye un rendimiento de prueba del 100%, además de retroalimentación instantánea y acción ante defectos o errores (Torres, 2014).

Según Guajardo y Alanís (2000), “para Shingo, el objetivo del control de calidad es prevenir la producción de residuos, entendiendo esto como cualquier producto que consume recursos y tiempo, pero que no agrega valor al servicio”.

b) Niveles de prevención Poka Yoke

Según Guajardo y Alanís (2000), el sistema de defensa Poka-Yoke se puede poner en práctica, con diferentes niveles de sistemas de control, y es más potente que la anterior:

- **Nivel Cero:** En este nivel se proporciona a los colaboradores una información mínima sobre las actividades estándar. Solo se les comunica cuando su trabajo no es satisfactorio, sin embargo, rara vez están enterados cómo y cuánto contribuyen sus esfuerzos al fracaso o al éxito de la empresa.
- **Nivel 1:** Información de resultados de actividades de control, se reportan los resultados de las actividades de control en el cual cada colaborador, no necesariamente en un nivel de jefatura, puede observar que el desempeño cumple en alguna medida con sus expectativas. Ejemplo. Los frutos de calidad se muestran en el espacio de trabajo.
- **Nivel 2:** Información de estándares, los y métodos estándares se publican para que cada factor comience a reconocer los errores que se generan a medida que ocurren y que ayuden a corregir. Ejemplo, los procedimientos, las indicaciones, las muestras de las inconformidades o los patrones se muestran cerca de las operaciones que se van a aplicar, como las instrucciones para ensamblar juguetes.
- **Nivel 3:** Construir estándares directamente dentro del lugar de trabajo, crear su modelo de entorno de trabajo, con espacio, equipos y materiales. Explicando la y/o las formas

adecuadas de desarrollar todo. Desarrolle procedimientos y métodos estándar en su entorno de trabajo. Por ejemplo, coloque artículos en el carrito de trabajo en un color que coincida con las líneas dibujadas donde deben ir. Cuando están fuera de lugar, todos se dan cuenta cuando los colores no coinciden como las líneas diagonales en las esquinas que nos indican dónde cruzar la calle, o los gráficos en los equipos portátiles que muestran dónde están las baterías.

- **Nivel 4:** Alarmas, para reducir la velocidad de respuesta y el tiempo de verificación, se debe instalar un aviso visual para alertar a los operadores tan rápido como se produzca anomalía o una falla. Use alarmas para avisarle que los suministros son insuficientes o que se necesita ayuda. Por ejemplo, las luces intermitentes aparecen cada vez que arranca el coche y se abrocha el cinturón de seguridad.
- **Nivel 5:** Prevención, los sistemas de inspección visual nos dan tiempo e información para detectar y eliminar anomalías. A través del proceso de verificación, se descubren las causas de las anomalías y se desarrollan métodos para evitar que vuelvan a ocurrir. Por ejemplo, la tapa de un recipiente de comida para bebés se desecha si se abre.

- **Nivel 6:** A prueba de errores, utilización de diferentes instrumentos para comprobar el 100 % de los productos, de forma el diseño sea a prueba de falla, de tal forma que se garantice que no vuelva a ocurrir dicha falla. Por ejemplo, el vehículo no arrancará si la palanca de cambios está en la posición estacionamiento.

c) Estrategias para aplicar Poka Yoke

Se recomienda para la aplicación del Poka Yoke, los siguientes aspectos:

- Control en el origen, cerca de la fuente del problema; por ejemplo, aplicación de dispositivos monitores que señalen los defectos de las anomalías del proceso (Zari, 1993).
- Implantación de mecanismos de control que vulneren distintos problemas, de forma tal que el operador estar al corriente de modo fidedigno a qué problema debe eliminar y cómo hacerlo con una alteración mínima de los procesos de producción (Zari, 1993).
- Emplear una perspectiva de gradualidad (paso a paso) con avances cortos, simplificando los sistemas de control sin dejar de lado la faceta económica (Zari, 1993).

- La aplicación de mejoras no debe demorarse por razones de estudios profusos y extensos, ya que muchas de las ideas del Poka-Yoke consiguen aplicarse en cuanto se han identificado los problemas sin o con mínimo costo para la empresa (Zari, 1993).

2.2.3.7. Kaizen

a) Definición

Según Bautista et al. (2010), es una palabra de origen japonés (Kai: cambio; Zei: bueno), que significa cambio para mejorar o mejora continua, en la vida personal, familiar, social y del trabajo. Aplicado al lugar de trabajo, significa mejora continua y comprende al personal del nivel directivo y trabajadores. Los dos pilares de la mejora continua son los equipos de trabajo y la ingeniería industrial, empleados para mejorar los procesos productivos.

2.2.4. *Industria metalmecánica en el Perú*

Los inicios de la actividad industrial en el Perú se remontan a los albores de la época colonial. Las actividades actuales de esta organización están dirigidas principalmente a la satisfacción de las necesidades religiosas y militares de la época, es decir, la

producción de armas como cañones y fusiles, reparación y producción de repuestos. En el aspecto religioso, la colonia mostró una gran necesidad de decoración de iglesias, campanas, balaustradas, puertas, ventanas, etc. A fines de 1931, a consecuencia de la crisis industrial, el Perú carecía de recursos para desarrollar el sector industrial, siendo para la época 21 industrias las fundamentales para el país, entre las que se encontraban la industria de metales de color (oro, plata, plomo, zinc, cobre, níquel, aluminio, magnesio y mercurio); siderurgia (fierro colado, hojalata, aceros especiales, alambre) e industria química (ácido, minerales, soda, cloro) (Comités Metal Mecánicos, 2010).

La industria metalmecánica representa actualmente alrededor del 30% de los aranceles, lo que corresponde al sector manufacturero alrededor de 2.000 líneas arancelarias (Comités Metal Mecánicos, 2010). En tal sentido, según Navarro (2012) entre las características de la industria metalmecánica se destaca un alto efecto multiplicador, que es una industria avanzada con procesos tecnológicos complejos y con capacidad de adaptar productos y servicios a características específicas. Los puntos y necesidades específicos están determinados por las diversas necesidades y geografía de nuestro país.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a) Flujo de valor

Las actividades y tareas (de valor agregado o no) requeridas para transformar un producto o grupo de productos de materias primas a productos terminados para su entrega a los clientes (Tecnológico de Monterrey, 2011).

b) Kaizen

Significa luchar por la mejora continua. Dado que ningún proceso puede considerarse perfecto, siempre hay margen de mejora (Moreno, 2011).

c) Kanban

Señalización que informa las necesidades físicas e invita visualmente al operador a producir una unidad o cantidad diferente (Meyers et al., 2006).

d) Poka Yoke

Cualquier mecanismo que ayude a prevenir errores antes de que ocurran o que los haga demasiado obvios para que los empleados los noten y corrijan de manera oportuna (Guajardo y Alanís, 2000).

e) Mapeo de la corriente de valor (MVC)

El proceso para evaluar por partes o etapas de producción para establecer su contribución a la eficiencia operativa o la calidad del producto (Meyers et al., 2006).

f) Eficiencia

Capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles (Figuerola, 2000).

g) Eficacia

Nivel en que se conducen a cabo las ocupaciones planificadas y se logran los resultados según el proyecto (ISO 9000, 2005).

h) Estándares

La mejor manera de hacer el trabajo es estableciendo pautas, reglas, políticas y procedimientos para operaciones clave que sirvan como una guía que permita a los empleados hacer bien su trabajo para garantizar resultados óptimos (Tecnológico de Monterrey, 2011).

i) Producción

Del latín producción, referido al acto de crear la cosa a hacer, la forma en que se lleva a cabo el proceso, o la producción total de la tierra o de la industria (Pérez y Merino, 2008).

j) Manufactura esbelta

Herramientas para eliminar toda actividad que no agrega valor a los servicios, productos y procesos, aumentar el valor de cada actividad realizada y eliminar lo que no se requiere (Pineda, 2010).

k) Muda (desperdicio)

Cualquier gasto que no ayuda a producir valor: sobreproducción, desperdicio, transporte, procesamiento, inventario, movimiento, repeticiones y dirección deficiente del personal (Meyers et al., 2006).

l) S.M.E.D.

Capacidad de configurar toda máquina o proceso dividiéndolo en configuración externa o interna (Tecnológico de Monterrey, 2011).

m) Kaizen

Mejora constante o continua (Meyers et al., 2006), siendo su elemento principal la gente involucrada en el proceso de mejora.

n) Takt

El tiempo Takt especificado para determinar la velocidad (paso) de producción de acuerdo con el ritmo de las necesidades del cliente y se convierte en una "frecuencia cardíaca" para el sistema robusto (Tecnológico de Monterrey, 2011).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

Los criterios usados en esta investigación se clasificaron según los criterios:

- Por tipo de pregunta: explicativa
- Por el tipo de conocimiento: científica
- Por el enfoque utilitario predominante: pragmática
- Por el tiempo de aplicación de la variable: sincrónica.
- Por el ambiente en el que se realizó: trabajo en campo
- Por el método de estudio de las variables: cuantitativa
- Por el método de contrastación de hipótesis: ex –pos facto
- Por el número de variables: multivariada
- Por la fuente de datos que se emplean: primaria

3.1.2. *Diseño de investigación*

Se trató un diseño de investigación no experimental, ya que no se recurre a la manipulación de alguna de las variables en estudio (Hernández et al., 2014); transversal ya que los datos se recogen en un solo momento del tiempo y ex post facto ya que se estudian los fenómenos ya producidos.

3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO

El ámbito de presente estudio se localiza en una empresa ubicada en el distrito de Arequipa. La unidad de investigación según Arias (2006), es la unidad organizativa donde tiene lugar el problema, en este caso, está referida a la línea de producción perteneciente a la Empresa WENSTHAY S.A.C., la que opera desde el 2012 y es una empresa metalmeccánica creada para brindar soporte de ingeniería y desarrollo en los sectores productivos industrial minero, alimentario, construcción, plásticos, agroindustria, metalúrgica y afines. Principalmente brinda servicios de diseño y fabricación de estructuras metálicas en general (naves industriales, techos, galpones, tanques, revestimiento y vulcanizado, instalación y montaje, mantenimiento mecánico, minero e industrial, mantenimiento eléctrico –electrónico, mecánico, minero e industrial y maestranza (mecanizado de precisión de todo tipo de piezas metálicas).

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente

Variable de estudio	Indicadores	Unidad/ Categoría	Escala
Variable Independiente Propuesta de Mejora	5 S		Nominal
	Kanban		
	Jidoka		
	Andon	Si No	
	Justo a tiempo		
	Poka Yoke		
	Kaizen		

Elaboracion propia

Tabla 4*Operacionalización de la variable dependiente*

Variable de estudio	Indicadores	Unidad/ Categoría	Escala
Variable Dependiente Proceso de Producción	Habilitado de material		
	Tipo de soldadura usada según material		
	Defectos versus proceso de producción		
	Criterios de priorización de defectos		
	Puntos críticos del proceso de producción		
	Puntos obtenidos por cada defecto		
	Principios de herramientas de manufactura a emplearse		
	Puntuación de herramientas a utilizar según defectos detectados		
	Herramientas de manufactura esbelta seleccionados para la solución de los defectos		
	Beneficios obtenidos con la herramienta de manufactura 5S en los puntos críticos	Si No	Nominal
	Clasificación de elementos del área de trabajo por colores según herramienta de manufactura esbelta Andon		
	Beneficios obtenidos en puntos críticos según herramienta de manufactura esbelta Kanban		
	Beneficios obtenidos en puntos críticos según herramienta de manufactura esbelta Justo a tiempo		
	Esquema pertinente para el análisis del valor agregado		
	Esquema de actividades que no agregan valor		
	Balanceo de cargas para determinar puestos de trabajo en soldadura		
	Beneficios obtenidos en puntos críticos según herramienta de manufactura esbelta Jidoka		
	Tabla de tolerancias para procesos de habilitado de material		
	Áreas responsables del cumplimiento de especificaciones		

Elaboracion propia

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.4.1. Población

La población de interés, estuvo conformada por personal y procesos.

3.4.2. Muestra del estudio

- **Tipo de muestreo:** No probabilístico.
- **Tamaño de muestra:** El tamaño de muestra es de 35 unidades de análisis y 10 profesionales de ingeniería.

Tabla 5

Muestra de estudio

Departamento	Área	Nº
Producción	Jefe de producción	1
	Supervisores	1
	Operarios	4
	Ajustadores	4
Procesos	Producción metalmecánica	Personal :10
		Procesos :20

Nota. Ficha de recolección.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recopilar los datos de la presente investigación se han utilizado los siguientes instrumentos:

- Ficha de recolección de datos vaciado a una matriz.
- 2 Ítem anexo cuestionario.

3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de los datos se automatizó con la utilización del software estadístico SPSS versión 15, para el análisis descriptivo de las variables y para la elaboración de las tablas univariadas y bivariadas.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS

4.1. Descripción de los resultados

Tabla 6

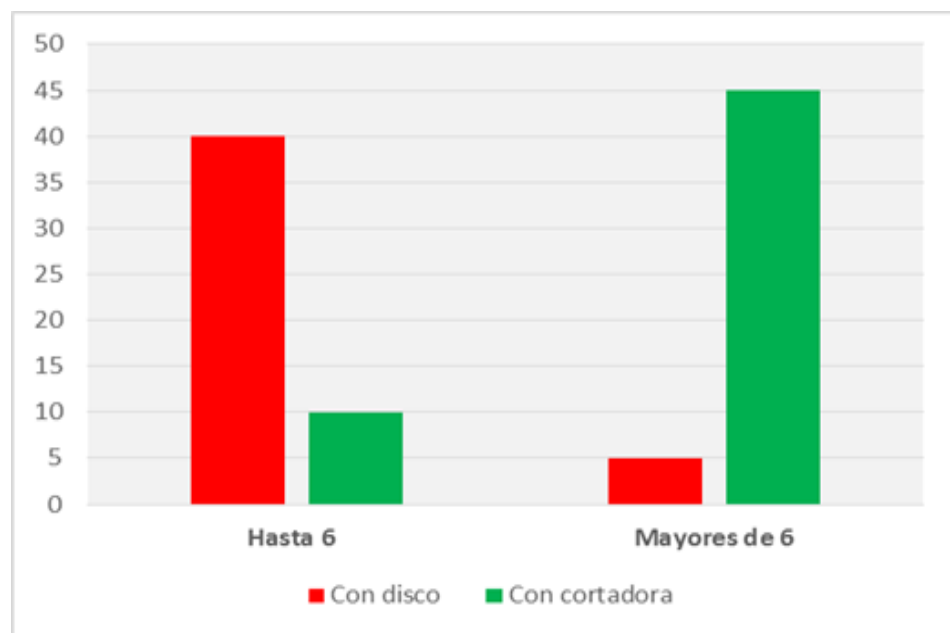
Tipo de habilitado de material según el tipo de trabajo a realizar

Tubos	Tubos	
	Hasta 6	Mayores de 6
Con disco	40	5
Con cortadora	10	45
Total	50	50

Nota. Ficha de recolección.

Figura 6

Tipo de habilitado de material según el tipo de trabajo a realizar



Nota. La figura muestra las cifras de tipo de habilitado de material .
Fuente: Procesamiento estadístico.

Interpretación:

El tipo de habilitado de material según el tipo de trabajo a realizar, fundamentalmente es con disco y con cortadora (Tabla 6 y Figura 6).

Tabla 7

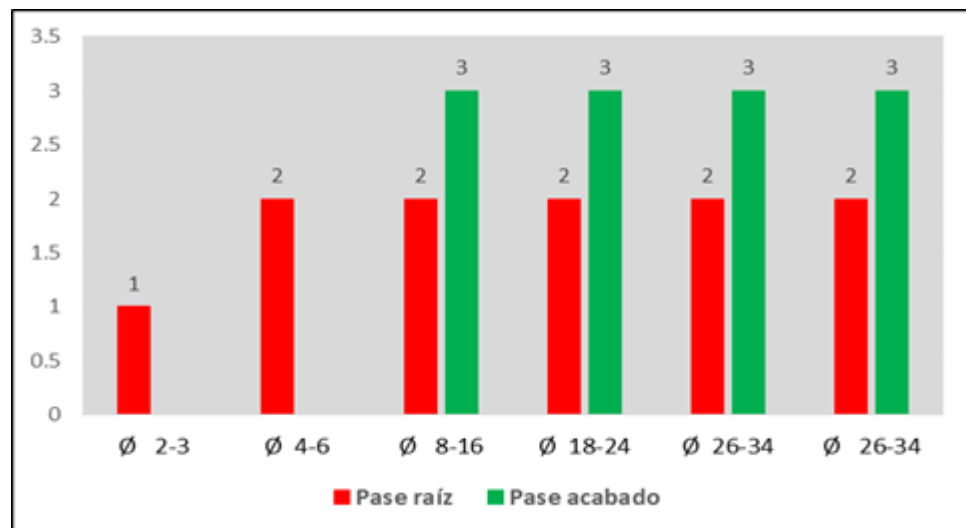
Tipo de soldadura según el tipo de material usado

Tipo de soldadura	Diámetro de tubo					
	Ø 2-3	Ø 4-6	Ø 8-16	Ø 18-24	Ø 26-34	Ø 26-34
Pase raíz			GMAW	GMAW	GMAW	GMAW
Pase acabado	TIG	GMAW	SAW	SAW	SAW	SAW

Fuente: Procesamiento estadístico.

Figura 7

Tipo de soldadura según el tipo de material usado



Nota. Tipo de soldadura. Fuente: Procesamiento estadístico.

Interpretación:

El pase de raíz, corresponde al primer pase de soldadura después del apuntalado, y el proceso de soldadura depende del diámetro del tubo que se va a soldar. El paso de relleno y de acabado, se efectúa después de haber concluido el pase de raíz, a efecto de rellenar la junta mediante la etapa de soldadura destinado en el plano. A continuación, verifica si existen discontinuidades en la soldadura de raíz, para lo cual se aplica líquidos penetrantes, para luego continuar con el pase de acabado y utilizando el mismo proceso de soldadura del de relleno (Tabla 7 y Figura 7).

Tabla 8*Defectos presentados versus proceso de producción*

Defectos	Habilitado	Calderería	Armado	Soldadura	Pintura
1.Abolladuras	X	X	X		
2.Desorden del área de trabajo	X	X	X	X	
3.Falta de herramientas	X	X	X		
4.Desconocimiento de las dimensiones del material	X	X			
5.Irregularidad en el corte del material	X	X			
6.Incumplimiento de las tolerancias	X	X			
7.Disponibilidad de los equipos	X	X		X	X
8.Disponibilidad de equipos de soldadura				X	

Fuente: Procesamiento estadístico.

Interpretación:

Según se observa en la Tabla 8, se prioriza la eventualidad de defectos que se presentan antes, durante y después del proceso de producción, encontrándose ocho observaciones que corresponden a la sección y diferentes etapas de producción, como también las posibles causas. Se encontró anomalías de orden y limpieza en algunas secciones de trabajo, falta de herramientas, desconocimiento de las dimensiones del material, irregularidad en el corte del material, incumplimiento de las

tolerancias, anomalías en la disponibilidad de los equipos, como también en la disponibilidad de equipos de soldadura. En la sección de *calderería*, también se detectó problemas de desorden, falta de herramientas, desconocimiento de las dimensiones, irregularidad en el corte, incumplimiento. Igualmente, se tiene anomalías en la sección de armado o ensamble de piezas para obtener el producto final y en la sección de soldadura, en la que las anomalías se presentan preferentemente por deficiencias en cuanto a la disponibilidad de equipos especializados. En la sección de pinturas, el punto crítico se produce generalmente por disponibilidad de los equipos. En suma, en el habilitado y calderería se produce la mayoría de los defectos (siete tipos de defectos); siendo menor en el armado y soldadura (tres tipos de defectos) y en la etapa de pintado (un defecto).

Tabla 9*Matriz de evaluación de puntos críticos*

Defectos	Habilitado	Calderería	Armado	Soldadura	Pintura
Abolladuras	α 1/	Δ 3/	α		
Desorden del área de trabajo	α	⊙2/	⊙	⊙	
Falta de herramientas	α	α	α		
Desconocimiento de las dimensiones del material	⊙	⊙			
Irregularidad en el corte del material	α	⊙			
Incumplimiento de las tolerancias	α	⊙			
Disponibilidad de los equipos	α	Δ		α	α
Disponibilidad de equipos de soldadura	α			α	
Fuerte relación	7	1	2	2	1
Relación		1	0	1	0
Débil relación	1	4	1	0	0
Total por proceso	8	6	3	3	1

Fuente: Procesamiento estadístico.

Leyenda:

1/ Fuerte relación (3 puntos)

2/ Relación (2 puntos)

3/ Débil relación (1 punto)

Interpretación:

Según se aprecia en la Tabla 9 , mediante el instrumento de gestión diagrama matriz se ha obtenido un visión gráfica entre las relaciones de los distintos factores de un problema , procediendo en primer lugar a definir una “lista de defectos” (Ruiz, 2009, p. 64); en segundo lugar, “sobre la matriz se realiza un análisis de las posibles relaciones entre los distintos factores que se ve reflejado sobre la matriz con un código de símbolos preestablecido” (Ruiz, 2009, p. 66) y posteriormente se revisó la consistencia entre las relaciones planteadas, para colocarles un peso según la magnitud de la relación.

Tabla 10

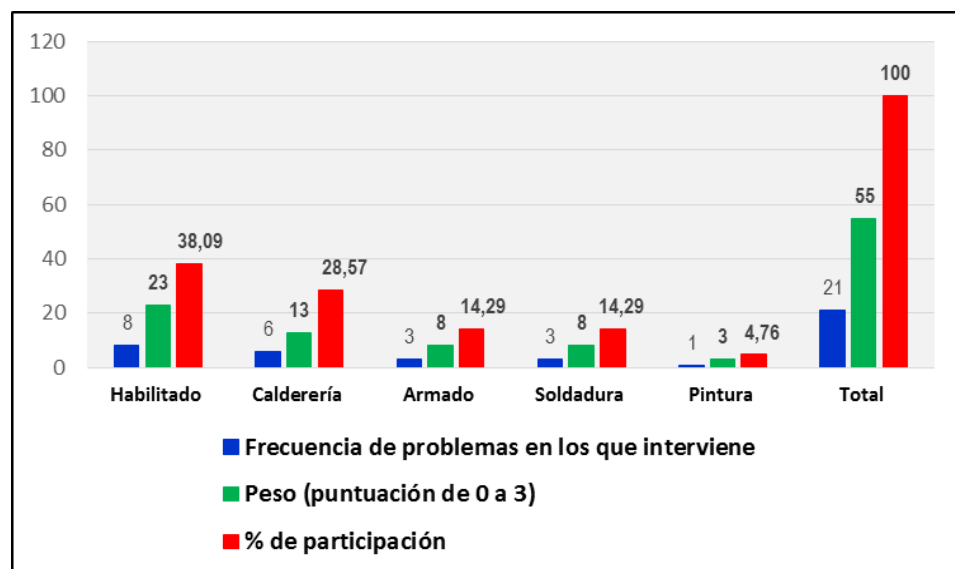
Puntos críticos del proceso de producción

Proceso	Frecuencia de problemas en los que interviene	Peso (puntuación de 0 a 3)	% de participación
Habilitado	8	23	38,09
Calderería	6	13	28,57
Armado	3	8	14,29
Soldadura	3	8	14,29
Pintura	1	3	4,76
Total	21	55	100,00

Nota. Datos obtenidos de la ficha de recolección.

Figura 8

Puntos críticos del proceso de producción



Nota. La figura muestra los Puntos críticos del proceso de producción. Fuente: Procesamiento estadístico.

Interpretación:

Se aprecia en la Tabla 10 y Figura 8, que del diagrama matriz, que el peso de participación de las dificultades o problemas en los que interviene el proceso de habilitado representa en total el 38,09 % de participación, un poco más de la cuarta parte de los problemas corresponden al proceso de calderería (28,57%), en menor proporción la frecuencia de problemas en los que interviene representan un 14,29% en cada caso para los procesos de soldadura y armado y un 4,76% defectos que corresponden al proceso de pintura.

Cabe mencionar que las dificultades o problemas identificados forman parte de todo el proceso de producción, entendido como un continuo, lo que significa que si se ve cada defecto como una situación problemática aislada se comete un error, ya que el proceso de producción es uno solo.

Tabla 11*Valoración de los criterios de priorización para jerarquizar defectos detectados*

Criterios	Calificación			
C1. Efecto económico negativo para la empresa	0	1	3	5
1) El defecto no genera costo adicional para la empresa	0			
2) El defecto si genera costo agregado por concepto de mayor tiempo, materiales o mano de obra			3	
3) El defecto si genera costo agregado más distribución				5
C2. Defecto según rango de frecuencia con que se presenta				
4) Defecto se presenta entre 0 y 20 veces en un año calendario	0			
5) Defecto se presenta entre 20 y 100 veces en un año calendario		1		
6) Defecto se presenta entre 100 y 50 veces en un año calendario			3	
7) Defecto se presenta más de 150 veces en un año calendario				5
C3. Defecto según desperdicio de material que se produce				
8) No se genera desperdicio de material	0			
9) Se genera desperdicio de solo un tipo de material			3	
10) Se genera desperdicio de dos o más tipos de material				5
C4. Defecto según tiempo perdido en uso de recursos o personal				
11) No se produce pérdida de tiempo				
12) Se produce una pérdida de tiempo entre 1 y 20 minutos				
13) Se produce una pérdida de tiempo superior a 20 minutos				
C5. Defecto según impacto en cumplimiento de especificaciones				
14) Defecto no influye en el cumplimiento de especificaciones	0			
15) Defecto si influye en el cumplimiento de especificaciones				5
C6. Defecto según efecto en la garantía de las piezas				
16) No ocurrencia ni ocurrirá garantía por el defecto	0			
17) Ocurrencia entre 1 y 2 garantías presentadas por defecto			3	
18) Ocurrencia de más de 2 garantías presentadas por defecto				5
C7. Defecto según consecuencias de desempeño en el puesto de trabajo				
19) Defecto no dificulta el desempeño del puesto de trabajo	0			
20) Defecto dificulta mínimamente el desempeño del puesto de trabajo			3	
21) Defecto dificulta críticamente el desempeño del puesto de trabajo				5
C8. Defecto según importancia para la empresa				
22) Defecto no es importante y no amerita solución	0			
23) Defecto es importante, pero no prioridad de solución inmediata			3	
24) Defecto es muy importante y tiene prioridad de solución				5

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

En cuanto a los criterios de priorización de los defectos detectados se ha dimensionado y entendido la realidad en base a criterios de efecto económico negativo para la empresa, según rango de frecuencia, desperdicio de material que se produce, tiempo perdido de uso de recursos o personal, impacto en cumplimiento de especificaciones, consecuencias en la garantía de las piezas, desempeño e importancia para la empresa.

Cabe precisar que los criterios, se determinaron basados en un examen detenido de las variables involucradas dentro del contexto del sistema de producción e interrelación e impacto en los demás procesos, según jerarquización y priorización de las causas del problema, es decir cómo afecta el problema el proceso de producción, para fines de plantear alternativas de solución y adoptar soluciones pertinentes. La calificación asignada se encuentra entre el rango de 0; 1; 3 y 5, para fines de establecer un peso porcentual por cada criterio, en concordancia con los objetivos estratégicos de la empresa (Tabla 11).

Tabla 12

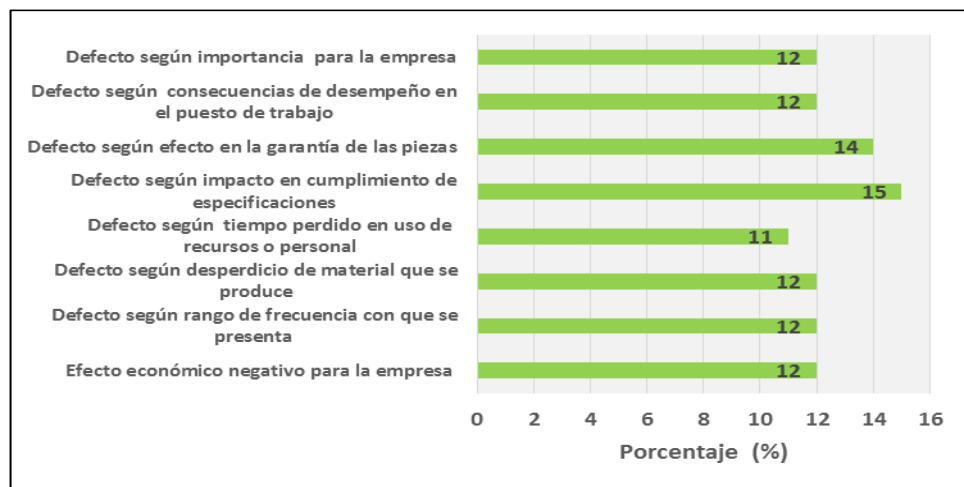
Criterios y valor porcentual para asignar a los defectos o puntos críticos

Ítem	Criterios	Relevancia (%)
Ítem1	Efecto económico negativo para la empresa	12
Ítem2	Defecto según rango de frecuencia con que se presenta	12
Ítem3	Defecto según desperdicio de material que se produce	12
Ítem4	Defecto según tiempo perdido en uso de recursos o personal	11
Ítem5	Defecto según impacto en cumplimiento de especificaciones	15
Ítem6	Defecto según efecto en la garantía de las piezas	14
Ítem7	Defecto según consecuencias de desempeño en el puesto de trabajo	12
Ítem8	Defecto según importancia para la empresa	12
Total		100

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 9

Criterios y valor porcentual para asignar a los defectos o puntos críticos



Fuente: Procesamiento estadístico.

Interpretación:

Según se aprecia, en la Tabla 12 y Figura 9, que para la priorización de los defectos encontrados en el proceso de producción metalmeccánica se establecieron ocho criterios para establecer un juicio de valor y asignarles un valor porcentual a los defectos detectados, lo que permite evidenciar la relevancia para la empresa. La mayor relevancia (15%) del impacto de los defectos se evidencia en cuanto al cumplimiento de las especificaciones, seguidos del efecto en la garantía de las piezas.

Tabla 13

Defectos prioritarios seleccionados según criterios de priorización

Defectos	Efecto económico negativo para la empresa	Defecto según rango de frecuencia con que se presenta	Defecto según desperdicio de material que se produce	Defecto según tiempo perdido en uso de recursos o personal	Defecto según impacto en el cumplimiento de especificaciones	Defecto según efecto en la garantía de las piezas	Defecto según consecuencias de desempeño en el puesto de trabajo	Defecto según trascendencia para la empresa	Total	%
	12 %	12 %	12 %	11 %	15 %	14 %	12 %	12 %	Σ	100%
Abolladura de tubos	4	2	5	3	5	4	0	4	27	3,38
Desconocimiento de las dimensiones del material	2	2	4	4	5	5	3	3	28	3,50
Irregularidad en el corte del material	4	2	2	2	5	5	2	5	27	3,38
Incumplimiento de las tolerancias	3	2	5	5	5	5	3	5	33	4,13
Insuficientes herramientas	2	1	0	2	0	0	3	2	10	1,25
Disponibilidad de los equipos	2	2	2	2	5	2	2	2	19	2,38
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	4	3	3	3	5	3	3	3	27	3,38
Desorden del área de trabajo	3	3	5	5	4	0	3	4	27	3,38

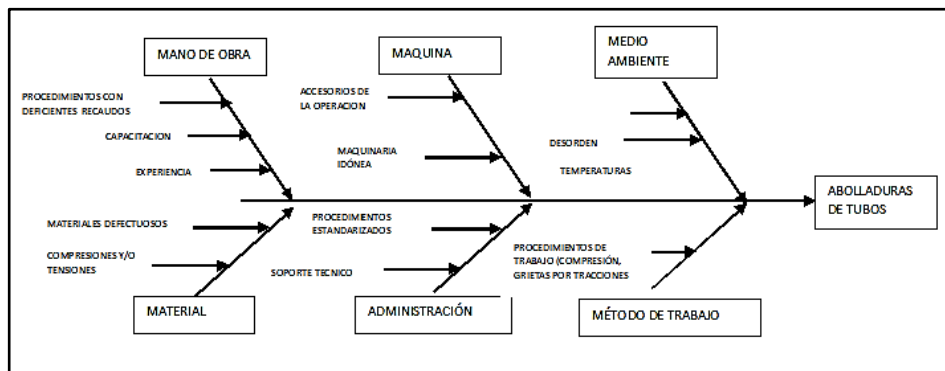
Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Según Tabla 13, para los defectos prioritarios seleccionados según criterios de priorización, se consideró como prioritarios aquellos defectos que obtuvieron una calificación promedio igual o superior a 3,25. Cabe mencionar que el punto de corte de 3,25, lo estableció Córdova (2012) en un estudio previo realizado en una empresa metalmeccánica en Lima. Los defectos que superaron el corte son: abolladura de tubos (3,38); desconocimiento de las dimensiones del material (3,38); irregularidad en el corte del material (3,50); incumplimiento de tolerancias (4,13); disponibilidad específica de equipos de soldadura (3,38).

Figura 10

Defecto prioritario abolladura de tubos y sus efectos en el proceso de producción



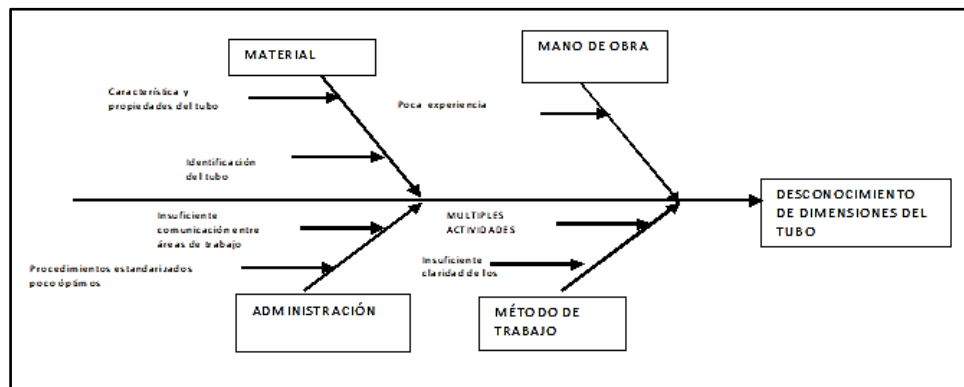
Nota: Diagrama de causa-efecto para abolladura de tubos. Fuente: Córdova (2013).

Interpretación:

El diagrama de espina de pescado graficado en la Figura 10, permite identificar las causas potenciales o reales del defecto prioritario *abolladura de tubos*, siendo identificados como causas aspectos relacionados con la mano de obra, máquina, medio ambiente, material, administración y metodologías de trabajo.

Figura 11

Defecto prioritario desconocimiento de dimensiones del tubo y sus efectos en el proceso de producción



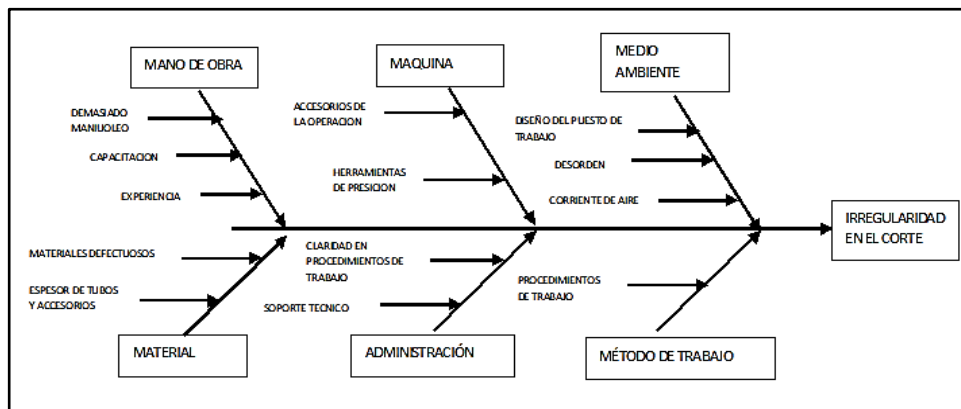
Nota: Diagrama causa-efecto para desconocimiento de dimensiones del tubo. Fuente: Córdova (2013).

Interpretación:

El diagrama de espina de pescado graficado en la Figura 11, permite identificar las causas potenciales o reales del defecto prioritario *desconocimiento de dimensiones del tubo*, siendo identificados como causas aspectos relacionados con la mano de obra, material, administración y metodologías de trabajo.

Figura 12

Defecto prioritario irregularidad en el corte y sus efectos en el proceso de producción



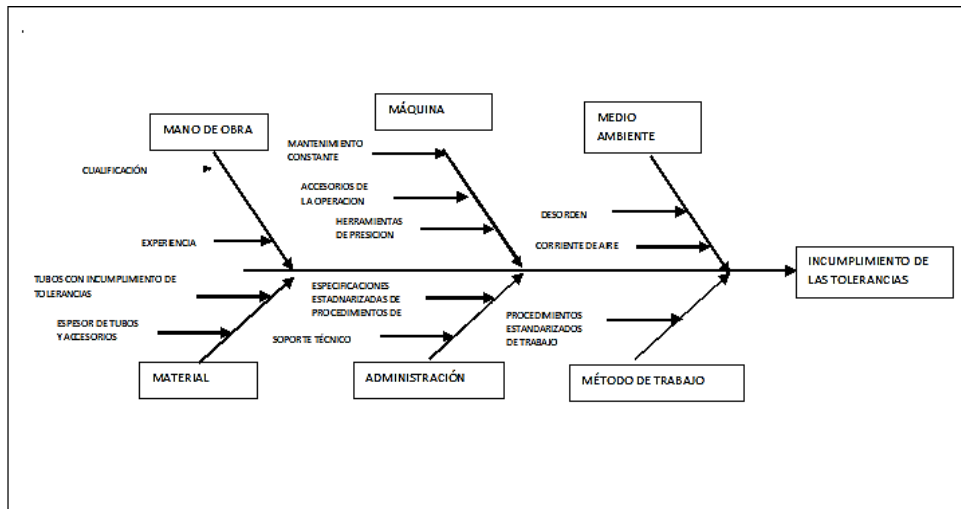
Nota. Diagrama causa-efecto para irregularidad en el corte. Fuente: Córdova (2013).

Interpretación:

El diagrama de espina de pescado graficado en la Figura 12, permite identificar las causas potenciales o reales del defecto prioritario *irregularidad en el corte*, siendo identificados como causas aspectos relacionados con la mano de obra, máquina, medio ambiente, material, administración y metodologías de trabajo.

Figura 13

Defecto prioritario incumplimiento de las tolerancias y sus efectos en el proceso de producción



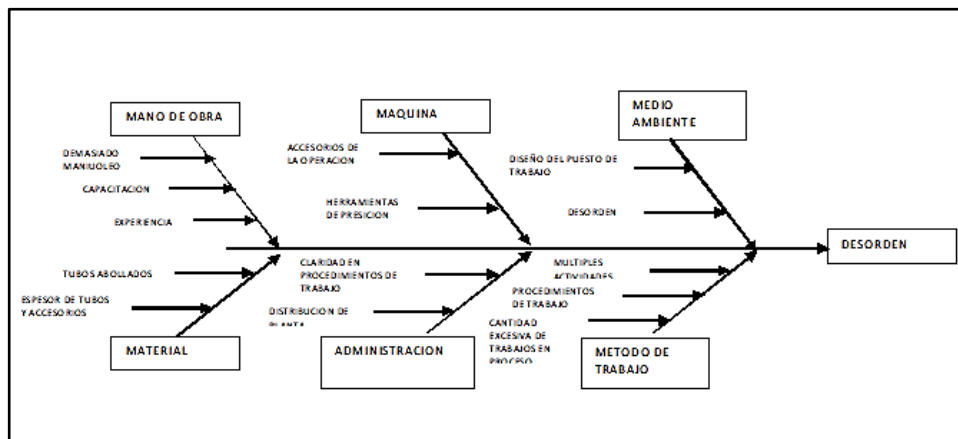
Nota. Diagrama causa-efecto para Incumplimiento de las tolerancias del corte. Fuente: Córdova (2013).

Interpretación:

El diagrama de espina de pescado graficado en la Figura 13, permite identificar las causas potenciales o reales del defecto prioritario *incumplimiento de tolerancias*, siendo identificados como causas aspectos relacionados con la mano de obra, máquina, medio ambiente, material, administración y metodologías de trabajo.

Figura 14

Defecto prioritario desorden del área de trabajo y sus efectos en el proceso de producción



Nota. Diagrama causa-efecto para desorden del área de corte. Fuente: Córdova (2013).

Interpretación:

El diagrama de espina de pescado graficado en la Figura 14, permite identificar las causas potenciales o reales del defecto prioritario *abolladura de tubos*, siendo identificados como causas aspectos relacionados con la mano de obra, máquina, medio ambiente, material, administración y metodologías de trabajo.

Tabla 14

Principios de las herramientas lean

Herramientas	Principios de las herramientas lean
5S's (creación y mantenimiento de áreas de trabajo)	<ul style="list-style-type: none">- Organización, orden y limpieza.- Estandarizar.- Disciplina.
Kanban (flujo de trabajo: etiqueta de instrucción)	<ul style="list-style-type: none">- Materiales y productos identificados en cada proceso.- Disponibilidad de información de producción entre procesos.- Control de inventarios.
Justo a tiempo (eliminación de mudas)	<ul style="list-style-type: none">- Calidad de la fuente.- Sistema de halar.- Desarrollo de proveedores.
Jidoka (verificación proceso-automatización)	<ul style="list-style-type: none">- Detección de defectos en procesos.- Definir y unificar parámetros óptimos.- Verificación de productos en procesos.
Poka Yoke (mecanismos y/o dispositivos para la obtención de cero defectos)	<ul style="list-style-type: none">- Feedback rápida de defectos o anomalías.- Verificación del producto en procesos (prevención o detección errores).- Disminución de defectos y reprocesos.- Tiempo de respuesta ante dificultades.
Andon	<ul style="list-style-type: none">- Verificación rápida de estado de proceso de producción (piezas defectuosas).- Verificación rápida de condiciones en diferentes puntos de planta producción.

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

En la Tabla 14, se aprecia que cada herramienta *lean* se fundamenta en principios vertebradores de su filosofía, que a su vez direccionan y permiten establecer criterios para vulnerar los defectos y/o anomalías del proceso de producción o manufactura.

Tabla 15*Herramientas lean asignadas a los defectos o puntos críticos*

Defectos		Herramientas Lean				
Abolladura de tubos	JUSTO A TIEMPO			JIDOKA	POKA YOKE	ANDON
Desconocimiento de las dimensiones del material				JIDOKA	POKA YOKE	
Irregularidad en el corte del material		5S	KANBAN	JIDOKA	POKA YOKE	ANDON
Incumplimiento de las tolerancias			KANBAN	JIDOKA	POKA YOKE	ANDON
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	JUSTO A TIEMPO		KANBAN			ANDON
Desorden del área de trabajo	JUSTO A TIEMPO	5S	KANBAN			ANDON

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La Tabla 15, muestra las herramientas *lean* seleccionadas partiendo del análisis de la realidad observada (Gemba), identificación del tipo de defectos, principios de cada herramienta, y alcances de la herramienta lean.

Tabla 16

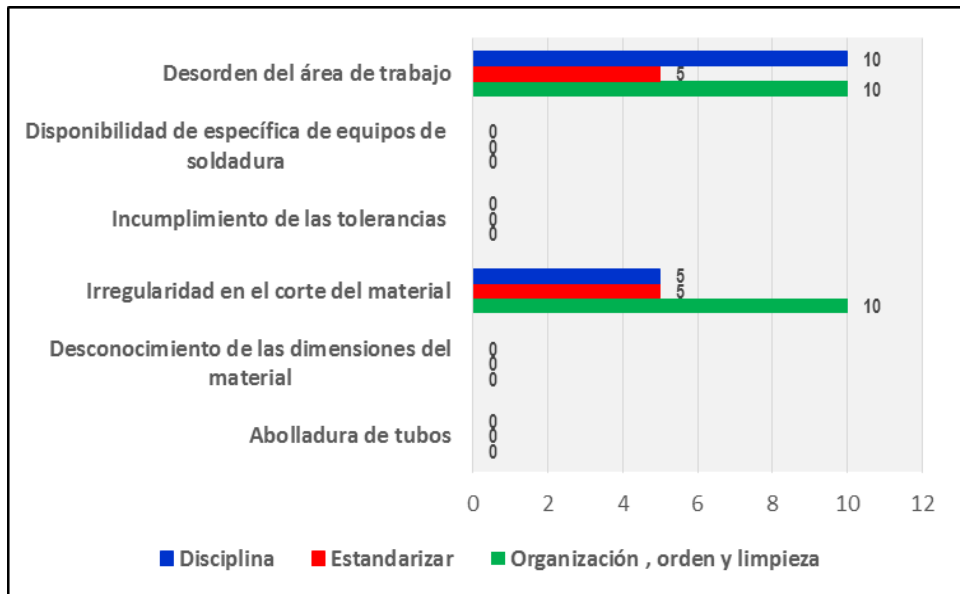
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean 5'S

5S's (creación y mantenimiento de áreas de trabajo)	Organización, orden y limpieza	Estandarizar	Disciplina
Abolladura de tubos	0	0	0
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0
Irregularidad en el corte del material	10	5	5
Incumplimiento de las tolerancias	0	0	0
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	0	0
Desorden del área de trabajo	10	5	10

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 15

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean 5'S



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta *lean 5'S*, corresponde al defecto irregularidad en el corte del material (puntuación :20) y desorden en el área de trabajo (puntuación :25) (Tabla 16 y Figura 15).

Tabla 17

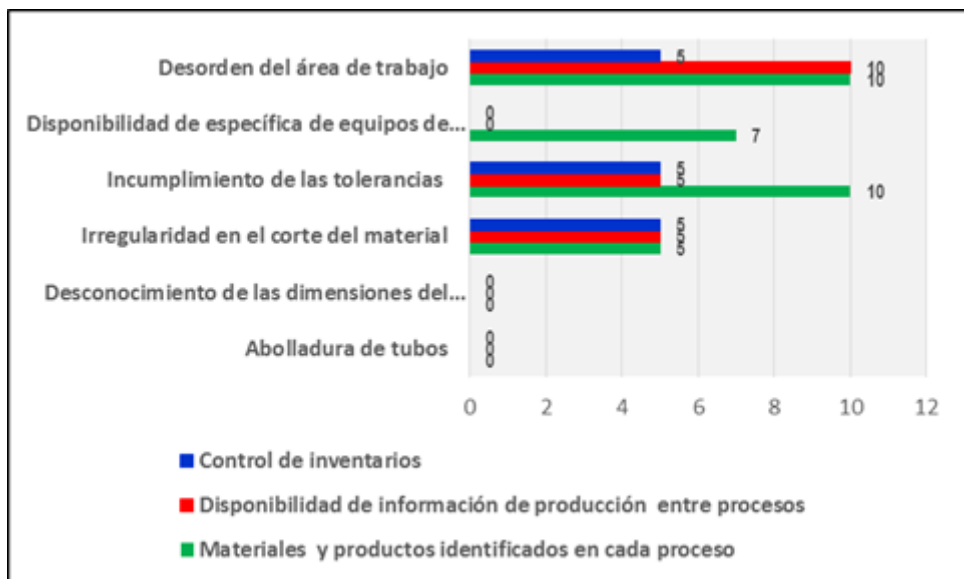
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Kanban

Kanban (flujo de trabajo: etiqueta de instrucción)	Materiales y productos identificados en cada proceso	Disponibilidad de información de producción entre procesos	Control de inventarios
Abolladura de tubos	0	0	0
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0
Irregularidad en el corte del material	5	5	5
Incumplimiento de las tolerancias	10	5	5
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	7	0	0
Desorden del área de trabajo	10	10	5

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 16

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Kanban



Nota: Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta *lean kanban*, corresponde a la irregularidad en el corte del material (puntuación: 15) e incumplimiento de las tolerancias (puntuación: 20) y disponibilidad específica de equipos de soldadura (puntuación: 7) (Tabla 17 y Figura 16).

Tabla 18

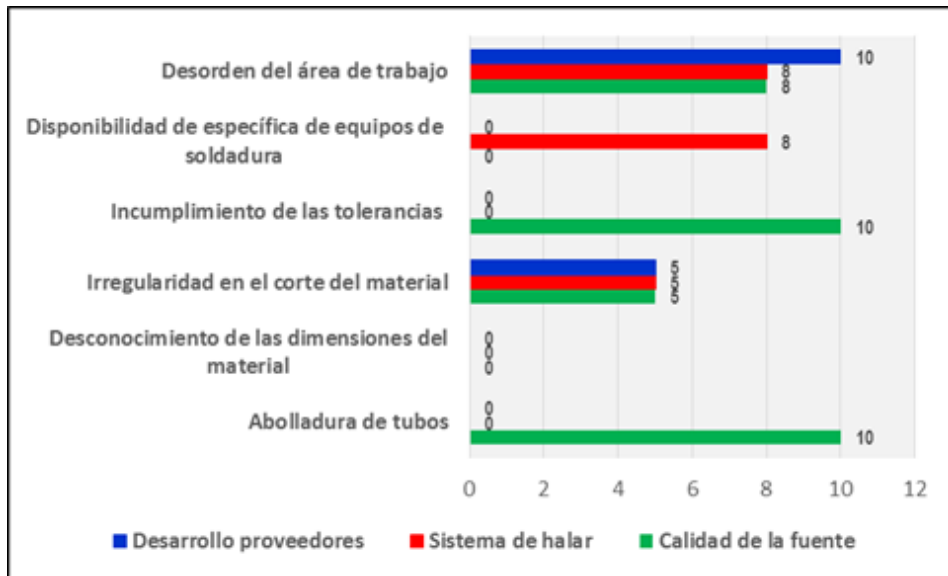
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Justo a tiempo (JAT)

Justo a tiempo (eliminación de mudas)	Calidad de la fuente	Sistema de halar	Desarrollo proveedores
Abolladura de tubos	10	0	0
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0
Irregularidad en el corte del material	5	5	5
Incumplimiento de las tolerancias	10	0	0
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	8	0
Desorden del área de trabajo	8	8	10

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 17

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Justo a tiempo (JAT)



Nota: Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta *lean* JAT, corresponde a la abolladura de tubos (puntuación: 10), irregularidad en el corte del material (puntuación: 15) e incumplimiento de las tolerancias (puntuación: 10) (Tabla 18 y Figura 17).

Tabla 19

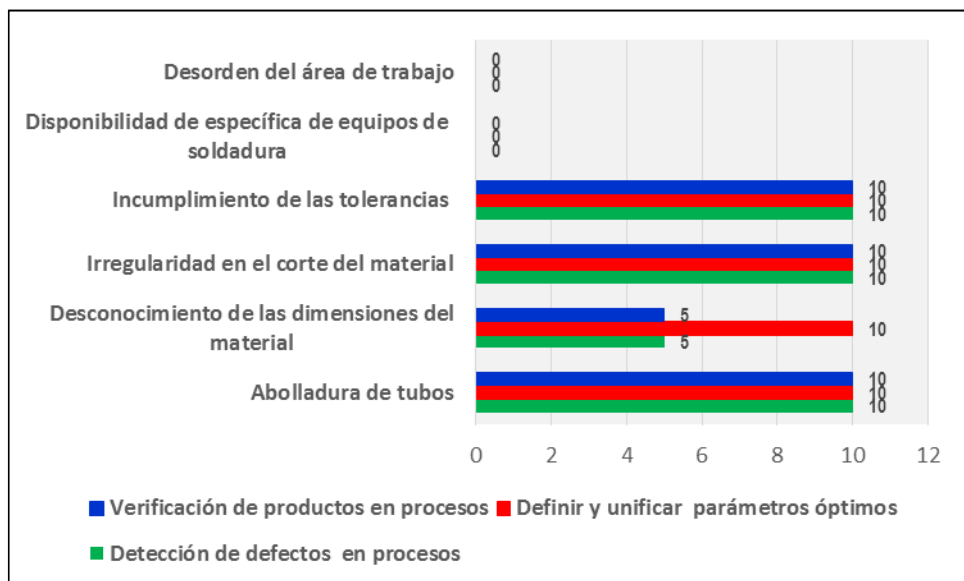
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Jidoka

Jidoka (verificación proceso y automatización)	Detección de defectos en procesos	Definir y unificar parámetros óptimos	Verificación de productos en procesos
Abolladura de tubos	10	10	10
Desconocimiento de las dimensiones del material	5	10	5
Irregularidad en el corte del material	10	10	10
Incumplimiento de las tolerancias	10	10	10
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	0	0
Desorden del área de trabajo	0	0	0

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 18

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Jidoka



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta *lean jidoka*, corresponde a la abolladura de tubos (puntuación: 30), irregularidad en el corte del material (puntuación :30) e incumplimiento de las tolerancias (puntuación: 30) (Tabla 19 y Figura 18).

Tabla 20

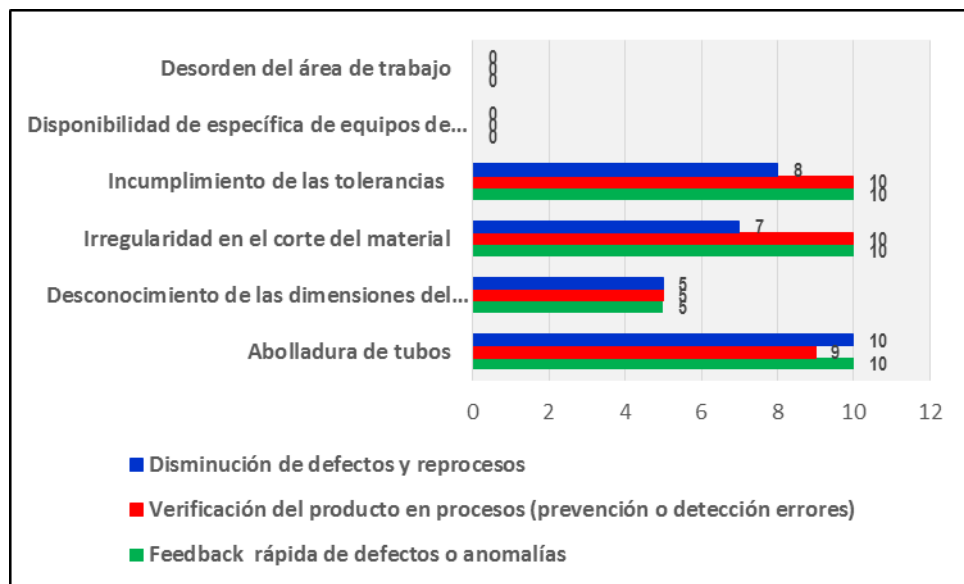
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Poka Yoke

Poka Yoke (mecanismos y/o dispositivos para la obtención de cero defectos)	Feedback rápida de defectos o anomalías	Verificación del producto en procesos (prevención o detección errores)	Disminución de defectos y reprocesos
Abolladura de tubos	10	9	10
Desconocimiento de las dimensiones del material	5	5	5
Irregularidad en el corte del material	10	10	7
Incumplimiento de las tolerancias	10	10	8
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	0	0
Desorden del área de trabajo	0	0	0

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 19

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Poka Yoke



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta lean Poka Yoke, corresponde a la abolladura de tubos (puntuación: 29), irregularidad en el corte del material (puntuación: 27) e incumplimiento de las tolerancias (puntuación: 28) (Tabla 20 y Figura 19).

Tabla 21

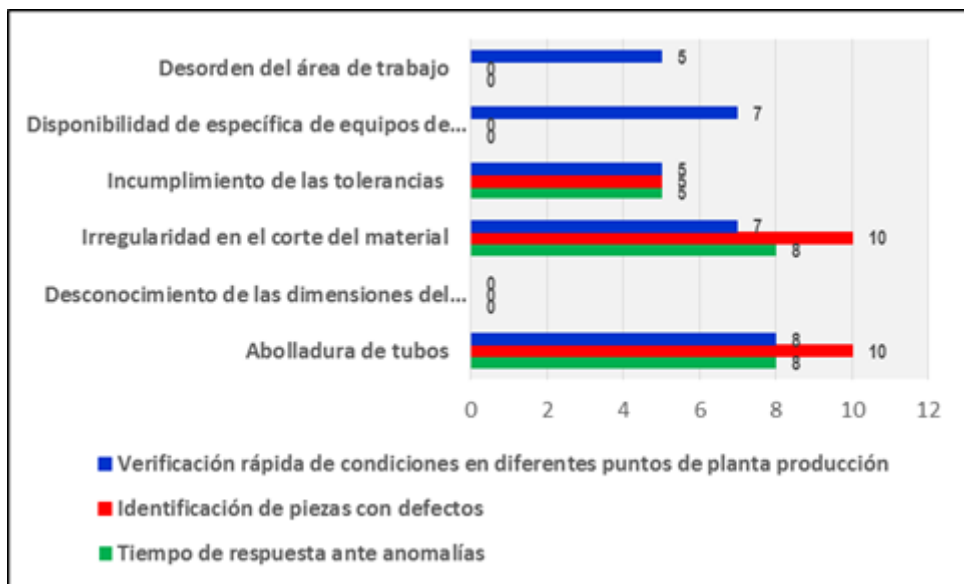
Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Andon

Andon (indicador visual)	Tiempo de respuesta ante anomalías	Identificación de piezas con defectos	Verificación rápida de condiciones en diferentes puntos de planta producción
Abolladura de tubos	8	10	8
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0
Irregularidad en el corte del material	8	10	7
Incumplimiento de las tolerancias	5	5	5
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	0	7
Desorden del área de trabajo	0	0	5

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 20

Puntuación asignada a cada defecto según los principios de la herramienta lean Andon



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación más alta asignada según el principio de la herramienta *lean Andon*, corresponde a la abolladura de tubos (puntuación: 28), irregularidad en el corte del material (puntuación: 25) e incumplimiento de las tolerancias (puntuación: 15) (Tabla 21 y Figura 20).

Tabla 22

Herramientas lean asignadas a los defectos o puntos críticos

Herramientas	5S's (creación y mantenimiento de áreas)			Kanban (flujo de trabajo: etiqueta de instrucción)			Justo a tiempo (eliminación de mudas)			Jidoka (verificación proceso-automatización)			Poka Yoke (mecanismos y/o dispositivos =cero defectos)			Andon (indicador visual)		
	Organización, orden y limpieza	Estandarizar	Disciplina	Materiales y productos identificados en cada proceso	Disponibilidad de información de producción entre procesos	Control de inventarios	Calidad de la fuente	Sistema de halar	Desarrollo proveedores	Detección de defectos en procesos	Definir y unificar parámetros óptimos	Verificación de productos en procesos	Feedback rápido de errores o anomalías	Verificación del producto en procesos (prevención o detección error)	Disminución de defectos y reprocesos	Tiempo de respuesta ante anomalías	Identificación de piezas defectuosas	Verificación rápida de condiciones en diferentes puntos de planta producción
Abolladura de tubos	0	0	0	0	5	0	10	0	0	10	10	10	10	9	10	8	10	8
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	5	5	5	5	0	0	0
Irregularidad en el corte del material	10	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	7	8	10	7
Incumplimiento de las tolerancias	0	0	0	10	5	5	10	0	0	10	10	10	10	10	8	5	5	5
Disponibilidad de específica de equipos de soldadura	0	0	0	7	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Desorden del área de trabajo	10	5	10	10	10	5	8	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Según se observa en la Tabla 22, en las columnas se ha consignado siete principios de la Manufactura Esbelta, los que en cada caso podría estar faltando en el proceso de producción. Se ha asignado en una escala decimal una puntuación de 0 (valor mínimo) 10 puntos (valor máximo), según se considere existe una débil o fuerte relación entre el defecto y la característica con que la herramienta cuenta para solucionar el problema.

Tabla 23

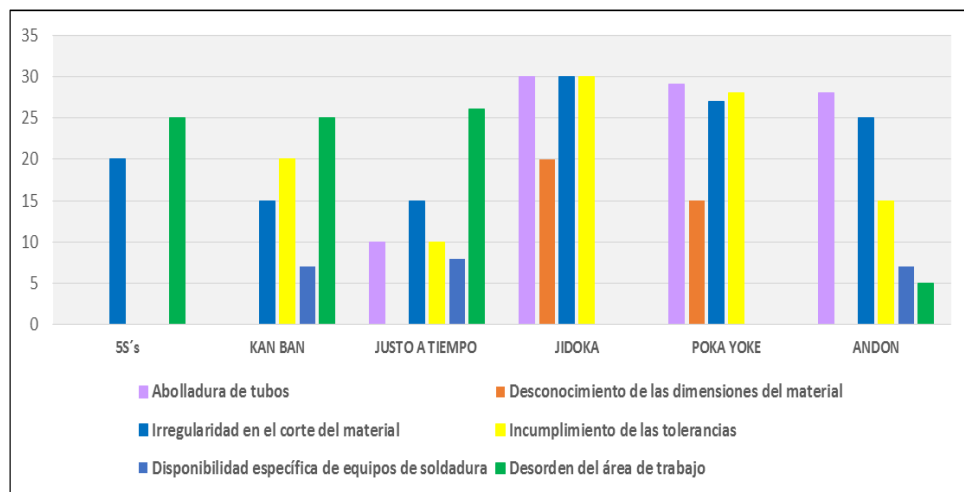
Puntuación sumada de herramientas lean a utilizar en defectos identificados

Herramientas	5S's	KAN BAN	JUSTO A TIEMPO	JIDOKA	POKA YOKE	ANDON
Abolladura de tubos	0	0	10	30	29	28
Desconocimiento de las dimensiones del material	0	0	0	20	15	0
Irregularidad en el corte del material	20	15	15	30	27	25
Incumplimiento de las tolerancias	0	20	10	30	28	15
Disponibilidad específica de equipos de soldadura	0	7	8	0	0	7
Desorden del área de trabajo	25	25	26	0	0	5

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 21

Puntuación sumada de herramientas lean a utilizar en defectos identificados



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

La puntuación sumada de cada principio oscila entre 0 a 30 puntos en cada herramienta, por lo que las herramientas con valores de 20 o más serán consideradas como las aplicables en cuanto contribuyen a la solución inmediata del defecto o anomalía, sin embargo, las herramientas con valores menores a 20 puntos, evidentemente contribuyen, pero en menor medida.

Tabla 24

Beneficio obtenido en punto crítico abolladura de tubos con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Abolladura de tubos	Andon	Permite identificar piezas defectuosas y disminuir tiempos de respuesta.
	Justo a tiempo	Facilita identificar la calidad de origen y aplicar el sistema halar.
	Jidoka	Al hacer uso de esta herramienta, detectaríamos a tiempo los defectos en el material, lo cual evitaría la utilización de un material defectuoso.
	Poka Yoke	El uso de esta herramienta facilitaría la detección de errores, detección de estos y corrección inmediata.

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios obtenidos para el punto crítico anomalías abolladura de tubos, en cuanto se encaminan a la eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas, jidoka, poka yoke, justo a tiempo y andon (Tabla 24).

Tabla 25

Beneficio obtenido en punto crítico desconocimiento de las dimensiones del material con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Desconocimiento de las dimensiones del material	Jidoka	Al hacer uso de esta herramienta podríamos detectar errores en las dimensiones, lo cual facilitaría su corrección, para evitar un re-proceso
	Poka Yoke	Junto con el uso del jidoka, resultaría conveniente el uso de esta herramienta, ya que garantizaría el desarrollo de mecanismos alternativos para prevenir errores que podrían ocurrir en los cortes

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios obtenidos para el punto crítico anomalías *desconocimiento de las dimensiones del material*, en cuanto se encaminan a la eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas, jidoka, poka yoke (Tabla 25).

Tabla 26

Herramientas beneficio en punto crítico irregularidad en el corte del material con aplicación de herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Irregularidad en el corte del material	5S's	Mejor distribución de áreas, ausencia de material innecesario, comodidad de contar con el material necesario.
	Kanban	Garantizar exceso de material almacenado.
	Justo a tiempo	
	Jidoka	Al hacer uso de esta herramienta podríamos detectar errores en las dimensiones, lo cual facilitaría su corrección.
	Poka Yoke	Junto con el uso del jidoka, resultaría útil el uso de esta herramienta, ya que garantizaría el desarrollo mecanismos alternativos para prevenir errores que podrían ocurrir en los cortes.
	Andon	

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios para el punto crítico defecto de irregularidad en el corte del material, en cuanto se encaminan a eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas, 5s, jidoka, poka yoke, kanban, justo a tiempo y andon (Tabla 26).

Tabla 27

Beneficio obtenido en punto crítico incumplimiento de tolerancias con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Incumplimiento de las tolerancias	Jidoka	Al hacer uso de esta herramienta podríamos detectar errores en las dimensiones, lo cual facilitaría su corrección.
	Poka Yoke	Junto con el uso del jidoka, resultaría conveniente el uso de esta herramienta, ya que garantizaría el desarrollo de mecanismos alternativos para prevenir errores que podrían ocurrir durante los cortes.
	Kanban	La disponibilidad precisa de información entre procesos permite una producción que cumple con los márgenes de tolerancia (magnitud significativa y cuantificable de un producto) para que se acepte como válida,
	Justo a tiempo	Permite valorar la calidad de la fuente y a su vez propender el sistema de halar.
	Andon	Su aplicación, permitirá una respuesta rápida ante la presencia de una anomalía, detectar piezas defectos que no cumplen con el intervalo de tolerancia establecido y a la vez verificar rápidamente el área de producción.

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios obtenidos para el punto crítico anomalías *incumplimiento de las tolerancias*, en cuanto se encaminan a la eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas, jidoka, poka yoke, kanban, justo a tiempo y andon (Tabla 27).

Tabla 28

Beneficio obtenido en punto crítico anomalía de disponibilidad específica de equipos de soldadura con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Anomalías de disponibilidad de específica de equipos de soldadura	Andon	Permite una verificación rápida de condiciones de un área, con menor esfuerzo y tiempo por parte de los supervisores y a la vez facilita una pronta solución en cuanto a la disponibilidad específica de equipos de soldadura.
	Kanban	Con esta herramienta podríamos detectar con mayor rapidez la disponibilidad de los equipos de soldeo
	Justo a tiempo	Permite tomar decisiones en el momento justo para propender a la calidad de la fuente y sistema de halar

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios obtenidos para el punto crítico anomalías *disponibilidad específica de equipos de soldadura*, en cuanto se encaminan a la eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas, kanban, justo a tiempo y andon (Tabla 28).

Tabla 29

Beneficio obtenido en punto crítico desorden del área de trabajo con la aplicación de las herramientas de manufactura esbelta

Defecto	Herramientas lean	Beneficio
Desorden del área de trabajo	5S	Haciendo uso de las 5s conseguiríamos tener una mejor distribución de las áreas dentro del área de trabajo y almacenes, mejorando las condiciones de trabajo y la moral del personal; reduciendo también el riesgo de accidentes que podría ocurrir.
	Kanban	Al aplicar esta herramienta conseguiríamos evitar el exceso de material almacenado
	Justo a tiempo	Permite tomar decisiones en el momento justo para propender a la calidad de la fuente y sistema de halar
	Andon	Permite una verificación rápida de condiciones de un área, con menor esfuerzo y tiempo por parte de los supervisores y a la vez facilita una pronta solución.

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Interpretación:

Los beneficios obtenidos para el punto crítico desorden del área de trabajo, en cuanto se encaminan a la eliminación de mudas y por ende a una mayor eficiencia son gratificables con las herramientas 5s, kanban, justo a tiempo y andon (Tabla 29).

4.2. Contrastación de hipótesis

Contrastación cualitativa de la hipótesis:

H_0 : No se diseña una propuesta de mejora en el proceso de producción en una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta.

H_a : Se diseña una propuesta de mejora en el proceso de producción en una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta.

4.3. Propuesta de mejora

Propuesta de mejora en el proceso de producción de una empresa metalmeccánica basada en herramientas de manufactura esbelta.

4.3.1. Herramienta lean: 5's

4.3.1.1. Etapas de implementación herramienta 5's

- **Limpieza:** Etapa que se centra esencialmente en una limpieza a fondo del lugar de trabajo, que comprende eliminar lo inservible y limpieza de equipos e instalaciones (fase operativa).
- **Optimización:** Terminada la fase de limpieza, corresponde ordenar y clasificar con coherencia (fase operativa).
- **Formalización:** Establecimiento de normas y estándares de orden, clasificación, y procedimientos para erradicar focos que provocan suciedad (estandarización de prácticas).
- **Continuidad:** Se orienta a mantener lo logrado en las tres etapas anteriores y asunción de filosofía de mejora sigue basada en la disciplina y hábitos (permanencia).

4.3.1.2. Propuesta de implementación

a) Sensibilización y capacitación

Para lograr sensibilizar y capacitar al personal de la empresa, se requiere de implementar capacitaciones *in house* para interiorizar la importancia y modo de implementar la herramienta *lean 5s* como parte de la cultura de calidad, ya que la limpieza y el orden deben ser una actividad inherente para optimizar los resultados. Asimismo, se requiere de un trabajo en equipo, cooperación, respeto, cambio de actitud y compromiso, para dejar de lado los malos hábitos y prácticas inadecuadas.

b) Evaluación del estado actual de 5's y levantamiento de información

Mediante una lista de chequeo se levantará información sobre los cinco aspectos que comprende la estrategia 5's:

Tabla 30

Valoración

Muy deficiente	Deficiente	Promedio	Óptimo	Muy óptimo
0	1	2	3	4

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Tabla 31

Lista de chequeo

5's	Aspecto sujeto a evaluación	Criterio de evaluación	Puntuación				
			0	1	2	3	4
SEIRI	1. Piezas y/o material	Material o piezas innecesarias almacenadas					
	2. Máquinas y equipos	Máquinas y/o equipos que no se usan					
	3. Herramientas	Herramientas se usan regularmente					
	4. Criterios de clasificación	Existen criterios claros para clasificar lo que es o no necesario					
	5. Tratamiento de elementos	Existen criterios claros para tratar los elementos necesarios y los innecesarios					
	Subtotal						
ORDEN	6. Indicadores de localización	Las áreas de almacenamiento están marcadas con indicadores de lugar					
	7. Indicadores de componentes	Componentes con etiquetas					
	8. Indicadores de cantidad	Existen indicadores de stock máximo y mínimo					
	9. Líneas de división	Áreas de paso, de operaciones y de trabajo marcadas					
	10. Herramientas	Cada herramienta tiene un lugar identificado					
	Subtotal						
SEISO	11. Pisos	Pisos no presentan residuos (aceite, agua, suciedad, etc.)					
	12. Máquinas y equipos	Máquinas limpias					
	13. Limpieza con inspección	Limpieza e inspección son considerados una misma acción o procedimiento					
	14. Responsabilidad de limpieza asignada	Sistema de rotación de responsabilidad para limpieza					
	15. Limpieza diaria	La limpieza habitual					
	Subtotal						
SEIKETSU	16. Asignación de tareas de 5's	Las tareas de clasificación, orden y limpieza están asignadas claramente					
	17. Procedimientos	Existen procedimientos de trabajo estandarizados					
	18. Control Visual	El control visual permite fácilmente distinguir anomalías					
	19. Plan de mejoramiento	Se planifican acciones de mejoramiento para erradicar suciedad					
	20. Mantenimiento 5's	Existe un sistema para la continuidad de clasificación, orden y limpieza					
	Subtotal						
SHITSUKE	21. Condiciones de 5's	Cada herramienta o elemento es colocado en su lugar inmediatamente después de su uso					
	22. Evaluaciones	Evaluaciones periódicas					
	23. Corrección de anomalías	Se procuran acciones inmediatas para corregir anomalías					
	24. Procedimientos	Procedimientos estandarizados y cumplidos					
	25. Reglas y normas	Existe cumplimiento de reglas y normas					
	Subtotal						
Total							

Nota. Datos tomados de Torres (2014).

Tabla 32

Nivel de implementación de herramienta lean 5's

0	20	40	60	80	100
Muy baja Implementación	Baja implementación	Regular implementación	Buena implementación	Muy buena implementación	

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

c) Formación de los equipos de 5's

- Consultor: Especialista.
- Responsables: Supervisores de planta.
- Equipos 5's por áreas: Personal de áreas.

d) Planificación de actividades

- Cronograma: Actividades desglosadas por lugar, áreas y periodo.
- Actividades: específicas según estándares.

e) SEIRI (Clasificar)

Clasificación según criterios establecidos de herramientas, materiales y equipos necesarios e innecesarios por áreas.

f) Organizar

Tabla 33

Organización

	Frecuencia de uso	Organización
Herramientas, materiales, mobiliario, archivos, papeles, etc.	Frecuentemente	Ubicar junto a la persona
	Varias veces durante el día	Ubicar cerca a la persona
	Algunas veces a la semana	Ubicar cerca al área de trabajo
	Algunas veces al mes	Ubicar en áreas comunes
	Algunas veces al año	Ubicar en zona de almacén
	Quizá se utilice	Ubicar en zona archivo

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

g) SEISO (Limpiar)

- Check list de limpieza.
- Check list de mantenimiento.

h) SEIKETSU (Normalizar)

- Práctica diaria de orden y limpieza según estándares establecida de orden.

i) SHITSUKE (Disciplina)

- Los estándares de limpieza, roles y tareas se cumplen con disciplina.
- Las 3s iniciales se cumplen de propia iniciativa por parte del personal.

Figura 22

Etapas de implementación de herramienta lean 5's



Nota. Pasos a seguir para la aplicación de las 5's. Fuente: Córdova (2013).

4.3.2. Herramienta lean: Kanban

Término japonés que se puede interpretar en español como etiqueta de instrucción. Físicamente, consiste en una tarjeta o cartón que contiene la información necesaria para que un producto pueda ser fabricado. Generalmente, tiene la forma rectangular y va adherido a un contenedor de los productos de los cuales se ofrece la información. Asimismo, el contenido de la información es particular, según el tipo de empresa.

4.3.2.1. Contenido de la tarjeta kanban

Frecuentemente, la tarjeta kanban tiene el siguiente contenido (Pérez, 2011, p. 135):

- Nombre y/o código del Puesto o Máquina que procesará el material requerido.
- Iniciales o código del Encargado de Procesar.
- Nombre y/o código del Material procesado o por procesar, requerido.
- Cantidad requerida de ese material (resaltada o en letra más grande).
- Destino del material requerido.
- Capacidad del contenedor de los materiales requeridos.

- Momento en el que fue procesado el material.
- Momento en el que debe ser entregado al proceso subsiguiente.
- Número de turno.
- Número del lugar de almacén principal.
- Estado del material procesado.

4.3.2.2. Presupuestos antes de aplicar la herramienta Kanban

- Proceso que evite los cambios bruscos.
- Conocimiento de terminología Andon o indicadores visuales o audio.
- Personal comprometido con herramienta Kanban.

4.3.2.3. Propuesta de implementación

a) Determinación de número de kanbanes por colores, con la siguiente información:

- Descripción del producto
- Datos del producto
- Línea de producción
- Materia prima
- Total de unidades
- Unidades/hora
- Tiempo/producción

b) **Determinación de kanbanes de no stock, para aquellos productos que no se encuentran considerados dentro del 20% de mayor rotación.**

c) **Determinación de color de la tarjeta kanban:**

Tabla 34

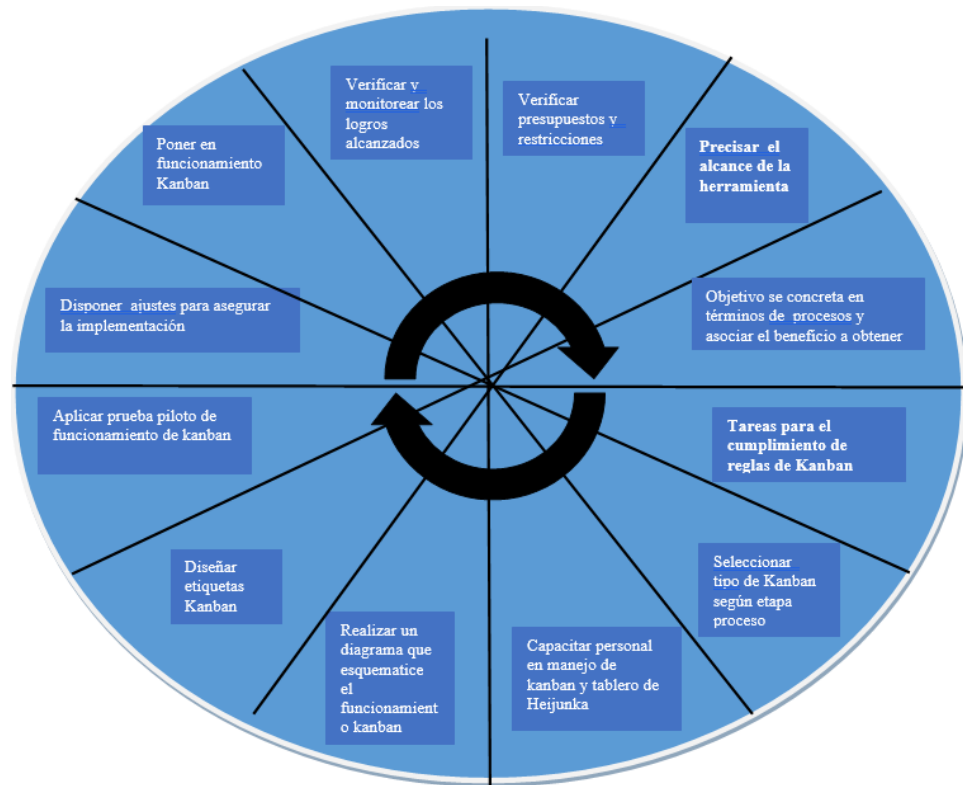
Determinación de color de la tarjeta kanban

Prioridad 1: rojo	Prioridad 2: amarillo	Prioridad 3: verde
Saldo crítico: prioridad de fabricación inmediata	Producto terminado: debe tenerse en cuenta para programaciones	Producto para el que existe libertad de programar
Tiempo: ...	Tiempo: ...	Tiempo: ...

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Figura 23

Etapas de implementación de herramienta lean kanban



Nota. Pasos a seguir para la aplicación de kanban. Fuente: Córdova (2013).

4.3.3. Herramienta lean: Justo a tiempo (JAT)

Propuesta de implementación de herramienta JAT.

a) Primera fase: Como poner en marcha herramienta JAT.

- Socialización (equipo directivo y personal) porque se implanta el sistema JAT.
- Análisis de desperdicios, considerando que “deshacerse del desperdicio encierra dos facetas: una es el flujo y la otra es la calidad” (Hay y Cárdenas, 2003, p. 152) (defectos, esperas, inventarios, sobreproducción y exceso de transporte).
- Análisis coste/beneficio, compromiso de la dirección.
- Creación de la estructura JAT (Comité directivo, facilitador y grupos encargados de proyectos) para fines de concretar la visión en prioridades a corto plazo.

b) Segunda fase: Mentalización (comprensión filosofía JIT y aplicación en su propio trabajo).

- Puesta en marcha del JAT de proyectos piloto e implantación de proyectos para establecer técnicas JIT.
- Entrenamiento para la adquisición de habilidades JIT.
- Institucionalización.

c) Tercera fase: Mejorar los procesos.

- Reducir tiempo de preparación (tiempo que se tarda en modificar una máquina para que pueda procesar otro tipo de producto) para lo cual por ejemplo se puede aplicar SMED (cambio rápido de producción). Este paso es importante, ya que una máquina que no produce nada durante un lapso de tiempo, disminuye el rendimiento de la máquina, y afecta la rentabilidad, ya que, con un tiempo de preparación largo, no resulta rentable producir lotes pequeños (Quiroz, 2002).
- Mantenimiento preventivo (para evitar desperfectos o fallas de las máquinas).
- Cambiar a líneas de flujo; de preferencia en forma de U para facilitar el flujo de un proceso adyacente a otro (Quiroz, 2002).

d) Cuarta fase: Mejoras en el control.

- Implementación del sistema tipo arrastre o pull (manera de realizar la producción que se “origina en función de pedidos en firme y previsiones, [...] órdenes de aprovisionamiento y producción) (Nacional Financiera S.N.C., s.f., p. 24) con información centralizada.
- Control local y control estadístico, para detectar anomalías en los elementos del proceso de producción o manufactura, para corregir las causas y por ende la calidad.

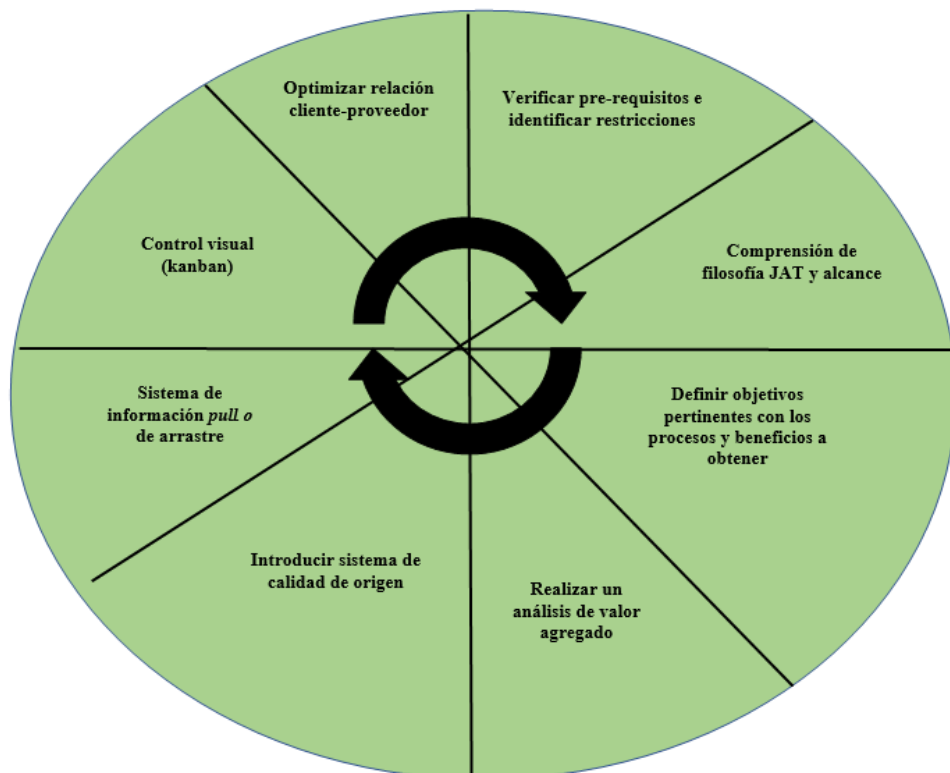
- Calidad en el origen o prevención a priori, la que hace “énfasis en la calidad dondequiera que este el operario, ante la máquina y en el proceso; calidad donde está el operario del proveedor, la máquina del proveedor o el proceso del proveedor” (Hay y Cárdenas, 2003, p. 152), lo que requiere como condiciones sine qua non: precisar los requisitos, controlar el proceso y mantener el control del proceso.

e) Quinta fase: Relación cliente /proveedor.

Fase paralela a la dos, tres y cuatro, ya que dentro del marco de la filosofía JIT, es importante integrar a los externos (cliente y proveedor) para garantizar primordialmente la entrega a tiempo.

Figura 24

Etapas de implementación de herramienta lean Justo a tiempo (JAT)



Nota. Pasos a seguir para la aplicación de just in time. Fuente: Córdova (2013).

4.3.4. Herramienta lean: Jidoka

El término jidoka proviene del idioma japonés y significa “automatización con un toque humano o autonomación”. Bajo la perspectiva Lean tiene el propósito de producir su propio autocontrol de calidad, por tanto, si se produce una irregularidad durante el proceso, éste se detendrá, ya sea automática o manualmente ejecutada por el operario, frenando la producción de piezas defectuosas (Hernández y Vizán, 2014).

Propuesta de implementación de herramienta Jidoka:

- a) Inspección al 100%:** Cada empleado verifica la calidad de trabajo y el siguiente trabajador del trabajo anterior (Rojas y Franco, 2009).

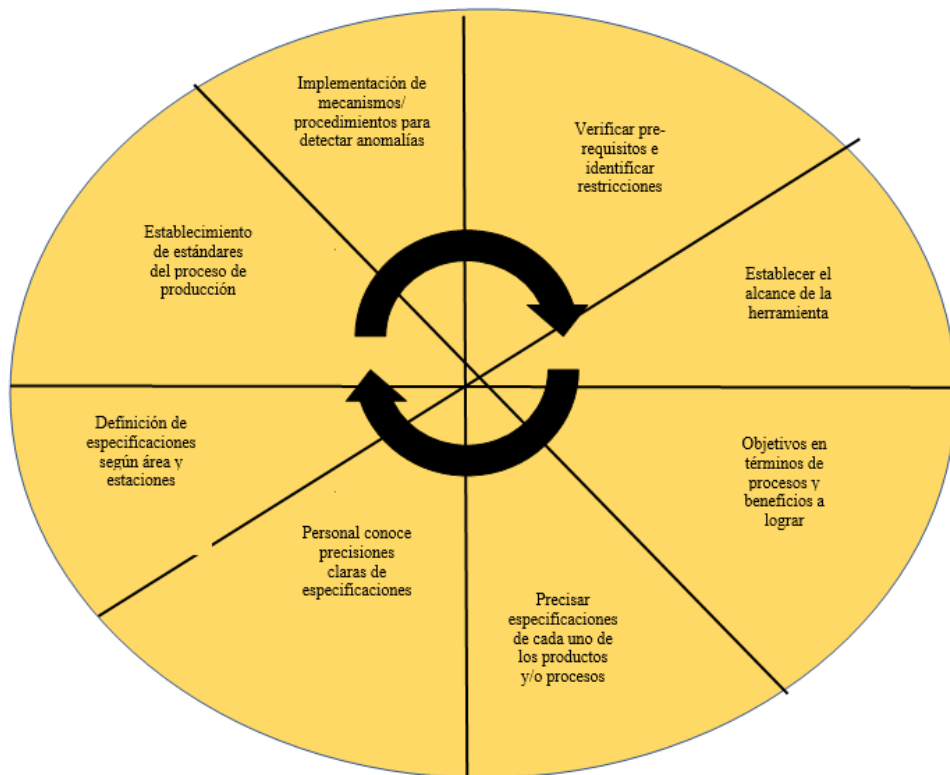
- b) Andon:** Implementación de avisos visuales o acústicos en cada área de producción para avisar su detención (Rojas y Franco, 2009).

- c) Poka Yoke:** Identificar anomalías, de procesos en los que intervienen equipos o máquinas (se incorporan mecanismo para obtener que automáticamente se detenga el proceso), como en los procesos donde intervienen personas (autoridad discrecional para detener la producción) (Rojas y Franco, 2009).

d) **Inspección de la fuente:** Detección de causas de las anomalías o defectos (Rojas y Franco, 2009). Se puede utilizar el método de los cinco por qué para encontrar la causa del problema.

Figura 25

Etapas de implementación de herramienta Jidoka



Nota. Pasos a seguir para la aplicación de jidoka. Fuente: Córdova (2013).

4.3.5. Herramienta lean: Poka Yoke

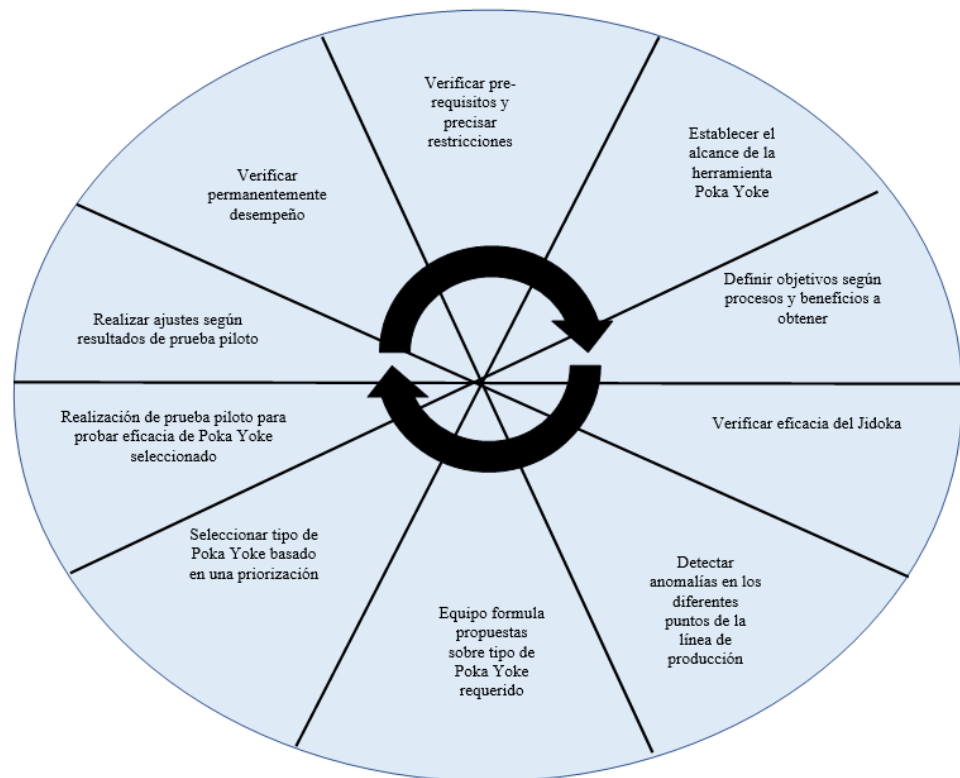
Poka Yoke, previene los errores humanos, para lo cual se realizan fundamentalmente dos acciones: “alertar o corregir” (Mortarotti et al., 2013).

Propuesta de implementación de herramienta *Poka Yoke*:

- Identificación del defecto o de la anomalía potencial o literal: preferentemente en las áreas donde hay una mayor frecuencia de errores (Mortarotti et al., 2013).
- Identificación de la raíz del error que da lugar al defecto: para tal efecto se puede utilizar el método de los 5 porqués, análisis causa/efecto y un diagrama de Pareto (Mortarotti et al., 2013).
- Tomar decisiones sobre tipo de Poka Yoke a utilizar: basado en las características del error, para lo cual se diseña una priorización de Poka Yoke a fin de elegir el mejor (Mortarotti et al., 2013).
- Realización de pruebas del Poka Yoke seleccionado: paso necesario donde se requiere de un espacio, tiempo, herramientas, software u otro, para verificar su eficacia (Mortarotti et al., 2013).
- Capacitación del personal: componente necesario para el éxito de la implementación del Poka Yoke (Mortarotti et al., 2013).
- Revisión del desempeño: para fines de controlar su operatividad, confiabilidad y mantenimiento (Mortarotti et al., 2013).

Figura 26

Etapas de implementación de herramienta lean Poka Yoke



Nota. Pasos a seguir para la aplicación de poka yoke. Fuente: Córdoba (2013).

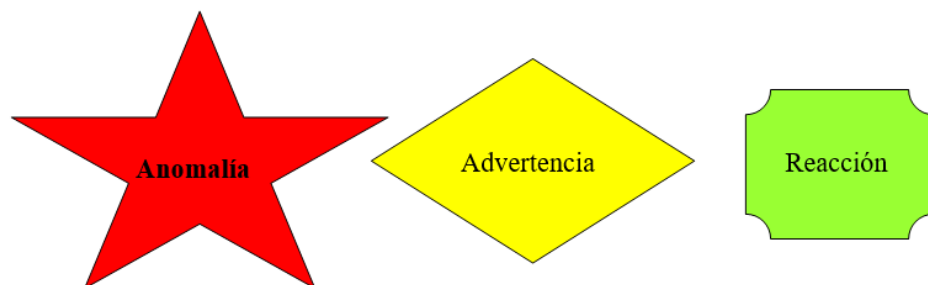
4.3.6. Herramienta lean: Andon

La palabra *Andon*, es un vocablo japonés que alude a los faroles o lámparas forradas de papel propio del folklore del pueblo de Japón. El modo más simple, es una señal luminosa de un color determinado con un significado preestablecido (Pérez, 2011).

Ejemplo:

Figura 27

Herramienta lean: Andon, ejemplo



Nota. Ejemplo para pasos a seguir en la aplicación de andon. Fuente: Córdoba (2013).

Propuesta de implementación de herramienta Andon:

- Capacitación: Al personal sobre la filosofía Andon, características, beneficios, funcionamiento.

- Verificación de prerequisites, criterios y restricciones: La herramienta Andon, no presenta prerequisites específicos, pero si criterios: lugares visibles para las señales luminosas, personal con autonomía discrecional para activar señales. No posee restricciones.
- Alcance de la herramienta: Comprende a todo puesto de trabajo.
- Objetivo adaptado a la empresa Wensthay S.A.C.: Consiste en definir objetivos pertinentes con el núcleo del quehacer de la empresa, mediante señales visuales de las situaciones anómalas en los diferentes etapas y procesos de producción.
- Identificación de anomalías o defectos: Puntos críticos identificados.
- Asignación de colores para cada señal luminosa. Ejemplo:

Tabla 35

Asignación de colores para cada señal luminosa

Señal luminosa/color	Anomalías o defectos
	Máquina descompuesta
	Piezas defectuosas
	Deficiencia o falta de material
Blanco	Fin de lote de producción
No luz	Sistema operando normalmente

Nota. Ejemplo de señalización luminosa con colores respectivos.

- Áreas a ser implementadas con Andon: Según áreas en las que se encuentran los puntos críticos de producción y el porcentaje de participación en el total de los problemas.
- Verificación de tiempos de respuesta y frecuencia de situaciones anómalas, para fines de alcanzar la calidad en los procesos.
- Prueba piloto, para verificación de eficacia de herramienta ANDON, para fines de retroalimentación y reajuste.

Figura 28

Etapas de implementación de herramienta lean Andon



Nota. Pasos para aplicación de kanban. Fuente: Córdova (2013).

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de los resultados

Los hallazgos revelan que en el proceso de producción metal mecánica, se encontraron principalmente los siguientes defectos: abolladuras, desorden en algunas secciones de trabajo, falta de herramientas, desconocimiento de las dimensiones del material, irregularidad en el corte del material, incumplimiento de las tolerancias, anomalías en la disponibilidad de los equipos, como también en la disponibilidad de equipos de soldadura en la sección de habilitado en la que se realizan los cortes preliminares de cualquier pieza inicial que conforma una estructura (corte, rolado, plegado, pestañado) y montaje de elementos estructurales (soldadura, granallado y pintura) y en la que se utilizan máquinas especializadas para corte de vigas, ángulos, tubos, barras, etc. En la sección de *calderería*, también se detectó problemas de desorden, falta de herramientas, desconocimiento de las dimensiones, irregularidad en el corte, incumplimiento de tolerancias lo que muchas veces dificulta las labores u operaciones de biselado, rolado, armado de piezas, entre otros;

y también cuenta con máquinas especializadas para las labores mencionadas. Igualmente, se tiene anomalías en la sección de armado o ensamble de piezas para obtener el producto final y en la sección de soldadura, se realizan procesos de GMAW, GTAW y SAW, en la que las anomalías se presentan preferentemente por deficiencias en cuanto a la disponibilidad de equipos especializados. En cuanto a la sección de pinturas, el punto crítico se produce generalmente por disponibilidad de los equipos para las labores de limpieza, o bien las acciones para fortalecer (*peening*) o pulir los metales. Al respecto, el personal que labora definió los puntos críticos y/o deficiencias que se presentaron, valorando la gravedad y la frecuencia de ocurrencia. Resultados similares, en el Perú encontró Córdova (2012), quien identificó defectos y/ o anomalías también en la sección de calderería, soldadura y habilitado en una empresa de fabricación de Spools.

Consideramos que la propuesta del proceso de producción de una empresa metalmecánica basada en las herramientas de manufactura esbelta, permitirán la mejora de los indicadores económicos (mejora de la productividad), mejora de gestión de los procesos internos y la satisfacción del cliente interno y externo (medida indirecta de la mejora de la calidad que percibe el usuario, proveedor u otro *stakeholder*, aspectos plasmados

en el plan estratégico de la empresa. Los aspectos señalados, tienen su correlato en los hallazgos empíricos, como lo señalan Sánchez (2014) en Guayaquil, quien aplicó herramientas lean, y obtuvo mejora en la productividad global y menor número de perfiles rechazados, lo que permite deducir mayor eficiencia; igualmente en Colombia Wilches et al. (1970) después de la aplicación de herramientas esbelta redujeron las mudas, especialmente con la herramienta lean 5S's, JAT y Kanban.

Cabe enfatizar, que la propuesta *lean* formulada, parte del *gemba* (*análisis de los datos recogidos en el sitio de la acción o piso de la empresa o fábrica*) tienen como elementos vertebradores, la *aplicación de las herramientas lean no solo como una estrategia, sino como una filosofía* que permite instaurar en el conjunto de la empresa la mejora continua, dentro del marco del plan estratégico por medio del llamado “despliegue de la política adecuada” (Muñoz, 2010, p. 132). El *concepto de valor*, que le otorga significado el cliente, en términos de satisfacción de sus necesidades o expectativas respecto al producto o servicio metalmecánico que le ofrece la Empresa Wensthay S.A.C, aspecto vinculado directamente con aquellos/as acciones o procesos que representan desperdicios (mudas) y que afectan el producto o servicio final.

La propuesta formulada, comprende cinco herramientas lean: 5s, kanban, justo a tiempo, jidoka, poka yoke y andon, engloba a toda la empresa, ya que se fundamenta en los dos principios establecidos por Ohno: mejora continua (eficiencia total en la producción mediante a eliminación de las mudas) y respeto por el personal o colaboradores (elemento clave en todo proceso de gestión de la calidad), y tiene el propósito de lograr que los procesos *fluyan* aportando valor al proceso, dentro del marco de un nuevo enfoque de gestión o *Lean Management* para una empresa líder: Wensthay S.A.C.

5.2. Prueba de hipótesis

Antes de aplicar la prueba de hipótesis se verificó la normalidad de las variables, mediante la prueba de Shapiro Wilk, obteniéndose un p valor menor a 0,05, por lo que se verifica que los datos no siguen la normalidad, por lo que se optó por el estadístico de prueba Rho de Spearman.

Tabla 36

Prueba de normalidad

Variables	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Propuesta	0,829	10	0,033
Procesos producción	0,833	10	0,036

Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Hipotesis estadísticas:

- Hipótesis nula: La propuesta de mejora no se relaciona significativamente con el proceso de producción de una empresa metalmecánica.
- Hipótesis alterna: La propuesta de mejora se relaciona significativamente con el proceso de producción de una empresa metalmecánica.

Nivel de significancia: 0,05

5.3. Correlaciones

Tabla 37

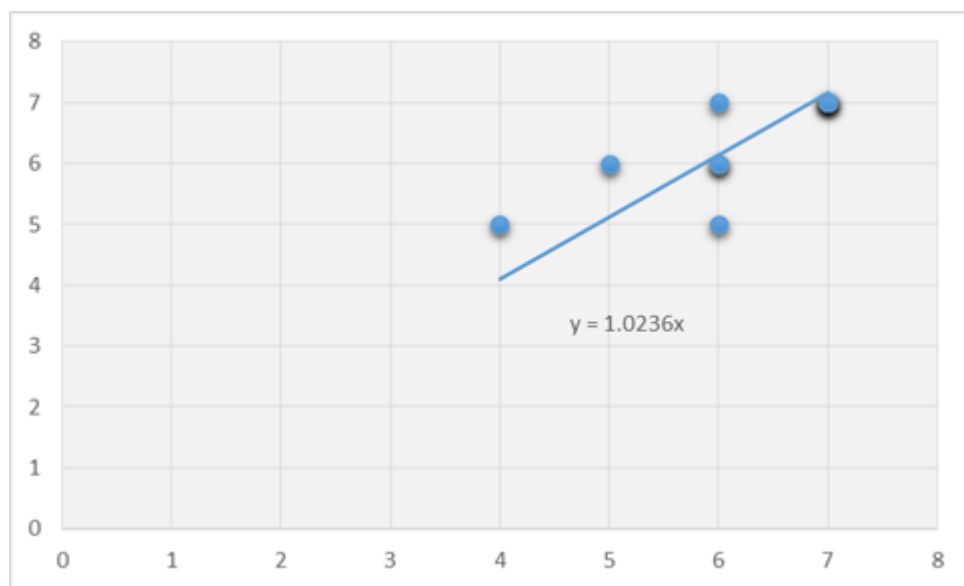
Correlación

		Correlaciones		
Variables		Propuesta	Procesos Producción	
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1,000	0,811**
	Propuesta	Sig. (bilateral)	.	0,004
		N	10	10
		Coefficiente de correlación	0,811**	1,000
	Procesos producción	Sig. (bilateral)	0,004	.
		N	10	10

Nota. **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Figura 29

Correlación



Nota. Datos obtenidos de fuente propia.

Decisión:

La prueba de Rho de Spearman ofrece un coeficiente de correlación de 0,81 con un p valor de 0,04, por lo que se desestima la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Se afirma entonces que la variable propuesta de mejora se relaciona significativamente con la optimización de los procesos de producción de una empresa metalmecánica.

CONCLUSIONES

Primera.

Se diseña una propuesta de mejora en el proceso de producción en una empresa metalmecánica basada en herramientas de manufactura esbelta que constituyen una estrategia y una filosofía, que comprende 5s, jidoka, poka yoke, andon, justo a tiempo.

Segunda.

Las herramientas de manufactura esbelta pertinentes para ser aplicados son la 5s, kanban, justo a tiempo, jidoka, poka yoke y andon; puntuación y asignación de herramientas según defectos Wensthay S.A.C.

Tercera.

Los principales beneficios obtenidos en los puntos críticos con la aplicación de las herramientas de manufactura lean Wensthay S.A.C., implican fundamental eliminación de mudas, detección de piezas defectuosas, evitamiento de reprocesos, respuesta rápida.

Cuarta.

Los puntos críticos son las abolladuras de tubo, desorden en el área de trabajo, falta de herramientas, desconocimiento de las dimensiones del material, irregularidad en el corte del material, incumplimiento de las tolerancias, disponibilidad de los equipos y disponibilidad específica de equipos de soldadura; los criterios de priorización comprenden relevancia económica (12%), rango de frecuencia (12%); desperdicios (12%), tiempo perdido (11%), impacto en cumplimiento de especificaciones (15), efecto en la garantía (13%), consecuencias desempeño del puesto (12%) e importancia para la empresa (12%); y los defectos seleccionados como prioritarios en el proceso de producción metalmecánica de la empresa Wensthay S.A.C. son abolladura de tubos (media: 3,38); desconocimiento de dimensiones del material (media: 3,38); irregularidad en el corte del material (media: 3,50); incumplimiento de tolerancias (media: 4,13) y disponibilidad específica de equipos de soldadura (media: 3,38).

Quinta.

Preferentemente, el habilitado de material en la Empresa Wensthay S.A.C. es con disco y cortadora, el tipo de soldadura GMAW, SAW y los defectos que se presentan versus proceso de producción ocurren en la sección de calderería (28,57% de participación en el proceso de producción), habilitado (38,09% de participación en el proceso de producción), armado (14,29% de participación), soldadura (14,29% de participación) y pintura (4,76% de participación).

RECOMENDACIONES

Al equipo directivo, se sugiere:

Primera.

Implementar herramientas lean, para evitar errores y defectos, para alcanzar la calidad total, lo que incidirá en la mejora de la rentabilidad de la empresa y en la imagen corporativa.

Segunda.

Considerar la implementación de la propuesta, una oportunidad de adoptar una filosofía de mejora, para obtener una ventaja competitiva sostenible basada en la excelencia de los procesos de producción metalmeccánica de la empresa Wensthay S.A.C.

Tercera.

A los estudiantes de la ESMC de la UNJBG se recomienda continuar la línea de investigación, ya que posibilita la mejora de las empresas sin distinción de categoría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranibar, M. (2016). *Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

<https://hdl.handle.net/20.500.12672/5303>

Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme.

Bautista, J., Bautista, A. y Rosas, S. (2010). *Metodología para implementación de la manufactura esbelta en los procesos productivos para la mejora continua* [Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional].

<http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/8572>

Cabrera, D. y Vargas, D. (2011). *Mejorar el sistema productivo de una fábrica de confecciones en la ciudad de Cali aplicando herramientas Lean Manufacturing* [Tesis de pregrado, Universidad ICESI].

http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/68069

Comités Metal Mecánicos. (2010). *La industria metalmecánica en el Perú*.

http://www.cmm.org.pe/pag_ind_metalmecanica.htm

Córdova, F. (2012). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/4712>

Córdova, F. (2013). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/4712>

Daimon, M., Pailamilla, L., Allende, P. y Sepúlveda, J. (2010). *Kanban*. Universidad Santiago de Chile.

Del Castillo, F. (2009). *Lecturas de Ingeniería 6. La Manufactura Esbelta*. Departamento de Ingeniería de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m4/manufactura%20esbelta.pdf

Dynarax Systems. (2012). *Introducción al sistema Kanban*. Lean manufacturing and kaizen systems.

Euscalit, R. (2011). *Metodología de las 5s mayor productividad mejor lugar de trabajo*. Gestión Avanzada.

Faicán, F. y Calle, H. (2011). *Implementación y estandarización de estrategias de manufactura "5'S y Kanban" en el área de preparación*

de materiales en la Empresa Continental Tire Andina S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1584>

Figuerola, N. (2000). *Eficacia y Eficiencia*. PMQuality.

<https://pmqlinkedin.wordpress.com/about/eficacia-y-eficiencia/>

Guajardo, E. y Alanís, F. (2000). *Administración de la calidad total: conceptos y enseñanzas de los grandes maestros de la calidad*. Pax México.

Hay, E. y Cárdenas, M. (2003). *Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Norma.

Hernández, J. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI. <http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-conceptotecnica-e-implantacion>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill Education.

ISO 9000. (2005). *Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. ISO.

Leanroots. (09 de junio de 2011). *Jidoka*. Leanroots.

<http://www.leanroots.com/jidoka.html>

- Lozano, J. (2002). *Cómo y dónde optimizar los costes logísticos: en el sistema integral de operaciones y en las diferentes áreas de actividad logística*. Fundación Confemetal.
- Meyers, F., Stephens, M. y Enríquez, J. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson Educación.
- Ministerio de la Producción del Perú. (2013). *Estadística de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa*. PRODUCE.
- Miranda, F. (2002). *Tema 12: Sistema Justo a Tiempo (JIT)*.
<https://docplayer.es/17849663-Tema-12-sistema-justo-a-tiempo-jit-francisco-javier-miranda-gonzalez.html>
- Montiel, C. (2014). *Análisis y propuesta de mejora del proceso de manufactura de productos de línea blanca utilizando la metodología Kaizen* [Tesis de posgrado, Universidad Iberoamericana].
<http://ri.ibero.mx/handle/ibero/942>
- Moreno, M. (2011). *Filosofía Lean aplica a la Ingeniería del Software*.
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70201/fichero/03+-+Filosofia+Lean.pdf>
- Mortarotti, L., Varretti, S. y Guillerno, G. (2013). Implementación del método antierrores: POKA YOKE. *Facultad Regional San Rafael*, 1–10.
http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA12_TC.pdf

Muñoz, I. (2010). *Aplicación de la metodología de Dirección de Proyectos para la implantación de Lean en el sector sanitario* [Tesis de doctorado, Universidad de la Rioja].

<https://investigacion.unirioja.es/documentos/5c13b16fc8914b6ed37768f8>

Nacional Financiera S.N.C. (s.f.). *Justo a tiempo en la pequeña empresa* .

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102504/Contenido_curso/2014-II_Contenidos/2._lectura_3._Justo_a_tiempo.pdf

Navarro, E. (2012). *La industria metalmecánica peruana*.

<http://www.panoramacajamarquino.com/noticia/la-industria-metal-mecanica-peruana/>

Navarro, E. (2014). *Metalmecánica se moderniza y crece con reingeniería*.

Horizonte Minero, 94, 46.

Niebel, B. y Freivalds, A. (2004). *Sistema de producción Toyota*. Ingeniería industrial métodos estándares y diseño del trabajo.

Pérez, J. y Merino, M. (2008). *Concepto de producción*. Definición.DE.

<https://definicion.de/produccion/>

Pérez, M. (2016). Análisis de propuestas metodológicas de implementación de Lean Manufacturing en pequeñas y medianas empresas.

REAXIÓN Ciencia y Tecnología Universitaria, 1–10.

http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Impr_Analisis_de_propuestas_metodologicas_de_implementaci%C3%B3n_de_Lean_manufacturing_en_pequeñas_y_medianas_empresas.html

Pérez, R. (2011). *Desarrollo de un simulador conductual para la formación en gestión empresarial basada en LEAN* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya].

<http://hdl.handle.net/2099.1/12316>

Pineda, K. (2010). *Manufactura esbelta*.

<http://www.monografias.com/trabajos14/manufact-esbelta/manufact-esbelta.shtml>

Quiroz, J. (2002). *Justo a Tiempo (JIT)*.

http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf

Rojas, D. y Franco, M. (2009). *Metodología de mejoramiento productivo para PYMES interesadas en implementar Lean Manufacturing*. Universidad Icesi.

Ruiz, A. (2009). *Herramientas de calidad*. Universidad Pontificia Comillas.

Saldarriaga, D. (2014). *Gerencia de inventarios & Planeación de producción soluciones simples a problemas complejos*. ZonaLogística.

Sánchez, C. (2014). *Diseño de un programa de gestión utilizando el Sistema Pull en una empresa metalmecánica de la ciudad de*

- Guayaquil* [Tesis de posgrado, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8067>
- Sandoval, G. y Vidal, L. (2006). *Implantación del método Kanban en una industria textil*. Diciembre de 2006, No 141 Coe. Tecnológico de Monterrey. (2011). *Lean*.
https://lean.mty.itesm.mx/comunidad_lean/comunidad_lean.html
- Torres, R. (2014). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
<http://hdl.handle.net/10757/346678>
- Vargas, H. (2004). *Manual de implementación programa 5S*. Corporación autónoma regional de Santander.
- Villanueva, A. (2007). *Análisis y propuesta de mejora de una empresa metalmecánica utilizando manufactura esbelta* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México].
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/394566>
- Vives, J. (05 de noviembre de 2011). *La importancia del Lead Time*. Alta Cuncta. <https://goo.gl/A3oZqD>
- Wilches, M., Cabarcas, J. y Rubiela, J. (1970). Aplicación de herramientas de manufactura esbelta para el mejoramiento de la cadena de valor

de una línea de producción de sillas para oficina. *Dimensión Empresarial*, 11(1), 126–136. <https://doi.org/10.15665/rde.v11i1.166>

Womack, J., Jones, D. y Roos, D. (1990). *The machine that changed the world: The story of lean production--Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry*. Simon and Schuster.

Zapata, F. (17 de noviembre de 2013). *Orígenes de la herramienta*. Administración de la producción - Jidoka. <http://administracion-produccion-unalmed.blogspot.com/>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta.

¿Considera usted que una propuesta de mejora permitiría optimizar la producción? Por favor Valore en una escala del 1 - 5.						
Ítem	SI/NO	1	2	3	4	5
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

E	P	PROD
1,00	4,00	5,00
2,00	7,00	7,00
3,00	6,00	7,00
4,00	7,00	7,00
5,00	6,00	6,00
6,00	5,00	7,00
7,00	7,00	5,00
8,00	6,00	5,00
9,00	7,00	7,00
10,00	6,00	6,00

Anexo 2. Galería de fotos.

