



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Implementación de TLS para mejorar la  
productividad en la planta de procesos de la  
Corporación Miyasato S.A.C.**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

Max Cristian LÓPEZ ZORRILLA

**ASESOR**

Pedro Modesto LOJA HERRERA

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

López, M. (2017). *Implementación de TLS para mejorar la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato S.A.C.*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ✓

## ACTA N°022-DAcad-FII-2017

### SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **Miércoles 05 de Julio de 2017**, a las 09:30 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis: ✓

**“IMPLEMENTACIÓN DE TLS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE PROCESOS DE LA CORPORACIÓN MIYASATO S.A.C.”**

Que presenta el Bachiller:

**LÓPEZ ZORRILLA MAX CRISTIAN** ✓


Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Ordinaria** ✓

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 10:15 AM horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADO por UNANIMIDAD con la calificación promedio de 18, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 05 de Julio del 2017 ✓

  
MG. CAMPOS CONTRÉRAS CESAR  
Presidente

  
MG. CALSINA MIRAMIRA WILLY HUGO  
Miembro

  
ING. MENDOZA ALTEZ EDGARDO AURELIO  
Miembro

  
MG. LOJA HERRERA PEDRO MODESTO  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermano, por su apoyo y consejos en mi crecimiento profesional, por el inmenso cariño brindado durante toda mi vida y a familia en general que han contribuido en el logro de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la UNMSM, alma máter de una generación de hombres de bien, forjados con buenos valores, alta formación académica profesional y aporte inmensurable a la sociedad.

Especial agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Industrial por la formación integral de estudiantes y profesores, siendo gestores de una educación de calidad.

Alianza Metalúrgica SA, en especial al Ing. Hugo Mateo por encauzar los primeros años de mi carrera profesional.

A la Corporación Miyasato SAC por continuar fortalecimiento mi aprendizaje y madurar una etapa importante de mi vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Determinación del problema</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>5</b>
1.2.1. Problema General	5
1.2.2. Problemas Específicos	5
<b>1.3. Justificación e importancia de la investigación</b>	<b>6</b>
1.3.1. Justificación Práctica	6
<b>1.4. Objetivos de la investigación</b>	<b>7</b>
1.4.1. Objetivo General	7
1.4.2. Objetivos Específicos	7
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Bases teóricas</b>	<b>11</b>
2.2.1. Teoría de limitaciones (TOC)	11
2.2.2. Lean Manufacturing	23
2.2.3. Six Sigma	47
2.2.4. iTLS™® (Integración de TOC, Lean y Six Sigma)	52
<b>2.3. Marco conceptual</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA</b>	<b>69</b>
<b>3.1. FORMULACION DE HIPOTESIS</b>	<b>69</b>

3.1.1.	Hipótesis General	69
3.1.2.	Hipótesis Específicas	69
3.1.3.	Variables	69
<b>3.2.</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b>	<b>70</b>
3.2.1.	Población y Muestra	71
3.2.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
3.2.3.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	71
<b>CAPÍTULO 4.</b>	<b>ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS</b>	<b>74</b>
<b>4.1.</b>	<b>Implementación de iTLS™ en la planta de procesos de la Corporación Miyasato SAC</b>	<b>74</b>
4.1.1.	Generalidades de la empresa	74
4.1.2.	Organigrama de la División de Vidrio Templado	75
4.1.3.	Mapa de la cadena de valor	75
<b>4.2.</b>	<b>Pasos para la Implementación del Modelo de Gestión iTLS™</b>	<b>78</b>
4.2.1.	Paso 1: Movilizar y enfocar	79
4.2.2.	Paso 2: Explotar la restricción	96
4.2.3.	Paso 3: Eliminar las fuentes de desperdicios	118
4.2.4.	Paso 4: Controlar la variabilidad del proceso	124
4.2.5.	Paso 5: Controlar las Actividades de Apoyo	128
4.2.6.	Paso 6: Remover la restricción y Estabilizar los Procesos	131
4.2.7.	Paso 7: Reevalúe el desempeño del sistema y vaya después de la siguiente restricción	134
<b>4.3.</b>	<b>Contrastación de Hipótesis</b>	<b>142</b>
<b>4.4.</b>	<b>Discusión de Resultados</b>	<b>145</b>
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>147</b>
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>147</b>
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>148</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>149</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>151</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 2-1 LOS TIPOS DE DESPERDICIOS. SÍNTOMAS Y CAUSAS.....	28
CUADRO N° 2-2 ETAPAS DE LAS 5S.....	35
CUADRO N° 4-1 TRABAJADORES DE LA DIVISIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS .....	77
CUADRO N° 4-2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE .....	93
CUADRO N° 4-3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE PULIDO .....	93
CUADRO N° 4-4 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE .....	93
CUADRO N° 4-5 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE .....	94
CUADRO N° 4-6 CARTA DEL PROYECTO iTLS .....	95
CUADRO N° 4-7 CÁLCULO DE TAKT TIME .....	97
CUADRO N° 4-8 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – CORTE.....	98
CUADRO N° 4-9 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – PULIDO .....	98
CUADRO N° 4-10 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – ENTALLE.....	99
CUADRO N° 4-11 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – TEMPLADO .....	99
CUADRO N° 4-12 PLAN DE ACCIÓN PARA SELECCIÓN DE MATERIALES .....	103
CUADRO N° 4-13 ¿CÓMO APLICAMOS 5S?.....	106
CUADRO N° 4-14 INSPECCIÓN DE LIMPIEZA .....	107
CUADRO N° 4-15 ESTÁNDAR DE LIMPIEZA .....	109
CUADRO N° 4-16 AUDITORÍA 5S. CHECKLIST .....	110
CUADRO N° 4-17 RESULTADO DE LAS AUDITORÍAS 5S. ....	115
CUADRO N° 4-18 ACTIVIDADES DURANTE EL MANTENIMIENTO LÍNEA FOREL. ....	117
CUADRO N° 4-19 CODIFICACIÓN DE COLORES PARA ENTREGA DE PRODUCTOS .....	119
CUADRO N° 4-20 COMPARACIÓN DE VA, NVA Y W CON LA IMPLEMENTACIÓN. ....	119
CUADRO N° 4-21 MATRIZ AMFE PARA LOS DEFECTOS DE PRODUCCIÓN .....	123
CUADRO N° 4-22 GRÁFICO DE COMBINACIÓN DE OPERACIONES ESTÁNDAR.....	126
CUADRO N° 4-23 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA PROBLEMAS ESPECÍFICOS. ....	129
CUADRO N° 4-24 PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR – ÁREA DE ENTALLE .....	130
CUADRO N° 4-25 RESULTADOS DE MEJORA – COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	137
CUADRO N° 4-26 RESULTADOS DE MEJORA – VARIACIÓN PORCENTUAL .....	137
CUADRO N° 4-27 EFECTOS INDESEABLES Y DESEABLES EN LA LÍNEA DE TEMPLADO ..	138
CUADRO N° 4-28 PRUEBA DE NORMALIDAD – TEST RYAN JOINER .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2-1 RESTRICCIONES COMO LIMITANTES DE CAUDAL .....	17
FIGURA N° 2-2 ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL .....	19
FIGURA N° 2-3 EVAPORACIÓN DE NUBES .....	19
FIGURA N° 2-4 ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA.....	20
FIGURA N° 2-5 ÁRBOL DE PRERREQUISITOS .....	21
FIGURA N° 2-6 ÁRBOL DE TRANSICIÓN.....	21
FIGURA N° 2-7 HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS. PROCESO DE PENSAMIENTO. ....	22
FIGURA N° 2-8 ENFOQUE ESTRATÉGICO DE LA FILOSOFÍA LEAN.....	24
FIGURA N° 2-9 SIETE DESPERDICIOS PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA. ....	27
FIGURA N° 2-10 EL CÍRCULO DE LEAN MANUFACTURING .....	31
FIGURA N° 2-11 PROCEDIMIENTO HOSHIN KANRI .....	32
FIGURA N° 2-12 KAIZEN. MEJORA CONTINUA VS REINGENIERÍA .....	34
FIGURA N° 2-13 SIMBOLOGÍA VSM ACTUAL.....	39
FIGURA N° 2-14 SIMBOLOGÍA VSM FUTURO .....	39
FIGURA N° 2-15 OPERACIONES, INVENTARIO Y CAJA DE DATOS.....	41
FIGURA N° 2-16 CURRENT-STATE VALUE STREAM MAP.....	41
FIGURA N° 2-17 ÍCONOS ASOCIADOS AL SUPERMERCADO KANBAN. ....	42
FIGURA N° 2-18 SUPERMERCADO EN SISTEMA PULL. ....	43
FIGURA N° 2-19 FUTURE-STATE VALUE STREAM MAP.....	43
FIGURA N° 2-20 ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLOS.....	44
FIGURA N° 2-21 SMED PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE CAMBIO DE MÁQUINA. ....	45
FIGURA N° 2-22 SISTEMA DE MEDICIÓN OEE.....	46
FIGURA N° 2-23 CAPACIDAD SIGMA Y DPM. ....	48
FIGURA N° 2-24 INTEGRACIÓN DE TOC, LEAN, SIX SIGMA: iTLS. ....	52
FIGURA N° 2-25 MODELO iTLS. ....	53
FIGURA N° 2-26 7 PASOS INTEGRACIÓN iTLS.....	55
FIGURA N° 2-27 7 PASOS. FLUJO Y HERRAMIENTAS. ....	57
FIGURA N° 2-28 PASO 1. MOVILIZAR Y ENFOCAR .....	59
FIGURA N° 2-29 PASO 2. EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN.....	60
FIGURA N° 2-30 PASO 3. ELIMINAR LOS DESPERDICIOS .....	61
FIGURA N° 2-31 PASO 4. CONTROLAR LA VARIABILIDAD DEL PROCESO.....	62
FIGURA N° 2-32 PASO 5. CONTROL Y SOPORTE DE ACTIVIDADES. ....	63
FIGURA N° 2-33 PASO 6. REMOVER LA RESTRICCIÓN Y ESTABILIZAR .....	63
FIGURA N° 3-1 NIVEL DE SIGNIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE $H_0$ Y $H_1$ .....	72
FIGURA N° 4-1 ORGANIGRAMA DE LA DIVISIÓN DE VIDRIO TEMPLADO.....	75
FIGURA N° 4-2 MAPA DE CADENA DE VALOR. ....	75

FIGURA N° 4-3 EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA, JUNIO – SETIEMBRE 2016. ....	76
FIGURA N° 4-4 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ITLS™. ....	78
FIGURA N° 4-5 VSM ACTUAL. ....	80
FIGURA N° 4-6 ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL (ARA). ....	83
FIGURA N° 4-7 EVAPORACIÓN DE NUBES ..... 84	84
FIGURA N° 4-8 ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA ..... 85	85
FIGURA N° 4-9 ÁRBOL DE PRERREQUISITOS ..... 86	86
FIGURA N° 4-10 ÁRBOL DE TRANSICIÓN ..... 87	87
FIGURA N° 4-11 CUMPLIMIENTO DE ENTREGA EN LOS MESES JUNIO A SETIEMBRE 2016 89	89
FIGURA N° 4-12 PORCENTAJE DE MERMA. JUNIO A SETIEMBRE 2016. .... 90	90
FIGURA N° 4-13 DIAGRAMA DE PARETO PARA LOS TIPOS DE DEFECTO ..... 92	92
FIGURA N° 4-14 TAKT TIME DE LA LÍNEA DE TEMPLADO ..... 100	100
FIGURA N° 4-15 TAKT TIME BALANCEADO ..... 100	100
FIGURA N° 4-16 GRÁFICO DE BALANCEAMIENTO INICIAL AV, ANV, DESPERDICIOS. .... 100	100
FIGURA N° 4-17 EVAPORACIÓN DE NUBES – ELIMINACIÓN DE RESTRICCIÓN ..... 101	101
FIGURA N° 4-18 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN, TARJETA ROJA. .... 105	105
FIGURA N° 4-19 IDENTIFICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO ..... 108	108
FIGURA N° 4-20 5S – ORDEN Y ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE CORTE. .... 114	114
FIGURA N° 4-21 ORDEN Y ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE TEMPLADO. .... 114	114
FIGURA N° 4-22 GRÁFICA RADIAL DE AUDITORÍA 5S ..... 115	115
FIGURA N° 4-23 PORCENTAJE OBTENIDO EN LA IMPLEMENTACIÓN 5S. .... 116	116
FIGURA N° 4-24 REDUCCIÓN EN LOS TIEMPOS DEL MANTENIMIENTO. .... 117	117
FIGURA N° 4-25 BALANCE DE LAS OPERACIONES. TIEMPO DE CICLO ..... 120	120
FIGURA N° 4-26 GRÁFICO PARETO DE TIPO DE DEFECTO ..... 121	121
FIGURA N° 4-27 DIAGRAMA CAUSA EFECTO. QUIÑADO ..... 121	121
FIGURA N° 4-28 CONCIENTIZACIÓN EN REDUCCIÓN DE MERMAS ..... 122	122
FIGURA N° 4-29 ANÁLISIS DE CAPACIDAD SIX PACK - CUMPLIMIENTO ANTES DE ITLS™. .... 124	124
FIGURA N° 4-30 ANÁLISIS DE CAPACIDAD SIX PACK – MERMA ANTES DE ITLS™. .... 125	125
FIGURA N° 4-31 ANÁLISIS DE CAPACIDAD - CUMPLIMIENTO DESPUÉS DE ITLS™. .... 127	127
FIGURA N° 4-32 ANÁLISIS DE CAPACIDAD – MERMA DESPUÉS DE ITLS™. .... 128	128
FIGURA N° 4-33 TABLERO DE CONTROL - KPI DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN. .... 131	131
FIGURA N° 4-34 SISTEMA DE ACCIÓN PREVENTIVA – FORMATO DE CONTROL ..... 132	132
FIGURA N° 4-35 RENDIMIENTO DEL TAKT TIME. .... 133	133
FIGURA N° 4-36 EVOLUCIÓN DEL CUMPLIMIENTO ANTES Y DESPUÉS DE ITLS™. .... 135	135
FIGURA N° 4-37 EVOLUCIÓN DE LA MERMA ANTES Y DESPUÉS DE ITLS™. .... 136	136
FIGURA N° 4-38 VSM FUTURO. .... 141	141

## RESUMEN

El presente trabajo busca resolver los problemas de baja productividad en la División de Vidrios Templados de la Corporación Miyasato S.A.C., esta baja productividad se identifica a través de tiempos de fabricación largos, fecha de entregas no satisfechas y mermas altas. Bajo el propósito de mejorar la productividad se resalta importantes modelos en Gestión de procesos, que, a través de la integración de Teoría de restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma, en el modelo iTLS™; se aplica 7 pasos enfocados en la restricción de la cadena de valor, en la eliminación de desperdicios, y en la reducción de la variabilidad de los mismos logrando optimizar la producción, mejorando todos los niveles de la organización. Con el propósito de demostrar que la implementación de iTLS™ mejora la productividad en la Corporación Miyasato S.A.C. se aplica un enfoque cuantitativo, nivel de investigación Aplicativo. Concluyendo que la implementación de iTLS™ mejora la productividad en la Corporación Miyasato S.A.C, resolviendo los problemas abordados en reducción de merma, incremento del cumplimiento de entrega y reducción de Lead time productivo.

*Palabras Clave: Teoría de Restricciones, Lean Manufacturing, Six Sigma, iTLS™, Productividad, Merma, Cumplimiento, Lead Time.*

## ABSTRACT

The present work seeks to solve the problems of low productivity in the Temperate Glass Division of the Miyasato Corporation S.A.C., this low productivity is identified through long manufacturing times, date of unsatisfied deliveries and high losses. In order to improve productivity, important models are highlighted in Process Management, which, through the integration of constraint theory, Lean Manufacturing and Six Sigma, in the iTLS™ model; We apply 7 steps focused on the restriction of the value chain, the elimination of waste, and the reduction of variability of the same achieving optimize production, improving all levels of the organization. In order to demonstrate that the implementation of iTLS™ improves productivity in the Miyasato Corporation S.A.C. Applies a quantitative approach, level of research Application. Concluding that the implementation of iTLS™ improves productivity in the Miyasato Corporation S.A.C, solving the problems addressed in reduction of wastes, increased delivery compliance and reduction of productive lead time.

*Keywords: Theory of Constraints, Lean Manufacturing, Six Sigma, iTLS™, Productivity, Waste, Compliance, Lead Time.*

## INTRODUCCIÓN

La competitividad en los mercados sobrepasa la necesidad de satisfacer al cliente con la entrega del producto, sino de lograrlo con velocidad y a un bajo costo, es entonces necesario usar metodologías y herramientas para lograr cambios significativos, sin embargo, al no encontrar los resultados esperados brota cuestionarse ¿qué faltó? La respuesta es adoptar una actitud de liderazgo y trabajar para crear una nueva cultura. A través de ello podemos modificar de manera positiva la cultura, maneras de ser, formas de pensar, modos de actuar, la base de una cultura son los hábitos, el problema radicará en combatir la resistencia al cambio, el miedo a lo desconocido, logrando personas comprometidas; es entonces fundamental la dirección de metas.

Abordar estos problemas entorno a la productividad suele demandar grandes esfuerzos, puesto que dentro de las organizaciones existen muchos limitantes o restricciones de un sistema que afectan el rendimiento del sistema haciendo poco productivos a las empresas. Los ingresos en los procesos de la cadena de valor se combinan y transforman en productos, estos procesos suceden mediante parámetros específicos. Como resultado de los procesos se generan salidas, productos que se elaboran, la calidad de los mismo, el costo de fabricación, el tiempo de elaboración, los accidentes, la motivación, hasta impacto al medio ambiente, la relación entre las salidas y los insumos es la productividad. La mejora de la productividad es la obtención de mejores resultados de un proceso.

A través de la implementación del proyecto se desea probar que la Integración de Teoría de restricciones (TOC), Lean Manufacturing (LM), y Six Sigma ( $6\sigma$ ) mejora la productividad. Del mismo modo, se desea evaluar que la mejora en la productividad se relaciona con la reducción de la merma, incremento del cumplimiento de entrega y la reducción del Lead Time en la División de Vidrios Templados de la Corporación Miyasato S.A.C.

En lo que refiere a iTLS™, es el único enfoque basado en experimentos cuantitativos y empíricos sólidos, es un enfoque global que reconoce el poder de Lean, Six Sigma, y el TOC y utiliza los puntos fuertes de cada uno. iTLS™ cierra los huecos que existen entre los enfoques de los modelos aprovechando el fuerte efecto de la interacción que se produce cuando se combinan en una secuencia apropiada. Utilizando el proceso de siete pasos, que se describe en el marco teórico se puede aumentar el rendimiento de las organizaciones.

Se concluye que las estrategias adoptadas a través de la implementación de los 7 pasos de iTLS™ mejoraron la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato.

## **CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Determinación del problema**

En las últimas décadas, las economías de todo el mundo sufrieron transformaciones radicales en su estructura organizacional impulsadas por los comercios externos, muchos de ellos enfrentaron la competencia con Asia Oriental; el surgimiento de China en el contexto industrial mundial planteó grandes desafíos a las economías latinoamericanas, pues los diferenciales de productividad de las manufactureras chinas restringen enormemente el potencial manufacturero, y más en industrias como la del Perú.

En términos generales hablar de productividad encierra conceptos que han sido interpretados desde muchos puntos de vista, (Goldratt & Cox, 2005) define como realizar adecuadamente algo, de acuerdo a una meta. La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el costo y tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

La empresa en estudio no escapa a la lucha por mejorar su productividad, la división de vidrios templados es la que centra mayores esfuerzos y costos por el tamaño de la cantidad demandada. La situación que se enfrenta a diario ponen en evidencia que los



recursos utilizados en la fabricación de vidrios templados no es la ideal, sino todo lo contrario, los clientes reclaman sus productos y estos aún no han sido terminados, hay gran cantidad de inventario por todos lados, la cantidad de piezas defectuosas y reprocesos es interminable, las máquinas son poco confiables; pero la ambición de la dirección por recuperar y levantar estos índices es innegable.

Al levantar información en la división de vidrios templados, se observa, el tiempo de fabricación está por encima de los 10 días, el porcentaje de cumplimiento de entrega se encuentra por debajo de 85% y el porcentaje de merma está por encima de 6.4%, se observa una planta oculta bajo gran cantidad de personas, máquinas que ya no se utilizan, procesos mal balanceados, niveles de porcentaje de eficiencia bajos; relacionado a la estructura laboral se cuenta con horarios de trabajo sobrevalorados, sistema de trabajo sin procedimientos operativos, exceso de movimientos, entre otros.

Los tiempos de entrega de las empresas competidoras son el 40%, siendo claros, se podría decir, si no estamos dentro del valor promedio del mercado no seremos capaces de tener ventaja competitiva, aspirando solo a conformarse con un pequeño mercado. Del mismo modo, vale decir, si el 17% de los clientes no tiene sus productos a tiempo, estamos relacionando quizá al posible retiro de algunas órdenes a otra empresa que puede dar una mejor atención, también es posible perder al cliente, o basándonos en coyuntura nacional solicitar el libro de reclamaciones. En tanto, la consecuencia de fabricar un producto con altos porcentajes de defectos radica en que el costo se eleva a más de la utilización de materiales, materia prima, mano de obra, pérdida de disponibilidad de recursos, incluso los retrabajos implican realizar más de dos o tres veces el mismo proceso.

Respecto al orden y limpieza en la planta de procesos tiene aún deudas pendientes, bien es sabido que implementar modelos para la gestión y organización del orden y limpieza no siempre se llega a los objetivos establecidos, pues una herramienta que destaca indiscutiblemente entre muchas otras es las 5S; esta se ha intentado implementar en anteriores oportunidades y motivos como la falta de compromiso del personal, también la falta de seguimiento en la supervisión, falta de auditorías que se ven

superados por otras actividades que suelen ser mediáticamente más importantes, o también seguimiento de la dirección; es entonces este el resumen de por qué las 5S no han calado y logrado sostenerse a través del tiempo y por el contrario suelen caerse y siendo una promesa.

Ante esta situación, la preocupación de la dirección no es esquivada, es claro la necesidad de buscar alternativas de solución para la mejora; ahora bien, no es necesario buscar mucho para decir que los modelos de gestión para producción más aplicados a nivel mundial, Latinoamérica y el Perú son Teoría de restricciones, Lean Manufacturing, y Six Sigma principalmente, cada una de ellas presenta particularmente pasos que garantizan la mejora, cualquiera de los 3 podría ser la solución que buscamos, incluso existen muchos autores que han realizado aplicaciones y ensayos de combinaciones parciales o totales de estos modelos, con mayores resultados a los realizados de manera unitaria; pero la ambición de poder aplicar la integración de los 3 modelos para obtener el máximo de beneficios a través del modelo iTLS™®, cuya autoría la pertenece a (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

Por lo expuesto, en este contexto, es necesario analizar en qué medida la implementación del modelo integrado iTLS™® en la División de vidrios templados de la Corporación Miyasato S.A.C. índice en la mejora de la productividad.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿La implementación de TLS mejorará la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato SAC?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿La implementación de TLS reducirá el Lead Time?

¿La implementación de TLS reducirá la Merma?

¿La implementación de TLS incrementará el Cumplimiento de entrega?

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación Práctica**

Dentro de la gestión de producción y más en organizaciones como la Corporación Miyasato SAC, con múltiples necesidades, existe la responsabilidad de aportar conocimientos en aplicación de herramientas de gestión, de ese modo proyectar las mejoras en los procesos, procedimientos e instructivos, influir de ese modo en la capacitación y motivación personal a todos los colaboradores de planta para la realización del mismo. Otra motivación importante para los involucrados en la industria es la formación en Gestión de Producción, conocer las metodologías, entender las herramientas y con ello colaborar con las organizaciones.

La trascendencia del proyecto luego de la implementación será el piloto para continuar el cambio en todas las divisiones de la Corporación. La generación de nuevos conocimientos, antes empíricos, tendrán una estructura perdurable en el tiempo, establecidos y organizados en planes, procedimientos e instructivos de trabajo.

La división que se beneficiará con el proyecto es la división de vidrios templados, siendo el más importante de la corporación Miyasato S.A.C., sus áreas de Corte, Pulido, Entalle y Templado; del mismo modo las mejoras estarán bajo el soporte de las labores de las áreas de Planeamiento, dándoles mayor capacidad en la organización de pedidos, almacén-despacho mejorando la satisfacción de los clientes en la entrega de los productos, Comercial sosteniendo a la integridad en las relaciones con el cliente y Mantenimiento en la confiabilidad de las máquinas.

A través de la aplicación de las herramientas se generará nuevos enfoques para la resolución de problemas, aportará en la comprensión y aplicación de nuevos conocimientos, en tanto, evaluar la significancia de la implementación de iTLS™, demostrar la mejora de la productividad, analizar el incremento de la capacidad de la

planta, comprobar el incremento de cumplimiento de entrega y satisfacción del cliente, la reducción de la merma y el tiempo de fabricación.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Demostrar que la implementación de TLS mejora la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato S.A.C.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Determinar en qué medida la implementación de TLS reduce el Lead Time.

Determinar en qué medida la implementación de TLS reduce la Merma.

Determinar en qué medida la implementación de TLS incrementa el Cumplimiento de entrega.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Son muchos los autores que han realizado trabajos de investigación en modelos de gestión en producción, dentro de los modelos destacan Teoría de restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma, pero desde hace pocos años los estudios se centraron en integraciones de estas, siendo quizá el más complejo la integración todas ellas; se recopila las principales.

(Navarro Mercado, 2014) a través de su investigación de la cadena de valor en una multinacional de Electrodomésticos en Brasil aplica la integración de la Teoría de restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma, con base del libro “Rentabilidad sin límites” cuyo autor Russ Pirasteh integra los 3 modelos en iTLS™, que combina técnicas, herramientas y metodologías de los tres enfoques en Siete pasos. La propuesta tiene como objetivo reducir los plazos de entrega, eliminando la restricción, los residuos y controlando el proceso de variabilidad, esta entrega de productos provoca aumento de la satisfacción del cliente.

(Pilco Salazar & Álvarez Pacheco, 2016) aplica el modelo TOC para mejorar la productividad de puertas de garaje forjadas en la microempresa IMEV de la ciudad de Riobamba, mediante la aplicación de las técnicas de la teoría de restricciones, que a

través de un análisis de valor agregado permite explotar las restricciones del sistema, obteniendo una **mejora**, esto se refleja en cifras de **productividad**.

(Betancur Peláez, 2016) Investiga la importancia de los modelos TOC, Six Sigma y Lean Manufacturing en los sectores industriales, de servicios, extractivas y comerciales, dentro de los cuales se aplica herramientas 5S, SMED, VSM, TPM entre otros; concluyendo que estas herramientas y modelos pueden convertirse en una ventaja competitiva siempre y cuando se esté convencido, comprometido y se desplieguen todos los objetivos y esfuerzos en ello.

(Hernández Quispe, 2014, pág. 25) Indica que el uso de **TOC** y **Lean Manufacturing** generan una gran sinergia cuando son implementados de manera conjunta; con el desarrollo de su tesis busca **aumentar la productividad** de la empresa en estudio en relación directa con un **aumento de la rentabilidad** de la misma. Indica que TOC está diseñado para mejorar el throughput (rendimiento) del sistema mientras Lean mejora los procesos de manufactura a través de la eliminación de desperdicios y la mejora continua.

Jacob et al. (2009) en su novela de negocios "*Velocidad: Combinando Lean, Six Sigma y Teoría de restricciones para lograr un desempeño revolucionario*"; combina los conceptos de Lean, Six Sigma y la teoría de las restricciones dentro del programa organizacional. El autor sugiere tomar lo mejor que cada escuela tiene que ofrecer y combinarlos para **maximizar el rendimiento**. Así, la debilidad de un enfoque puede ser superada por la fuerza de otro y particularmente por la inclusión de la teoría de las restricciones.

(Van Tonder, 2011) Implementó la integración de los tres modelos, TOC, Lean y Six Sigma en la mejora de la fabricación de planeadores a través de 14 pasos, concluyendo que se incrementó los beneficios y redujeron los gastos de fabricación, afirmando que la metodología integrada se aplica efectivamente.

(Yuján Bravo, 2014) aplica Lean y Six Sigma, mostrando un enfoque que combina dos motores de mejora poderosos: Lean, que ofrece mecanismos para reducir rápidamente y de manera drástica los tiempos y el desperdicio, y Six Sigma, que proporciona las herramientas y las pautas organizativas para la reducción de la variabilidad. Él recomienda la aplicación de la metodología Lean Six Sigma, para otras áreas de la organización, con el fin de garantizar la calidad en toda la empresa y que se generen menos costos de operaciones en todos los procesos de la organización, lo que impactaría en su rentabilidad.

(Reyes Medina, 2015) Presenta un estudio de casos de Sistemas Integrados de Gestión de producción en empresas privadas de Lima Metropolitana; mostrando la problemática actual del sector MYPES y los indicadores negativos que los afectan, siendo oportunidad importante para el desarrollo de modelos de gestión TOC, Lean, Six Sigma, destacando la integración de todas ellas mencionando iTLS™ autoría de (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Teoría de limitaciones (TOC)

"Un experto no es alguien que te da respuesta,  
es alguien que te hace la pregunta correcta".

Eliyahu M. Goldratt

Eliyahu M. Goldratt, israelí fallecido el año 2011 es una eminencia empresarial, autor de exitosos libros, de los que se puede destacar *La Meta*, libro reconocido como una de las mejores novelas de gestión de todos los tiempos. Al día de hoy se han vendido más de 4 millones de copias en todo el mundo, recientemente, la edición japonesa de *La Meta* ha vendido 500.000 copias en menos de un año desde su lanzamiento. Sus libros han sido traducidos a más de 27 idiomas y las ventas han sobrepasado los 6 millones de copias en todo el mundo.

*La Meta* es un libro sobre nuevos principios para la producción. Un libro con unos personajes que pretenden entender lo que mueve su mundo para poder hacerlo mejor, que cuando consiguen ponerse a pensar con lógica y coherencia sobre sus problemas son capaces de descubrir relaciones «*causa-efecto*» entre sus acciones y los resultados conseguidos. Y, en tal proceso, deducen algunos principios básicos que son utilizados en su fábrica, consiguen salvarla del cierre y hacerla más rentable que nunca. (Goldratt & Cox, 2005).

“TOC se puede reducir a una sola palabra, *enfoque*”.

(Goldratt & Cox, 2005).

Hay muchas definiciones diferentes para **enfoque**, pero un buen punto de partida es una definición simple como, "Enfoque: *haciendo lo que se debe hacer*". En casi todos los sistemas hay un montón de acciones que contribuirá a la performance del sistema, por lo cual es la dificultad para enfocar. Es cierto que no podemos tomar todas las acciones beneficiosas, porque no tenemos dinero suficiente o lo suficientemente equipo o los recursos suficientes, pero cuanto más lo hagamos, mejor. Este punto de vista ingenuo fue destrozado por Pareto con su regla 80-20. El principio de Pareto es que el 20 por ciento de los elementos contribuyen el 80 por ciento del impacto. Por lo tanto, cuando no podemos hacerlo todo, es de suma importancia seleccionar correctamente



qué hacer; es de mayor importancia elegir lo que nos enfocamos. (Cox III & Schleier, Jr., 2010, pág. 3).

Todas las empresas tienen un solo objetivo, no es ser productivo o vender productos de buena calidad, no es para tener buenas relaciones con los clientes y no para proporcionar puestos de trabajo. El único objetivo de todas las empresas, la razón de su establecimiento y su existencia es, por tanto, singularmente para hacer dinero. Todos los demás factores mencionados anteriormente son simplemente los medios para alcanzar el objetivo. Ganar dinero es de lo que trata la carrera. (Goldratt & Cox, 2005, pág. 41).

La única meta de una organización con fines de lucro es ganar dinero, los otros objetivos son solo medios para este fin. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

**¿Qué es productividad?** Según (Goldratt & Cox, 2005) productividad es realizar adecuadamente algo de acuerdo a una meta, la meta de toda empresa es *Ganar dinero*; todo lo que acerque a la empresa a la meta es productivo, todo lo que la aleja, no lo es.

Para Goldratt, el análisis del grado de acercamiento de una empresa a su meta está basado en variables financieras que llama **parámetros de gestión**.

Estos son la utilidad neta, la rentabilidad y la liquidez; el primero, como medida absoluta del dinero ganado durante un determinado período de tiempo; la segunda, como medida relativa que complementa a la anterior en el sentido de medir la “productividad” del dinero invertido, y la tercera, tomada en el sentido tradicional, la cual puede convertirse en el factor determinante más del fracaso que del éxito de la empresa. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

Por otra parte, estos indicadores son demasiado generales como para ayudar a la toma de decisiones en los niveles **operativos** de la empresa. En este punto Goldratt propone otros tres parámetros denominados de **explotación**.

Estos parámetros, que según el mismo Goldratt ya eran utilizados en la gestión convencional, son definidos utilizando la misma unidad que la meta, el dinero.

- *Ingreso neto (Throughput)*: dinero generado a través de las ventas; es decir, todo el dinero que entra en el sistema.

- *Inventario*: todo el dinero que el sistema invierte en adquirir bienes que venderá; es decir, el dinero que, por cualquier motivo, está retenido en el sistema.

- *Gasto de operación*: Todo el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en ingresos netos; es decir, el dinero que sale del sistema.

Goldratt parte del hecho de que el rendimiento de cualquier cadena siempre está determinado por la fuerza de su *eslabón más débil*. Los eslabones son denominados **limitaciones del sistema** y se definen como las partes débiles de la organización que le impiden o dificultan acercarse a la meta. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

Según (Goldratt & Cox, 2005) todo sistema que se pretenda que logre un proceso de mejora continua en la búsqueda de sus metas globales, deberá seguir los siguientes pasos:

1. **Identificar las limitaciones del sistema**: Una vez localizados aquellos recursos que, por su escasa disponibilidad, limitan el rendimiento global del sistema, deben ser “explotados” al máximo, aprovechando toda su capacidad (los eslabones más débiles).

2. **Decidir cómo explotar las limitaciones**: Si la limitación se encontrase en un determinado centro de trabajo, explotarla significa obtener el máximo rendimiento del equipamiento de dicha limitación. Ello implica, por ejemplo, eliminar cualquier causa de tiempo improductivo (reforzar cada eslabón débil).

3. **Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior**: En la fase anterior se establecía explotar al máximo la(s) limitación(es) de la organización; sin embargo, hay que ser conscientes de que estas representan un pequeño porcentaje de los recursos totales de la organización (asumir que la cadena no es más fuerte que el eslabón más débil). Debido a ello, a pesar de esta decisión, una determinada limitación (centro de trabajo o etapa del proceso) puede verse obligada a interrumpir su trabajo si los recursos no limitados (el resto de los centros de trabajo o etapas del proceso), la gran mayoría, no le suministran los componentes (o lo que fuere que suministren) que necesita.

4. **Elevar la limitación**: Esto significa superar las restricciones marcadas por su falta de capacidad. En ocasiones, una vez que se analiza el trabajo de la limitación en el paso

dos y se decide una forma de explotar su capacidad, la limitación desaparece. Ello aconseja no precipitarse y realizar este paso en su justo momento, es decir, en cuarto lugar. Una vez realizados los cuatro pasos anteriores, es posible que, a fuerza de mejorar la utilización de la limitación o de incrementar su capacidad, ésta haya desaparecido. Ello no constituye, sin embargo, el final del proceso de mejora continua.

**5. Si en los pasos previos se ha quebrado una limitación, hay que volver al primer paso:** E. Goldratt realiza una consideración especial al enunciar este paso. Las limitaciones impactan en todas las áreas de la empresa, todo se debe subordinar al logro de su máximo aprovechamiento. Si se ha roto una limitación en los pasos anteriores, hay volver al primer paso, pero sin permitir que la inercia provoque una limitación al sistema.

Goldratt desarrolla un nuevo enfoque en la **Dirección de las Operaciones Productivas** de la empresa. Sus principios básicos pueden resumirse en nueve reglas según (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002):

Regla 1: No se debe equilibrar la capacidad productiva sino el flujo de producción. En toda planta productiva existen dos tipos de hechos: sucesos dependientes y fluctuaciones estadísticas. Los primeros (sucesos dependientes) vienen determinados por la propia secuencia de operaciones que obligatoriamente tiene que seguir el producto en su elaboración, en un orden predeterminado y rígido (aunque los cambiemos tanto como queramos, después cada cambio queda definida una *secuencia fija de operaciones*). Las segundas (fluctuaciones estadísticas) aparecen en determinadas etapas sobre las que no se puede determinar su resultado exacto, sino sólo sus valores medios.

El intento de equilibrar la capacidad de cada uno de los recursos con la demanda del mercado no es una buena estrategia. Goldratt propone una solución alternativa que sirve de base para dirigir eficientemente las empresas. Esta se basa en el conocido concepto de cuello de botella, el cual se produce cuando la capacidad de un recurso es igual o inferior a la demanda.

De acuerdo con ello, distingue entre recursos **cuello de botella (CB)** y **no cuello de botella (NCB)**, y enuncia la Primera regla básica: “no hay que equilibrar la capacidad

y demanda del mercado. Lo acertado es equilibrar esta última con el flujo de materiales de la fábrica”.

No hay que preocuparse de equilibrar la capacidad de la planta, sino de equilibrar el ritmo de producción de los recursos no cuello de botella al ritmo que marca la limitación del CB y, en segundo lugar, debe intentarse elevar la capacidad de éste hasta que se logre el equilibrio con la demanda.

Regla 2: La utilización de un recurso no cuello de botella (NCB) no viene determinada por su propia capacidad, sino por alguna otra limitación del sistema.

Regla 3: La utilización y la actividad de un recurso no son la misma cosa: “Utilizar” un recurso significa hacer uso de él para que el sistema se dirija hacia la meta. “Activar” un recurso sería como apretar el botón de “encendido” de una máquina, que comenzaría a funcionar, se sacase o no beneficio de su trabajo. Así, *activar* al máximo un centro de trabajo (CT) no cuello de botella es de una *ineficacia total*.

Cuando se hace trabajar a los NCB a plena capacidad, no se consigue vender ni una unidad por encima de las que permite el CB o admite el mercado; por lo tanto, no nos acercamos a la meta. En todo caso, al aumentar los inventarios y los gastos de operación, nos alejamos de ella. Esto ocurre cuando los NCB están activados, pero no correctamente utilizados.

Regla 4: **Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema:** Los recursos cuello de botella también pueden ser definidos como aquellos cuyas limitaciones locales de capacidad se convierten en limitaciones para todo el programa de producción. La capacidad del cuello de botella, determina la capacidad de todo el sistema. El tiempo que se pierda en él o cualquier disminución de su capacidad, hará disminuir, en igual medida, la capacidad global del sistema.

Regla 5: **Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo:** Si equilibramos la utilización de todos los recursos no cuellos de botella con la capacidad del recurso CB, ello significará, necesariamente, que los primeros tienen capacidad ociosa. No tiene sentido invertir dinero o energía en aumentar la capacidad o ganar tiempo en un recurso que en nada aumentará la facturación de la empresa y que, por lo tanto, no incrementará ingresos ni beneficios.

**Regla 6: Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema:** Los CB determinan la facturación, siendo los que verdaderamente fijan la capacidad de la planta (del proceso global). Es decir: por definición, la demanda será igual o superior a la capacidad del CB, por lo que todo lo que se produzca (a su ritmo) podrá venderse.

**Regla 7: El lote de transferencia puede no ser, y de hecho muchas veces no debe ser, igual al lote en proceso:** Se distinguen dos tipos bien diferenciados de lotes. Por una parte, el *lote de proceso*, que se puede definir como el realizado por un determinado centro de trabajo entre dos preparaciones sucesivas y que, tradicionalmente, con objeto de evitar las grandes ineficiencias de los largos tiempos de preparación de la maquinaria, suelen tener un tamaño grande; por otra, el *lote de transferencia*, que es el que se usa para transportar ítem s entre dos centros de trabajo.

**Regla 8: El lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta y también en el tiempo:** la séptima y octava reglas recomiendan acortar, dividir o solapar los lotes, con lo que resulta más fácil adaptarse al comportamiento dinámico de cualquier sistema de producción, donde los cuellos de botella pueden ser flotantes a lo largo del tiempo, dependiendo del programa de producción a realizar.

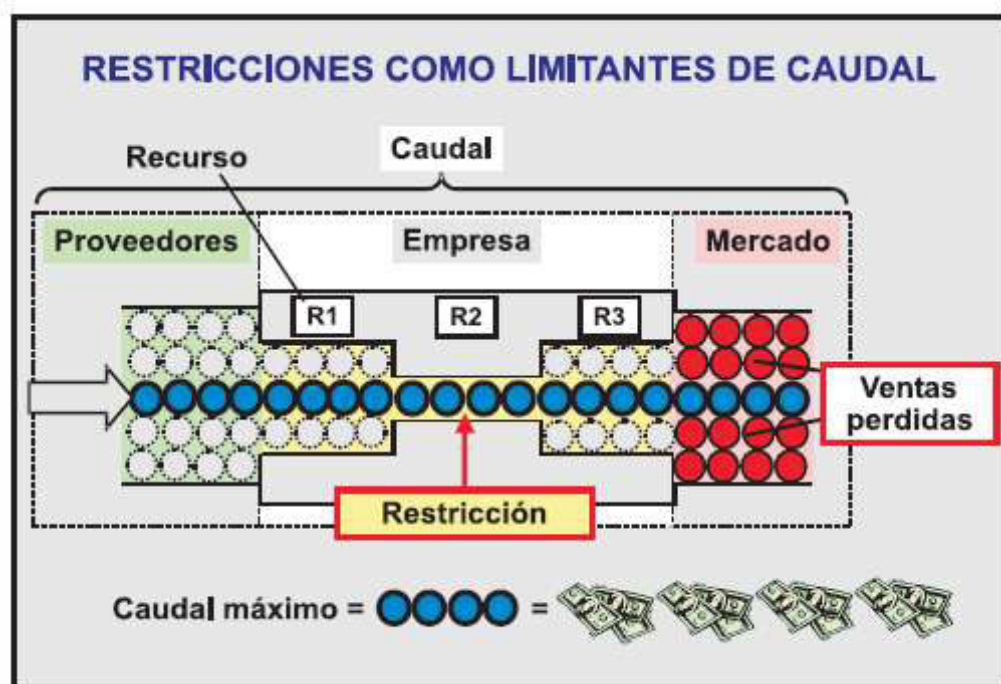
**Regla 9: Las prioridades sólo pueden fijarse teniendo en cuenta simultáneamente todas las limitaciones del sistema.** El tiempo de fabricación es una consecuencia del programa. El control de los recursos cuello de botella es el más importante, ya que de ellos dependerá en gran medida los ingresos netos de la empresa y el evitar la acumulación de inventarios. Por ejemplo: la calidad debe ser controlada **antes** de que los productos hagan uso de las horas limitadas de los cuellos de botella; los ítems que ya incorporan estas horas deben ser tratados con sumo cuidado, puesto que cualquier circunstancia que dé lugar a la pérdida de uno de ellos (por ejemplo: un defecto en un proceso posterior al cuello de botella) se transforma automáticamente en un producto menos para la venta. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

(Held, 2005, pág. 3) TOC / Constraint Management parte del hecho que cada empresa se ve limitada en su capacidad generadora de utilidades por una serie de

restricciones. Aunque esta razón es tan simple y lógica, conlleva a una serie de repercusiones decisivas que revolucionan las estrategias actuales de gestión empresarial.

Utilizando un modelo de flujo se deja explicar bastante bien el principio básico. El caudal se puede definir como la utilidad generada en un tiempo determinado. Se trata, por consiguiente, de la velocidad con la que una empresa gana dinero; entre más rápido pasan los productos o servicios a través del sistema de una empresa hasta llegar a los clientes y convertirse en ventas, mayores son las utilidades generadas por la misma.

FIGURA N° 2-1 RESTRICCIONES COMO LIMITANTES DE CAUDAL



Fuente: (Held, 2005, pág. 3).

### La Solución: Tambor, Colchón y Cuerda

El “tambor” es la planificación y control de materiales. El “sargento” es el responsable de producción. El tambor desarrolla planes y programas para indicar cuándo debe ser recibido y procesado el material, y el ritmo del tambor dicta cuándo y cómo debe ser procesado el material para cada recurso productivo. Los sargentos son los responsables de la producción. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

El “ritmo de los tambores” y “las voces de los sargentos” son, por sí solos, insuficientes a la hora de gobernar una planta. Goldratt propone “atar con una cuerda” al

elemento cuello de botella y el primer elemento de la fila: en definitiva, y trasladado a términos productivos, acompañar la entrada de materia prima en el proceso productivo a las necesidades del elemento CB, con lo que ningún puesto de trabajo tendrá opción a procesar más componentes que los que hacen falta en cada momento. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

El último elemento que completa el sistema: el “**colchón**”, más precisamente de tiempo, entendiendo por tal el lapso que se adelanta la fecha de lanzamiento de un trabajo con respecto a la fecha en la que está programado que lo consuma la limitación. Este enfoque comporta una visión sistémica del subsistema productivo en particular y de la empresa en general, rechazando explícitamente la búsqueda de óptimos locales salvo que de ello derive un acercamiento a la meta; en definitiva, el objetivo es conseguir un óptimo global. (Palacios Toledo, Valeriano Gamarra, & Vilca Lucero, 2002).

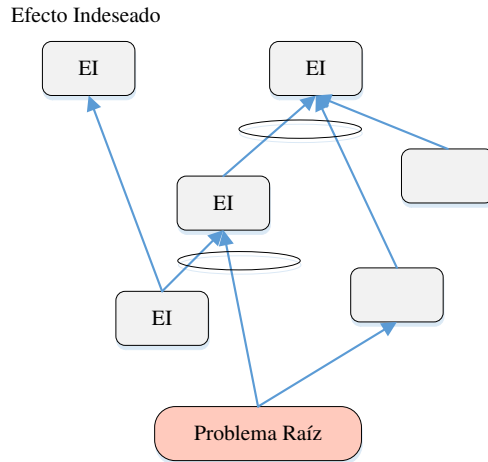
### **Proceso de pensamiento para resolución de problemas**

El proceso de pensamiento empieza con la primera pregunta, “¿Qué cambiar?”, es decir para identificar los problemas principales. El Árbol de Realidad Actual (**CRT**) es usado para este propósito. Una vez que un problema principal ha sido identificado, la pregunta se convierte en “¿A qué cambiar?”; respondiendo la segunda pregunta requiere otras herramientas como Diagrama de Resolución de Conflictos (**CRD**) o Evaporación de Nubes, y Árbol de Realidad Futura (**FRT**). Una vez respondida la pregunta anterior, la organización se queda con la pregunta “¿Cómo hacer el cambio?”; el Árbol de prerrequisitos (**PRT**); y los Diagramas de Árbol de Transición (**TT**); son usados para identificar obstáculos para la implementación y diseñar planes detallados para superar estos obstáculos. (Reyes Medina, 2015).

### **ARA (Árbol de Realidad Actual)**

¿Qué cambiar? ¿Cuál es el problema raíz? Empezando desde los efectos indeseados (EI), y utilizando información disponible, este proceso de pensamiento le permite señalar claramente el problema raíz.

FIGURA N° 2-2 ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL

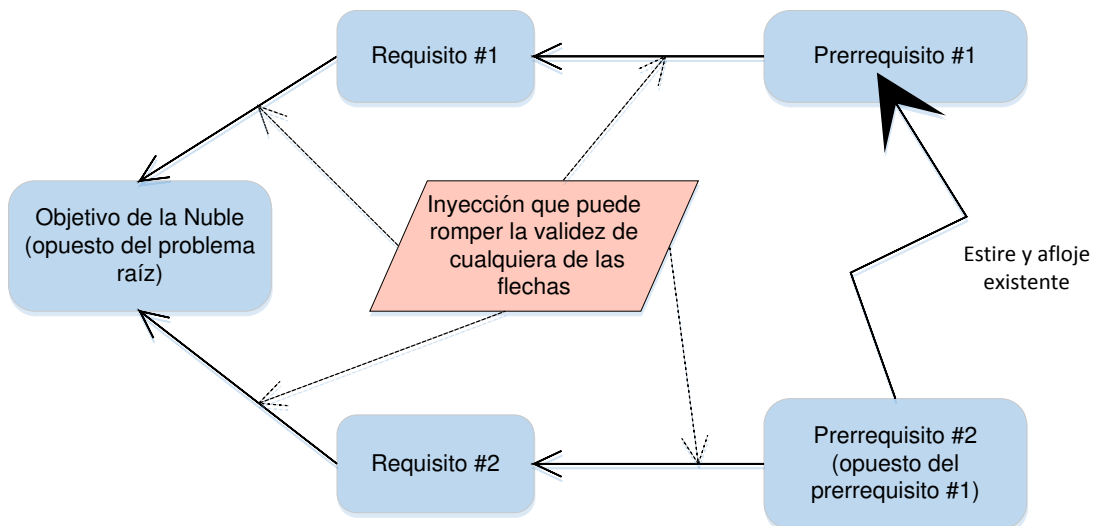


Fuente: (Navarro Mercado, 2014)

### Evaporación de Nubes

¿A qué cambiar? ¿Dónde buscar un descubrimiento importante? El proceso de pensamiento que le permite presentar en forma precisa el conflicto del problema raíz, dirige la búsqueda de una solución a través de la confrontación de los supuestos implícitos.

FIGURA N° 2-3 EVAPORACIÓN DE NUBES



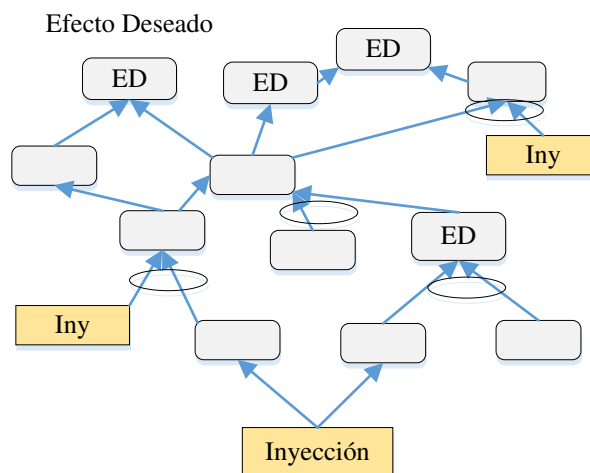
Fuente: Adaptado de Goldratt Asociados 1998



## Árbol de Realidad Futura (ARF)

¿A qué cambiar? ¿Cómo cruzar el puente entre un descubrimiento (una inyección) y una solución compleja? El proceso de pensamiento que le permite construir una solución que, una vez implementada, reemplaza los Efectos indeseables (EI) existentes con Efectos Deseados (ED) sin crear nuevos EI devastadores.

FIGURA N° 2-4 ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA

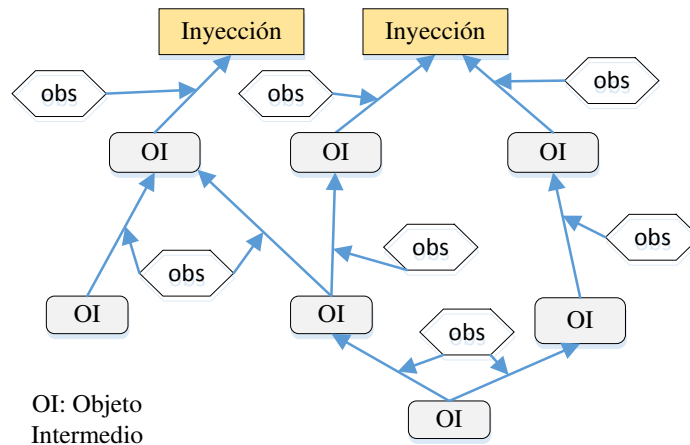


Fuente: Adaptado de Goldratt Asociados 1998.

## Árbol de Prerrequisitos

¿Cómo inducir el cambio? ¿No tenemos que determinar los objetivos intermedios primero? Recurriendo a la “ayuda” de los demás al señalar obstáculos, este proceso de pensamiento le permite dividir la tarea de implementación en un conjunto de objetivos intermedios interrelacionados y bien definidos.

FIGURA N° 2-5 ÁRBOL DE PRERREQUISITOS

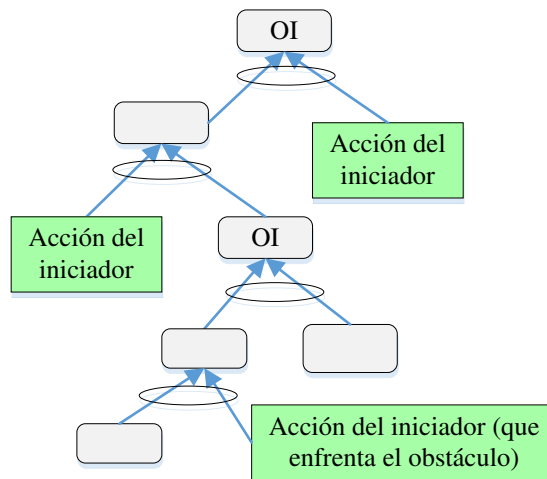


Fuente: Adaptado de Goldratt Asociados 1998.

### Árbol de Transición

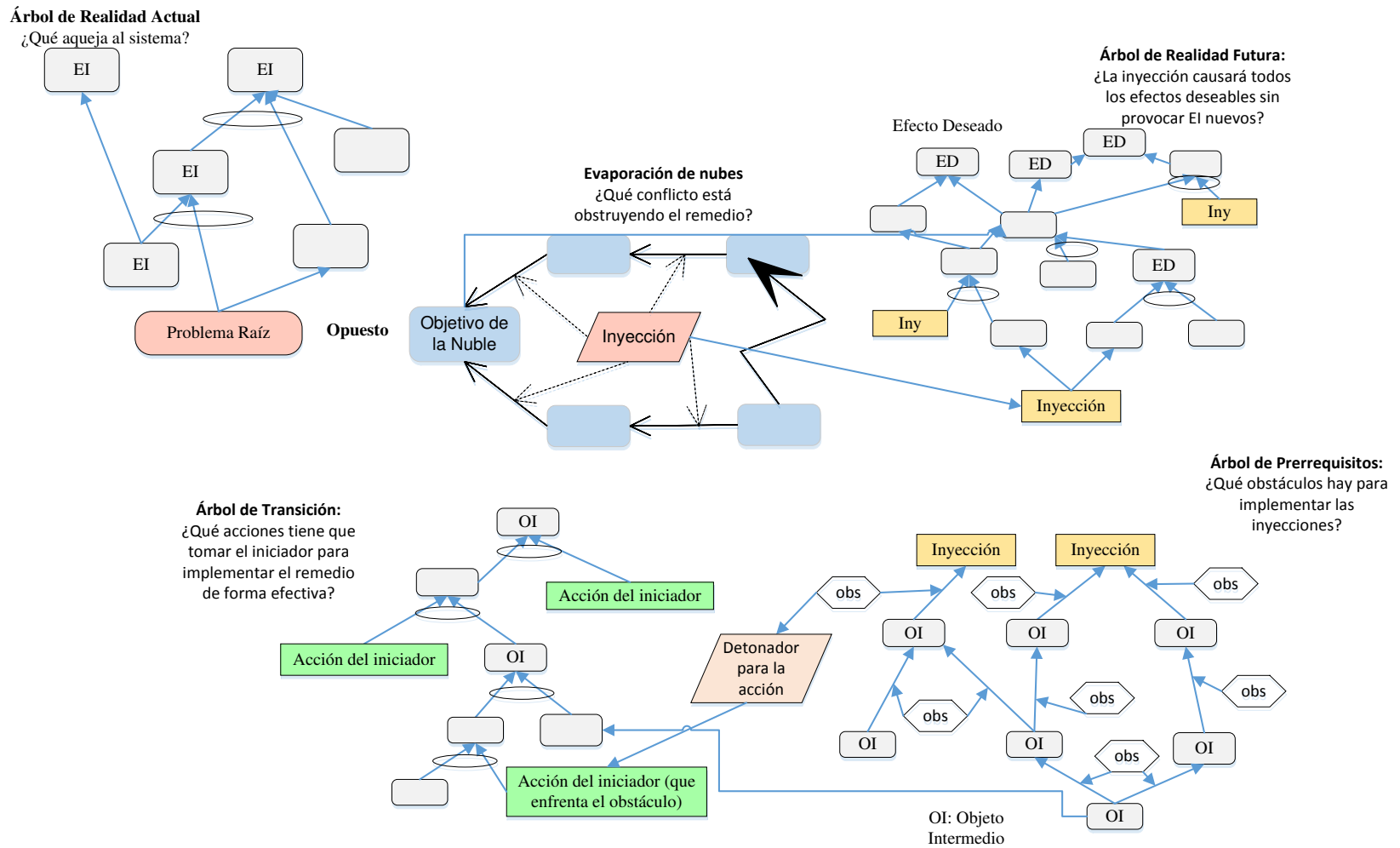
¿Cómo inducir el cambio? ¡Llegando de aquí a allá! El proceso de pensamiento utilizado para construir un plan de implementación detallado, enteramente basado en las acciones del iniciador (las acciones de otros aparecen como reacciones).

FIGURA N° 2-6 ÁRBOL DE TRANSICIÓN



Fuente: Adaptado de Goldratt Asociados 1998.

FIGURA N° 2-7 HERRAMIENTAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS. PROCESO DE PENSAMIENTO.



Fuente: Adaptado de Goldratt Asociados 1998

### 2.2.2. Lean Manufacturing

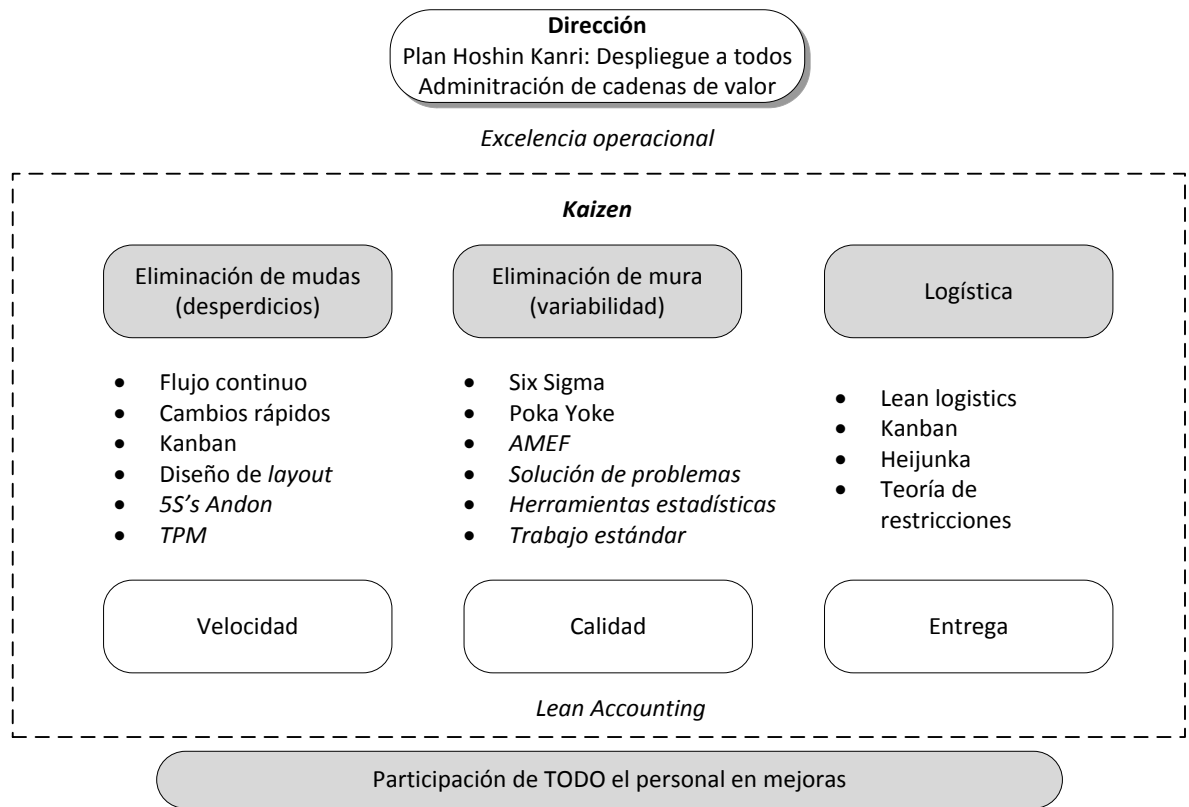
Lean Manufacturing (manufactura esbelta o ágil) es el nombre que recibe el sistema *Just In Time* en Occidente, también se ha llamado Manufactura de Clase Mundial y Sistema de Producción Toyota. Se puede definir como un **proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio** o excesos, entendiendo como *exceso* toda aquella actividad que *no agrega valor* en un proceso, pero sí costo y trabajo. Esta eliminación sistemática se lleva a cabo mediante trabajo con equipos de personas bien organizados y capacitados. Debemos entender que Lean Manufacturing es el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas, innovadoras y eficientes. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

El verdadero poder de Lean Manufacturing radica en descubrir continuamente en toda empresa aquellas oportunidades de mejora que están escondidas, pues siempre habrá desperdicios susceptibles de ser eliminados. Se trata entonces de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

La finalidad de *Just In Time* no es reducir el inventario, resáltese que el objetivo es la rentabilidad sostenida y la satisfacción del cliente, esto cuidando los gastos incurridos en las operaciones, aprovechamiento óptimo de los recursos, así la rentabilidad se refiere de modo integral a clientes, proveedores, trabajadores y accionistas, todo ellos con un único fin, generar ganancias.

La efectividad en las operaciones y en los procesos de producción debe ser parte de una estrategia. Existen muchos casos de empresas que han implementado desde herramientas muy sencillas hasta sistemas de administración, o costosos sistemas de información, sin que ello forme parte de una estrategia de mediano a largo plazo. Cuando las herramientas, las mejoras, la capacitación, la compra de maquinaria y demás implementaciones no forman parte de una estrategia, la historia nos demuestra que en la gran mayoría de los casos estos esfuerzos están destinados a fracasar. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 12).

FIGURA N° 2-8 ENFOQUE ESTRATÉGICO DE LA FILOSOFÍA LEAN.



Fuente: Adaptado de (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

### La Productividad y sus Limitantes

En todo negocio, sea una empresa de transformación o de servicios, se cuenta con una serie de *insumos* que se resumen en cuatro grandes grupos básicos: los materiales, las máquinas, la mano de obra, los métodos y el medio ambiente. Muchos autores han coincidido en referirse a ellos como las 5 M's. Es importante reconocer que cada uno de estos grupos es muy diferente a los otros, pero existe un factor común inherente a todos ellos: el dinero. Es tan evidente que lo anterior implica un costo, que muchas empresas con problemas de Liquidez tratan de reducir ese costo "destacando" las 5 M's: despidiendo personal, reduciendo la calidad de los materiales, reduciendo el mantenimiento de maquinaria, etc. Sin embargo, ha quedado plenamente demostrado que estos recortes a las 5 M's solo producen un impacto inmediato en el estado de resultados, pero no resuelven el problema a mediano plazo. Recordemos que la principal fuente de pérdidas en los procesos son los desperdicios, y éstos no se resuelven simplemente despidiendo personal; por el contrario, en ocasiones esto genera nuevos

desperdicios y los costos respectivos. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 23).

Si seguimos la cadena de valor, dentro de la empresa estas 5 M's (digamos "lo que entra al negocio") se combinan y transforman en productos o servicios mediante procesos definidos. Estos procesos deberán ser estandarizados por medio de parámetros específicos que describan claramente la forma de obtener el desempeño deseado de cada proceso, permitiendo así el control del mismo. Como resultado de los procesos se generan varias salidas (es decir, "lo que sale del negocio"): los productos que se elaboran, la calidad de los mismos, su costo, el tiempo que toma elaborarlos, los accidentes o no accidentes que ocurren como consecuencia de los procesos, la motivación de la gente, así como el impacto de los procesos en el medio ambiente. ***La relación entre dichas salidas y los insumos es lo que conocemos como productividad.*** La mejora de la productividad es la obtención de mejores resultados de un proceso. En pocas palabras: "hacer más con menos".

De acuerdo con este modelo, **es evidente la importancia de los procesos en la productividad** y, por ende, en la implementación de Lean Manufacturing. La productividad, como vimos, es la relación entre los resultados y los insumos, y es en los procesos donde los insumos se transforman en resultados. Es aquí donde se hace evidente la importancia del dominio de los procesos, entendiendo que lograr ese dominio implica conocerlos, controlarlos y mejorarlos. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

### **¿Y cuáles son los limitantes de la productividad?**

En un proceso se utilizan materiales, personas, recursos naturales, tecnología y recursos financieros que dan como resultado un producto o servicio, en todo proceso se realizan ciertas actividades de transformación cuya eficacia se mide por sus indicadores de productividad, tal como se explicó en párrafos anteriores.

Sin embargo, en los negocios la productividad no es infinita. Esta se ve afectada por una gama muy amplia de problemas que limitan los resultados que se pueden obtener a partir de los recursos disponibles. Los ingenieros japoneses han clasificado estas limitantes en tres grupos a los que llamaron las 3 "Mu", debido a que todas inician con

la sílaba *mu*. *Muri* (sobrecarga), *Mura* (variabilidad), y *Muda* (desperdicio). (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

### **Sobrecarga o *muri***

La productividad de los negocios y las personas disminuye cuando se les impone una carga de trabajo que rebasa su capacidad. Si a los operadores se les exige que produzcan por arriba de sus límites normales, o cuando a las máquinas se les hace producir por encima de su capacidad, se provoca un agotamiento de los recursos más valiosos de la organización, disminuyendo así la productividad. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 27).

### **Variabilidad o *mura***

Se refiere a la falta de uniformidad generada desde los elementos de entrada de los procesos, como los materiales, las especificaciones, el entrenamiento, las habilidades, los métodos y las condiciones de la maquinaria; esto produce, a su vez, una falta de uniformidad en los procesos, lo que se traduce en la generación de productos o servicios que tampoco son uniformes, es decir; muestran variabilidad. Esta variación puede o no causar problemas a nuestros clientes, por lo que es importante reconocer el tipo de variación y si ésta es natural. Cuando la variabilidad de un cierto proceso y de sus resultados es natural, se dice que el proceso está controlado. Pero si se introduce una fuente de variación nueva al proceso, entonces se dice que el proceso se salió de control. La variabilidad es el tema central de estudio y control de metodologías estadísticas como el Control Estadístico de Procesos o Six Sigma. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 28).

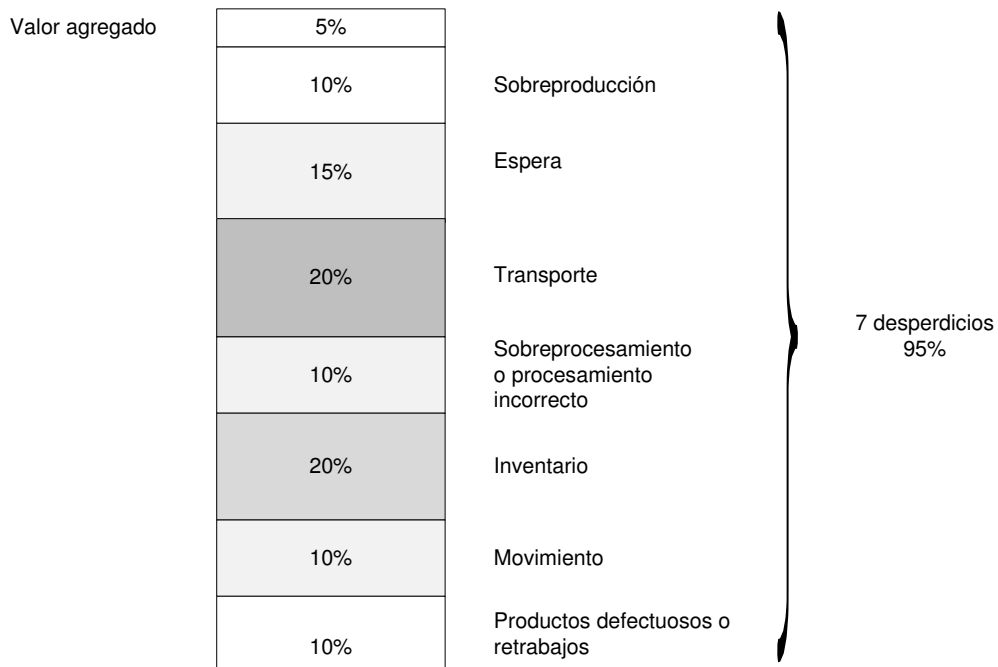
### **Desperdicios o *mudas***

La mejor traducción de la palabra japonesa *muda* debería ser “exceso”. Los siete tipos de desperdicios que afectan negativamente la productividad deben ser bien entendidos, detectados y eliminados o minimizados todos los días en empresas e instituciones.

Uno de los principales objetivos de Lean Manufacturing es conocer, detectar y eliminar sistemáticamente todos los desperdicios en la industria, ya que diariamente reducen la capacidad de las empresas y representan un reto para administradores, gerentes y empleados en general.

Para entender lo que es un desperdicio, es conveniente explicar primero qué son las actividades que agregan valor (VA por sus siglas en inglés). Las VA son aquellas que producen directamente un cambio que el cliente desea, al grado que esté dispuesto a pagar por ese esfuerzo. Desperdicio o exceso será cualquier otro esfuerzo realizado en la empresa que no sea absolutamente esencial para agregar valor al producto o servicio tal como lo requiere el cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y disminuyen el nivel de servicio, con lo cual afectan los resultados obtenidos en el negocio. Toyota clasifica en siete grandes grupos los desperdicios o mudas (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008). Según el autor mencionado define cada una de las mudas de la siguiente manera.

FIGURA N° 2-9 SIETE DESPERDICIOS PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA.



Fuente: (Mateo López, 2011)



CUADRO N° 2-1 LOS TIPOS DE DESPERDICIOS. SÍNTOMAS Y CAUSAS

Tipo de desperdicio	Síntomas	Posibles causas	Ideas y herramientas
<b>Sobreproducción</b> Producir mucho o más pronto de lo que necesita el cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se producen muchas partes y/o se producen con mucha anticipación.</li> <li>Las partes se acumulan incontroladamente en inventarios.</li> <li>Tiempo de ciclo extenso.</li> <li>Tiempos de entrega pobres.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se producen muchas partes y/o se producen con mucha anticipación.</li> <li>Tamaño grande de lotes.</li> <li>Pobre programación de la producción o de las actividades.</li> <li>Desbalance en el flujo de materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Justo a tiempo.</li> <li>SMED.</li> <li>Reducir tiempos de preparación, sincronizar procesos, haciendo solo lo necesario.</li> </ul>
<b>Esperas</b> Tiempo desperdiciado (de máquinas o personas) debido a que durante ese tiempo no hubo actividades que le agregaran valor al producto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajadores en espera de materiales, información o de máquinas no disponibles.</li> <li>Operadores parados y viendo las máquinas producir.</li> <li>Grandes retrasos en la producción.</li> <li>Tiempos de ciclo extensos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tamaño de lote grande.</li> <li>Mala calidad o malos tiempos de entrega de los proveedores.</li> <li>Deficiente programa de mantenimiento.</li> <li>Pobre programación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminar actividades innecesarias, sincronizar flujos, balancear cargas de trabajo, trabajador flexible y mutabilidades, organizar el proceso en Kanban.</li> </ul>
<b>Transportación</b> Movimiento innecesario de materiales y gente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mucho manejo y movimiento de partes.</li> <li>Daños excesivos por manejo.</li> <li>Largas distancias recorridas por las partes en proceso.</li> <li>Tiempos de ciclo extensos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos secuenciales que están separados físicamente.</li> <li>Pobre distribución de planta.</li> <li>Inventarios altos.</li> <li>La misma pieza en diferentes lugares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesamiento en flujo continuo, sistemas Kanban y distribución de planta para hacer innecesario el manejo/transporte.</li> </ul>
<b>Sobreprocesamiento</b> Esfuerzos que no son requeridos por los clientes y que no agregan valor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ejecución de procesos no requeridos por el cliente.</li> <li>Autorizaciones y aprobaciones redundantes.</li> <li>Costos directos muy altos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño del proceso y el producto.</li> <li>Especificaciones vagas de los clientes.</li> <li>Pruebas excesivas.</li> <li>Procedimientos o políticas inadecuadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplificar procesos y eliminar actividades y operaciones que no agregan valor.</li> </ul>
<b>Inventarios</b> Mayor cantidad de partes y materiales que el mínimo requerido para atender los pedidos del cliente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inventarios obsoletos.</li> <li>Problemas de flujo de efectivo.</li> <li>Tiempos de ciclo extensos.</li> <li>Incumplimiento en plazos de entrega.</li> <li>Muchos retrabajos cuando hay problemas de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobreproducción.</li> <li>Pobre pronósticos o mala programación.</li> <li>Niveles altos para los inventarios mínimos.</li> <li>Políticas de compras.</li> <li>Proveedores no confiables.</li> <li>Tamaño grande de lotes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acartar tiempos de preparación y respuesta; organizar el proceso en forma Kanban; aplicar justo a tiempo.</li> </ul>
<b>Movimientos</b> Movimientos Innecesarios de gente y materiales dentro de un proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de herramientas o partes.</li> <li>Excesivos desplazamientos de los operadores.</li> <li>Doble manejo de parte.</li> <li>Baja productividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pobre distribución de las celdas de trabajo, herramientas y materiales.</li> <li>Falta de controles visuales.</li> <li>Pobre diseño del proceso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organización de celdas de trabajo, procesamiento en flujo continuo; administración visual.</li> </ul>
<b>Retrabajo</b> Repetición o corrección de un proceso.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Procesos delicados al Retrabajo.</li> <li>Altas tasas de defectos.</li> <li>Departamentos de calidad o inspección muy grandes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mala calidad de materiales.</li> <li>Máquinas en malas condiciones.</li> <li>Procesos no capaces e inestables.</li> <li>Poca capacitación.</li> <li>Especificaciones vagas del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control estadístico de procesos; mejora de procesos; desarrollo de proveedores.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de (Carranza, 2012).

## El sistema de producción Toyota y el Lean Manufacturing

En muchas compañías en donde se ha implementado Lean Manufacturing, los gerentes de planta o dueños de la compañía no se han involucrado día a día con las operaciones y el mejoramiento continuo, lo cual es parte importante del sistema Lean. Esto provoca que la gente nunca haga suyo el sistema que se trata de implementar, sino que, por el contrario, lo tomen como una imposición. El método de Toyota es muy diferente, abarca dirigir y gestionar desde la *dirección hacia las operaciones*. Entonces, no se puede decir que ser una empresa esbelta es el resultado de aplicar el Sistema de producción Toyota en todas las áreas de su negocio.

La Manufactura esbelta tiene un proceso de 5 pasos (Womack y Jones, 1996):

1. Definir qué agrega valor para el cliente.
2. Definir y hacer el mapa del proceso.
3. Crear flujo continuo.
4. Que el consumidor “jale” lo que requiere.
5. Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección.

Para ser una empresa esbelta se requiere una forma de pensar que se enfoque en hacer que el producto fluya a través del proceso que le agrega valor sin interrupciones (flujo de una pieza); un sistema que “jale” de las estaciones de trabajo anteriores (proceso anterior), iniciando desde el cliente y continuando, de la misma manera, con las estaciones de trabajo anteriores, Todo esto debe realizarse en periodos cortos de tiempo (varias veces al día), y crear una cultura en donde todos estén comprometidos con el mejoramiento continuo.

Las condiciones de Toyota llevaron a la empresa a ser flexible, y esto la encaminó a hacer un descubrimiento crítico: cuando se tienen *tiempos de entrega cortos* y se enfocan en *mantener líneas de producción flexibles*, se comienza a obtener *alta calidad*, consumidores más sensibles, *mejor productividad* y una mejor utilización del equipo y del espacio.

La filosofía del Sistema de producción Toyota a lo largo de su lucha contra los desperdicios, ha tenido que dar cuenta de los siguientes puntos:

- *Frecuentemente*, lo mejor que se puede hacer es detener una máquina y parar de producir partes defectuosas.
- *Usualmente*, lo mejor para hacer un inventario de productos terminados en orden es nivelar la programación de la producción, mejor dicho, producir acorde a la fluctuación de la demanda, conforme a las órdenes de los clientes,
- *Tal vez* no sea una prioridad mantener a los trabajadores ocupados haciendo partes lo más rápido que puedan.

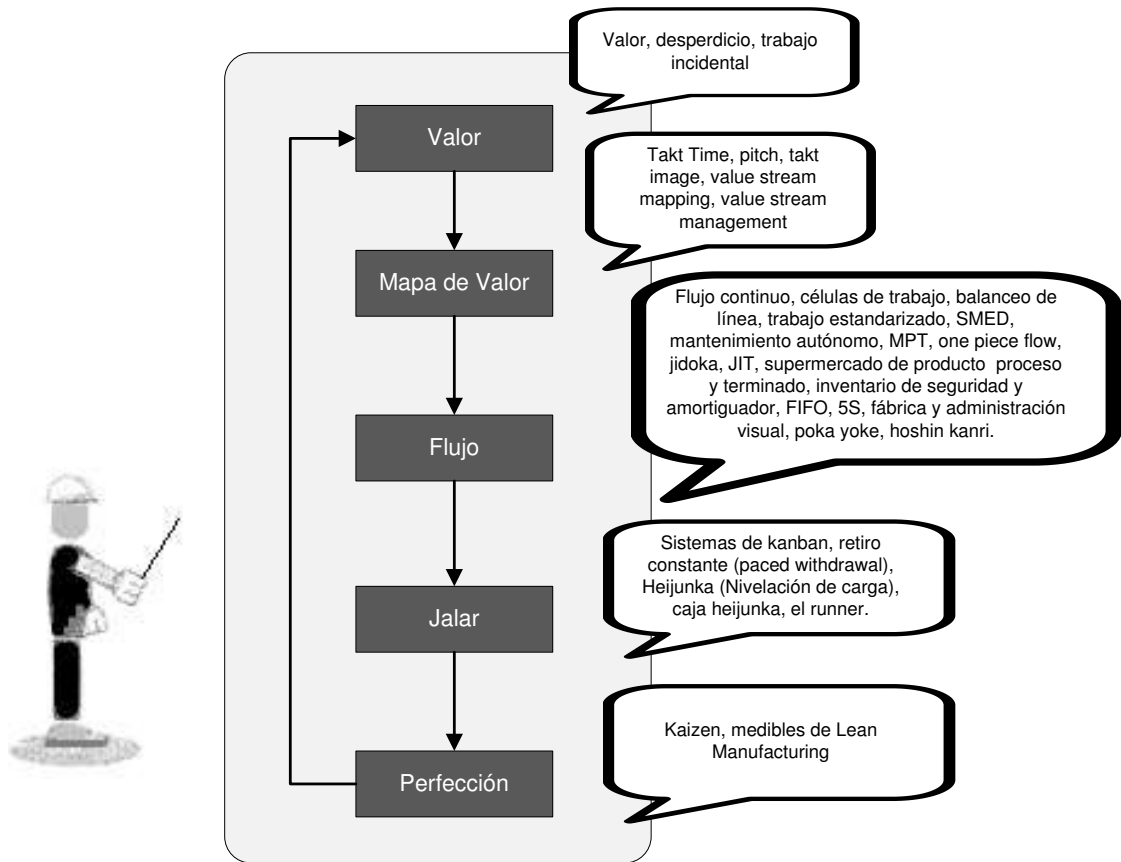
Taiichi Ohno, al aprender de sus experiencias durante sus recorridos en el piso de producción, pudo identificar las actividades que agregan valor, desde la materia prima hasta que se convierten en producto terminado para el cliente, Él aprendió recorriendo los procesos, desde que es materia prima hasta ser un producto terminado por el cual el cliente está dispuesto a pagar. Esto llevó a Toyota a tener una solución y eliminar los problemas que provocan los desperdicios.

La única cosa que agrega valor en cualquier tipo de proceso, ya sea de manufactura, marketing, o desarrollo de un proceso, *es la transformación física o informativa de los productos*, servicios, o actividades en algo que desea el cliente. Es por eso que el Sistema de producción Toyota inicia con el cliente, pues él pone el dinero y mantiene el negocio.

### **El círculo de Lean Manufacturing**

Las herramientas de Lean, que se describen a lo largo del proyecto se pueden agrupar dentro de los cinco principios:

FIGURA N° 2-10 EL CÍRCULO DE LEAN MANUFACTURING



Fuente: (Mateo López, 2011)

### WCE (Ciclo Eficiente de Trabajo)

Según Hines y Taylor (2000), citado por (Navarro Mercado, 2014) Se afirma que en un ambiente de producción de bienes (manufactura o flujo logístico) las relaciones entre los tiempos consumidos por los tres tipos de actividades giran en torno a la siguiente proporción:

$$WCE = \frac{\frac{\text{Tiempo de Valor}}{\text{Tiempo Disponible}}}{\text{Lead Time}} \times 100\%$$

- A) 5% de actividades que agregan valor (AV);
- B) 60% de actividades que no agregan valor e innecesarias (W);
- C) 35% de actividades que no agregan valor, pero necesarias (NAV).

## Estrategia Hoshin Kanri

“La mejor victoria es vencer sin combatir”

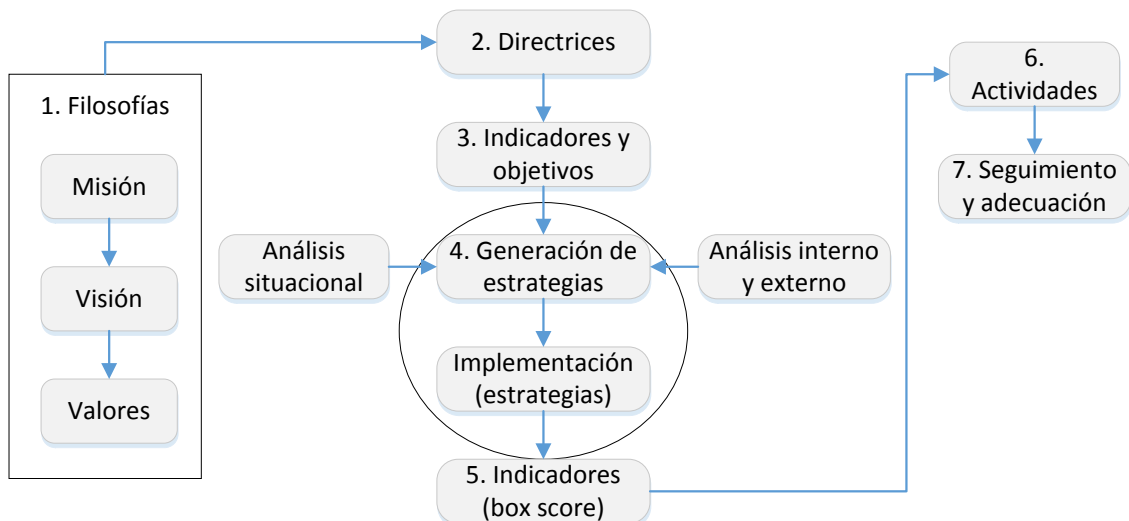
Hoshin Kanri es una técnica que ayuda a las empresas a enfocar sus esfuerzos y analizar sus actividades y sus resultados. Es un acercamiento sistemático para identificar, ordenar y resolver actividades que requieren un cambio drástico o una mejora. Significa “dirección y control de la organización apuntando hacia un enfoque”.

¿Para qué se implementa Hoshin Kanri?

- Hoshin Kanri es una herramienta para la planeación estratégica efectiva.
- Identificar objetivos críticos.
- Evaluar restricciones.
- Establecer mediciones de desempeño.
- Desarrollar planes de implementación.
- Conducir juntas de revisión periódicas.

El concepto del modelo de planeación estratégica es simple: es un sistema administrativo que alinea a la organización. Traduce la visión y la misión de una institución en un arreglo comprensible de objetivos estratégicos, para los cuales define indicadores de desempeño y los transforma en un marco de trabajo basado en proyectos.

FIGURA N° 2-11 PROCEDIMIENTO HOSHIN KANRI



Fuente: Adaptado de (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 85).

## KAIZEN

“Sabio no es aquel que sabe mucho,  
sino el que aplica lo poco que sabe”

*Kaizen* es una palabra japonesa que significa "mejora". Sin embargo, sólo recibió el término de "continua" hasta que sus principios empezaron a ser adoptados por organizaciones occidentales. En la cultura japonesa todos tienen claro (por tradición) que al hablar de mejora se habla de cambios constantes, mientras que en occidente se tiene la costumbre de especificar lo que se necesita. Así pues, hoy en día todos relacionamos el concepto de Kaizen con "mejora continua".

Kaizen es una forma poderosa de hacer mejoras en todos los niveles de la organización, y hoy en día la practican las corporaciones líderes de todo el mundo. Su principal utilidad radica en su aplicación gradual y ordenada, que implica el **trabajo conjunto de todas las personas en la empresa para hacer cambios sin hacer grandes inversiones de capital**. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 129).

### Definición de evento Kaizen

Un evento Kaizen es una **cadena de acciones** realizadas por **equipos de trabajo**, cuyo objetivo es **mejorar los resultados** de los procesos existentes. Mediante estas acciones los dueños de los procesos y los operadores pueden realizar mejoras significativas en su lugar de trabajo que se traducirán en **beneficios de productividad** (y como consecuencia, la rentabilidad) para el negocio.

### ¿Para qué sirven los eventos Kaizen?

Los eventos Kaizen resultan extremadamente efectivos para mejorar rápidamente un proceso mediante la implementación de herramientas que ayudan a:

- Reducir los desperdicios (menos *mudas*),
- Mejorar la calidad y reducir la variabilidad (menos *muris*).
- Mejorar las condiciones de trabajo (menos *muris*).

Será en la implementación de estos eventos Kaizen cuando surja la necesidad de utilizar algunas herramientas Lean, dependiendo de las metas que se quiere alcanzar.

FIGURA N° 2-12 KAIZEN. MEJORA CONTINUA VS REINGENIERÍA



Fuente: Adaptado de (Cuevas, 2016).

### Programa de sugerencias Kaizen

Los programas de mejora continua no dependen solamente de los eventos Kaizen o de mejora que se realizan de manera planeada. También debe implementarse un sistema continuo de sugerencias para que todos los empleados, cuando encuentren una mejora de productividad, en costos, surtimiento de materiales, seguridad, calidad, etc., la documenten inmediatamente para su evaluación y puesta en práctica. En la medida que esto se convierta en un hábito, el personal de toda la empresa se hará responsable de sus resultados. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 143).

## Las 5S para orden y limpieza

“El lugar más limpio no es el que más se asea,  
sino el que menos se ensucia”

El método de las 5's fue desarrollado por Hiroyuki Hirano y representa una de las piedras que enmarcan el inicio de cualquier herramienta o sistema de mejora. Por ello, se dice que un buen evento de mejora es aquel que se inicia con las 5's. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

Las 5's constituyen una disciplina para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza. Esto se logra implementando cambios en los procesos en cinco etapas, cada una de las cuales servirá de fundamento a la siguiente, para así mantener sus beneficios en el largo plazo.

Se dice que, si en una empresa no ha funcionado la implementación de las 5'S, cualquier otro sistema de mejoramiento de los procesos está destinado a fracasar. Esto se debe a que no se requiere tecnología ni conocimientos especiales para implementarlas, sólo disciplina y autocontrol por parte de cada uno de los miembros de la organización. Este autocontrol organizacional adquirido en estas 5 etapas será el cimiento de sistemas más complejos, de mayor tecnología y mayor inversión. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

CUADRO N° 2-2 ETAPAS DE LAS 5S

Etapa 1: Seiri	Etapa 1: Seiton	Etapa 1: Seiso	Etapa 1: Seiketsu	Etapa 1: Shitsuke
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Seleccionar</b></li><li>• Es remover de nuestra área de trabajo todos los artículos que no son necesarios</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Organizar</b></li><li>• Es ordenar los artículos necesarios para nuestro trabajo estableciendo un lugar específico para cada cosa</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Limpiar</b></li><li>• Básicamente eliminar la suciedad</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Estandarizar</b></li><li>• Es lograr que los procedimientos y actividades se ejecuten constantemente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Seguimiento</b></li><li>• Es hacer un hábito de las actividades de 5S para asegurar que se mantengan las áreas de trabajo</li></ul>

Fuente: Adaptado de (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).



(Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008) define las 5 etapas como:

### **Etapas 1: Implementación de la primera S (Seleccionar)**

Seleccionar es retirar del lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios, así que en esta etapa se debe eliminar todo aquello que no se necesita o no se sabe si realmente se necesita. Al seleccionar, se toma en cuenta todos los objetos que no se han utilizado y no se utilizarán en el futuro, y retirarlos para liberar espacio.

El principio que debe regir en esta etapa es: Sólo lo que se necesita, sólo la cantidad necesaria y sólo cuando se necesita.

### **Etapas 2: Implementación de la segunda S (Ordenar)**

En esta etapa debemos ordenar los artículos que seleccionamos como necesarios en nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y regreso al mismo lugar después de usarla. Para ello necesitamos:

- Dividir nuestra área de trabajo en partes manejables y fácilmente identificables.
- Generar una guía de ubicaciones.
- Establecer sitios para cada objeto.
- Hacer las siluetas o delimitar con colores las posiciones de los objetos en las áreas designadas.

### **Etapas 3: Implementación de la tercera S (Limpiar)**

Limpiar es básicamente eliminar la suciedad, tomando en cuenta que al hacer limpieza también estamos inspeccionando. Así podemos descubrir problemas potenciales antes de que se conviertan en críticos.

- Diseñar el programa de limpieza, diseñar los métodos de limpieza.
- Establecer la disciplina.
- Asignar responsables de las actividades de la limpieza.
- Definir su frecuencia y cuando se deben llevar a cabo.

- Enlistar cada una de las actividades de limpieza por realizar.
- Documentar las actividades de limpieza en un procedimiento.

#### **Etapa 4: Implementación de la cuarta S (Estandarizar)**

Estandarizar es lograr que los procedimientos, prácticas y actividades se ejecuten consistentemente y de manera regular para asegurar que la selección, la organización y la limpieza se mantengan en las áreas de trabajo.

- Integrar las actividades de 5's en el trabajo regular.
- Evaluar los resultados.

En esta etapa se recomienda elaborar también un manual de estandarización para que se mantengan las 5's y exista continuidad en aspectos como:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| • Estandarización de colores. | • Estándares para la organización.                          |
| • Colores y tipos de líneas.  | • Estándares para la limpieza.                              |
| • Guías de ubicaciones.       | • Reglamento.   |
| • Etiquetas.                  | • Codificación de artículos, espacios, anaqueles, etcétera. |

#### **Etapa 5: Implementación de la quinta S (Seguimiento)**

"Di lo que haces, haz lo que dices y demuéstalo".

Seguimiento es convertir en un hábito las actividades de las 5's, manteniendo correctamente los procesos generados a través del compromiso de todos.

En esta etapa se recomienda:

- Hacer campañas de promoción a lo que se ha ganado.
- Organizar visitas a las instalaciones.
- Proporcionar capacitación continua.
- Hacer campañas de difusión.
- Realizar juntas de seguimiento.
- Realizar presentaciones de proyectos.

"Lo realmente importante no es llegar a la cima; sino saber mantenerse en ella"

— Louis-Charles-Alfred de Musset

## **Mapeo de la Cadena de Valor o VSM (*Value Stream Mapping*)**

### **¿Qué es una cadena de valor?**

Son todas las operaciones que transforman productos de la misma familia y son necesarias para ofrecerle al cliente un producto desde el concepto o diseño, hasta la producción y el envío. En una cadena de valor existen elementos tangibles e intangibles, como equipo, personas, materiales, métodos, conocimiento, habilidades diversas, energía, etcétera. El mapeo de la cadena consiste en ver plasmados todos esos elementos en un dibujo para entenderlos y mejorarlos, y no solo en saber que existen. (Socconini, *Lean Manufacturing paso a paso*, 2008).

### **Tipos de mapas**

- Mapa del estado actual
- Mapa del estado Futuro

El mapa del estado actual será un documento de referencia para determinar excesos en el proceso y documentar la situación actual de la cadena de valor.

En este mapa podemos observar los inventarios en proceso e información para cada operación relacionada con su capacidad, disponibilidad y eficiencia. Además, proporciona información sobre la demanda del cliente, la forma de procesar la información del cliente a la planta y de la planta a los proveedores, la forma en que se distribuye al cliente y la distribución por parte de los proveedores y, finalmente, la manera en que se suministra la información a los procesos. Un mapa de valor es una herramienta valiosa para el análisis de información, pues en una sola hoja de papel podemos ver:

- La demanda del cliente y la forma de confirmar los pedidos.
- La demanda hacia los proveedores y la forma de confirmar los pedidos.
- La forma de planear la producción y las compras.
- El proceso de entregas de los proveedores y al cliente.
- La secuencia de las operaciones de producción.
- La información relevante de cada operación,

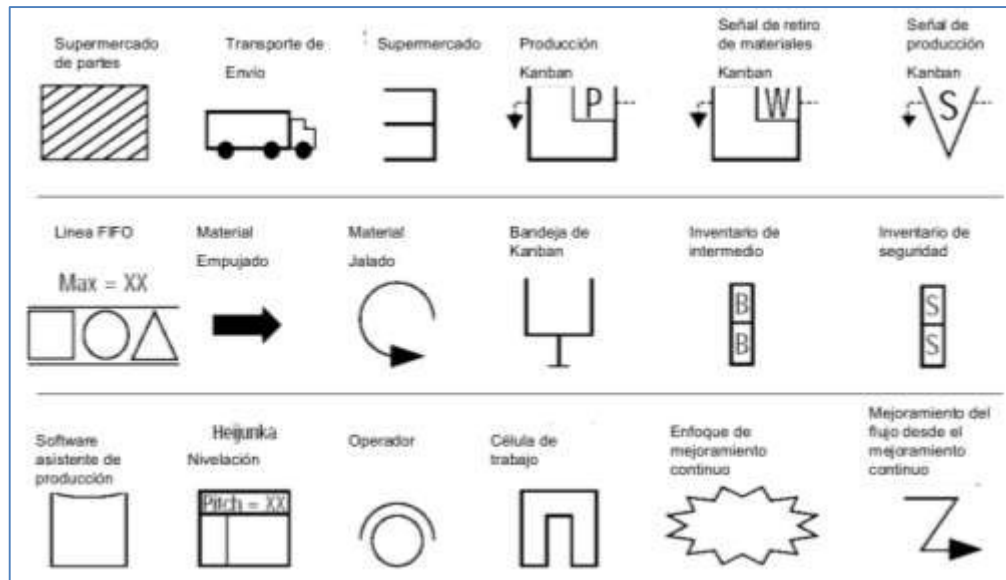
- Los inventarios en materia prima, proceso y producto terminado.
- El tiempo que agrega valor y el que no agrega valor.
- Los tiempos de entrega desde materia prima hasta producto terminado.

FIGURA N° 2-13 SIMBOLOGÍA VSM ACTUAL



Fuente: (BOM Consulting Group, 2008)

FIGURA N° 2-14 SIMBOLOGÍA VSM FUTURO



Fuente: (BOM Consulting Group, 2008)

## **Casillero de Datos**

Se coloca debajo de las operaciones, en él se incluye información como tiempo de ciclo, tiempo de cambio entre productos, fiabilidad del equipo, tiempo disponible por turno, número de turnos, número de operadores, etc.

Flecha de empuje que se utiliza para conectar operaciones en las que el material se mueve mediante un sistema de empuje.

Enlace de operaciones basado en la secuencia “primeras entradas, primeras salidas”.

Relámpago Kaizen, Sirve para dar a entender que en el punto de la cadena de valor se debe realizar un evento de mejora enfocado a implementar la herramienta Lean que contenga el relámpago.

## **Procedimiento para realizar un mapa de valor**

- Establecer familia de productos.
- Crear el mapa de valor actual.
- Crear el mapa de valor futuro.
- Realizar mejoras mediante la aplicación de eventos Kaizen.

## **Dibujo del mapa actual**

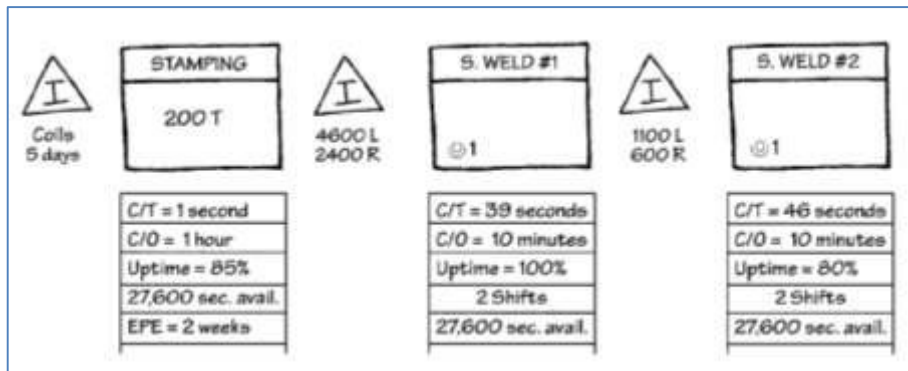
1. Para dibujar el mapa actual, se inicia colocando el símbolo del cliente en la esquina superior del papel doble carta y se conecta el flujo de la información con el control de producción, el cual manda a su vez los requerimientos al proveedor con las previsiones de material.

2. Dibujar los transportes de los proveedores.

3. Dibujar la secuencia de las operaciones estableciendo el tiempo de cada operación, el tiempo de cambio de productos, la disponibilidad de los equipos, el tiempo disponible y los inventarios en proceso.

4. Se conecta la fábrica de la información con la de los productos mediante las flechas que indican que el programa de producción se realiza para cada operación.

FIGURA N° 2-15 OPERACIONES, INVENTARIO Y CAJA DE DATOS.



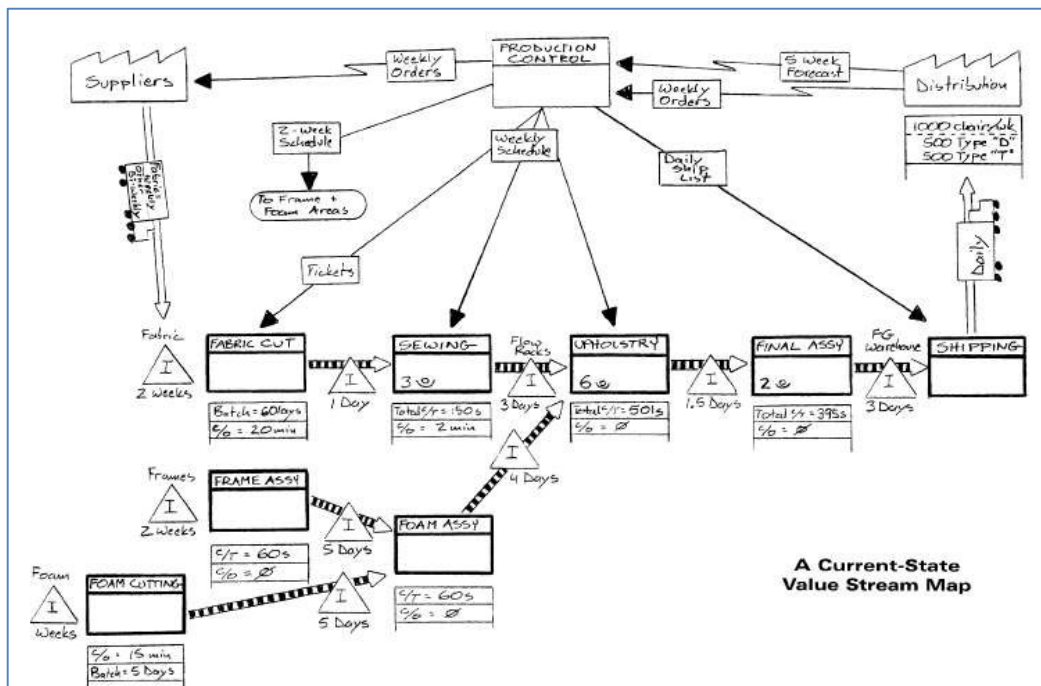
Fuente: (Rother & Shook, 1999).

5. Integrar todo el mapa y evaluar el tiempo que agrega valor. En la parte inferior se dibuja una escalera; en los escalones inferiores se coloca el tiempo que agrega valor y en los superiores el tiempo que no agrega valor. Se convierte los inventarios a días, dividiendo cada inventario entre la demanda diaria.

6. Calculamos el tiempo takt.

Tiempo disponible (segundos) entre la demanda (unidad de medida). Eso significa que el cliente está dispuesto a comprar una unidad cada “x” segundos, por lo que ése será el objetivo de producción.

FIGURA N° 2-16 CURRENT-STATE VALUE STREAM MAP



Fuente: (Rother & Shook, 1999).

## Crear el Estado Futuro

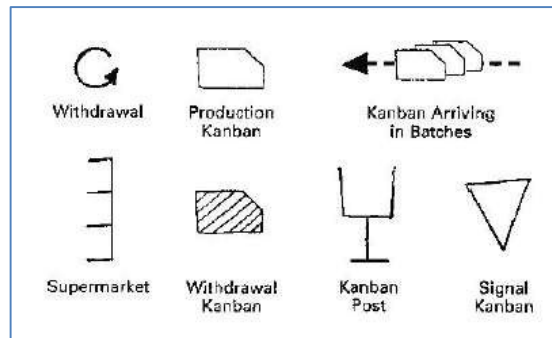
Para dibujar el mapa del estado futuro consideraremos los siguientes puntos:

a) Desarrollar un flujo continuo siempre que las operaciones puedan estar una inmediatamente después de la otra. Primero se une todas las operaciones que permitan establecer un flujo continuo para crear una célula de producción y se representa en el Mapa Futuro. En este caso se une todas las operaciones en un solo flujo, procurando mover materiales de una estación a otra.

b) Cuando no se puedan juntar las operaciones por alguna razón, introducir supermercados para unir los flujos discontinuos.

Una vez agrupadas todas las operaciones sin ninguna restricción, entonces se procede a establecer los supermercados, uno en el almacén de materiales y el otro en el almacén de producto terminado.

FIGURA N° 2-17 ÍCONOS ASOCIADOS AL SUPERMERCADO KANBAN.



Fuente: (Rother & Shook, 1999).

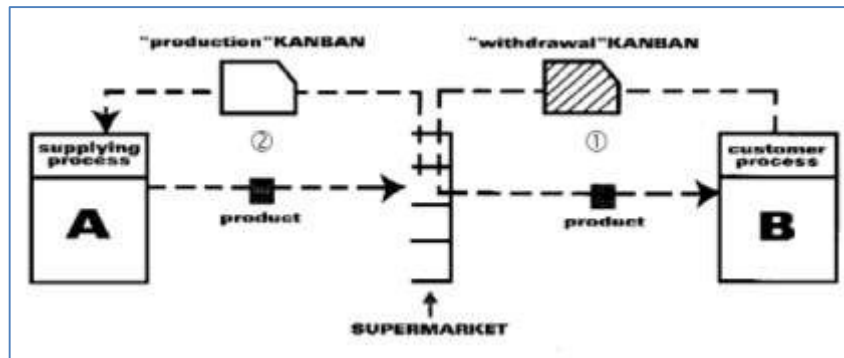
c) Proponer eventos Kaizen para aplicar las herramientas Lean conforme se necesiten.

Los relámpagos en el mapa del estado Futuro indican que se realizarán eventos de mejora para llevar a la práctica todas las modificaciones en el proceso.

d) Dibujar el Mapa del estado Futuro.

En el Mapa del estado Futuro se observa que ahora, aunque se sigue utilizando la información del cliente para trabajar, el flujo se ha convertido totalmente en jalar en lugar de empujar, como lo era antes de la mejora.

FIGURA N° 2-18 SUPERMERCADO EN SISTEMA PULL.

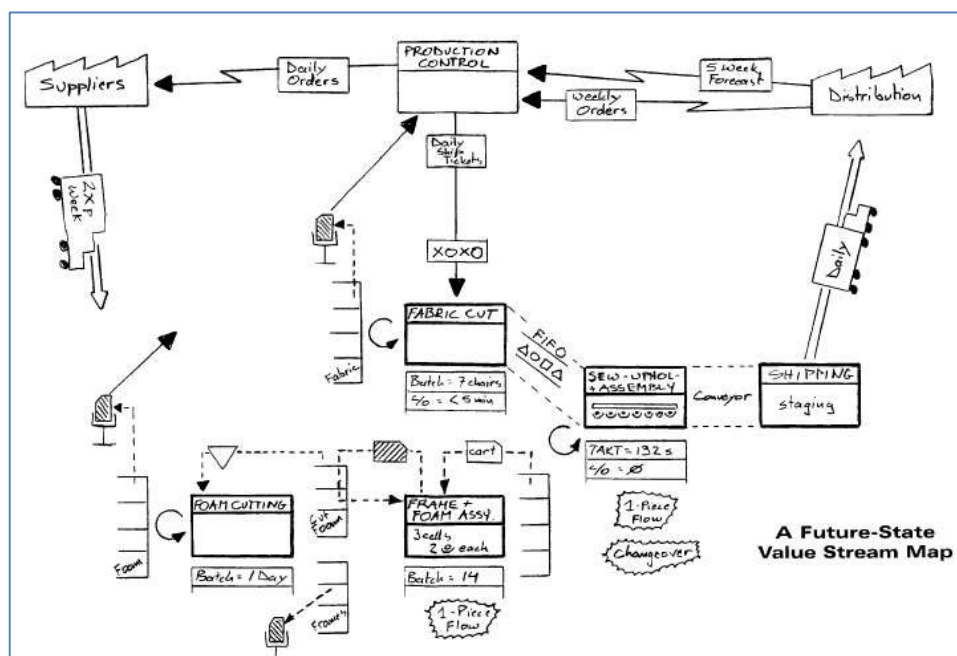


Fuente: (Rother & Shook, 1999).

e) Dibujar el plano de la planta en el estado futuro.

Cuando se realiza el dibujo de la distribución del nuevo esquema de trabajo, se observa claramente que el flujo ya es continuo y que se ha liberado gran cantidad de espacio. Además, ahora existen células, cada una de las cuales puede realizar modelos diferentes al mismo tiempo. La distancia de recorrido total ha disminuido para cada producto que se produce en esta planta.

FIGURA N° 2-19 FUTURE-STATE VALUE STREAM MAP.



Fuente: (Rother & Shook, 1999).



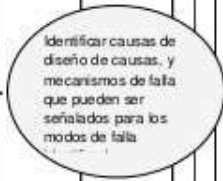
## Prevención con AMEF

El AMEF es una herramienta muy poderosa que permite identificar fallas en productos y procesos y evaluar objetivamente sus efectos, causas y elementos de detección para evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. Además, el AMEF es un documento vivo en el que podemos almacenar una gran cantidad de datos sobre nuestros procesos y productos, por lo que constituye una fuente invaluable de información. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008).

## Procedimiento para llevar a cabo el AMEF de proceso

- Determinar el proceso o producto a analizar.
- Establecer los modos potenciales de falla.
- Determinar el efecto de la falla.
- Determinar la causa de la falla.
- Describir las condiciones actuales.
- Determinar el grado de severidad.
- Determinar el grado de ocurrencia.
- Determinar el grado de detección.
- Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR).  
 $NPR = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$ .

FIGURA N° 2-20 ANÁLISIS MODAL DE EFECTOS Y FALLOS.

AMEF de Diseño																			
Componente _____			Responsable del Diseño _____			AMEF Número _____													
Ensamble _____			Preparó _____			Página _____ de _____													
Equipo de Trabajo _____						FECHA (orig.) de FMEA _____ (rev.) _____													
Artículo / Función	Modo Potencial de Falla	Efecto (s) Potencial (es) de falla	S e v e r i d a d	C a u s a s	O c u r r e n c i a	C o n t r o l e s de Diseño Actuales	C o n t r o l e s de Diseño Actuales	D e t e c t a d o r	R e p a r a d o r	Acción (es) Recomendada (s)	Responsable y fecha objetivo de Terminación	Resultados de Acción							
												Acciones Tomadas	S e y	O c t	R e P N				
Abertura de engrane proporcional claro de aire entre dientes	La abertura no es suficiente	LOCAL: Daño a sensor de velocidad y engrane  MAXIMO PROXIMO Falla en eje  CON CLIENTE Equipo parado	7																
																			

Fuente: (Beltrán, 2014)

## Cambios rápidos de Productos SMED

SMED (Single Minute Exchange of Die) significa cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de 10 minutos. El tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior, hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio. Las empresas que buscan hacer más rápidos sus procesos maximizando las actividades que agregan valor y minimizando tiempos de cambio que no lo agregan aplican este tipo de herramientas, aún, no conociendo estrictamente la herramienta. (Socconini, Lean Manufacturing paso a paso, 2008, pág. 211).

### ¿Cómo se utiliza SMED?

- Observar y medir el tiempo total de cambio.
- Separar las actividades internas de las externas.
- Convertir actividades internas en externas y mover actividades externas fuera del paro.
- Eliminar desperdicio de las actividades internas.
- Eliminar desperdicio de las actividades externas.
- Estandarizar y mantener el nuevo procedimiento.

FIGURA N° 2-21 SMED PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE CAMBIO DE MÁQUINA.



Fuente: (Rojas, 2016).

## Mantenimiento Productivo Total

El mantenimiento productivo total (TPM) es una metodología de mejora que permite la continuidad de la operación, en los equipos y plantas, al introducir los conceptos de:

- Prevención.
- Cero defectos ocasionados por máquinas.
- Cero accidentes, cero defectos.
- Participación total de las personas.

### ¿Para qué se implementa el TPM?

Las siguientes son algunas de las utilidades del TPM:

- Mejora la calidad, ya que máquinas más precisas producen partes con menos variación y, por ende, de mejor calidad.
- Mejora la productividad al aumentar la disponibilidad del equipo.
- Permite mejorar el servicio a los clientes y, por ende, su confianza.
- Da continuidad en las operaciones de la planta.
- Mejora el uso y aprovechamiento de los equipos, reduce gastos en correctivos, reduce número de defectos y reduce costos operativos.
- Involucra a los operadores en el cuidado y mantenimiento de sus equipos.

### Efectividad Total de los Equipos (OEE: Overall Equipment Effectiveness)

Es una medición indispensable para darnos cuenta de la capacidad real para producir sin defectos. Para medirla es necesario obtener la información todos los días, procesarla, analizar los problemas y buscar la solución.

FIGURA N° 2-22 SISTEMA DE MEDICIÓN OEE.



Fuente: (Sistemas OEE, 2016).

### 2.2.3. Six Sigma

Six Sigma se originó en el año de 1988 en la empresa MOTOROLA, tuvo un gran prestigio ya que obtuvo el premio americano a la excelencia Malcom Baldrige, la cual fue diseñada y dirigida por Bill Smith con el apoyo del Bob Galvin. La finalidad y el objetivo de este programa fue reducir las variaciones que se presentan en los procesos hasta conseguir 3,4 defectos ppm (partes por mil de oportunidades), lamentablemente Bill Smith falleció en el año de 1993 cuando Six Sigma estaba en la cima del éxito. Esta reducción de defectos se pudo conseguir gracias al uso de diferentes métodos estadísticos como el ANOVA, gráficos de control, diseños de experimentos, regresión y también con el uso de otras herramientas estadísticas como el AMEF, 7M, QFD. También no faltaron técnicas de gestión de procesos. (Bernardo Herrera & Paredes Vilcamisa, 2016).

La metodología Six Sigma plantea una estrategia de trabajo, conocida como DMAIC; acrónimo en inglés que indican las iniciales de las cinco fases que la conforman, las etapas se mencionan a continuación:

- **Definir.** Establece las metas del proyecto y los productos a entregar al cliente, es la fase inicial de la metodología Six Sigma, donde se define el problema, los objetivos, equipo y procesos más importantes del proyecto.
- **Medir.** Determinar el rendimiento del proceso actual, en esta fase se recoge la información sobre las posibles causas que afectan el proceso y afectan su desempeño, así como la determinación de las capacidades y la sigma actual del proceso.
- **Analizar.** Investiga las causas de los defectos, se analizan las causas raíces que afectan el desempeño actual del proceso y la tasa de errores que le generan, con la finalidad de proponer posteriormente un rediseño del proceso o producto de acuerdo a los resultados de la misma.
- **Mejorar.** Implementa cambios para eliminar los defectos, en esta etapa se identifica las posibles características dentro del proceso que se pueden mejorar, se proponen soluciones para mitigar o eliminar las causas que originan problemas en los procesos y así lograr cumplir con las expectativas y necesidades del cliente.

- **Controlar.** Asegurarse de que se mantiene el rendimiento mejorado, se elabora un plan de control del nuevo proceso con la finalidad de mantener el sigma logrado.

FIGURA N° 2-23 CAPACIDAD SIGMA Y DPM.

$\sigma_{\text{capability}}$	DPM (2-sided)
6.0	3.4
5.5	32
5.0	233
4.5	1,350
4.0	6,210
3.5	22,750
3.0	66,810
2.5	158,687
2.0	308,770

Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

### Metodología Six Sigma

El enfoque de Motorola está orientado a proyectos y está dirigido por dos metodologías similares de resolución de problemas: DMAIC para mejoras operacionales y DFSS para el diseño de productos y servicios.

Cada una de estas fases implica una serie de pasos y el uso de una gran variedad de herramientas estadísticas:

#### Paso 1: Definir

El campeón identifica y/o valida la oportunidad de mejora, desarrolla los procesos de negocio, defiende los requisitos críticos del cliente y selecciona a los líderes y miembros del equipo de proyecto. Los resultados de esta fase incluyen cartas de equipo, incluyendo una declaración de misión y objetivos de equipo, planes de acción, mapas de procesos, oportunidades de ganar rápidamente, requisitos críticos de los clientes y un equipo preparado.

## **Paso 2-Medir**

Los objetivos de esta fase son identificar las medidas críticas que determinarán el éxito del proyecto, en satisfacer las necesidades críticas de los clientes. Además, el equipo del proyecto comenzará a desarrollar una metodología para recolectar los datos necesarios para medir el desempeño del proceso. Esta metodología se utilizará para establecer niveles basales sigma para los procesos.

El equipo también mapea los procesos existentes para entender el flujo del proceso y los factores atenuantes. Es interesante notar que TOC dibuja diagramas de redes y Lean utiliza cartografía de flujo de valores para representar el flujo. Algunas de las herramientas que se pueden utilizar en esta etapa para asegurar que el sistema de medición es suficiente son el diagrama de causa y efecto (C & E), el diagrama de despliegue de la función de calidad (QFD), el FMEA preliminar (modos de fallo y análisis de efectos) Análisis del sistema (MSA). Los resultados para esta fase son:

- Indicadores de entrada, proceso y salida
- Definiciones operacionales
- Formatos y planes de recopilación de datos
- Rendimiento de línea de base
- Atmósfera de equipo productivo

## **3: Analizar**

El objetivo de esta fase es estratificar y analizar la oportunidad con el fin de identificar las causas principales de la variación inaceptable y describirla en una declaración de problemas de fácil comprensión. Es crítico identificar y validar las causas de la raíz que cuando se eliminan resuelven la variación inaceptable. Por lo tanto, también deben determinarse las fuentes reales de la variación que resultan en defectos que causan insatisfacción del cliente. Esto se hace aplicando herramientas estadísticas para restringir las posibilidades a unos pocos, recolectando y analizando datos, y probando hipótesis para determinar las variables de entrada significativas. El resultado es una lista de algunas variables de entrada que pueden estar causando la variación excesiva. Algunas herramientas estadísticas utilizadas típicamente son:

- Histogramas
- Estudios multivariantes
- Regresión
- Parcelas de caja
- Correlación

#### **Paso 4-Mejorar**

En este paso de la metodología los objetivos son:

- Identificar, evaluar y seleccionar las soluciones de mejora adecuadas.
- Desarrollar un enfoque de gestión del cambio para ayudar a implementar los cambios recomendados.

En esta fase, se debe establecer un nuevo modelo de proceso que demuestre que los cambios recomendados producirán el resultado deseado. Las herramientas y actividades que apoyan esta fase incluyen:

- Diseño de experimentos (DOE) para desarrollar un modelo de predicción matemática.
- Herramientas de decisión estructurada para seleccionar las variables de entrada necesarias para optimizar el rendimiento del proceso.

Los resultados de esta etapa son:

- Mapas de procesos y documentación
- Soluciones
- Cambiar mapas
- Hitos de implementación
- Impactos y beneficios de mejora
- Guiones gráficos

#### **Paso 5: Controlar**

Los objetivos de esta fase son:

- Mantener las ganancias, comprender la importancia de planificar y ejecutar contra el plan y determinar el enfoque a seguir para asegurar el logro de los resultados objetivo.

- Entender cómo difundir las lecciones aprendidas y estandarizar el enfoque para mejorar otras oportunidades / procesos.

- Desarrollar planes relacionados.

Las actividades típicas son:

- Desarrollar una solución piloto y planificar

- Verificación de que una reducción en las causas raíz identificadas dio como resultado la mejora esperada

- Determinar si se necesitan soluciones adicionales

- Implementar técnicas de prueba de error, como procedimientos operativos estándar (SOP) y poka-yoke.

- Integrar la solución y las lecciones aprendidas en los procesos de trabajo diario

- Identificar los próximos pasos para mejoras adicionales

- Comparar la mejora real con los objetivos iniciales

- Transferir el proceso mejorado a los propietarios del proceso

Los entregables son:

- Sistemas de control de procesos

- Normas y procedimientos

- Entrenamiento y Evaluación del equipo

- Cambiar los planes de implementación

- Análisis potencial del problema

- Resultados de piloto y solución

- Historias de éxito

- Oportunidades de replicación y normalización

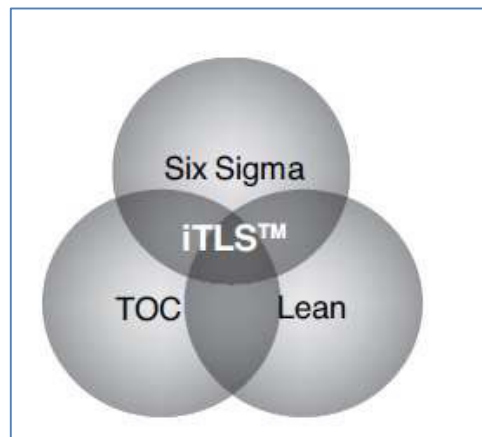


#### 2.2.4. iTLS™® (Integración de TOC, Lean y Six Sigma)

##### ¿Qué es iTLS™®?

iTLS™® es un acrónimo para la integración de las metodologías TOC, Lean y Six Sigma. Es un sistema de gestión que se centra en los esfuerzos de mejora en las oportunidades de palancas largas. iTLS es una metodología para entender primero los problemas centrales, cuantificar los beneficios potenciales, establecer prioridades e implementar soluciones prácticas. iTLS reconoce que todos los productos y servicios son entregados a través de redes de actividades donde el flujo de trabajo se ve afectado por las limitaciones, los desechos y la variabilidad natural de los procesos. iTLS permite a los usuarios identificar y romper las restricciones, eliminar los residuos y reducir las variaciones del proceso.

FIGURA N° 2-24 INTEGRACIÓN DE TOC, LEAN, SIX SIGMA: iTLS.



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010)

iTLS™® es una nueva generación de modelos de mejora continua y combina lógicamente tres poderosas filosofías de mejora, sus herramientas y sus técnicas en un sistema eficaz. iTLS™® armoniza la interacción de TOC, Lean y Six Sigma de una manera sinérgica que produce resultados financieros significativamente más grandes que la aplicación de estas técnicas individualmente. iTLS™® se centra en la obtención de resultados a través de conocimientos fundamentales de procesos y emplea tanto el conocimiento empresarial de sentido común como las herramientas científicas para

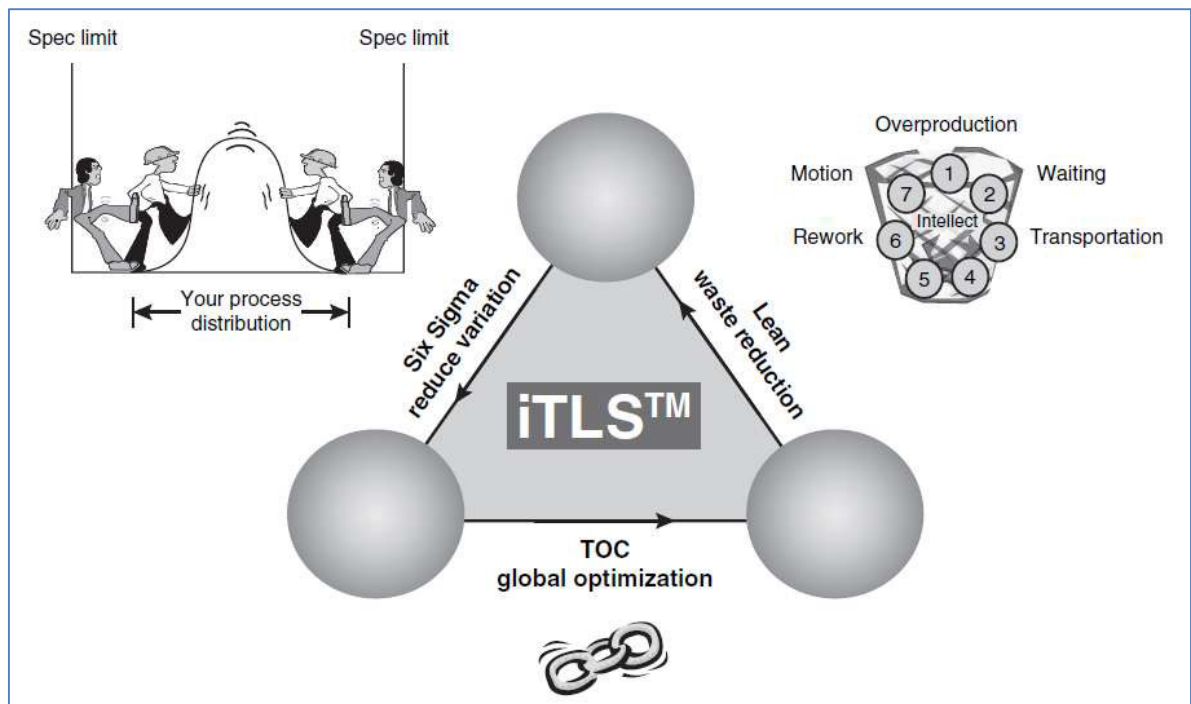
mejorar los procesos y productos de una empresa. Es aplicable en todas las disciplinas, incluyendo producción, ventas, marketing, diseño, administración y servicio. Su implementación puede mejorar las experiencias de los clientes, aumentar el rendimiento, reducir los costos y crear mejores líderes. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010, pág. 53).

### ¿Cómo funciona iTLS™®?

iTLS™® aprovecha las capacidades básicas de las tres metodologías y las combina utilizando el sentido común.

iTLS™® utiliza el **TOC** para asegurar que los esfuerzos de mejora se **enfoquen en las limitaciones, que rinden el mayor beneficio global**. Se aprovecha de las técnicas **Lean** para identificar y **eliminar los desperdicios** e implementar estrategias a prueba de fallas que impiden su recurrencia. Se utilizan herramientas y métricas **Seis Sigma** para perfeccionar los procesos y asegurar el **control de la variabilidad**, estabilizando así el desempeño de los procesos. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010, pág. 53).

FIGURA N° 2-25 MODELO iTLS.



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010)

El "efecto de interacción" de estas poderosas herramientas genera beneficios mucho mayores que si fueran empleados individualmente. En esencia, TOC nos dice donde el caudal está siendo limitado en nuestros sistemas de flujo y apunta hacia donde deberíamos enfocar nuestros esfuerzos. Lean y Six Sigma proporcionan maneras de eliminar los bloqueos e interrupciones en nuestros sistemas de flujo para que fluyan más rápido y más suavemente.

Cuando se habla de iTLS™, se imagina que se funde una aleación hecha de la cantidad correcta de TOC, Lean y Six Sigma. El efecto de interacción produce resultados que son más que los aditivos. La combinación es mucho más potente que si los componentes se usaron individualmente. La mezcla iTLS™® es un algoritmo probado que en un experimento controlado científicamente produjo beneficios que fueron cuatro a seis veces mayores que cuando Lean y Six Sigma se usaron individualmente. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010, pág. 54).

### **¿Qué es único en iTLS™®?**

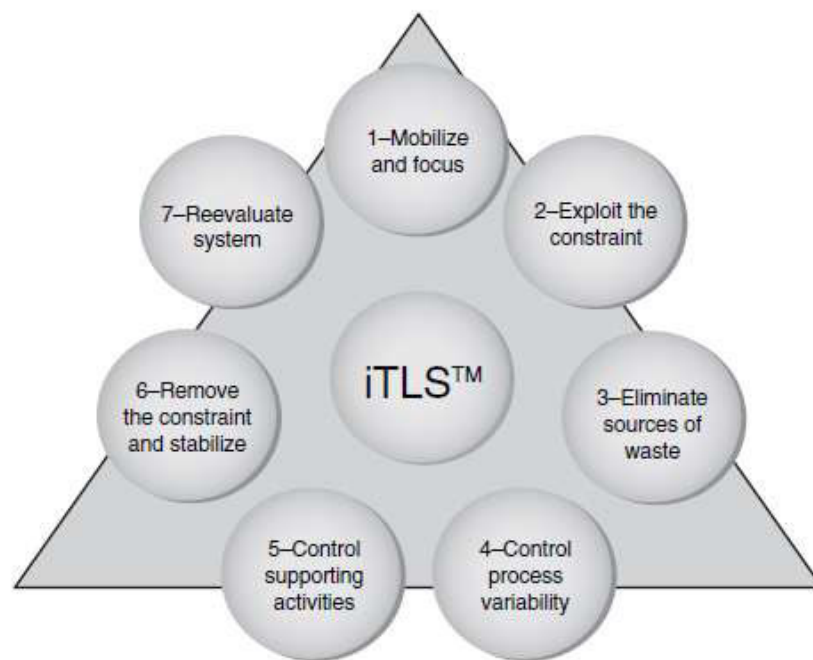
iTLS™® es el único enfoque CPI basado en sólidos experimentos cuantitativos y empíricos. Es un enfoque global que reconoce el poder combinado de Lean, Six Sigma y TOC y utiliza las fortalezas de cada uno. iTLS™® cierra las brechas que existen entre los enfoques, aprovechando el fuerte efecto de interacción que se produce cuando se combinan en una secuencia apropiada. Utilizando el proceso de siete pasos descrito a continuación, se puede aumentar el rendimiento y rentabilidad de las organizaciones. Se puede aplicar a cualquier operación basada en procesos.

### **¿Cuál es la secuencia de los eventos?**

iTLS ha demostrado significativamente mejores beneficios en la mejora continua, a través de comparación de proyectos entre las metodologías Lean y Six Sigma aplicadas solas, los intentos combinados de TLS para optimizar el proceso de mejora continua. Utilizando el siguiente proceso de siete pasos:

1. Movilizar y enfocar.
2. Decidir cómo explotar la restricción.
3. Eliminar las fuentes de residuos de la restricción.
4. Controlar la variabilidad y el error del proceso.
5. Controlar las actividades de apoyo.
6. Eliminar la restricción y estabilizar.
7. Reevalúe el rendimiento del sistema y vaya después de la siguiente restricción.

FIGURA N° 2-26 7 PASOS INTEGRACIÓN iTLS.



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010)

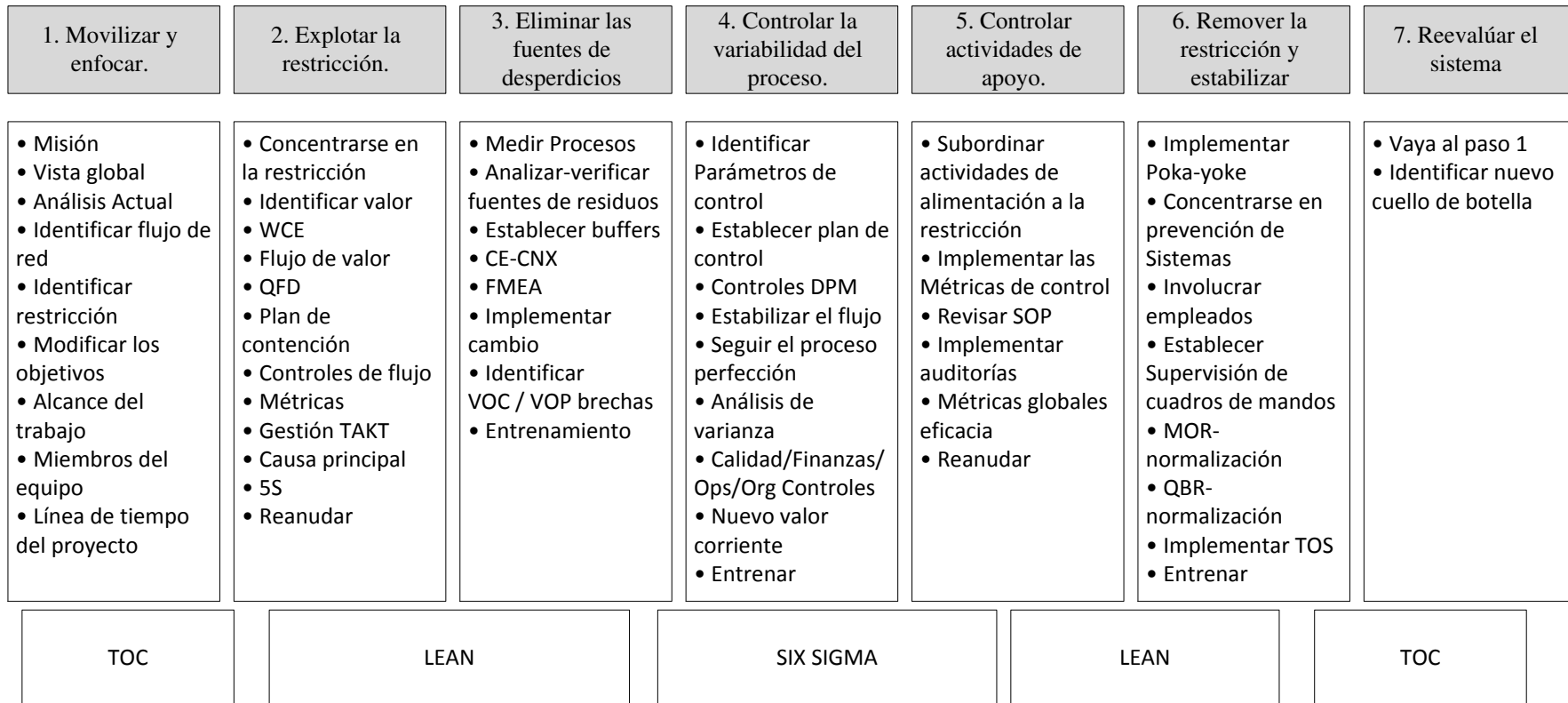
### ¿Qué contiene cada paso de iTLS?

Cada paso del proceso proporciona pautas generales para los requisitos de entrada típicos, herramientas y técnicas que puede elegir utilizar y los resultados necesarios en cada paso de la implementación de iTLS. Se debe considerar siempre la naturaleza y el ambiente del negocio y las necesidades esenciales del proyecto al elegir las herramientas y las técnicas. En algunos casos, dependiendo del alcance del proyecto, es posible que no se necesite utilizar todas y cada una de las herramientas. Al seguir el proceso de siete pasos, simplemente se usa sentido común al seleccionar las

herramientas necesarias para lograr el objetivo del trabajo. Por lo tanto, es imprescindible que, al gestionar la implementación de iTLS, tener la capacitación adecuada para hacerlo. El entrenamiento te prepara para reconocer qué herramientas y técnicas son necesarias y suficientes para lograr los objetivos. A falta de este entrenamiento se puede perder un tiempo y recursos valiosos en pasos y actividades que no son necesarios o perder herramientas esenciales que tendrían un impacto significativo en los resultados finales deseados. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-27 7 PASOS. FLUJO Y HERRAMIENTAS.

## iTLS™® 7 Pasos



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

## **1. Movilizar y concentrarse para identificar el problema central.**

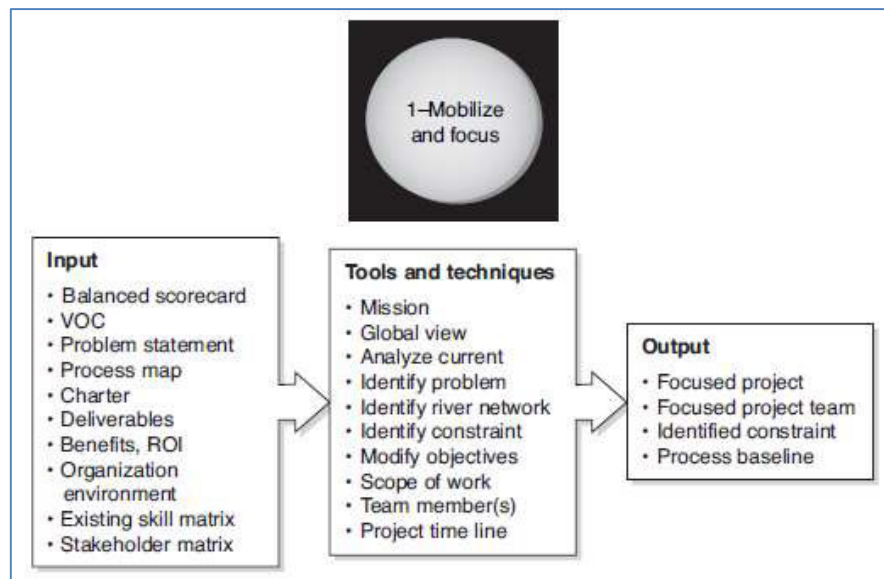
El primer paso es el más importante, aquí es donde se debe dedicar los mayores esfuerzos y los beneficios posibles, Las herramientas que pueden ayudar a identificar dónde debemos enfocarnos. La naturaleza del problema que estamos tratando de resolver, en gran medida determina, qué herramientas debemos utilizar.

Si se trata de generar beneficios al romper un cuello de botella, simplemente se necesita identificar la operación que más limita el flujo. Dibujar la red, el flujo de valor o el mapa de procesos es una buena manera de obtener una comprensión general del flujo. La intuición del que conoce el problema, algunos análisis de datos, todo ello es suficiente para localizar la operación de restricción. Luego, se debe estimar los beneficios esperados de romper la restricción. Según (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010), ¿Esperamos aumentar inmediatamente el rendimiento (recordar, el rendimiento no es cuánto más podemos producir, sino cuánto más podemos producir y vender)? En caso afirmativo, ¿cuál es el impacto final? Si el esfuerzo de mejora está orientado a la simple reducción de los gastos / inventarios operativos, ¿qué tan grandes son estos beneficios y son verdaderamente alcanzables? Si se necesita menos personas como resultado de estos esfuerzos, ¿cómo lograremos estos ahorros? ¿Transferiremos a la gente a otras áreas y evitaremos contratar empleados adicionales, o simplemente vamos a esconderlos en otra parte mientras reclamamos un ahorro para este proyecto? El ahorro de espacio en el piso representa un desafío similar. ¿La reducción en el espacio de suelo necesario reducirá los costos de alquiler / arrendamiento, se usará para evitar invertir dinero en instalaciones adicionales o se puede utilizar para crear un rendimiento adicional? Estas y otras preguntas similares en relación con los beneficios deben ser respondidas por adelantado para que podamos distinguir entre beneficios inmediatos y futuros. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

Una vez que se identifica claramente el propósito de estos esfuerzos de mejora y los beneficios esperados, podemos clasificar los distintos esfuerzos de mejora en términos de prioridad. En esa etapa se procede a organizar un equipo, el desarrollo de calendarios de proyectos y similares.

Cuando el problema no es una restricción obvia o fácilmente identificable, se necesita un enfoque diferente. Estas situaciones ocurren cuando una política, o peor, una serie de políticas oculta las acciones apropiadas necesarias para mejorar la situación. En las situaciones más complejas, el proceso estructurado de causa-efecto-origen del pensamiento es probablemente la mejor herramienta para identificar el problema central y determinar las inyecciones que resultarán en una buena solución. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-28 PASO 1. MOVILIZAR Y ENFOCAR



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

## 2. Decidir cómo explotar la restricción

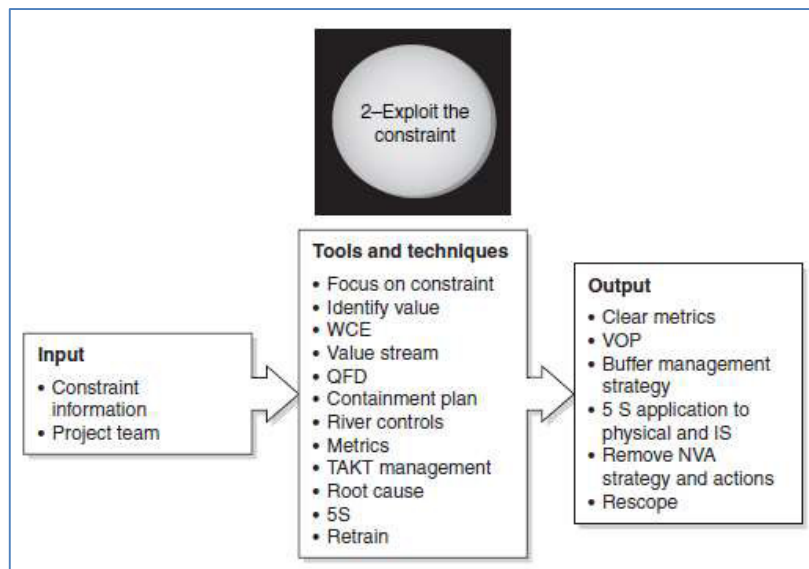
Una variedad de acciones puede aumentar el rendimiento actual/futuro de una restricción física. El análisis de datos en el paso previo suele ser muy útil para determinar las acciones más apropiadas. Si se pierde una cantidad sustancial de tiempo en la restricción debido a configuraciones o averías de máquina, existen excelentes herramientas Lean para resolver problemas. Si se pierde la capacidad de restricción porque el proceso no está bien controlado, las técnicas Six Sigma ayudarán a reducir la cantidad de capacidad desperdiciada debido a la variación del proceso. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).



Antes de romper una restricción de capacidad, la mayoría de los cuales pueden romperse fácilmente, a menudo es útil establecer temporizadores de tiempo de trabajo antes de la restricción, de manera que el rendimiento no se pierde debido a interrupciones en las operaciones de alimentación. Estos también ayudan a determinar cuáles interrupciones en las operaciones de alimentación requieren atención. Una vez que se rompe la restricción y se disminuyen las interrupciones en las operaciones de alimentación, se pueden reducir o eliminar los amortiguadores de tiempo. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

Una serie de herramientas eficaces y probadas pueden aumentar el rendimiento en una operación y eliminarla como una limitación. Es importante hacer una distinción no bien entendida entre actividades de valor añadido y actividades sin valor añadido. La eliminación de una actividad sin valor añadido, como pasar el tiempo excesivo en la creación de una operación, es algo bueno; Sin embargo, mejorar una actividad de valor agregado para que la operación pueda generar más rendimiento puede ser una acción de mejora igualmente buena o incluso mejor. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-29 PASO 2. EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN

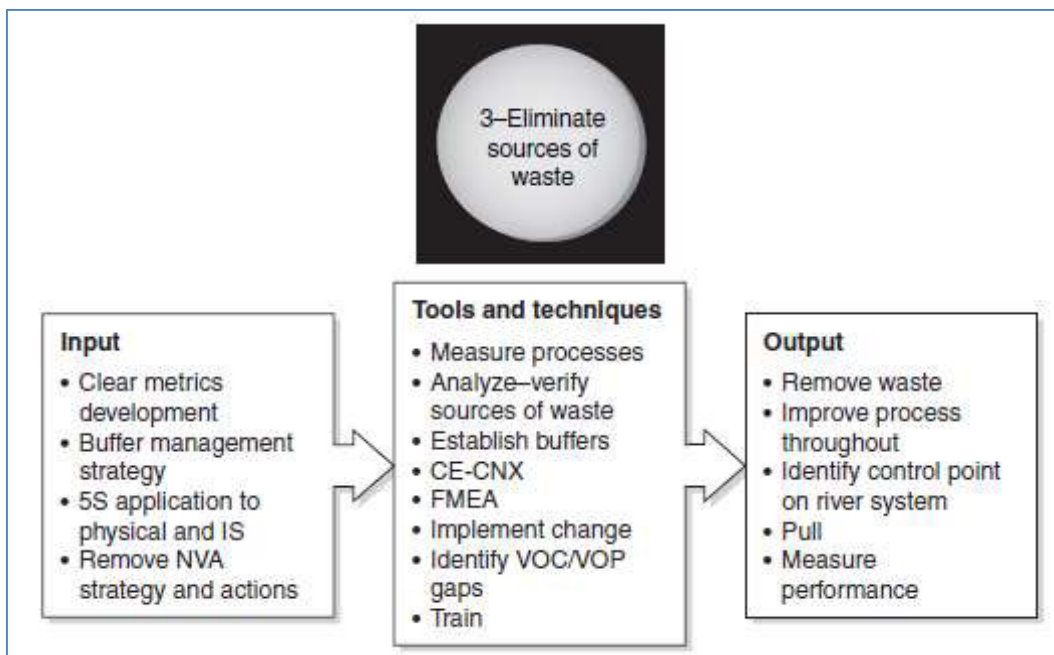


Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

### 3. Eliminar las fuentes de residuos de la restricción.

En esta etapa, se establece mediciones para evaluar los beneficios de mejoras adicionales y asegurar que cuando se eliminan los desechos, no regrese nuevamente. Si no estamos en camino de cumplir o superar los beneficios previstos, debemos reevaluar el esfuerzo de mejora para evitar el derroche de recursos adicionales. Debemos identificar maneras adicionales de aumentar aún más el rendimiento y reducir los gastos operativos y los inventarios/inversiones. Una serie de herramientas probadas, como CE-CNX (causa y efecto con control, ruido, caracterización de factores X, que se explicará más adelante), análisis de efectos en modo de fallo (FMEA) y similares nos ayudan en este esfuerzo. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-30 PASO 3. ELIMINAR LOS DESPERDICIOS

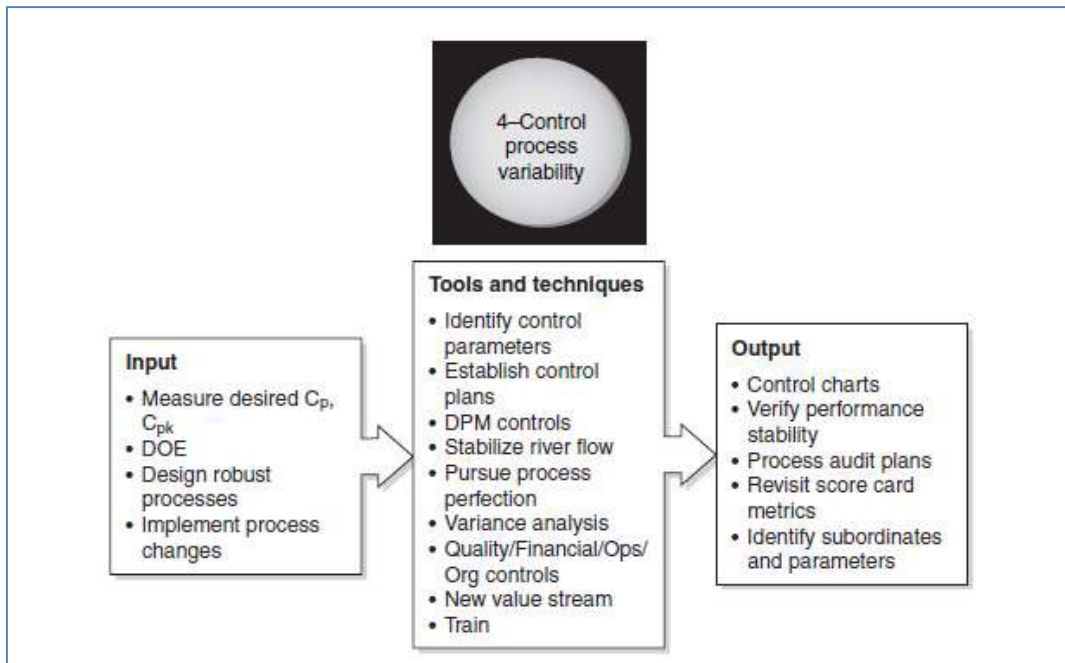


Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

### 4. Controlar la variabilidad del proceso y el error

Por una variedad de razones, las mejoras reales tienden a disiparse con el tiempo. Para evitar tal erosión, debemos implementar controles y medidas.

FIGURA N° 2-31 PASO 4. CONTROLAR LA VARIABILIDAD DEL PROCESO.

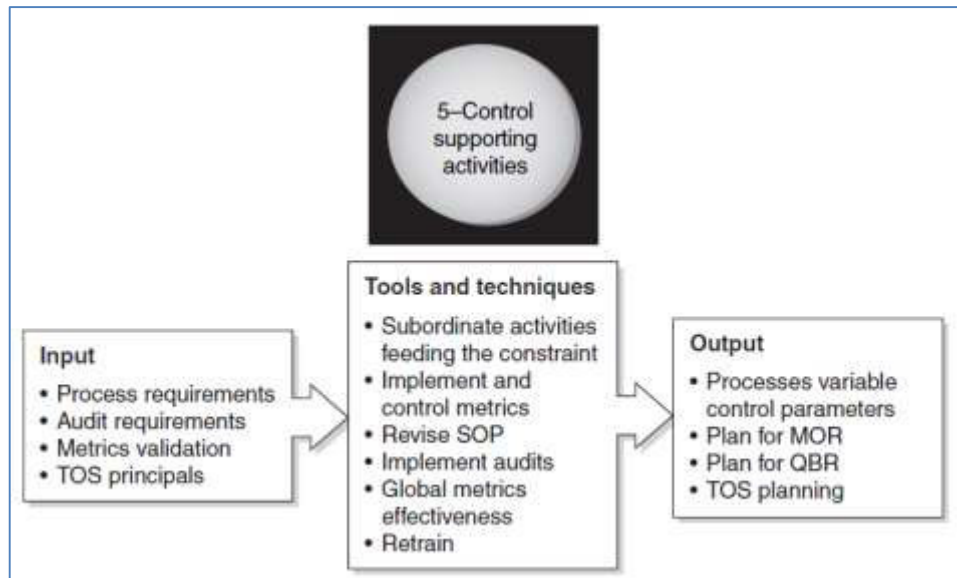


Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

## 5. Controlar las actividades de apoyo.

Se necesitan varios pasos para alinear y sincronizar tanto la alimentación como las operaciones siguientes con las actividades de restricción. Primero y más importante son las mediciones que alientan las acciones que están alineadas con las necesidades de la restricción, en lugar de las eficiencias locales. Además, es muy útil que las personas sean entrenadas en los pasos y las actividades para entender por qué son necesarios estos nuevos comportamientos de mejora. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-32 PASO 5. CONTROL Y SOPORTE DE ACTIVIDADES.

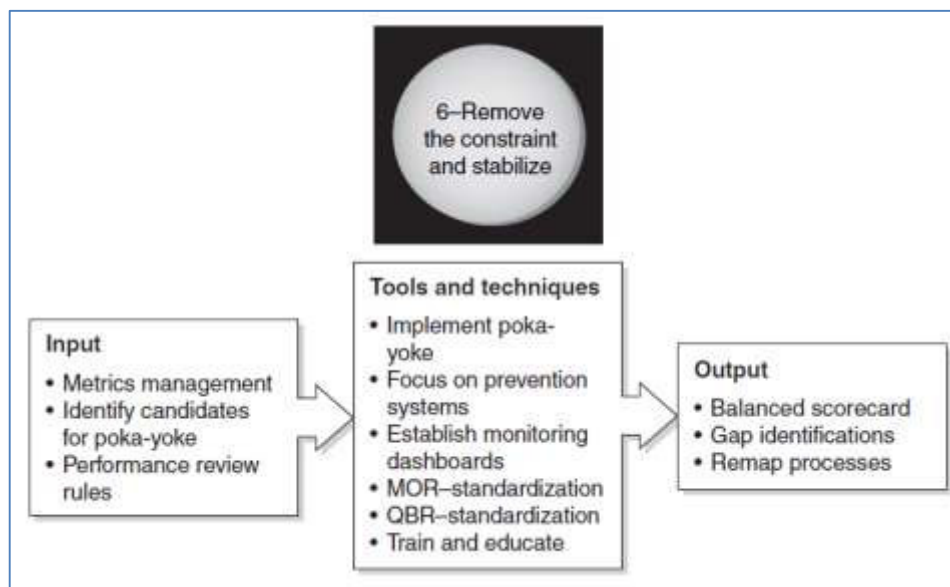


Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

## 6. Eliminar la restricción y estabilizar el proceso.

Mientras que las técnicas específicas ayudan a determinar si el nuevo proceso tiende a estar fuera de control (por ejemplo, poka yoke, MBR y QBR normalización, paneles de control), la verdadera clave para estabilizar el proceso radica en educar y entrenar a los empleados afectados a comprender VOC y VOP y la interpretación del comportamiento del proceso. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

FIGURA N° 2-33 PASO 6. REMOVER LA RESTRICCIÓN Y ESTABILIZAR



Fuente: (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010)

## **7. Reevalúe el desempeño del sistema y vaya después de la siguiente restricción.**

En esta última etapa, necesitamos evaluar el resultado; ¿se encontraron las restricciones, quedaron atrás o superaron nuestras expectativas? Un documento de "lecciones aprendidas" es esencial a la hora de crear una organización de aprendizaje. Se puede también necesitar realinear cómo los empleados son medidos, especialmente si la restricción inicial ha sido eliminada, y decidir si necesitamos esforzarnos para la mejora adicional en esta área o pasar a otras oportunidades más fértiles. (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

### 2.3. Marco conceptual

**5 S:** Cinco palabras que empiezan por la letra ese en japonés, utilizadas para crear un entorno de trabajo adecuado para el control visual y la producción esbelta.

**Cambios rápidos (SMED):** Los cambios de útiles en minutos se conocen popularmente como el sistema *SMED*, acrónimo de la expresión inglesa “*Single-Minute Exchange of Die*” El término se refiere a la teoría y técnicas para realizar las operaciones de preparación en menos de diez minutos.

**Células de trabajo (“U”-shaped cells):** Una layout en forma de “U”, orientada a productos, que permita que una operación o más se produzcan y se tenga flujo de una pieza a la vez o un pequeño lote.

**Desperdicio:** Es todo aquello que no agrega valor, y por lo cual el cliente no está dispuesto a pagar. Los siete tipos de desperdicios son: sobreproducción, espera, transporte, sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto, inventario, movimiento, productos defectuosos o retrabajos.

**Flujo:** El tercer principio del Pensamiento esbelto. La realización progresiva de todas las tareas a lo largo del flujo de valor.

**Flujo continuo (Continuos Flow):** Se puede resumir en un simple enunciado: “mover uno, hacer uno” (o “mover un pequeño lote, hacer un pequeño lote”).

**Flujo de una pieza a la vez (One Piece Flow):** Se refiere básicamente a tener un flujo de una pieza entre procesos.

**Gráfica del balanceo de operadores (Operator Balance Chart, OBC):** Un display que muestra los elementos de trabajo, tiempos y operadores de cada operación dentro del mapa del proceso. La gráfica de balanceo de operadores es usada para mostrar las oportunidades de mejora mediante la visualización de los tiempos de cada operador en relación al tiempo de ciclo total y el takt time.

**Jalar:** El cuarto principio del Pensamiento esbelto, el cual significa que nadie debe producir un bien o servicio hasta que el cliente lo requiera

**Jidoka:** El segundo pilar del Sistema de producción Toyota. Un método basado en el uso práctico de la automatización a prueba de errores, con el fin de detectar los defectos

y liberar a los trabajadores para que hagan múltiples actividades dentro de la célula. En otras palabras, jidoka usa la automatización de tal manera que promueve el flujo.

**Kaizen:** Pequeñas mejoras diarias hechas por todos. Kai significa “tomar una parte” y zen significa “hacerlo bien”. El punto de la implementación del kaizen es la eliminación total del desperdicio. También significa mejoramiento continuo que involucra a todos (gerentes y trabajadores por igual).

**Kanban:** Un sistema de tarjetas que controlan el inventario; es el corazón del sistema jalar. Las tarjetas son el medio para comunicar a los procesos qué es lo que se requiere (en términos de especificaciones de productos y cantidad) y cuándo se necesitan.

**Lean:** Abreviatura de Lean Manufacturing (Manufactura esbelta) —un paradigma de la manufactura basado sobre el fundamento de la meta del Sistema de producción Toyota: minimizar los desperdicios y aumentar el flujo.

**Mantenimiento productivo total (TPM):** Este mantenimiento está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El TPM involucra a todos los empleados de un departamento y de todos los niveles; motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en el mantenimiento básico, etc.

**Mapa de procesos (Value Stream Mapping):** Es la representación visual del flujo de información y materiales de una familia de productos en específico.

**Mapa de valor:** Es el segundo principio del pensamiento esbelto, el cual es un conjunto de actividades requeridas para brindarle a un producto en específico (sin importar si es producto o servicio, o una combinación de los dos) a través de las tres actividades gerenciales críticas de cualquier negocio: resolver problemas, información administrativa y aspectos de transformación.

**Muda:** Ver desperdicio.

**Nivelación (Leveling):** Distribuir uniformemente el trabajo, por volumen y variedad, para reducir los inventarios y el WIP, y para permitir a los clientes generar órdenes pequeñas.

**Pensamiento esbelto (*Lean Thinking*):** Es un sistema cuyo enfoque es la eliminación del desperdicio, además de proveer una forma de hacer más y más con menos y menos —menos personal, menos equipo, menos tiempo, menos espacio—, mientras se hace más corto el tiempo que tardan en brindarle al cliente lo que exactamente desea.

**Perfección:** El quinto y último principio del pensamiento esbelto. La eliminación completa del desperdicio para que todas las actividades a lo largo de un flujo creen valor.

**Plazo de entrega (*Lead Time*):** Plazo de tiempo que debe esperar un cliente para recibir un producto después de haber formalizado un pedido.

**Poka yoke:** Es una técnica para evitar los simples errores humanos en el trabajo.

**Proceso:** Una serie de operaciones individuales necesarias para diseñar un producto, completar un pedido o fabricar un producto.

**Producción *justo a tiempo*:** Es el primer pilar del Sistema de producción Toyota; un paradigma de la producción que se asegura de que el cliente reciba solamente lo que necesita, justo cuando lo requiere y en la cantidad exacta que solicitó. Fue diseñada y perfeccionada en Toyota por Taiichi Ohno, específicamente para medir el desperdicio de producción.

**Sistema jalar (*Pull System*):** Un sistema de producción y entrega en cascada que va desde el final del flujo del producto (hacia atrás) hacia su inicio (hacia delante), en el que nada se fábrica por el proveedor ubicado en el inicio, hasta que el cliente, ubicado al final, expresa una necesidad. Se contrapone a empujar (push). Ver también Kanban.

**Takt time:** Es el ritmo de producción que marca el cliente. Se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o el tiempo disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno).

**Tiempo de ciclo (*Cycle Time*):** Es el lapso que transcurre desde que inicia un proceso u operación hasta terminarla.

**Tiempo de ciclo total:** Es el total del tiempo de ciclo para cada operación o célula en el Value Stream. En el tiempo de ciclo total de un producto, lo ideal es que éste debe ser igual al tiempo total de valor agregado.



**Valor:** El punto crítico de inicio para el pensamiento esbelto es el valor. El valor lo puede definir solamente el consumidor final. El valor lo crea el fabricante.

**Value Stream:** Son todas las acciones (tanto las que agregan y como las que no agregan valor) requeridas actualmente para brindar un producto a través de flujos esenciales para cualquier producto.

**WIP:** Siglas para abreviar Work in Process, que significa trabajo en proceso.

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1. FORMULACION DE HIPOTESIS**

#### **3.1.1. Hipótesis General**

La implementación de TLS mejora la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato SAC.

#### **3.1.2. Hipótesis Específicas**

La implementación de TLS reduce el Lead Time.

La implementación de TLS reduce la Merma.

La implementación de TLS incrementa el Cumplimiento de entrega.

#### **3.1.3. Variables**

##### **Variable dependiente**

Mejora de la productividad en la planta de procesos de la Corporación Miyasato S.A.C.

##### **Variable independiente**

Implementación de TLS.

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

### **1. Método: Hipotético deductivo**

El método utilizado es el hipotético-deductivo, que consiste en hacer observaciones manipulativas y análisis posterior, a partir de las cuales se formulan hipótesis que serán comprobadas mediante experimentos controlados.

### **2. Enfoque: Cuantitativo.**

El enfoque utilizado es el cuantitativo, porque, se usa recolección de datos numéricos y se realiza análisis estadístico para probar las hipótesis planteadas.

### **3. Nivel de investigación: Explicativo**

El nivel de investigación usado es el Explicativo, porque además de conocer la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos está dirigido a responder las causas de los eventos, como su nombre lo indica se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o por qué dos o más variables están relacionadas.

### **4. Tipo de investigación: Aplicada**

El tipo de investigación utilizada es la Aplicada, debido a tener como objetivo generar conocimiento para la aplicación práctica, conduce a la solución de problemas, identificándolos e interviniendo en las estrategias de solución, planteando objetivos.

### **5. Diseño experimental: Pre experimental – Diseño de pre prueba / post prueba**

Este diseño se puede diagramar de la siguiente manera:

**G O<sub>1</sub> X O<sub>2</sub>**

“A un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo”. (Hernández Sampieri, 2010, pág. 136).

### **3.2.1. Población y Muestra**

La Corporación Miyasato S.A.C. cuenta con varios segmentos de negocio, carpintería, taller de aluminio, **división de vidrios arquitectura**, división de vidrios Automotriz, instalación de fachadas, instalación de ventanas, etc.; cada una de ellas con un numeroso grupo de colaboradores por departamento.

En base a lo mencionado, la población de estudio es la **Línea de templado de la división de vidrios Arquitectura de la Corporación Miyasato S.A.C.**

### **3.2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de los datos, resultados en ratios productivos son calculados a través del sistema **ERP AXION**, donde se registra la producción diaria (buenos y defectuosos), se analizará la información en un rango de 12 meses, 6 meses antes de la implementación y 6 meses de implementación.

### **3.2.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se utiliza el test Ryan Joiner (Similar a Shapiro - Wilk) por tratarse de datos menos a 30 muestras, para analizar si los datos están bajo una *distribución normal*.

#### **Análisis de Normalidad - Test Ryan Joiner**

$H_0: \mu$  = Los datos se encuentran bajo una distribución normal

$H_0: \mu$  = Los datos NO se encuentran bajo una distribución normal

$p < \alpha$  Se rechaza la  $H_0$  ( $\alpha=0.05$ : Nivel de significancia al 95%)

Para el análisis e interpretación de los resultados se utilizará el *Análisis t de Student* teniendo como finalidad determinar si la variación de los resultados es significativa para la implementación de iTLS™.

### Distribución t

$$t^* = \frac{X - \mu}{s_x / \sqrt{n}}$$

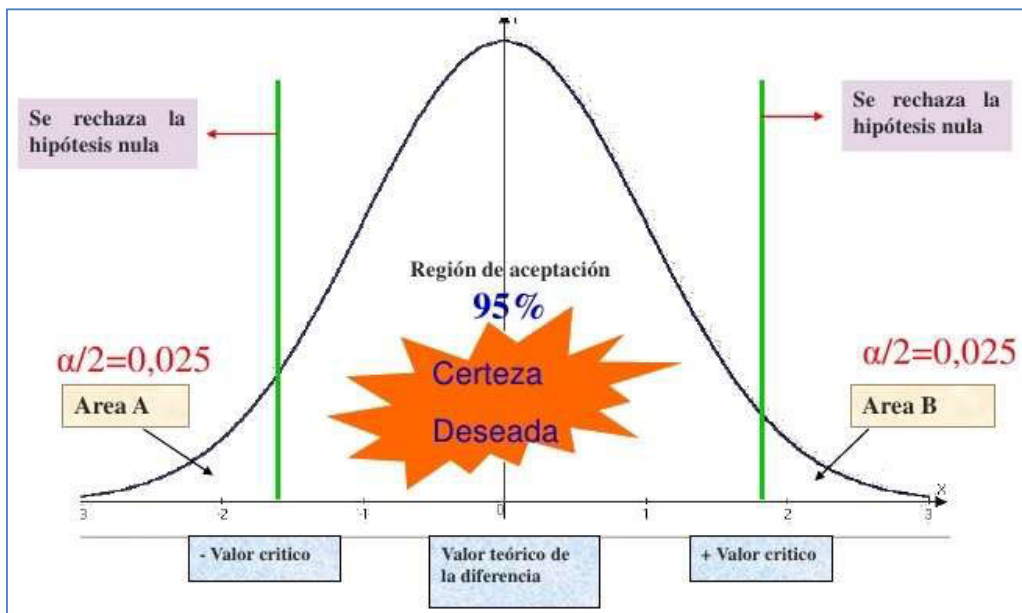
### Análisis t de Student

H<sub>0</sub>:  $\mu_{\text{Antes}} = \mu_{\text{iTLS}^{\text{TM}}}$  (No existe diferencia entre los grupos)

H<sub>1</sub>:  $\mu_{\text{Antes}} \neq \mu_{\text{iTLS}^{\text{TM}}}$  (Existe diferencia entre los grupos)

FIGURA N° 3-1 NIVEL DE SIGNIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE H<sub>0</sub> Y H<sub>1</sub>.

$$\alpha = (A+B)$$



Fuente: (Rojas, 2016).

Valor  $p > 0.05$  Se acepta la  $H_0$

GL = n;  $\alpha/2 = 0.025$

Si  $t_{\text{obtenido}} \geq t_{\text{tablas}}$  Se Rechaza  $H_0$

Si  $t_{\text{obtenido}} < t_{\text{tablas}}$  No se puede rechazar  $H_0$

## **CAPÍTULO 4. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

### **4.1. Implementación de iTLS™ en la planta de procesos de la Corporación Miyasato SAC**

#### **4.1.1. Generalidades de la empresa**

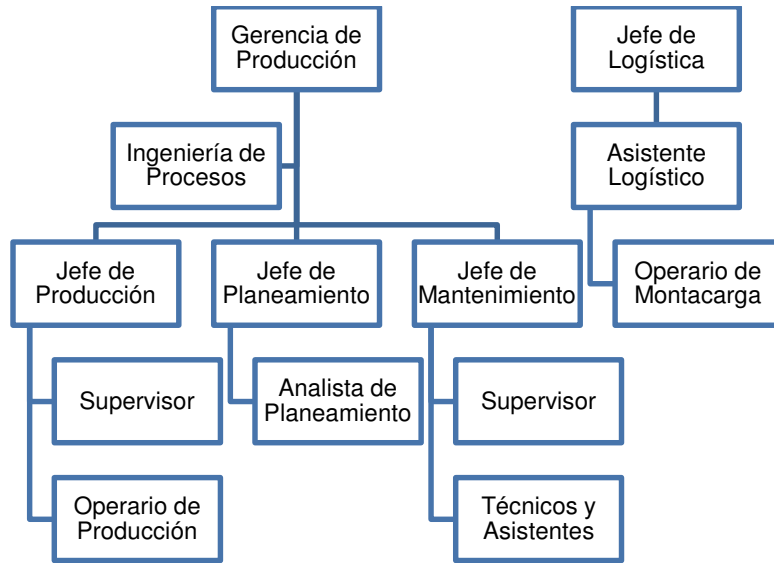
La corporación Miyasato SAC es una de las procesadoras y distribuidoras más grandes de Vidrio y Aluminio de Latinoamérica, que inició sus actividades en 1939, hace 78 años. En la actualidad se cuenta con 9 locales en el Perú, entre oficinas, almacenes, tiendas y planta de procesos. Gracias a su política de diversificación, introduce al mercado nuevas líneas de productos alternativos para el mundo de la construcción, pensadas en satisfacer las necesidades de una arquitectura en constante evolución.

Tienen en la actualidad 4 divisiones principales:

- Arquitectura e Ingeniería
- Distribución de Vidrios Templados y Aluminios
- Automotriz
- Accesorios para Muebles y Madera

### 4.1.2. Organigrama de la División de Vidrio Templado

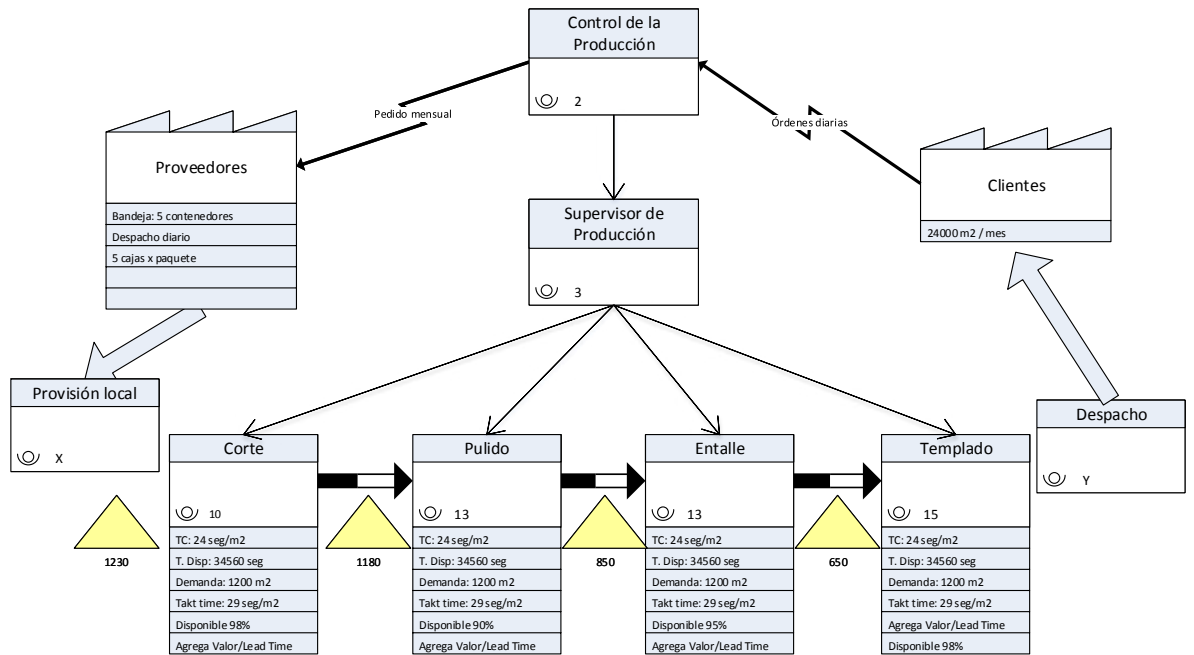
FIGURA N° 4-1 ORGANIGRAMA DE LA DIVISIÓN DE VIDRIO TEMPLADO



Fuente: Elaboración propia.

### 4.1.3. Mapa de la cadena de valor

FIGURA N° 4-2 MAPA DE CADENA DE VALOR.



Fuente: Elaboración propia.

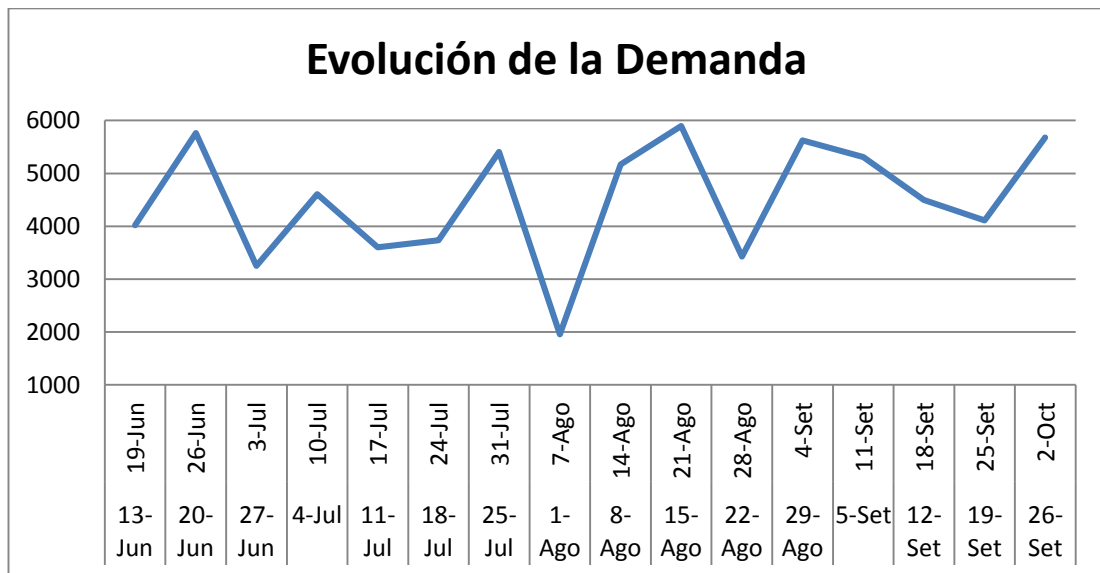


De este gráfico podemos detallar los conceptos de cada uno de los participantes de la cadena de valor y los procesos involucrados: Cliente, Proveedores, PCP, Operaciones y Despacho.

## 1. Cliente

El cliente demanda semanal promedio de 4500 m<sup>2</sup> (900m<sup>2</sup> diario), la variabilidad se puede revisar en el siguiente gráfico, según se observa, la demanda es variable por lo que el tratamiento para los procesos deberá tener como estructura este parámetro.

FIGURA N° 4-3 EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA, JUNIO – SEPTIEMBRE 2016.



Fuente: Elaboración propia.

## 2. Planeamiento de producción

Luego de recibir los ingresos de los pedidos por parte del área Comercial, Planeamiento y control de la producción (PCP) es el área responsable de procesar la información a través del ingreso de los pedidos al Sistema Axion con base a los planos del cliente, éstos últimos son enviados a producción para el chequeo respectivo antes de templar. Otras actividades, colocar la fecha de entrega, realizar las modulaciones para el Corte de las planchas de vidrio, imprimir etiquetas y entregar al área de Operaciones.

### 3. Logística interna de abastecimiento

El área de Almacén es el encargado de suministrar la materia prima y materiales necesarios para la fabricación de vidrios, PCP es el área responsable de programar las entregas de la materia prima.

El horario de atención de MP es al término de la jornada laboral (18:00horas), se cuenta con 5 horas para proveer la materia prima en lapso de tiempo.

La materia prima se abastece a planta 3 veces por semana, en promedio 4 contenedores de 8 cajas cada uno.

### 4. Proceso de fabricación - Operaciones

Como se había explicado, La División de Vidrios Templados tiene 4 áreas de trabajo, Corte, Pulido, Entalle y Templado, a continuación, se muestra el número de personas por área y número de turnos.

CUADRO N° 4-1TRABAJADORES DE LA DIVISIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS

Área	Número de colaboradores	Turnos
Corte	11	2
Pulido	22	3
Entalle	13	1
Templado	18	1

Fuente: Elaboración propia

### 5. Logística de despacho

Los despachos se realizan en el horario de 08:00 a 20:00, la primera parte de las actividades es la revisión y clasificación de los vidrios entregados por producción, la gestión más resaltante del área de Despacho son los documentarios, puesto que los clientes recogen sus órdenes en su movilidad por lo que no demanda mucho tiempo la entrega de los productos.

## 4.2. Pasos para la Implementación del Modelo de Gestión iTLS™

FIGURA N° 4-4 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ITLS™.

### iTLS™® 7 Pasos

1. Movilizar y enfocar.	2. Explotar la restricción.	3. Eliminar las fuentes de desperdicios	4. Controlar la variabilidad del proceso.	5. Controlar actividades de apoyo.	6. Remover la restricción y estabilizar	7. Reevaluar el sistema
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misión</li> <li>• Vista global</li> <li>• Análisis Actual</li> <li>• Identificar flujo de red</li> <li>• Identificar restricción</li> <li>• Modificar los objetivos</li> <li>• Alcance del trabajo</li> <li>• Miembros del equipo</li> <li>• Línea de tiempo del proyecto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrarse en la restricción</li> <li>• Identificar valor</li> <li>• WCE</li> <li>• Flujo de valor</li> <li>• QFD</li> <li>• Plan de contención</li> <li>• Controles de flujo</li> <li>• Métricas</li> <li>• Gestión TAKT</li> <li>• Causa principal</li> <li>• 5S</li> <li>• Reanudar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir Procesos</li> <li>• Analizar-verificar fuentes de residuos</li> <li>• Establecer buffers</li> <li>• CE-CNX</li> <li>• FMEA</li> <li>• Implementar cambio</li> <li>• Identificar VOC / VOP brechas</li> <li>• Entrenamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar Parámetros de control</li> <li>• Establecer plan de control</li> <li>• Controles DPM</li> <li>• Estabilizar el flujo</li> <li>• Seguir el proceso perfección</li> <li>• Análisis de varianza</li> <li>• Calidad/Finanzas/ Ops/Org Controles</li> <li>• Nuevo valor corriente</li> <li>• Entrenar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subordinar actividades de alimentación a la restricción</li> <li>• Implementar las Métricas de control</li> <li>• Revisar SOP</li> <li>• Implementar auditorías</li> <li>• Métricas globales eficacia</li> <li>• Reanudar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar Poka-yoke</li> <li>• Concentrarse en prevención de Sistemas</li> <li>• Involucrar empleados</li> <li>• Establecer Supervisión de cuadros de mandos</li> <li>• MOR-normalización</li> <li>• QBR-normalización</li> <li>• Implementar TOS</li> <li>• Entrenar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaya al paso 1</li> <li>• Identificar nuevo cuello de botella</li> </ul>
TOC	LEAN		SIX SIGMA		LEAN	TOC

Fuente: Adaptado de (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010)

#### **4.2.1. Paso 1: Movilizar y enfocar**

Este es el primer paso para la identificación de la restricción crítica, y posterior a ello enfocar el trabajo eliminando la restricción para la mejora de todo el sistema. En esta primera etapa se consideran 5 fases necesarias:

- a) Mapeo de la cadena de valor
- b) Proceso de pensamiento para la resolución de problemas.
- c) Identificación de la restricción
- d) Determinación de objetivos.
- e) Carta del Proyecto.

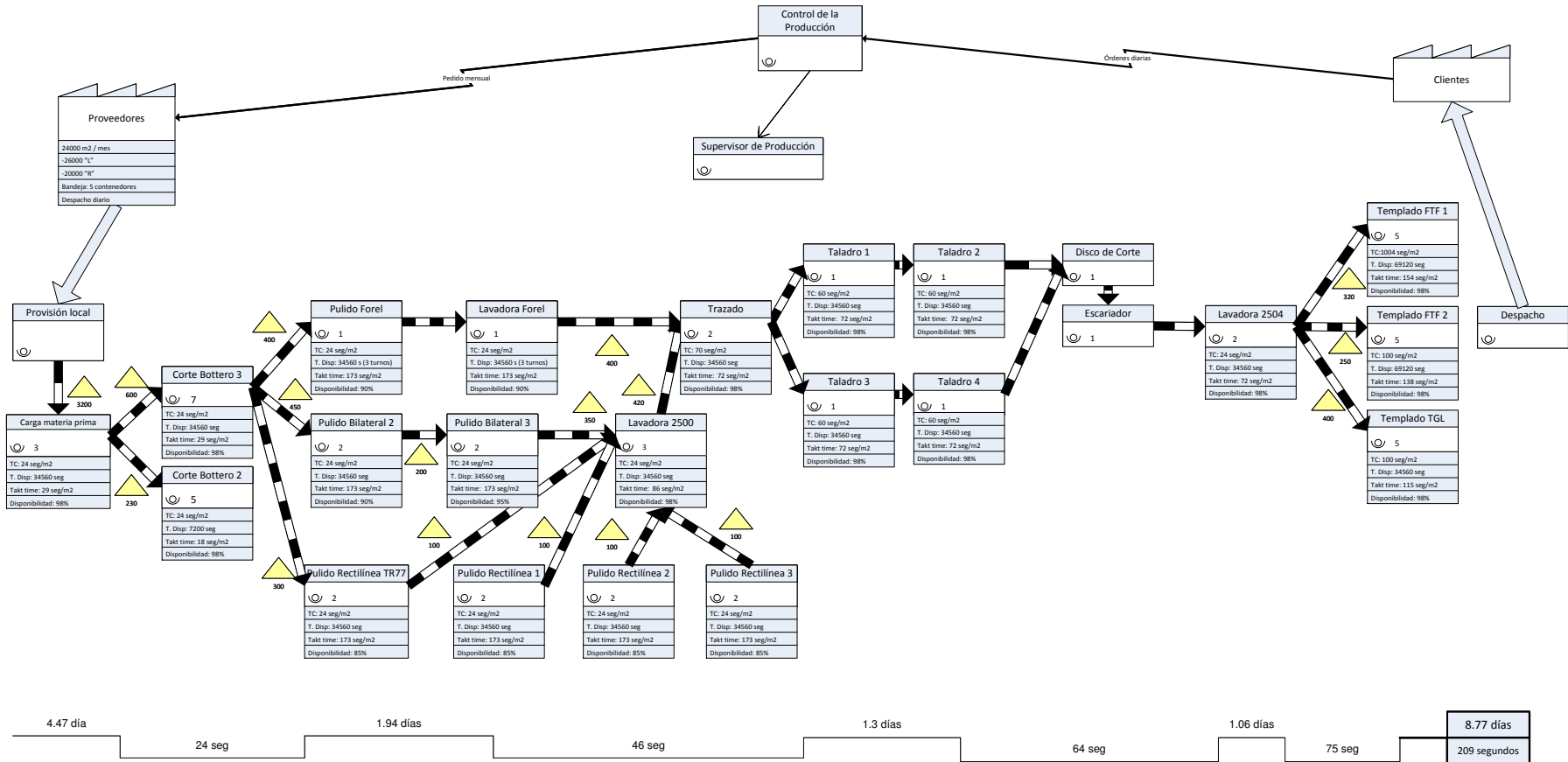
##### **a) Mapeo de la cadena de valor**

Para poder identificar la restricción del sistema, primero se debe desarrollar el mapeo de la cadena de valor (VSM), calcular los valores de inventario, de acuerdo al desarrollo del VSM las áreas involucradas son, Comercial, PCP, Compras, Importación, Operaciones y Logística.

A continuación, se presenta la siguiente figura, VSM Actual. En el VSM Actual podemos detallar que las principales áreas de transformación del producto son Corte, Pulido, Entalle y Templado, además de Planeamiento, y Despacho.

La cadena de valor presenta un lead time de 8 días, valor influenciado por la cantidad de inventario en sus procesos, esta cantidad de días corresponde al tiempo que un producto demora en recorrer toda la cadena de valor, en términos del cliente, es desde que el cliente pone la orden de su pedido, hasta la recepción del mismo.

FIGURA N° 4-5 VSM ACTUAL.



Fuente: Elaboración propia

## **b) Resolución de problemas: Proceso de pensamiento**

Como diagnóstico del problema; para detallar cuáles son los problemas que afectan a los procesos se aplica la herramienta de resolución de problemas, herramienta destacada por el modelo Teoría de restricciones.

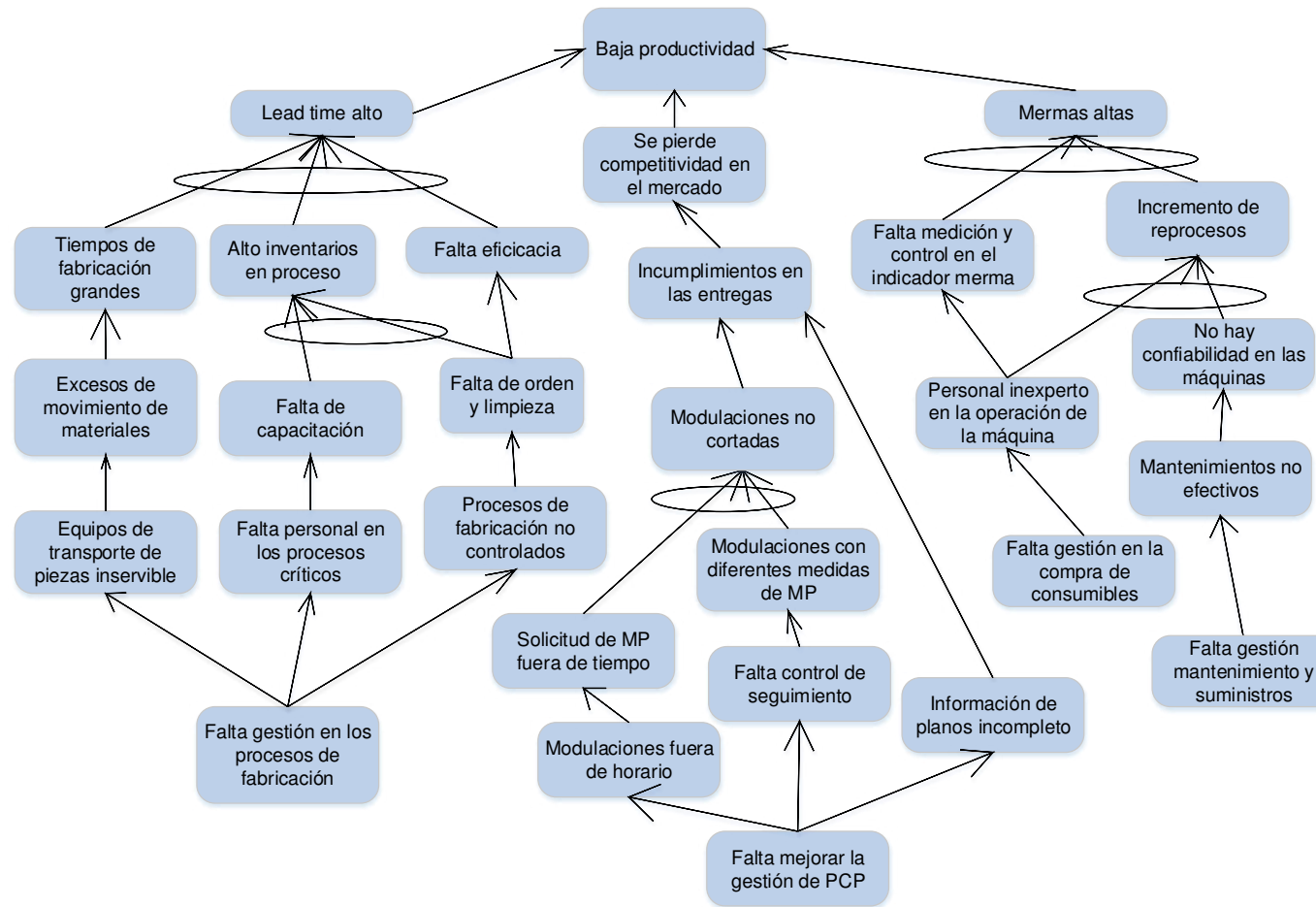
En base al proceso de pensamiento en la resolución de problemas, lo primero que se realiza es buscar *¿qué cambiar?*, es decir la identificación de problemas principales, para ello se elaboró un Árbol de Realidad Actual (**ARA**). En base a la elaboración del **ARA** se encontró que los problemas raíz son la falta de gestión en las áreas de Producción, Planeamiento y Mantenimiento, detallando en ellos la alta merma, la baja eficiencia en sus procesos y principalmente el cumplimiento en la entrega de las órdenes.

Luego de encontrar los problemas principales, la pregunta ahora se convierte en *¿A qué cambiar?*, para ello respondemos las preguntas con el diagrama de resolución de conflictos o Evaporación de nubes (**EN**) y Árbol de Realidad Futura (**ARF**). En base a la Evaporación de nubes, como resultados necesarios son realizar círculos de mejora de procesos, reunión de planes de acción en Planeamiento, y un plan de mejora en la gestión de mantenimiento; con el desarrollo de estas inyecciones se incrementará la productividad.

Cuando estas preguntas sean respondidas, la organización se queda con la pregunta *¿Cómo hacer el cambio?* Para ello se utilizó el Árbol de prerrequisitos (**AP**) y los diagramas de Árbol de Transición (**AT**), se usan para identificar los obstáculos para la implementación y diseñar planes detallados para superar estos obstáculos. Luego de realizar estos 2 últimos árboles se encontró que los mayores obstáculos para la solución de *problema de productividad* son la falta de tiempo dedicado a la gestión de los procesos, planeamiento y mantenimiento. También el manejar enfoques tradicionales de gestión, además de no realizar reuniones sobre los problemas continuos que obstaculizan el incremento de la productividad como mermas, eficiencia, cumplimiento.

Finalmente con la realización del árbol de transición se encontró que las iniciadoras para la solución de los problemas son: Implementación de modelos de gestión en producción, implementación de modelos de gestión para planeamiento, Programación de talleres Kaizen en horarios flexibles, Implementación de programas de mejora Kaizen, Formación de círculos productivos, círculos de mejora en mantenimiento y círculos de mejora en planeamiento, Reunión y revisión de planes de trabajo y funciones de planeamiento.

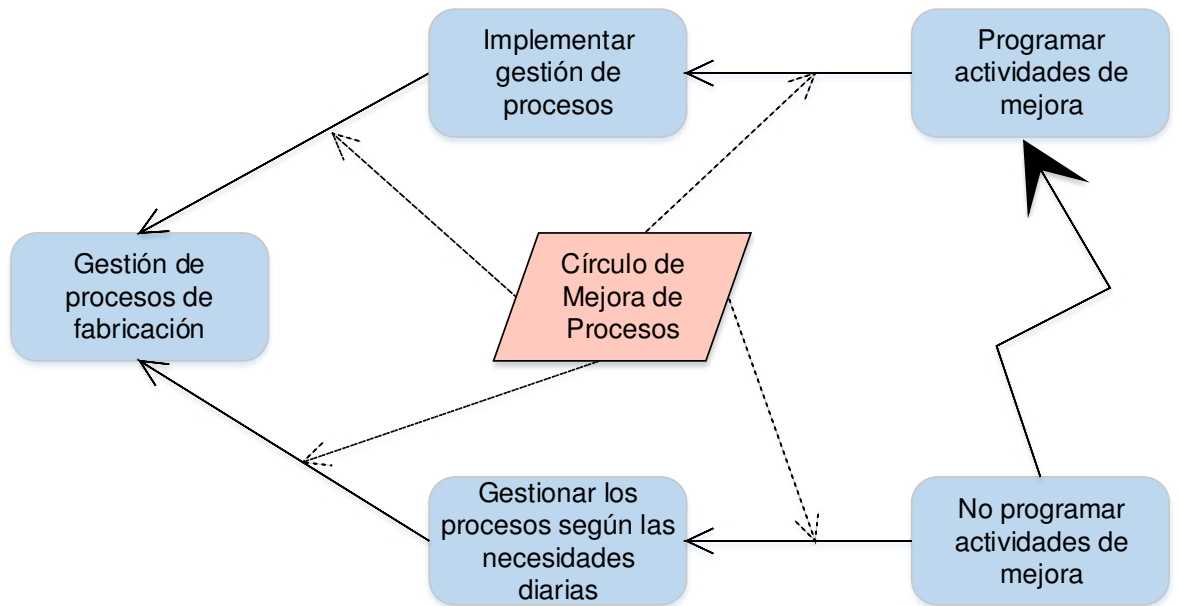
FIGURA N° 4-6 ÁRBOL DE REALIDAD ACTUAL (ARA)



Fuente: Elaboración propia

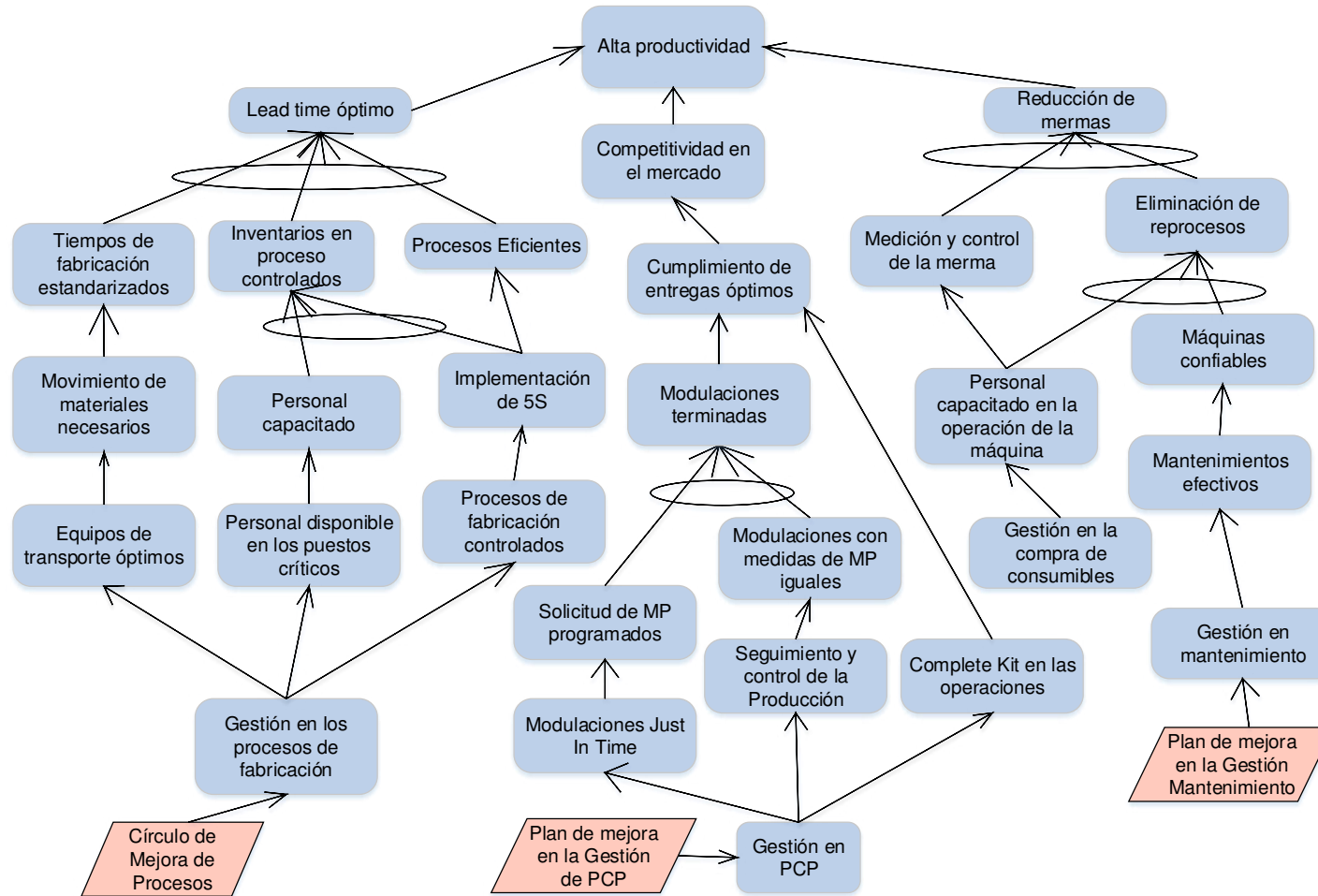


FIGURA N° 4-7 EVAPORACIÓN DE NUBES



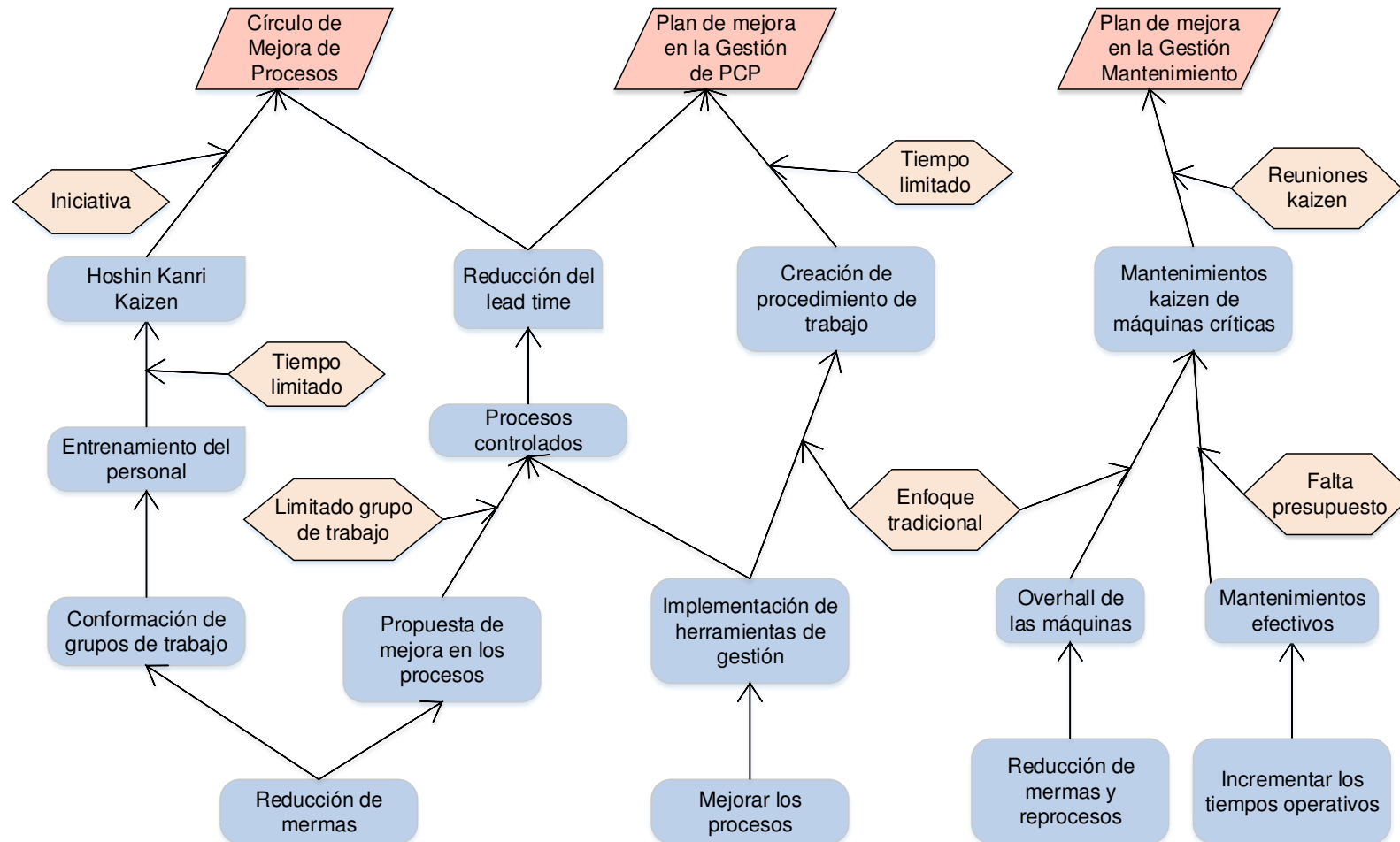
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4-8 ÁRBOL DE REALIDAD FUTURA



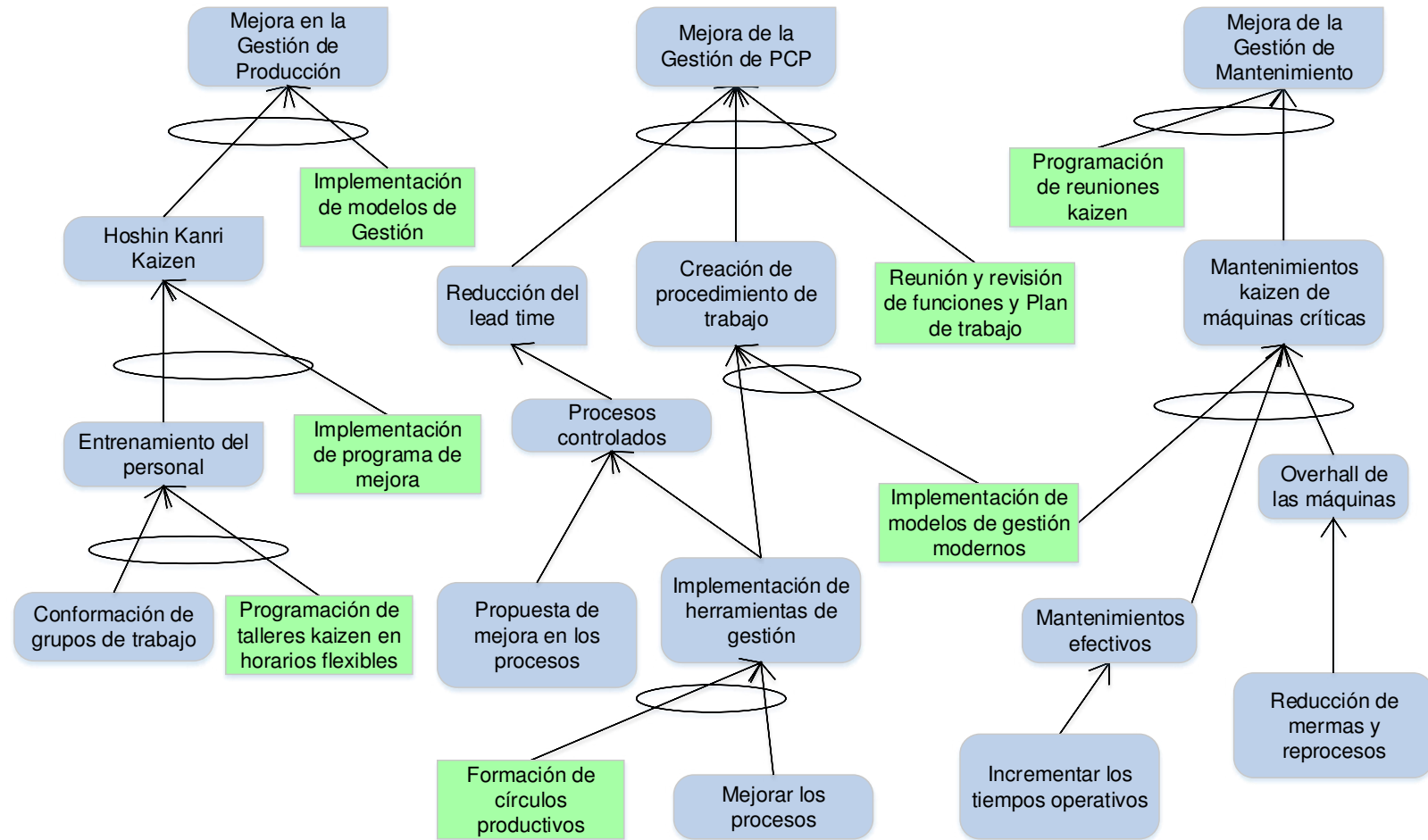
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4-9 ÁRBOL DE PRERREQUISITOS



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-10 ÁRBOL DE TRANSICIÓN



Fuente: Elaboración propia.

## Problemas e Indicadores en la Gestión de Procesos

### Satisfacción del cliente – Cumplimiento de entrega

Según el análisis de las herramientas para resolver problemas, uno de los puntos importantes a tomar en cuenta es el cumplimiento de las órdenes fabricadas. Nos cuestionamos entonces, ¿qué es lo más importante para poder tener una empresa rentable y sólida? Velar por la satisfacción del cliente es sin duda el primero de los puntos a resolver debido a ser este el motor y punto inicial de la cadena de procesos y la manera de corresponder un buen servicio es a través de los despachos entregados a tiempo, para ello se analizará el estado actual de las entregas, a través de la información de entregas de varios meses.

### Cálculo del Cumplimiento de entrega de productos

$$\text{Cumplimiento} = \frac{OP-OI}{OP} \times 100\%$$

Las variables del **indicador** están compuestas por:

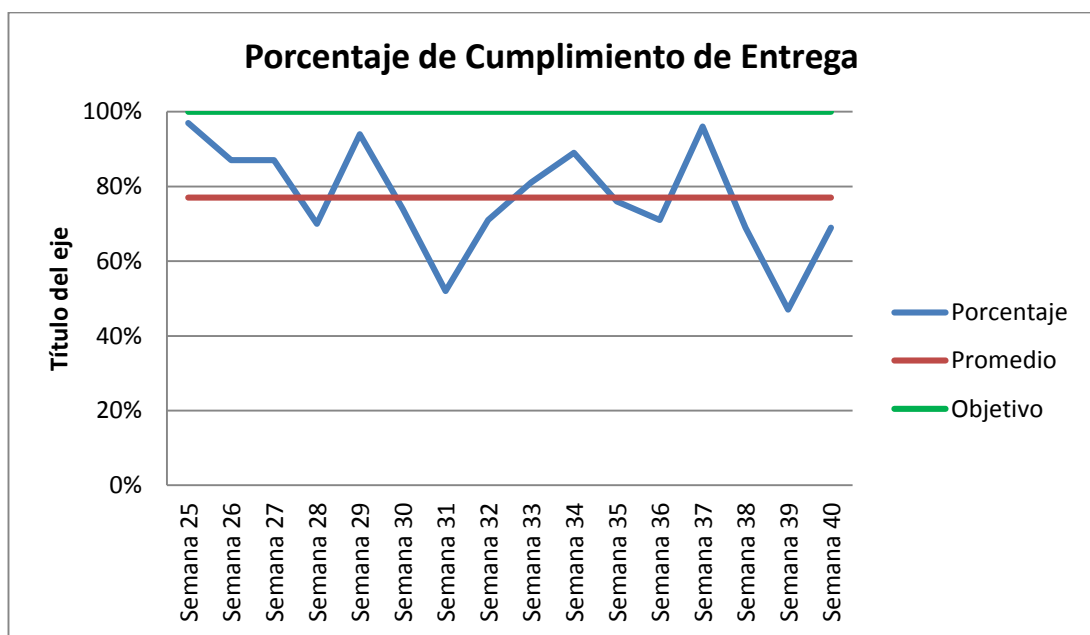
- OP: Órdenes programadas: representa la cantidad de productos que fue planeada entregar a través del MRP, conforme al ingreso de la orden del cliente.
- OI: Órdenes incumplidas, representa los productos que fueron terminados fuera del plazo de la entrega programada, tiempo excedente al tiempo demandado por el cliente.

Este indicador es importante porque de ello se puede interpretar la relación que existe entre las entregas a tiempo de los productos y la confiabilidad del cliente por la satisfacción de las ventas, y por consecuencia la fiabilidad e incremento de las ventas.

El valor ideal para el Cumplimiento es 100%, pero se establece un valor mínimo de 95%, con ello, por lo pronto para el objetivo podemos decir que somos capaces de satisfacer fielmente al 95% de los clientes.

A continuación, se muestran los valores del cumplimiento de entregas en los meses junio, julio, agosto y setiembre (2016), se puede apreciar la performance en la entrega de productos; para los niveles alcanzados, en los meses mencionados se tiene resultados muy por debajo de lo normal esperado, indicar que “solo en promedio el 77% de tus clientes obtiene sus pedidos a tiempo no es satisfactorio”, ello indicaría que los reclamos por atenciones incumplidas es alto, delegando esfuerzos extras a cumplir todo como “Urgente”, a evaluar más adelante; otra de las consecuencias podría ser que los clientes buscan otros proveedores para atender a tiempo sus necesidades, ello también indicaría que el nivel de las ventas bajarían cada día más, reduciéndose los ingresos, generando vacíos en la planta, con personal desocupado.

FIGURA N° 4-11 CUMPLIMIENTO DE ENTREGA EN LOS MESES JUNIO A SETIEMBRE 2016



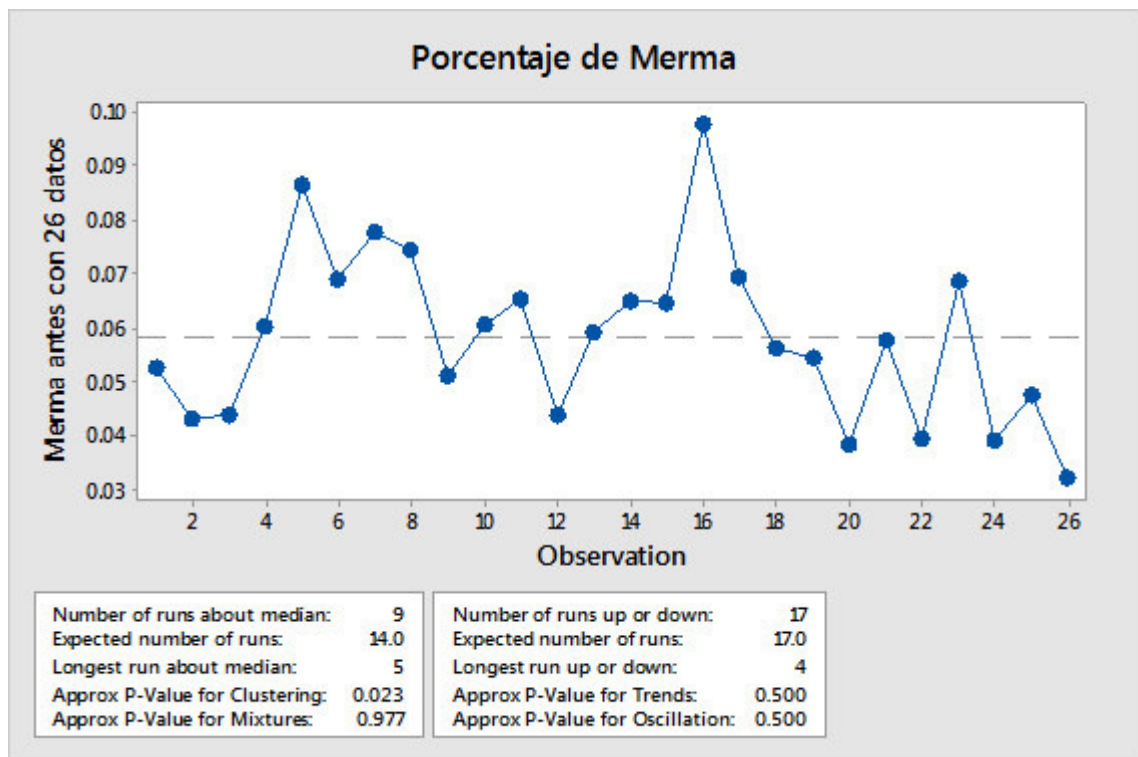
Fuente: Elaboración propia

### Productos defectuosos – Merma del sistema

Según la evaluación de las herramientas para resolución de problemas, otro punto importante en la cadena de procesos es el producto defectuoso, sin duda el cliente no está dispuesto a pagar un agregado por los productos defectuosos, estos últimos además de no agregar valor al producto final del cliente, aumentan los costos de materia prima, insumos, herramientas, energía, mano de obra, y la gestión demandada por el producto.

A continuación, se muestra la performance de los productos defectuosos en los meses de junio, julio, agosto y setiembre de 2016. El porcentaje promedio se encuentra por encima de los 5.8%; con esto se puede indicar que *de todo lo procesado*, el 5.8% de la mano de obra, materiales, materia prima, energía, suministros, etc. es *utilizada nuevamente*, de 2 a más veces, esto es el porcentaje desperdiciado, se nota una variabilidad alta, entre un valor mínimo de 3.2% a un valor máximo de 9.8%.

FIGURA N° 4-12 PORCENTAJE DE MERMA. JUNIO A SETIEMBRE 2016.



Fuente: Elaboración propia.

Mediante el uso del ERP AXION se puede detallar cuales son los defectos más influyentes negativamente en la producción.

En base a la información detallada del sistema, en el gráfico de Pareto podemos considerar que los mayores efectos de falla se presentan como *Quiñado* (23.1%), *Roto* (17.8%), *Arañado* (17.8%), *MP* (10.8%) y *Error de medida* (7.3%). Con estos 5 defectos tenemos el 80% de los efectos de falla, que se definirá como tipos de defectos.

En términos del nivel Sigma de calidad, uno de los efectos indeseables que causan gran impacto negativo en el proceso de fabricación es la *no conformidad del producto*; siendo uno de los puntos principales a trabajar. El nivel Sigma es determinado por el DPMO (defecto por millón de oportunidades), este indicador permite evaluar la eficiencia de la línea, es decir, la capacidad de hacer bien la primera vez.

El DPMO mide la eficiencia de un proceso de fabricación en términos de calidad. Se evalúa si el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones de calidad. *Cuanto mayor sea el valor de DPMO, menos eficiente es el sistema, se puede concluir que menor es la productividad.*

$$DPMO = \frac{\text{Cantidad de productos defectuosos}}{\text{Cantidad Producida}} \times 10^6$$

Los parámetros de la fórmula son los siguientes:

*Cantidad de piezas producidas*: Representa el número total de productos transferidos para la fabricación del producto.

*Cantidad de productos defectuosos*: Representa el número de piezas o productos que tienen algún tipo de defecto.

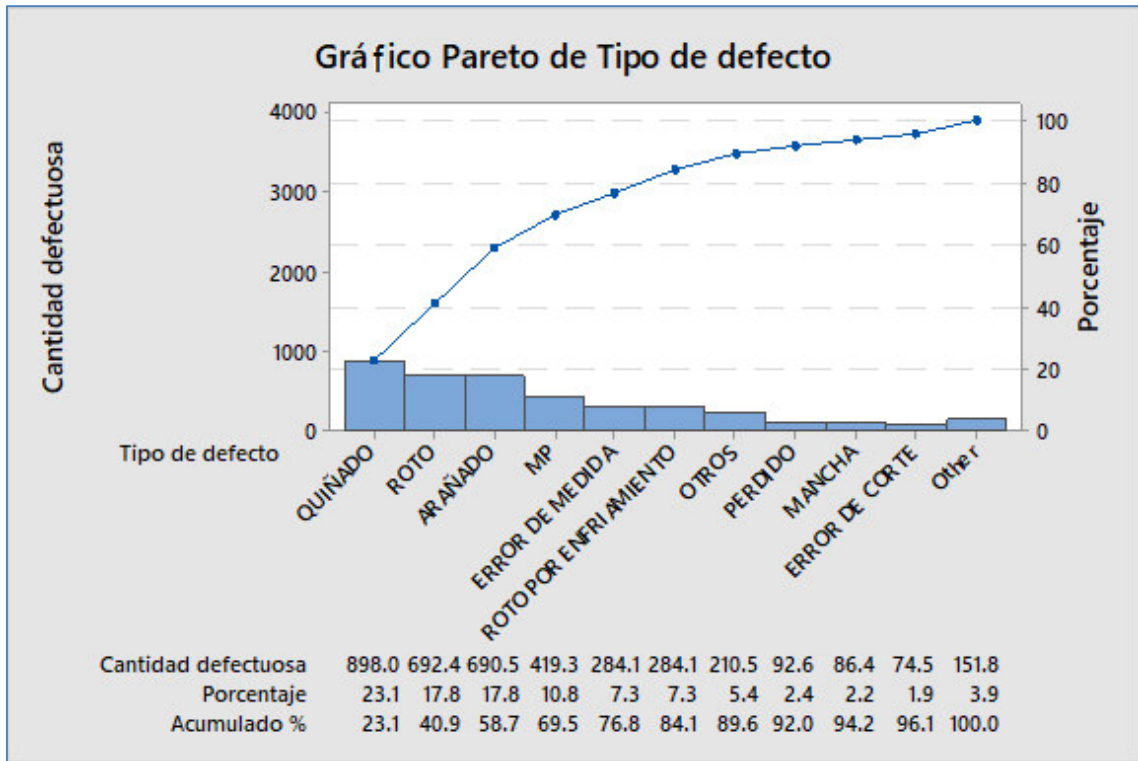
Para la Corporación Miyasato se considera una pieza defectuosa cuando:

- El producto presenta fallas perceptibles a la vista como: *Arañado, Rayado, Roto, Quiñado, Trizado*, resultando en retrabajos o merma.
- El producto presenta defectos atribuibles a la materia prima como: *Inclusiones gaseosas, Pérdida de capa, Manchas, Hongos*, resultando en merma.
- El producto presenta fallas en el proceso atribuibles a errores involuntarios humanos, como: Error de medida, Error de corte, resultando en retrabajos o merma.
- El producto sufrió fallas debido a variaciones en los parámetros de una máquina o defectos del proceso anterior, como: Roto en enfriamiento, resultando en merma.



- El producto no se encuentra en la lista de defectos del sistema o no se encontró la evidencia del producto, como: Perdido, Otros, resultando en merma.

FIGURA N° 4-13 DIAGRAMA DE PARETO PARA LOS TIPOS DE DEFECTO



Fuente: Elaboración propia.

### c) Identificación de la restricción

En base a los siguientes criterios podemos deducir cuál es nuestro cuello de botella:

- c.1. Distribución del área.
- c.2. Porcentaje de merma del área.
- c.3. Inventario generado el proceso.
- c.4. Número de turnos programados.

El área de **Corte** cuenta con una distribución en empuje, con programación en 2 turnos para carga de materia prima y operaciones, cuenta con 2 máquinas, el porcentaje de merma es menor a 3%, el inventario generado es normal, el tiempo de ciclo es menor al *takt time*.

CUADRO N° 4-2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE

Distribución	Aceptable	√
Merma	Aceptable	√
Inventario	Aceptable	√
Lead time	Aceptable	√
Turnos	2	√

Fuente: Elaboración propia.

El área de Pulido cuenta con una distribución por procesos, debido a este modo de trabajo se generan inventarios por cada máquina, y cada tipo de pulido; el porcentaje de merma de Pulido es el mayor con una participación de más del 37%, la programación es de 3 turnos, cuenta con más de 8 máquinas.

CUADRO N° 4-3 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE PULIDO

Distribución	<b>Crítico</b>	Mala distribución, poco espacio, mucho movimiento de piezas.
Merma	<b>Crítica</b>	Genera el 37% de la merma, el más alto.
Inventario	<b>Alto</b>	General más de 1400m <sup>2</sup> de inventario, retrasando el lanzamiento de órdenes.
Lead time	<b>Alto</b>	Tiene cerca de 2 días de Lead Time.
Turnos	<b>3</b>	Se programa 3 turnos de 8 horas cada uno.

Fuente: Elaboración propia.

El área de Entalle cuenta con una distribución por procesos, se generan altos niveles de inventario, la participación en merma es de más de 14%, se programa en solo 1 turno.

CUADRO N° 4-4 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE

Distribución	<b>Alto</b>	X
Merma	Aceptable	√
Inventario	Aceptable	√
Lead time	Aceptable	√
Turnos	1	√

Fuente: Elaboración propia.

El área de Templado cuenta con 3 máquinas lineales, la merma es alta, el inventario es normal, la programación es de 2 turnos.

CUADRO N° 4-5 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE CORTE

Distribución	Bajo	√
Merma	Alta	X
Inventario	Bajo	√
Lead time	Aceptable	√
Turnos	1	√

Fuente: Elaboración propia.

Analizando los criterios mostrados, nuestra restricción del sistema es Pulido, porque pese a destinar 3 turnos para las operaciones se genera altos inventarios, otro punto importante es que en esa área las mermas son altas, y muchas de las máquinas están distribuidas por proceso individual; bajo este esquema debemos trabajar para revisar el número de turnos utilizados, reducir niveles de merma, reducir la cantidad de inventarios, etc.

#### d) Determinación del objetivo

El cálculo del valor objetivo para reducir la merma, incrementar el cumplimiento e incrementar la eficiencia se procesa en 4 fases, se describen a continuación:

##### 1. Cálculo de la diferencia entre el valor medio y el valor de referencia.

Diferencia = Valor medio – Valor de referencia (menor del registro)

Diferencia = 5.8% (merma) - 3.2% (merma) = 2.6%

##### 2. Cálculo del objetivo.

Basándonos en el cálculo de la merma, considerando que la este debería ser lo más cercano posible a 0%, tomaremos como valor objetivo el valor medio entre *la media* de los datos y el *mínimo* de 0%, para el caso el valor objetivo estará alrededor del 3%.

### 3. Porcentaje de aumento.

A partir del valor promedio y del valor objetivo, el porcentaje de decremento es proporcionado por la siguiente ecuación:

$$\% \text{Aumento o Decremento} = \left( \frac{\text{Valor medio} - \text{Valor objetivo}}{\text{Valor medio}} \right) \times 100$$

$$\% \text{Decremento} = \left( \frac{5.8\% - 3\%}{5.8\%} \right) \times 100 = 48.3\%$$

Según el cálculo el decremento será de 48.3%.

### 4. Descripción del objetivo

El objetivo del proyecto es reducir la merma en la cadena de valor, reduciendo constantemente el DPMO de la cadena de valor en un 48.3%.

Del mismo modo, el objetivo para el Cumplimiento es:

$$\% \text{Aumento: } \left( \frac{77\% - 95\%}{77\%} \right) = 23.4\%$$

Finalmente, el objetivo para el Lead time es:

$$\% \text{Decremento: } \left( \frac{8.77\% - 5\%}{8.77\%} \right) = 43\%$$

### e) Carta del Proyecto

CUADRO N° 4-6 CARTA DEL PROYECTO iTLS

Proyecto iTLS - Carta de Proyecto	
Título:	Plazo
Implementación para incrementar la productividad	6 meses
Área:	Sponsor
Línea de Templado - División Vidrios	Gerencia de Producción
Declaración del problema	

Al levantar información del estado actual en la división de vidrios, línea de templado, detallamos; el porcentaje de eficiencia está por debajo del valor promedio óptimo, recursos humanos por sección, porcentaje de cumplimiento de entrega y porcentaje de merma, encontramos una planta oculta bajo gran cantidad de personas, con procesos mal balanceados, niveles de porcentaje de eficiencia bajos; relacionado a la estructura laboral con horarios de trabajo sobrevalorados, sistema de trabajo sin procedimientos operativos, distribución de planta con exceso de movimientos, entre otros. Los procesos de la línea de producción de Templado - Arquitectura: Corte, Pulido, Entalle y Templado delimitarán nuestro estudio.

<b>Meta:</b>	<b>Área Soporte:</b>
Reducir la merma a 3% Reducir el Lead Time 5 días Incrementar el cumplimiento a 95%	Operaciones, Planeamiento, Mantenimiento
<b>Resultantes de la implementación:</b>	<b>Ámbitos y restricciones</b>
Mejora de la productividad	No aplica al despacho de productos,

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.2. Paso 2: Explotar la restricción**

Como segundo paso, después de identificar la restricción en la cadena de valor se analizó el método para *Explotar* la restricción. El desarrollo de este paso se compone de 3 fases:

- A) Especificación del valor WCE de la cadena de valor.
- B) Análisis de valor de la restricción;
- C) Inyección de mejora.

#### **A) Especificación del valor WCE de la cadena de valor.**

De acuerdo a la ecuación que relaciona el valor WCE (Ciclo Eficiente de Trabajo), este se encuentra representado por:

$$WCE = \frac{\text{Tiempo de Valor Agregado}}{\text{Lead Time Total}}$$

$$WCE = \frac{\frac{209 \text{ segundos}}{34560 \text{ segundos/día}}}{8.77 \text{ días}} = 0.069\%$$

El resultado de 0.069% representa la proporción de actividades que agregan valor desde el punto de vista del cliente en toda la cadena de valor. Solo las actividades relacionadas con la transformación de materia prima en producto se consideran actividades que agregan valor; por tanto, las actividades que se cuantifican como el 99.93% se denotan como valor no agregado y desperdicio, estos son oportunidades de mejora para reducir el lead time, mejorar el tiempo de valor agregado y reducir el tiempo asignado a las máquinas en toda la cadena.

## B) Análisis de valor de la restricción

### 1. Takt Time – Análisis de la restricción

CUADRO N° 4-7 CÁLCULO DE TAKT TIME

Demanda del cliente por mes	19800 m <sup>2</sup>
Días trabajados por mes	22 días
Demanda diaria del producto	900 m <sup>2</sup>
Turnos (*)	1 turno
Horas por turno	9.6 horas
Producción horaria	93.8 m <sup>2</sup>
Tiempo Disponible	34560 s
<b>Takt time</b> (segundos)	38.4 s/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

## 2. Recolección y cronometrado de datos

CUADRO N° 4-8 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – CORTE

Línea	V. Templado	Fecha	14/9/2016			Operación		Cortadoras
Temp.	Corte	Hora	10h45m			Modelo		Bottero
Plantilla de Recolección de datos						Takt time		38.4 s/m <sup>2</sup>
Nro	Descripción del elemento		1	2	3	4	5	Time
1	Descargar plancha		24	25	24	23	24	24.0
2	Pasar plancha		12	13	14	13	14	13.2
3	Abrir modulación		8	7	9	7	8	7.8
4	Trazar vidrio		60	54	56	43	54	53.4
5	Registrar etiqueta		12	13	14	12	13	12.8
6	Repartir etiquetas		23	24	29	25	24	25.0
7	Pasar plancha		4	5	4	5	6	4.8
8	Trozar vidrio		112	123	125	116	127	120.6
9	Botar retazos		21	23	24	21	23	22.4
10	Descargar vidrio		11	9	13	12	16	12.2
11	Colocar separador		12	10	8	16	14	12.0
12	Pegar etiqueta		12	14	13	14	16	13.8
13	Mover caballete		42	44	41	44	45	43.2
TOTAL ÷ 4.74 m <sup>2</sup>								38.0

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-9 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – PULIDO

Línea	Puesto Observado	Fecha	14/9/2016			Número de operación		Pulidoras - línea de Templado
Temp.	Pulido	Hora	11h45m			Modelo		Línea Forel
Plantilla de Recolección de datos						Takt time		38.4 s/m <sup>2</sup>
Nro	Descripción del elemento		1	2	3	4	5	Time
1	Buscar carretilla hidráulica		45	40	25	33	27	34.0
2	Revisión de las fechas de entrega de los caballetes		56	45	50	54	34	47.8
3	Levantar el caballete con la carretilla hidráulica		14	15	13	16	15	14.6
4	Trasladar el caballete a la máquina pulidora		25	27	35	29	33	29.8
5	Calibrar la máquina al espesor de los vidrios		13	15	13	16	12	13.8
6	Colocar la pieza en la mesa x 4 lados		6	7	5	7	8	26.4
7	Tomar medidas con una wincha x 4 lados		23	18	15	17	15	70.4
8	Despegar la etiqueta del vidrio x 4 lados		5	7	4	8	6	24.0
9	Colocar la pieza en la máquina x 4 lados		7	6	5	7	8	26.4
10	Pulir el vidrio x 4 lados		45	36	40	25	35	144.8
11	Revisar el detalle de la pieza pulida x 4 lados		15	17	22	26	19	79.2
12	Descargar en el caballete x 4 lados		8	7	6	7	8	28.8
13	Colocar la pieza en la lavadora		9	7	11	7	8	8.4
14	Lavar el vidrio		35	37	36	41	32	36.2
15	Registrar medidas finales		7	8	7	6	7	7.0
16	Registrar el proceso del vidrio		3	4	5	4	3	3.8
17	Descargar en el caballete, separador y etiqueta		17	15	13	17	14	15.2
TOTAL								172.8

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-10 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – ENTALLE

Línea	Puesto Observado	Fecha	14/9/2016	Número de operación			Entalle		
Temp.	Entalle	Hora	12h45m	Modelo			Taladros		
Plantilla de Recolección de datos				Takt time			38.4 s/m <sup>2</sup>		
Nro	Descripción del elemento			1	2	3	4	5	Time
1	Buscar carretilla hidráulica			45	40	25	33	27	34
2	Revisión de las fechas de entrega de los caballetes			56	45	50	54	34	47.8
3	Levantar el caballete con la carretilla hidráulica			14	15	13	16	15	14.6
4	Trasladar el caballete al área			25	27	35	29	33	29.8
5	Colocar el vidrio a la mesa			21	19	22	15	14	18.2
6	Buscar el croquis de la orden			24	23	22	21	25	23
7	Trazar según el tipo de entalle			34	32	35	36	41	35.6
8	Trasladar el vidrio a taladro			9	8	9	7	11	8.8
9	Realizar las perforaciones			56	53	58	61	57	57
10	Trasladar el vidrio al siguiente taladro			13	14	11	9	11	11.6
11	Realizar las perforaciones			58	61	58	54	57	57.6
12	Trasladar los vidrios a Recorte			14	15	13	12	16	14
13	Realizar los recortes al vidrio			25	26	31	27	29	27.6
14	Realizar avellanado de los bordes			15	17	21	18	21	18.4
15	Trasladar los vidrios a la Lavadora			13	11	10	9	10	10.6
16	Lavado del vidrio			24	25	27	27	24	25.4
17	Registrar medidas finales			7	8	7	6	7	7
18	Registrar el proceso del entalle			3	4	5	4	3	3.8
19	Descargar en el caballete			9	7	5	7	6	6.8
20	Colocar separadores			8	8	8	10	8	8.4
TOTAL									86.4

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-11 REGISTRO DE TIEMPO DE CICLO – TEMPLADO

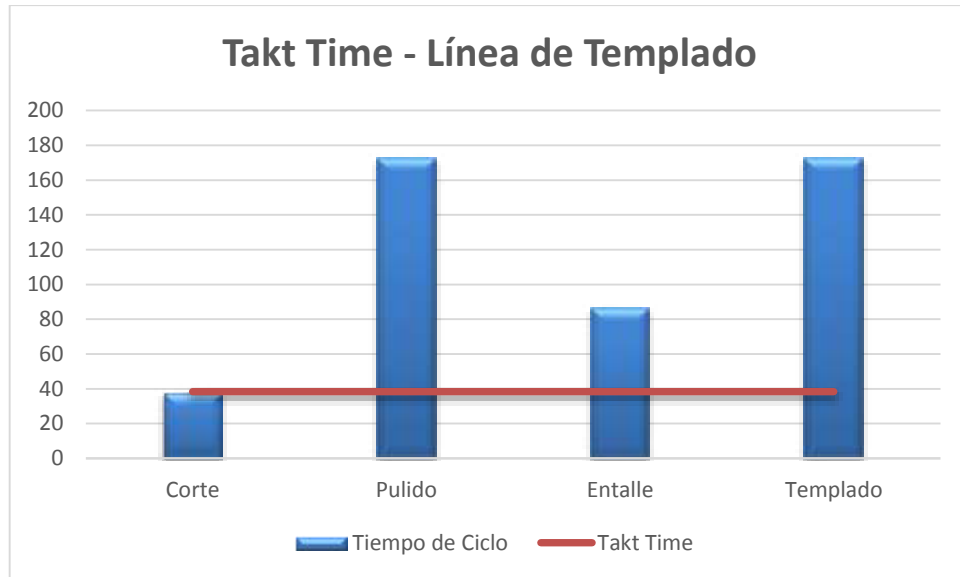
Línea	Puesto Observado	Fecha	14/9/2016	Número de operación			Templado		
Temp.	Templado	Hora	12h45m	Modelo			Hornos (F-F-T)		
Plantilla de Recolección de datos				Takt time			38.4 seg		
Nro	Descripción del elemento			1	2	3	4	5	Time
1	Buscar carretilla hidráulica			45	40	25	33	27	34
2	Revisión de las fechas de entrega de los caballetes			56	45	50	54	34	47.8
3	Levantar el caballete con la carretilla hidráulica			14	15	13	16	15	14.6
4	Trasladar el caballete al área			25	27	35	29	33	29.8
5	Colocar el vidrio a la mesa			21	19	22	15	14	18.2
6	Buscar el croquis de la orden			16	21	15	18	24	18.8
7	Ajustar parámetros de templado (por espesor)			32	32	35	34	29	32.4
8	Colocar logo al vidrio			14	15	14	16	18	15.4
9	Pasar el vidrio al horno de templado			305	307	305	310	306	306.6
10	Descargar vidrio a la mesa de enfriamiento			13	14	15	12	18	14.4
11	Registrar medidas finales			7	8	7	6	7	7
12	Registrar el proceso del entalle			3	4	5	4	3	3.8
13	Descargar en el caballete			9	7	5	7	6	6.8
14	Colocar separadores			8	8	8	10	8	8.4
TOTAL									172.8

Fuente: Elaboración propia.



Las 4 áreas de trabajo, divididos por los grupos de operaciones se identifican por sus principales actividades y tiempos de ciclo, los cuales posteriormente se balancean según el *Takt Time*.

FIGURA N° 4-14 TAKT TIME DE LA LÍNEA DE TEMPLADO



Fuente: Elaboración propia.

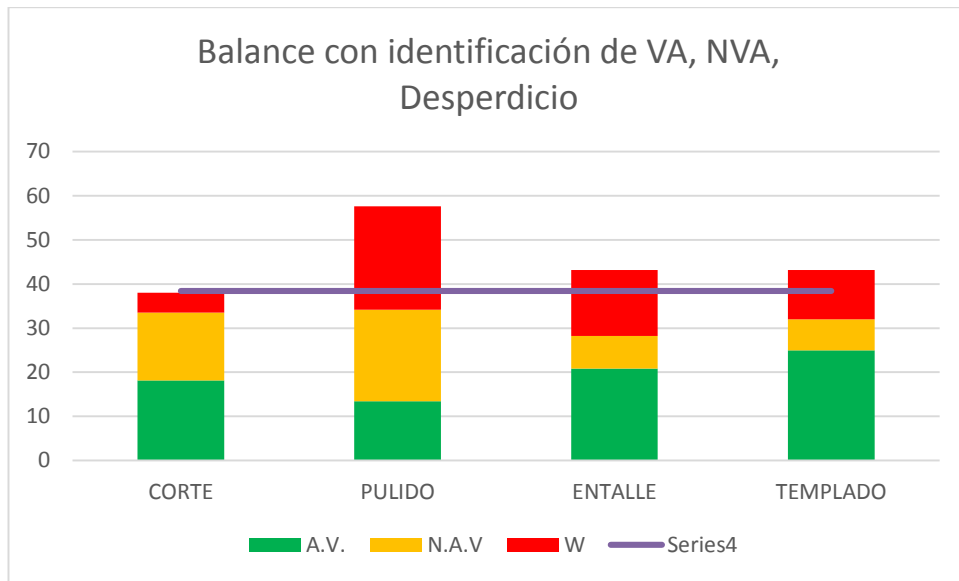
### 3. Resultado Inicial del balanceamiento Actual

FIGURA N° 4-15 TAKT TIME BALANCEADO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4-16 GRÁFICO DE BALANCEAMIENTO INICIAL AV, ANV, DESPERDICIOS.

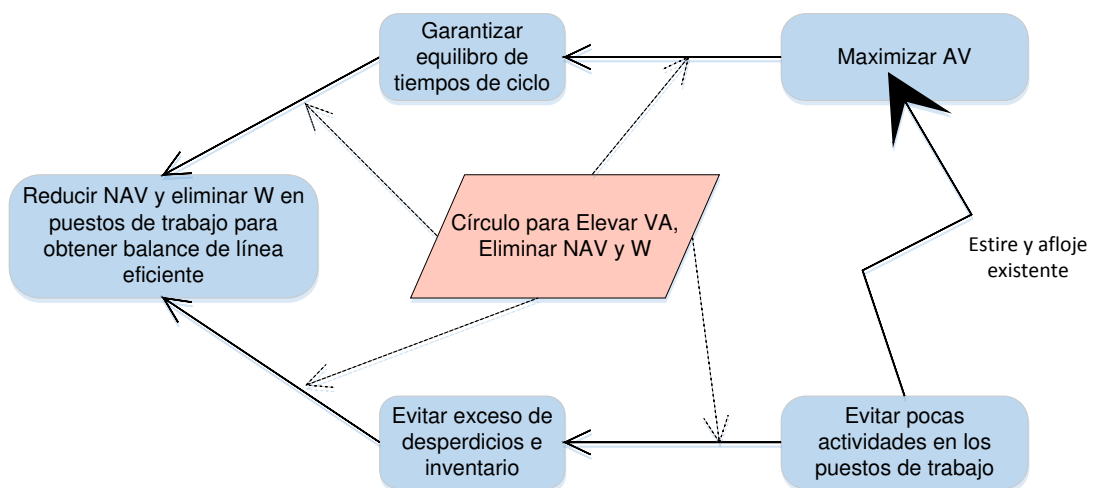


Fuente: Elaboración propia.

### C) Inyección de mejora (Árboles del proceso de pensamiento)

Cómo reducir los Tiempos de Valor No agregado, y Eliminar los Desperdicios

FIGURA N° 4-17 EVAPORACIÓN DE NUBES – ELIMINACIÓN DE RESTRICCIÓN



Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar reuniones Kaizen para el Plan de mejora: “*Reducción de Tiempos de Ciclo y balanceamiento de las líneas productivas*” se entrega las siguientes conclusiones.

Según los árboles del proceso de pensamiento para resolución de problemas, se tiene los siguientes criterios a tomar en cuenta para la resolución de problemas.

- Eliminar el problema de falta de carretillas hidráulicas por fallas de máquinas.
- Distribuir los vidrios constantemente, revisar la capacidad de la MO ociosa.
- Reducir el tiempo de las actividades que no agregan valor, revisar la colocación de personal con tiempos ociosos a las actividades limitadas.

### **Aplicación de la Herramienta 5S**

Dentro del plan de trabajo para la Implementación de iTLS™ está el implementar las 5S como base del sistema, a continuación, se coloca los pasos a seguir para el desarrollo de los 5 pasos:

- a) Selección de materiales innecesarios. Usos de tarjetas rojas. Cómo aplicamos 5S.
- b) Designación de ubicación para las herramientas, equipos, EPP.
- c) Elaboración de inspección de limpieza.
- d) Demarcación de áreas de trabajo. Estándar de limpieza.
- e) Auditorías 5S. Panel de Control. Presentación de resultados.

CUADRO N° 4-12 PLAN DE ACCIÓN PARA SELECCIÓN DE MATERIALES

N	Sección	Elemento observado	Fecha observada	Motivo	Acción correctiva	Días a levantar	Responsable
1	Corte	Escobas, recogedores por zona de carga	15.09.2016	No tienen ubicación	Buscar ubicación	3 días	Supervisión de producción
2		Caballetes con retacería inutilizada	15.09.2016	Retacería inutilizada	Vender la retacería y recuperar los caballetes	7 días	SP
3		Caballetes con ruedas. MP sobrante, suelta por clasificar	15.09.2016	Organizar	Adquirir un organizador de planchas de vidrio	7 días	SP
4		Separador de caja por las paredes y caballetes	15.09.2016	No tienen ubicación	Fabricar un organizador	7 días	SP
5		Separadores de Tecnopor, tacos de madera y herramientas por el suelo	15.09.2016	No tienen ubicación	Fabricar un carro organizador	7 días	SP
6		Plásticos y zunchos tirados por el suelo	15.09.2016	Sin ubicación	Fabricar un tacho.	15 días	SP
7		Separadores de vidrio por todos lados	15.09.2016	Sin ubicación	Dar un espacio y fabricar las herramientas	10 días	SP
8	Pulido	Escobas, recogedores por zona de tinas	15.09.2016	Sin ubicación	Fabricar colgadores	7 días	SP
9		Caballetes con retacería inutilizada	15.09.2016	Desechar	Desechar en tachos de reciclaje	1 día	SP
10		Separadores y residuos de etiquetas por el suelo	15.09.2016	Organizar	Fabricar 6 tachos para reciclar plásticos y cartón	7 días	SP

11		Discos de pulido desordenados por las máquinas de Pulido	15.09.2016	Clasificar y organizar	Organizar en el estante de pulidoras	7 días	SP
12		Repuestos de máquinas en los alrededores de las máquinas	15.09.2016	Clasificar y organizar	Revisar las piezas en buen estado	3 días	SP
13	Entalle	Brocas y planos desordenados	15.09.2016	Clasificar y organizar	Identificar los materiales necesarios	3 días	SP
14		Separadores de cartón en diversos recipientes	15.09.2016	Organizar	Se fabricará 2 tachos para reciclar plásticos y cartón	7 días	SP
15		Cartones y separadores por zona de trazado	15.09.2016	Organizar	Se reciclará en tachos	3 días	SP
16		EPP por diferentes lugares de la sección	15.09.2016	Organizar	Se fabricará un colgador para ordenar EPP	7 días	SP
17	Templado	Herramientas para colocación de logo por diferentes zonas	15.09.2016	Organizar	Se fabricará un organizador	3 días	SP
18		Materiales desordenados de otras secciones	15.09.2016	Trasladar a la sección	Devolver los materiales	1 día	SP
19		Caballetes por temprar desordenados	15.09.2016	FIFO	Llevar solo lo necesario	7 días	SP
20		Caballetes templados no los llevan	15.09.2016	Trasladar	Trasladar a zona tránsito	7 días	SP
21		Plantillas de otras áreas desordenadas	15.09.2016	Organizar	Fabricar organizador	7 días	SP






Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-18 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN, TARJETA ROJA.

TARJETA <span style="margin: 0 20px;">○</span> ROJA	TARJETA <span style="margin: 0 20px;">○</span> ROJA												
<p><b>Información General</b></p> <p>Fecha: <u>20 de marzo</u>      Etiquetado por: <u>Carlos Delgado</u>                      Nombre del Artículo: <u>Cartones</u>                      Ubicación: <u>Línea de Templado, Corte, Bottero 03</u></p>	<p><b>Acción a Tomar</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Retornar a: <u>Otros</u>  <input type="checkbox"/> Descartar  <input type="checkbox"/> Mover al área de Tarjetas Rojas  <input type="checkbox"/> Llevar a sitio de almacenaje</p> <p>Otro: <u>Se utiliza para separadores de vidrios, se destinará a la zona correspondiente</u></p>												
<p><b>Categoría</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Equipo</td> <td><input type="checkbox"/> Materia Prima</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Herramienta</td> <td><input type="checkbox"/> Productos en Proceso</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Productos Terminados</td> <td><input type="checkbox"/> Instrumento de medición</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Instrumentos</td> <td><input type="checkbox"/> Material de Oficina</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Insumos</td> <td><input type="checkbox"/> Piezas</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Partes de Máquinas</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Otro</td> </tr> </table> <p>Otro: <u>Son restos de cajas sin uso del área de almacén</u></p>	<input type="checkbox"/> Equipo	<input type="checkbox"/> Materia Prima	<input type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Productos en Proceso	<input type="checkbox"/> Productos Terminados	<input type="checkbox"/> Instrumento de medición	<input type="checkbox"/> Instrumentos	<input type="checkbox"/> Material de Oficina	<input type="checkbox"/> Insumos	<input type="checkbox"/> Piezas	<input type="checkbox"/> Partes de Máquinas	<input checked="" type="checkbox"/> Otro	<p><b>Comentarios Adicionales</b></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<input type="checkbox"/> Equipo	<input type="checkbox"/> Materia Prima												
<input type="checkbox"/> Herramienta	<input type="checkbox"/> Productos en Proceso												
<input type="checkbox"/> Productos Terminados	<input type="checkbox"/> Instrumento de medición												
<input type="checkbox"/> Instrumentos	<input type="checkbox"/> Material de Oficina												
<input type="checkbox"/> Insumos	<input type="checkbox"/> Piezas												
<input type="checkbox"/> Partes de Máquinas	<input checked="" type="checkbox"/> Otro												
<p><b>Razón para Etiqueta Roja</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Material obsoleto</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> Material de desecho</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Material no necesario</td> <td><input type="checkbox"/> Uso desconocido</td> </tr> </table> <p>Otro: .....</p> <p>.....</p>	<input type="checkbox"/> Material obsoleto	<input checked="" type="checkbox"/> Material de desecho	<input type="checkbox"/> Material no necesario	<input type="checkbox"/> Uso desconocido	<p>Número de Registro: <span style="background-color: #f4a460; color: white; padding: 5px 10px; border: 1px solid black; font-weight: bold;">27</span></p>								
<input type="checkbox"/> Material obsoleto	<input checked="" type="checkbox"/> Material de desecho												
<input type="checkbox"/> Material no necesario	<input type="checkbox"/> Uso desconocido												


Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-13 ¿CÓMO APLICAMOS 5S?

<p><b>1ra S Clasificar</b>                  ¿Qué debemos tirar?                  Plásticos, restos de cinta scotch, etiquetas inservibles, madera, deshumecedor, papeles, etc.                  ¿Qué debe ser guardado?                  Modulaciones utilizadas.                  Alicates, vaselina, trapo, embudo.                  Retazos de vidrios.</p> 	<p><b>2da S Ordenar</b>                  ¿De qué manera podemos reducir la cantidad de materiales que tenemos?                  Reciclar las modulaciones, desechar pasado el mes.                  ¿Dónde se debe colocar lo necesario?                  Estante de materiales. Ubique el mejor lugar.                  ¿Qué cosas realmente no es necesario tener a la mano?                  Vaselina, trapo, embudo.</p> 
<p><b>3ra S – Limpiar</b>                  ¿Qué cree realmente que puede considerarse como “Limpio”?                  Mesa limpia, pisos sin polvo, cartones, vidrio.                  ¿Cómo cree que podría mantenerlo Limpio siempre?                  Compromiso de todos, estableciendo horarios.                  ¿Qué utensilios, tiempo o recursos necesitaría para ello?                  Escoba, agua, aserrín, balde, recogedor, 5min 3 veces al día.                  ¿Qué cree que mejoraría el grado de Limpieza?                  Limpiando la tierra de toda la planta                  Evitando botar retazos de vidrio al piso</p>	
<p><b>4ta S – Estandarizar</b>                  Es mantener lo ganado.                  ¿Qué tipo de carteles, avisos, advertencias, procedimientos cree que faltan?                  Responsabilidades de limpieza.                  Delimitar los pisos.</p> 	<p><b>5ta S – Disciplina</b>                  Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción.                  Entrenamiento continuo.                  Realizar seguimiento para no perder lo ganado.</p> 

Fuente: Elaboración propia

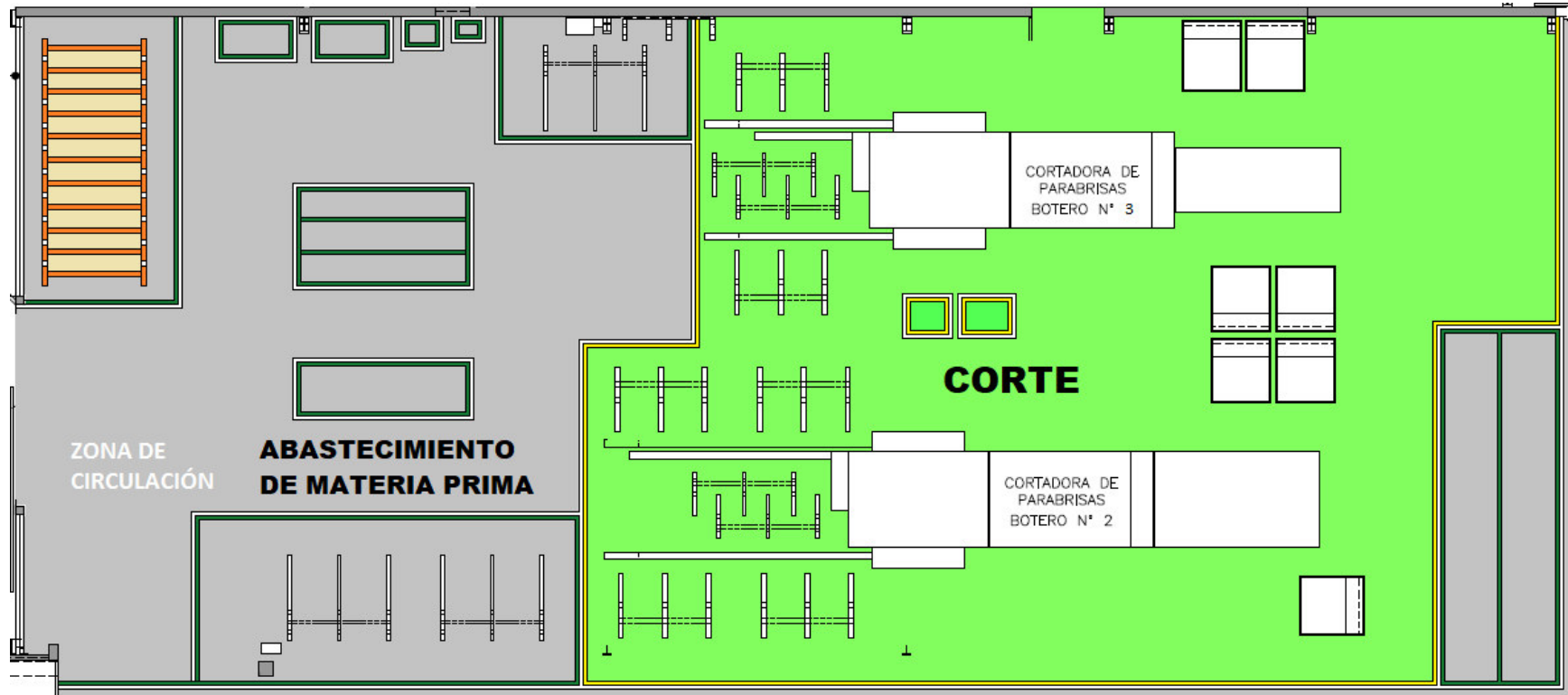
CUADRO N° 4-14 INSPECCIÓN DE LIMPIEZA

INSPECCIÓN DE LIMPIEZA	Nombre del área <i>Línea de Templado, Corte.</i>		Año 2016						
	Nombre de máquina <i>BOTTERO 02</i>		Mes <i>SETIEMBRE</i>						
Puntos de inspección	Fecha	Inspector	1	2	3	4	5	6	7
	1 (M)	Capcha	√	√	√	√	√	√	√
	2 (J)	Alcántara	√	√	√	√	√	X	√
	3 (V)	Paz	√	√	√	√	√	√	√
	6 (L)	Quicaño	√	√	X	√	√	√	√
	7 (M)	Rivera	X	√	√	√	√	√	√
	8 (M)	García	√	√	√	√	√	√	√
	9 (J)	Gálvez	√	√	√	X	√	√	√
	10 (V)	Montero	√	√	√	√	√	√	√
	13 (L)	Guerrero	√	√	√	√	√	√	√
	14 (M)	Hilario	√	√	√	√	X	√	√
	15 (M)	Cárdenas	√	√	√	√	√	√	√

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA N° 4-19 IDENTIFICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE ÁREAS DE TRABAJO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4-15 ESTÁNDAR DE LIMPIEZA

5S	Estándar de limpieza										
	Nombre del equipo: Cortadora Bottero 02			Ubicación: Línea de Templado, Corte							
	Punto	Ubicación	Estándar	Método	Acción	Frecuencia				Duración	Realizado por
						Diario	Semanal	Mensual	Otros		
Limpieza	1	Mesa de trabajo	Sin esquirlas y polvo	Aspiradora	Informar al Supervisor	X				1 min	Colaboradores de Corte
	2	Zona de tachos de retazos	Sin polvo y sin vidrios, cartones en el suelo,	Manual con agua, escoba y recogedor	Informar al Supervisor	X				4 min	Colaboradores de Corte
	3	Zona de trozado	No dejar caer los vidrios al piso	Manual a distancia media	Echar los retazos de vidrio sin llenar más del 90% del tacho	X				2 min / 3 veces x día	Colaboradores de Corte
	4	Zona de descarga	Caballetes ordenados	Manual con carretilla hidráulica	Colocar los caballetes tipo A, L c/rueda en su ubicación	X				2 min / 3 veces x día	Colaboradores de Corte
	5	Zona de carga	Libre de materiales en el piso	Manual con escoba y recogedor	Informar al Supervisor		X			15 min	Colaboradores de Corte
Lubricación	6	Zona de trazado	Abastecedor de vaselina sin chorros en el suelo	Revisar y usar embudo al llenar	Llenar con cuidado usando embudo.			X		3 min	Operador de Corte
	7	Zona de carga	Lubricante de motor sin fugas de aceite	Revisar a inicio de turno	Informar al supervisor			X		2 min	Operador de Corte

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-16 AUDITORÍA 5S. CHECKLIST

AUDITORÍA 5'S – CHECKLIST					
ÁREA:	<b>CORTE</b>	AUDIT #:	2	DATE:	19/10/2016
% AUDITORIA ANTERIOR:	<b>71.9%</b>	AUDITADO POR:	Ingeniería de Procesos	PROXIMA AUDITORIA:	19/11/2017
PASOS	CLASIFICAR	ORDEN	LIMPIEZA	ESTANDARIZAR	DISCIPLINA
PUNTUACION	20	35	33	24	18
# DE PREGUNTAS	6	10	10	7	5
PROMEDIO DE PUNTAJE	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.4</b>	<b>3.6</b>
				PORCENTAJE CUMPLIDO	<b>85.5%</b>
<b>DIRECTRICES DE CALIFICACIÓN</b>					
	<b>0; 1 DEFICIENTE</b>	<b>1; 2 REGULAR</b>	<b>2; 3 BUENO</b>	<b>3; 4 EXCELENTE</b>	
CALIFICACIÓN	CATEGORÍA		DESCRIPCIÓN		
<b>1 DEFICIENTE</b>	Ligero Esfuerzo		No ha habido mucha actividad relacionada con 5'S en esta área. No hay esfuerzo organizado, cualquier esfuerzo es probablemente el trabajo de 1-2 personas. Hay muchas oportunidades de mejora.		
<b>2 REGULAR</b>	Nivel Mínimo Aceptable		Se han hecho algunos intentos para implementar 5S, pero los esfuerzos son de carácter temporal y / o superficiales. Las mejoras anteriores son cada vez más frecuentes.		
<b>3 BUENO</b>	Por encima del Promedio		Todo el equipo está trabajando en la mejora de la implementación de las 5S. El nivel de las 5S en el área de trabajo es muy bueno, aunque todavía hay margen de mejora.		
<b>4 EXCELENTE</b>	Resultados Excelentes		El nivel de 5S en el área de trabajo es excelente. Las 5S está plenamente desarrollada en el área.		

Fuente: (Mateo López, 2011).

CLASIFICACIÓN - DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	PUNTUACION
1) Solo los <b>materiales, piezas de repuesto necesarias, etc.</b> están presentes en la estación de trabajo. Los artículos no requeridos se retiran del lugar de trabajo.	3
2) Solo las <b>herramientas</b> necesarias están presentes en la estación de trabajo. Los artículos no requeridos se retiran del lugar de trabajo.	3
3) Solo la <b>documentación</b> requerida está presente en la estación de trabajo. Los carteles fuera de fecha o innecesarios, notas, avisos, informes, etc se retiran del lugar de trabajo.	4
4) Solo el <b>material necesario</b> está presente en la estación de trabajo. Todos los equipos obsoletos, rotos o innecesarios, estanterías, armarios, mesas de trabajo, etc, no requerido se retiran del lugar de trabajo.	4
5) Solo los <b>muebles necesarios</b> están presentes en la estación de trabajo. Todas las sillas rotas o innecesarios, estanterías, armarios, mesas de trabajo, etc, no requerido se retiran del lugar de trabajo.	4
6) Los <b>Peligros</b> donde se puede tropezar tales como cables eléctricos, materiales, cajas, etc. son retirados de las áreas donde se camina permanente.	2
ORDEN - DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
7) La ubicación de los <b>contenedores, cajas, papeleras, materiales, etc.</b> están claramente definidas por las líneas de pintado y debidamente etiquetados (número de pieza, cantidad, etc.)	3
8) Las <b>herramientas</b> tienen un lugar de almacenamiento designado que está al alcance del operador, se etiquetan correctamente y las herramientas pueden ser fácilmente ubicadas cuando se necesitan.	4
9) Las <b>carpetas</b> son etiquetados correctamente y tienen un carácter claramente definido y la ubicación es visible a los operadores lejos de las zonas de trabajo.	-
10) Los <b>materiales</b> están claramente identificados (número, nombre, código de color, etc) y se colocan en un lugar debidamente identificados. Los puntos críticos de mantenimiento están claramente marcados.	3
11) El <b>mobiliario</b> esta claramente identificado (número, nombre, código de color, etc) y se coloca en un lugar debidamente identificados.	4
12) Las áreas que requieren <b>equipos de protección personal</b> están claramente identificados.	2
13) Los <b>interruptores de paro</b> y los interruptores son visibles y ubicados para facilitar el acceso en caso de emergencia.	4
14) Los <b>extintores</b> y otros equipos de emergencia son claramente visibles y sin obstáculos.	4

15) Las condiciones de <b>trabajo son ergonómicas</b> . Herramientas se almacenan a una altura apropiada, dispositivos de ayuda se proporcionan cuando sea necesario.	3
16) El <b>lugar de trabajo</b> está diseñado para salir cómodamente en caso de emergencia.	4
17) Los <b>pasillos</b> y las rutas para los vehículos están claramente identificados y sin obstáculos. Las salidas están claramente marcadas y sin obstáculos.	4
<b>LIMPIEZA - DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	
18) Los <b>contenedores, cajas, papeleras</b> , etc están limpios y no rotos, agrietados o dañados de cualquier forma. Son cuidadosamente organizados.	3
19) Las <b>herramientas</b> se mantienen limpias, en perfecto estado y buen funcionamiento. Siempre que sea posible las herramientas se almacenan, limpian y están sin riesgo de daño.	4
20) La <b>papelera</b> no está rota, está limpia y protegida de la suciedad.	2
21) Las <b>superficies de trabajo</b> (máquinas, mesas de trabajo, y otros equipos y muebles) están limpias y pintadas (si es que fuera necesario).	4
22) El <b>piso</b> está libre de polvo y suciedad, aceite, piezas, plásticos, cajas vacías, botellas, etc. Drenajes (si se requiere) están bien ubicados y sin obstrucciones.	4
23) <b>Paredes, divisiones, barandas</b> , etc están pintadas y limpias.	4
24) Hay un <b>calendario</b> que muestra los tiempos, la frecuencia y responsabilidades para limpiar las áreas del lugar de trabajo.	3
25) Todos los <b>equipos de limpieza</b> están bien guardados y están disponibles cuando son necesarios.	4
26) Los <b>equipos de protección individual</b> se mantienen en buenas condiciones (fiabes y sanitarias) y están correctamente guardados para su fácil búsqueda cuando se requieran.	2
27) Respecto a los <b>equipos de seguridad</b> están claramente identificados. Los protectores de seguridad están pintados, en buenas condiciones de trabajo y proporcionan una protección adecuada.	3
<b>ESTANDARIZAR - DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	
28) Las <b>herramientas, equipos, papelería, muebles</b> , etc se almacenan de forma ordenada en las áreas designadas y se devuelven inmediatamente después de cada uso.	3
29) Los <b>documentos</b> están etiquetados de manera clara. En cuanto a contenidos, la responsabilidad del control y revisión. La fecha y el número de revisión son claramente visibles.	-

30) Los <b>registros de mantenimiento de equipos</b> son claramente visibles (cuando se hizo el último mantenimiento y cuando está programado el próximo mantenimiento).	3
31) Los <b>residuos de los productos</b> (p.ej. virutas, contenedores, líquidos, envolturas, etc.) se limpian a menudo, y retirados del lugar de trabajo.	4
32) Las <b>medidas preventivas</b> se han implementado para garantizar que el lugar de trabajo cumple con las directrices de las 5S (por ejemplo, sistemas que no permiten la acumulación de residuos, tales como recipientes para recoger las virutas producto de las máquinas).	3
33) Los <b>resultados de la auditoría anterior</b> se publican y son claramente visible para todo el personal.	4
34) Las <b>áreas para la mejora</b> identificada durante la auditoría anterior se han terminado.	3
35) El <b>ambiente de trabajo</b> cumple con los requisitos de la tarea que se está realizando, iluminación, aire, temperatura, etc.	4
<b>DISCIPLINA - DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD</b>	
36) Un miembro de la <b>gerencia</b> ha participado en una auditoria de 5S, o de otra actividad relacionada durante los últimos 3 períodos de auditoría.	4
37) Se le da <b>reconocimiento</b> a los equipos que participan en las actividades 5S.	3
38) Se asigna <b>tiempo y recursos</b> a las actividades de 5S (por ejemplo, designación diaria/semanal para la limpieza, líder del equipo de 5S, etc)	4
39) Todos los colaboradores, los jefes de equipo, supervisores, etc. Son asignados a las diferentes áreas, zonas, etc para las <b>5S actividades</b> que se realizarán al menos una vez por semana.	4
40) El equipo tomó la <b>iniciativa</b> de hacer mejoras en el lugar de trabajo que no fueron detectadas durante la auditoría 5S pasado.	3
<b>MEJORAS</b>	<b>FECHA</b>

Fuente: (Mateo López, 2011).

FIGURA N° 4-20 5S – ORDEN Y ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE CORTE.



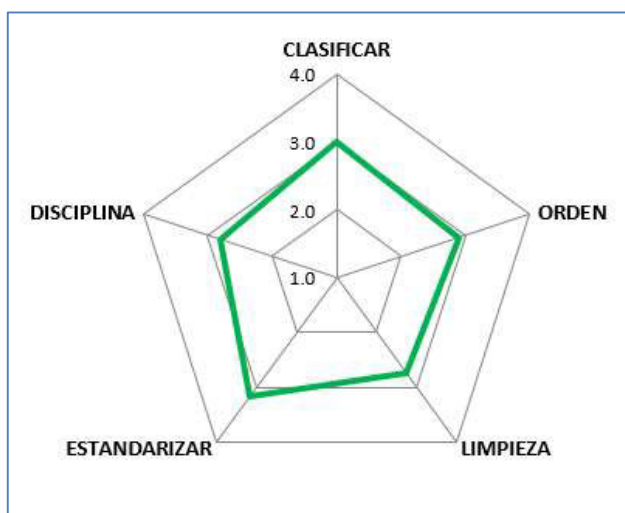
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-21 ORDEN Y ESTANDARIZACIÓN DEL ÁREA DE TEMPLADO.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-22 GRÁFICA RADIAL DE AUDITORÍA 5S



Fuente: Adaptado de (Mateo, 2010)

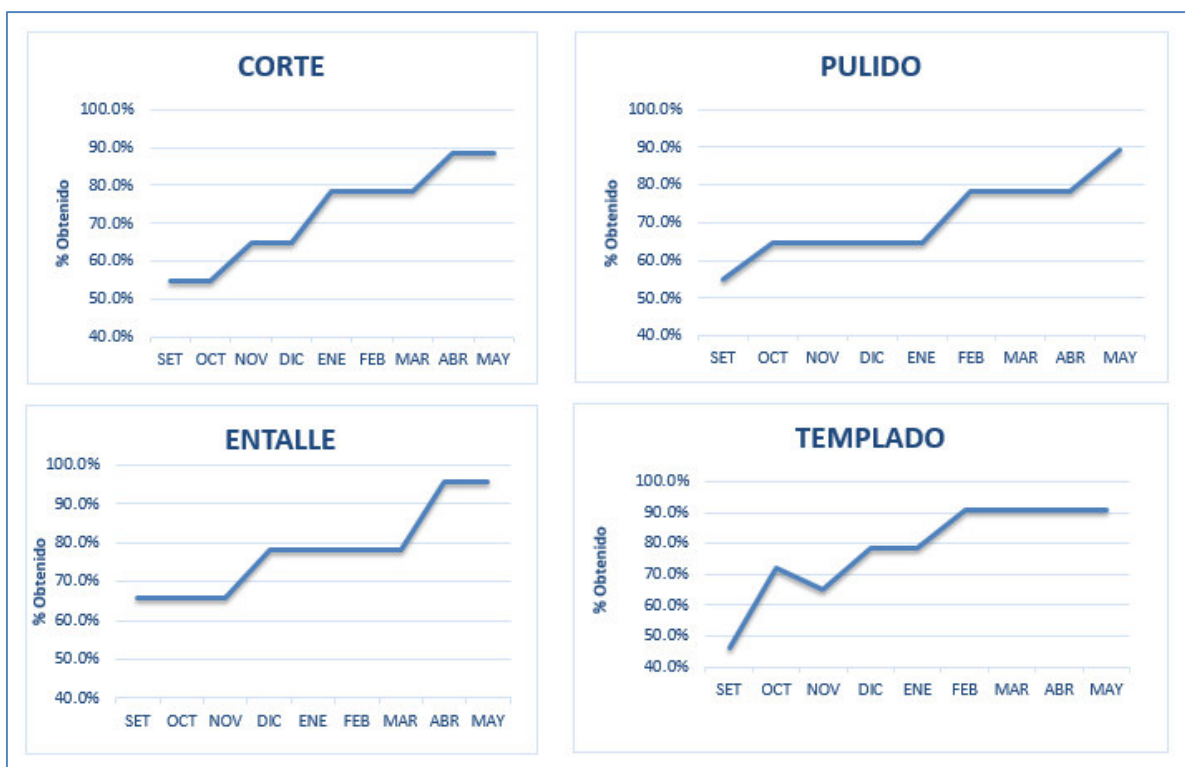
CUADRO N° 4-17 RESULTADO DE LAS AUDITORÍAS 5S.

	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
<b>CORTE</b>	54.8%	54.8%	64.8%	64.8%	78.3%	78.3%	78.3%	88.5%	88.5%
<b>PULIDO</b>	54.8%	64.8%	64.8%	64.8%	64.8%	78.3%	78.3%	78.3%	89.5%
<b>ENTALLE</b>	65.6%	65.6%	65.6%	78.3%	78.3%	78.3%	78.3%	95.6%	95.6%
<b>TEMPLADO</b>	46.3%	71.9%	64.8%	78.3%	78.3%	90.6%	90.6%	90.6%	90.6%

Fuente: Elaboración propia.



FIGURA N° 4-23 PORCENTAJE OBTENIDO EN LA IMPLEMENTACIÓN 5S.



Fuente: Elaboración propia

### **Análisis SMED para reducción de paradas por Mantenimiento – Línea Forel**

El mantenimiento de la máquina toma más de 9 horas, es por ello la necesidad de reducir el tiempo de los mantenimientos semanales.

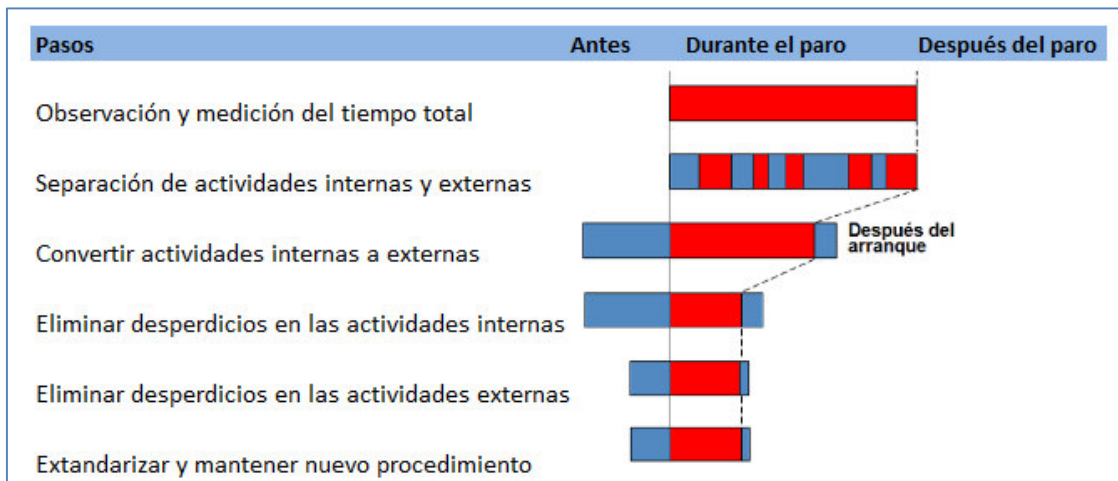
A continuación, se muestra los tiempos en cada una de las actividades durante el mantenimiento de la Máquina Forel - Área de Pulido.

CUADRO N° 4-18 ACTIVIDADES DURANTE EL MANTENIMIENTO LÍNEA FOREL.

Item	Operación	Tiempo	Interno	Externo
1	Vaciar aguas de tina	15 min		X
2	Limpieza de filtros	10 min	X	
3	Cambio de mallas	5 min		X
4	Limpieza de ruedas	45 min		X
5	Limpieza de zarro	5 min	X	
6	Sacar guardas de guía	25 min	X	
7	Limpieza de carril	90 min	X	
8	Limpieza de cabezal	25 min	X	
9	Limpieza de paredes	120 min		X
10	Limpisar pisos	10 min		X

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-24 REDUCCIÓN EN LOS TIEMPOS DEL MANTENIMIENTO.



Fuente: Elaboración propia.

### **4.2.3. Paso 3: Eliminar las fuentes de desperdicios**

#### **A) Uso de montacargas para el traslado de caballetes.**

La producción de vidrios, organizados en caballetes se colocan fuera del área de operaciones, pero no cuenta con un lugar establecido para el posterior recojo del área siguiente, luego del reordenamiento aplicando 5S se tiene con espacios donde es posible organizar de una forma más ordenada los caballetes.

#### **B) Uso de carretillas hidráulicas**

El uso de carretillas hidráulicas es frecuente y necesario para el movimiento de todos los caballetes, uno de los problemas constantes en el uso de estos equipos es la poca disposición, revisando información, inicialmente se contaban con una carretilla hidráulica para cada área, contando con un total de 8 carretillas, pero con el uso constante y la complicada manipulación de estos tan solo quedaban operativos 4 carretillas. Dentro de la resolución del problema: Se aprobó la compra de 6 nuevas carretillas para cada una de las áreas que no contaban con la misma.

#### **C) Distribución de permanente de piezas**

Como segunda medida al problema de falta de carretillas hidráulicas se compró una carretilla eléctrica, con uso de su capacidad al 100%, operada del mismo modo por una persona al 100%, encargada de distribuir los caballetes entre las áreas.

**D) Establecimiento de supermercados de entrega de materiales y consumo de materiales.**

El establecimiento de espacios asignados para la distribución de caballetes es el primer punto para analizar la oportunidad de establecer supermercados donde se pueda entregar las piezas producidas y el “consumo” para el siguiente proceso. Por otra parte, se tiene necesidad de reducir los valores de inventario, y buscar que el flujo se vuelva continuo, para facilitar esta tarea, mediante el registro de piezas producidas es posible

obtener la cantidad en m<sup>2</sup> y detalladamente las piezas pendientes, del mismo modo es mucho más fácil ahora poder procesar las piezas encontradas dentro del supermercado.

E) Implementación de etiquetas con codificación de colores para un rápido reconocimiento de las órdenes prioritarias, FIFO.

CUADRO N° 4-19 CODIFICACIÓN DE COLORES PARA ENTREGA DE PRODUCTOS

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
Rosado	Azul	Anaranjado	Amarillo	Rojo

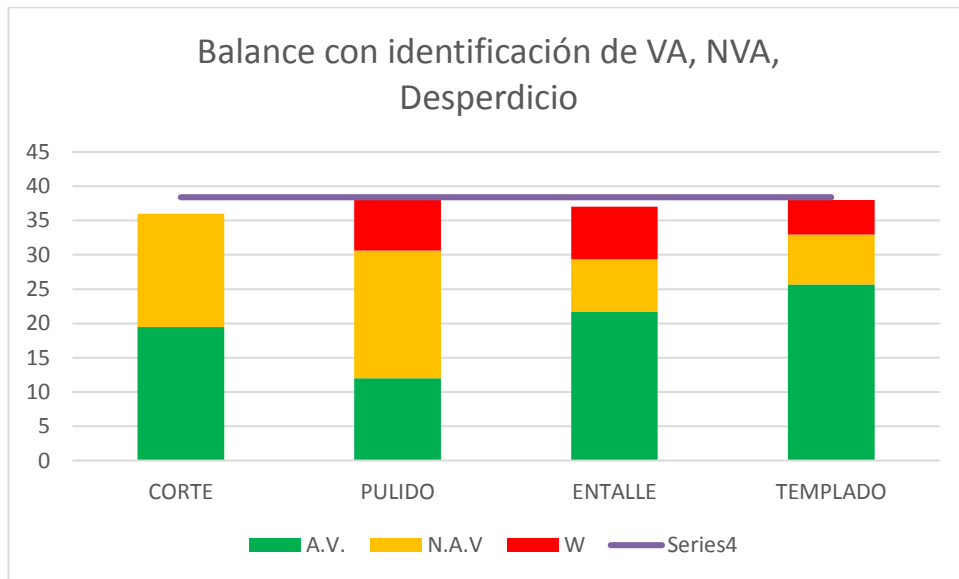
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-20 COMPARACIÓN DE VA, NVA Y W CON LA IMPLEMENTACIÓN.

Estado	AV (segundos)	NAV (segundos)	W (segundos)
Antes	77	51	54
Después	79	50	20
Resultado	↑ 8%	↓ 6%	↓ 60%

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 4-25 BALANCE DE LAS OPERACIONES. TIEMPO DE CICLO



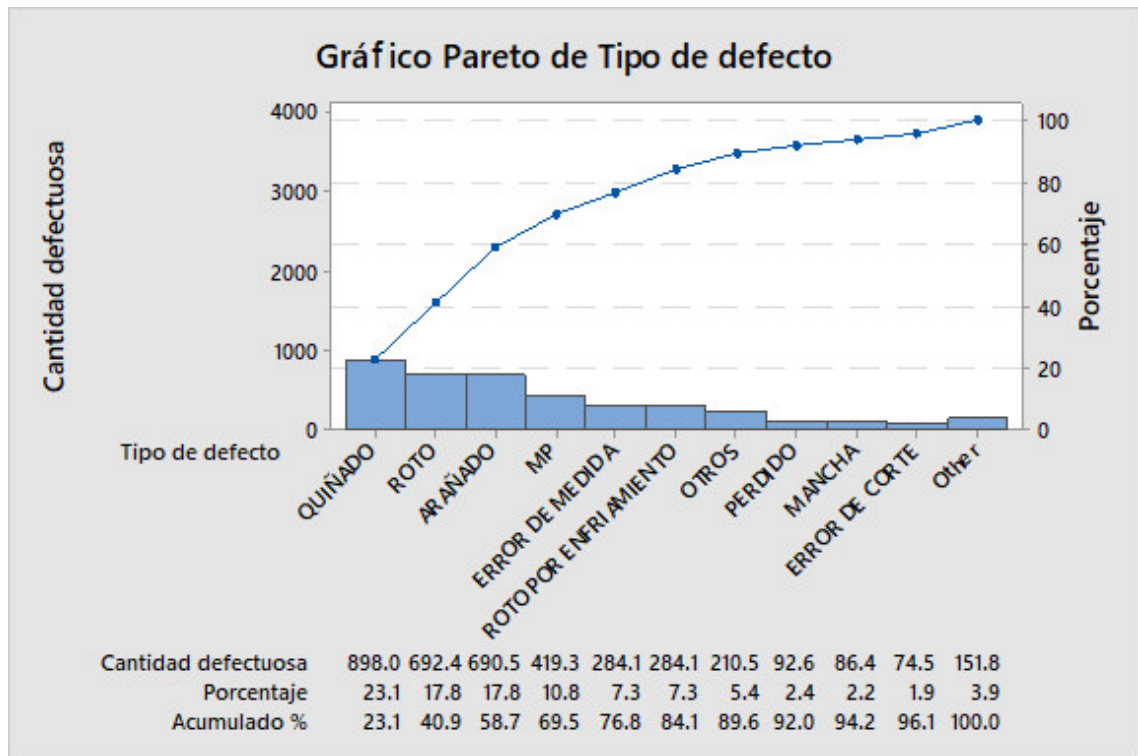
Fuente: Elaboración propia.

### **Kaizen – Reducción de defectos para reducir el Tiempo Operativo por Reposiciones y Reprocesos**

En base al uso de Diagramas de Ishikawa se podrá encontrar las causas de los principales problemas que afectan a la productividad, mermas, tiempos de fabricación largos, lead time largo, etc.; a continuación, evaluamos alguno de ellos:

Se había comentado que los principales defectos dentro del alto porcentaje de merma son Quiñado, Roto, Arañado, Materia Prima y Error de Medida; además del porcentaje de reprocesos, comprendamos que reduciendo el porcentaje de merma de más de 8%, estamos incrementando la eficiencia y productividad del sistema.

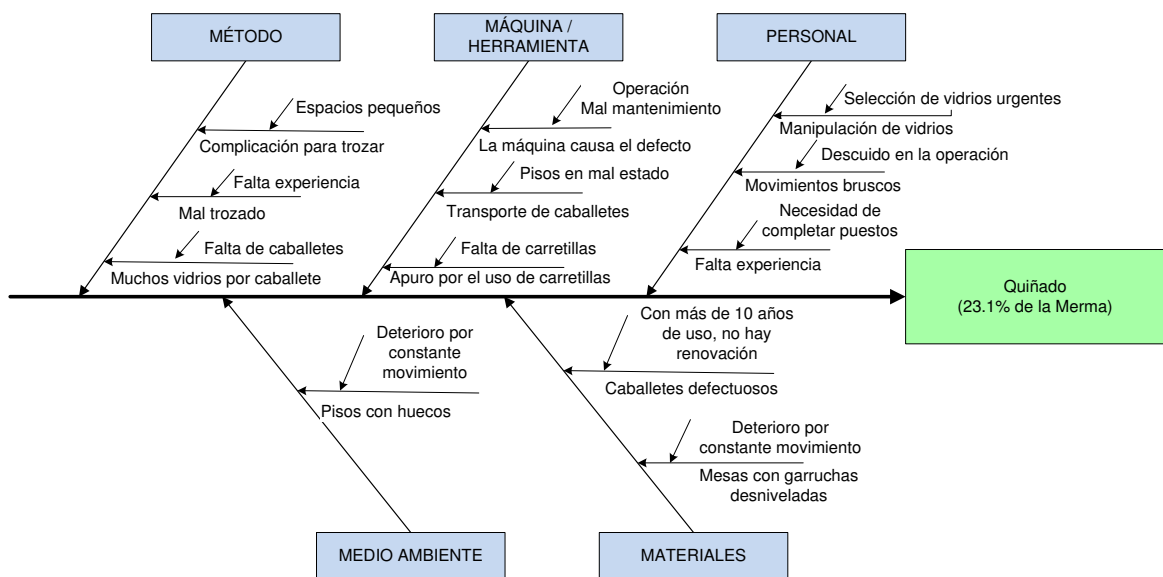
FIGURA N° 4-26 GRÁFICO PARETO DE TIPO DE DEFECTO



Fuente: Elaboración propia.

Se presenta el diagrama CE (Causa-Efecto) para el efecto de falla Quiñado:

FIGURA N° 4-27 DIAGRAMA CAUSA EFECTO. QUIÑADO



Fuente: Elaboración propia.

Luego de elaborar el Diagrama de Causa y Efecto, es necesario utilizar una técnica analítica para asegurar que se ha considerado y estudiado cada uno de los fallos potenciales del proceso, e identificar las acciones a tomar para prevenir o detectar defectos o problemas potenciales. Todo lo mencionado es posible usando la Técnica AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos).

FIGURA N° 4-28 CONCIENTIZACIÓN EN REDUCCIÓN DE MERMAS



Fuente: Elaboración propia

Ver a continuación, Matriz AMFE en la Línea de Templado:

CUADRO N° 4-21 MATRIZ AMFE PARA LOS DEFECTOS DE PRODUCCIÓN

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA (AMEF)																
DIVISIÓN	VIDRIOS	ÁREA	ARQUITECTURA	DESCRIPCIÓN	CORTE - PULIDO	AMEF N°	Fecha:		Elaborado por: Cristian López							
							1	Moja 1 DE	Revisado por: Fabiola Grande							
PROCESO	DESCRIPCIÓN DEL SUO PROCESO	MODO DE LA FALLA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA DE LA FALLA	SITUACIÓN ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	EVALUACIÓN DE MEJORAS					
					ACCIONES ACTUALES	OCCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCIÓN			NPR	ACCIONES ADOPTADAS	OCCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCIÓN	NPR
Es el primer proceso en la División de	Complicación para trozar Mal trozado Se coloca demasiados vidrios por caballete Se quitan los vidrios al trasladar caballetes Se bajan vidrios en caballetes defectuosos Los vidrios se quitan al tratar de desenterrar vidrios Los vidrios se rayan al tratar de desenterrar vidrios	QUIÑADO 23%	Especios pequeños al borde del vidrio	Se modula por ahorro en merma	10	10	1	100	Mejorar la modulación tomando en cuenta lo indicado	Juan Méndez	En prueba	9	10	1	90	
				Experiencia del trozador	Se programa personal por necesidad	10	7	1	70	Revisar la distribución del personal	Fabiola Grande	Aún no se ha revisado	9	7	1	63
				Falta de caballetes para descargar las piezas	Se descarga los vidrios sin conocer la capacidad máxima	10	7	6	420	Evaluar la cantidad de vidrios por caballete. Destinar personal para habilitar caballetes	Fabiola Grande	En revisión	9	7	6	378
				Se usan separadores delgados para espesores mayores a BMM	Se usan los separadores de cartón delgados para todos los espesores	10	7	2	140	Usar cartón corrugado para espesores mayores a BMM	Fabiola Grande	Ejecutándose	9	7	2	126
				Felpas gastadas, jebes desgastados, maderas rotas	No existe	10	7	10	700	Programación en Taller de moldes para recuperación de caballetes	Fabiola Grande	Recuperación de caballetes tipo L, A, con rueda	9	7	10	630
				Se mezcla etiquetas en la modulación. No se tiene caballetes para separarlos. Los trabajadores no lo separan	Se modula por ahorro en merma. Se busca caballetes continuamente. Se les indica separarlos.	10	7	5	350	Revisar no mezclar las etiquetas de fechas diferentes en una misma modulación	Juan Méndez	Aún no se ha revisado	9	7	5	315
						10	7	5	350	Fabricar coche con rueda - tipo seguimiento	Fabiola Grande	En proceso de fabricación	9	7	5	315
						10	7	5	350	Designar personal para traslado de caballetes	Fabiola Grande	Ejecutándose	9	7	5	315
		10	7	5	350	Concientizar al personal	Fabiola Grande	Ejecutándose	9	7	5	315				

Fuente: Elaboración propia.

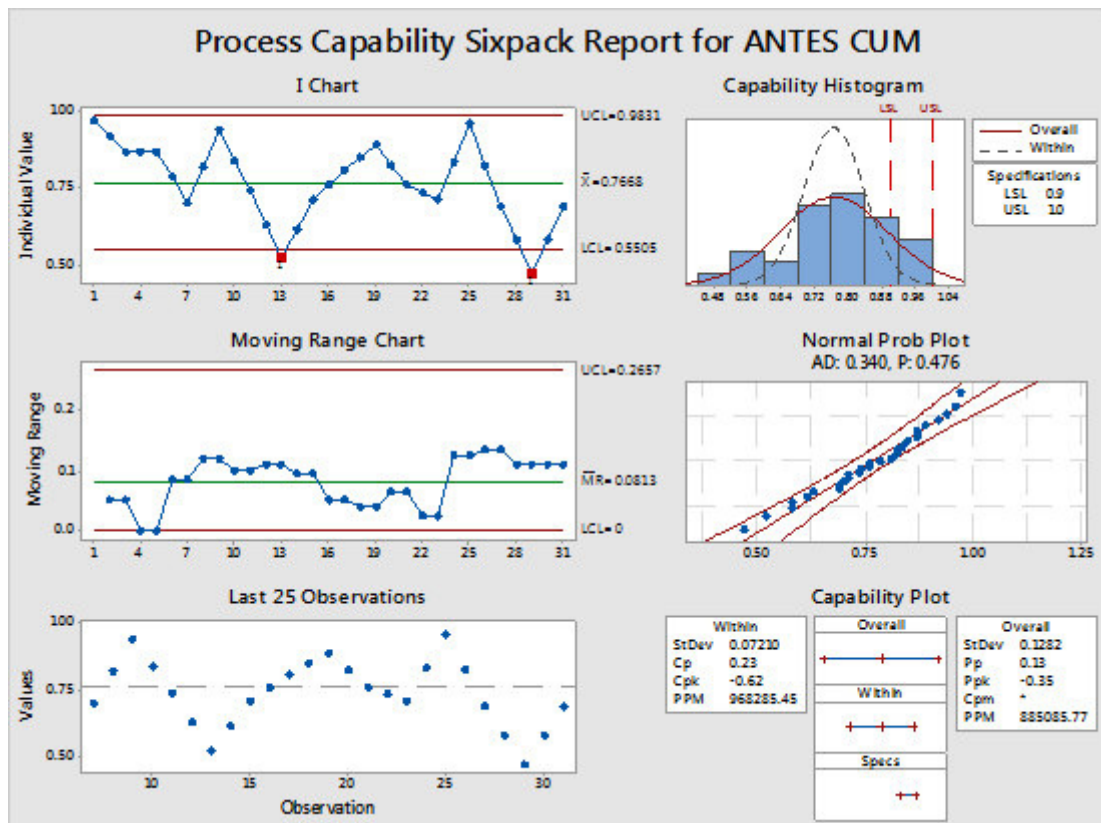


#### 4.2.4. Paso 4: Controlar la variabilidad del proceso

Después de identificar la restricción de la cadena de valor, eliminar los desperdicios y reducir los Valores no agregados, en esta cuarta etapa se utilizan técnicas de Six Sigma en el Control de la variabilidad del cuello de botella. Para ello se necesita disciplina, documentación correcta, y un proceso criterioso de seguimiento de los resultados para que estos no sean olvidados. El análisis del control de la variación en el proceso según la eliminación de desperdicios en la restricción se basa en tres fases: Análisis de la variación del Cumplimiento, Análisis de la variación del DPO y Análisis de la variación del Lead Time.

El siguiente gráfico presenta el análisis de variación de los datos, variabilidad, dispersión, y capacidad de Cumplimiento de entrega.

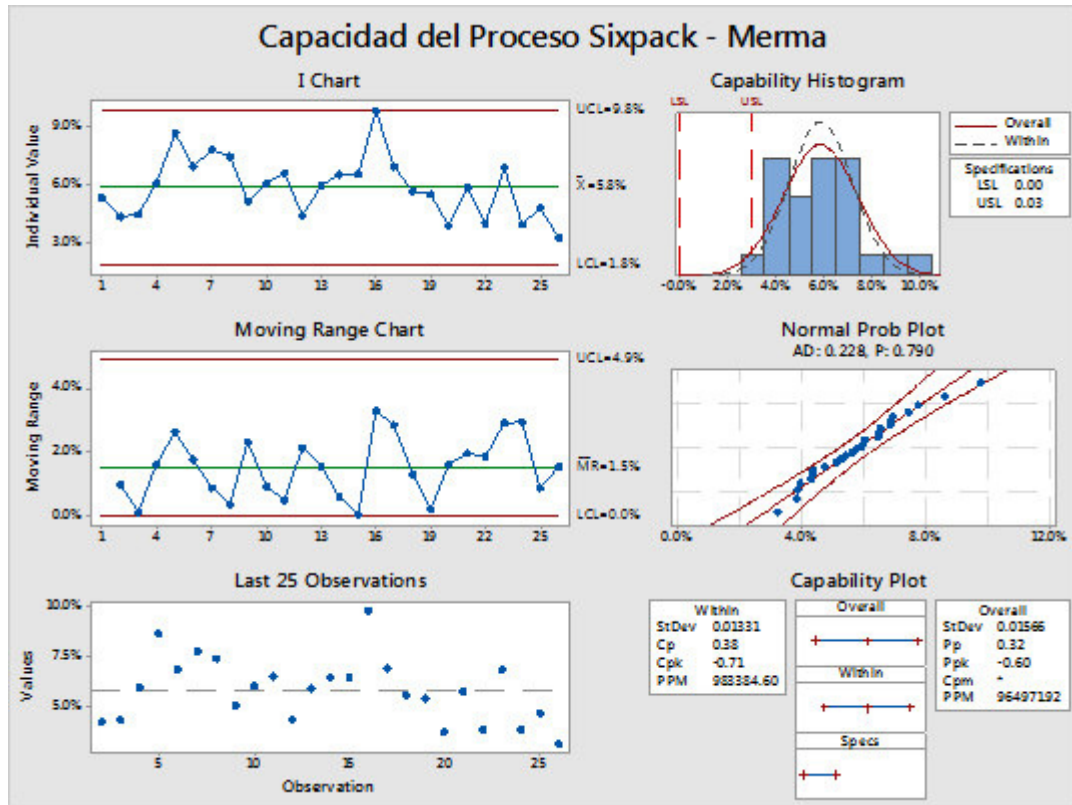
FIGURA N° 4-29 ANÁLISIS DE CAPACIDAD SIX PACK - CUMPLIMIENTO ANTES DE IITLS™.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se observa la variación, variabilidad, capacidad y dispersión de los datos de la Merma.

FIGURA N° 4-30 ANÁLISIS DE CAPACIDAD SIX PACK – MERMA ANTES DE IITLS™.



Fuente: Elaboración propia.

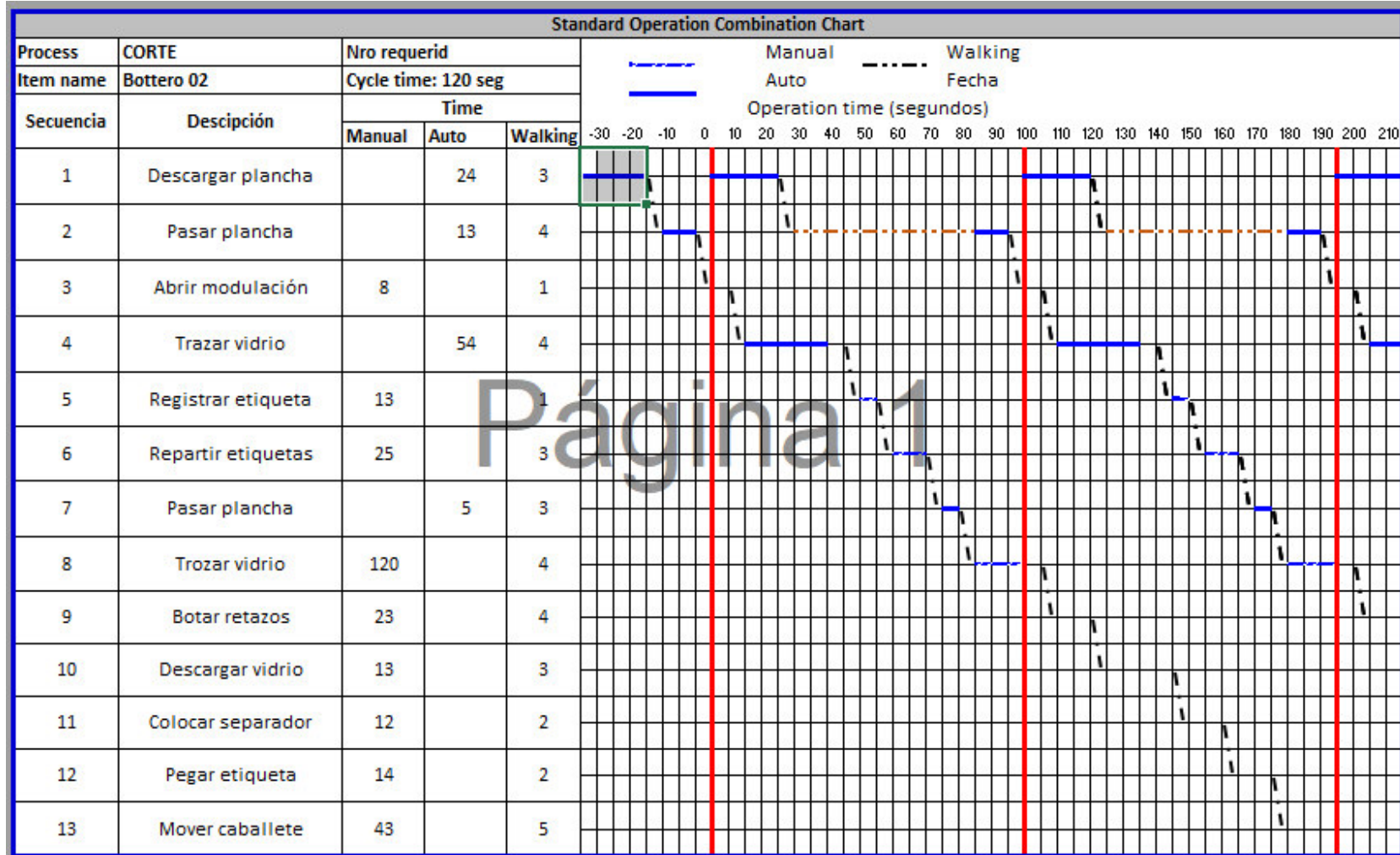
## Procedimiento Operativo Estándar

### Trabajo Estándar (reducir la variabilidad)

Para asegurar el rendimiento máximo, con un mínimo de desperdicio y pueda sostenerse en el tiempo se implementó el Trabajo Estándar de los procesos, marcando el ritmo de producción documentado, mostrando dentro de las actividades las secuencias de trabajo. El documento contribuirá a ayudar entender como la operación cumplen con los requisitos del cliente.

A continuación, se presenta la Tabla de Operaciones Estándar del área de Corte.

CUADRO N° 4-22 GRÁFICO DE COMBINACIÓN DE OPERACIONES ESTÁNDAR.

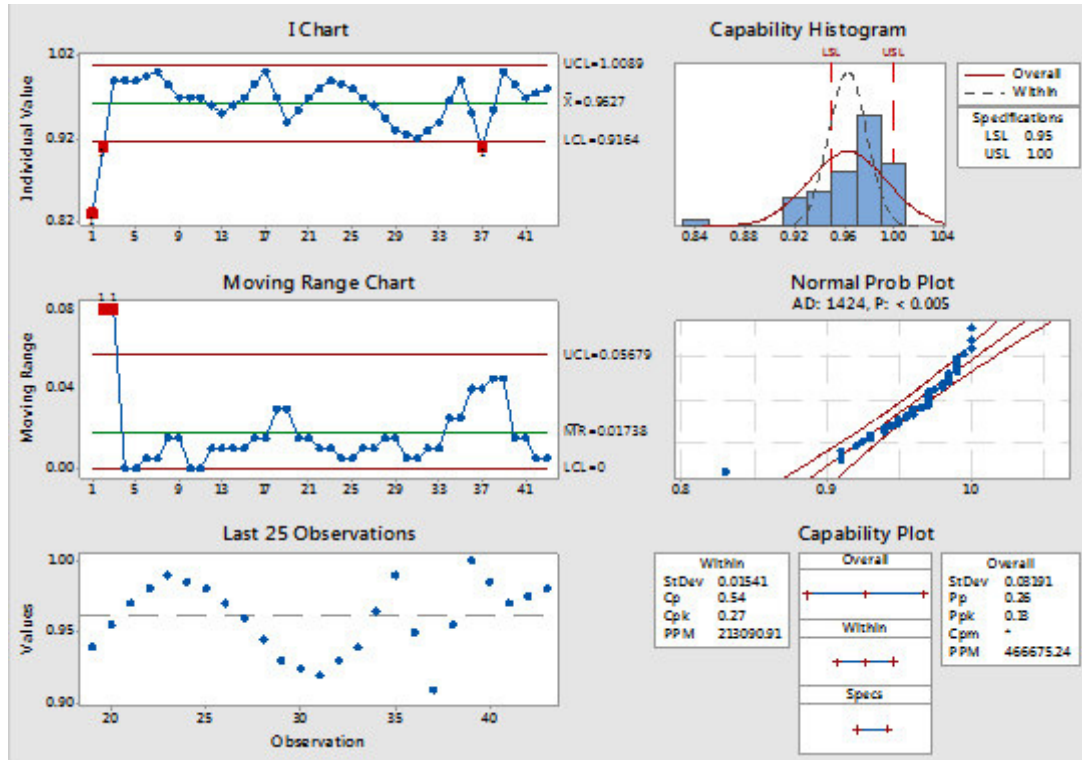


Fuente: Elaboración propia.

Luego de implementar las mejoras según el Plan se puede notar que los valores cada vez más se encuentran en el intervalo de 92% en adelante. A continuación, se muestra la variación, variabilidad, y dispersión del Cumplimiento después de la Implementación del Modelo iTLS™.

FIGURA N° 4-31 ANÁLISIS DE CAPACIDAD - CUMPLIMIENTO DESPUÉS DE ITLS™.

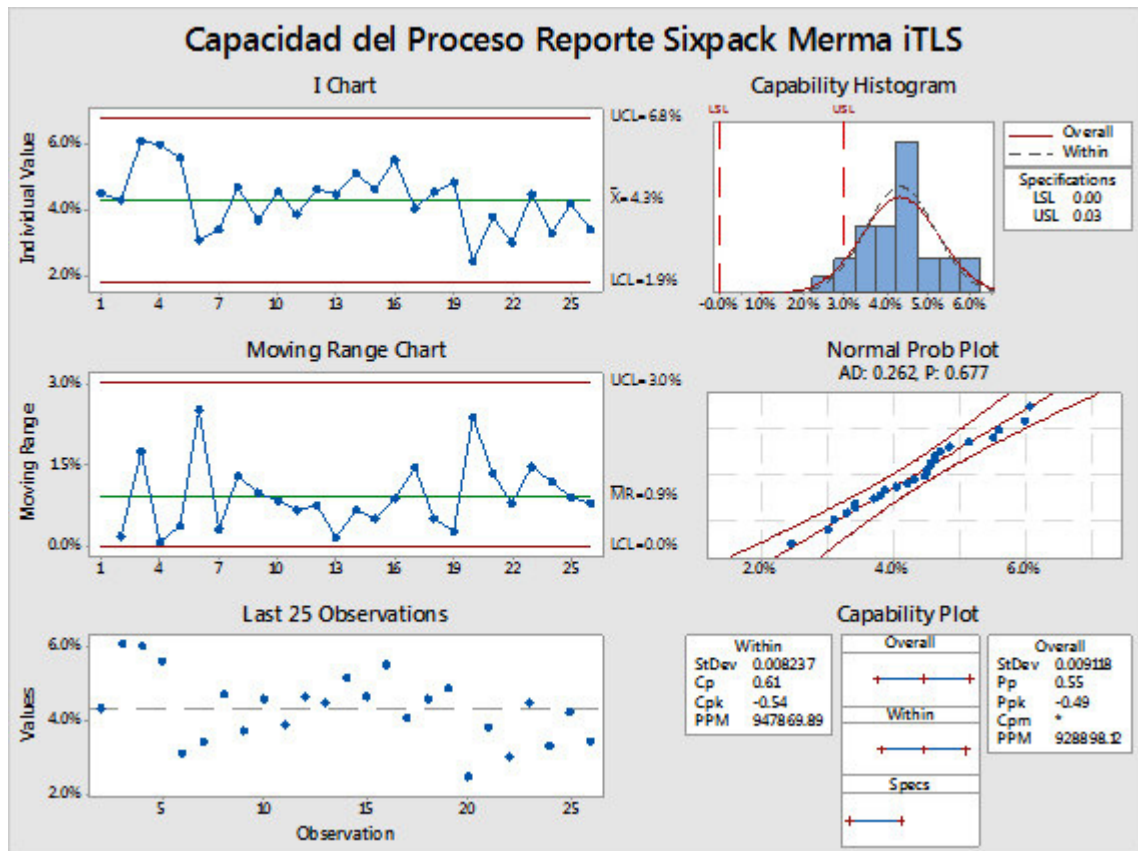
### Capacidad del Proceso SixPack – iTLS™



Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, luego de implementar las mejoras según los pasos establecidos se puede notar que los valores de la Merma cada vez más se encuentran cercanos a 3%. A continuación, se muestra la variación, variabilidad, y dispersión de la Merma después de la Implementación del Modelo iTLS™.

FIGURA N° 4-32 ANÁLISIS DE CAPACIDAD – MERMA DESPUÉS DE ITLS™.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.5. Paso 5: Controlar las Actividades de Apoyo

Para implantar a lo largo del tiempo las mejoras en los procesos, es necesario cuidar la variabilidad de los procesos, como soporte de estas actividades se puede utilizar:

- Formatos establecidos
- Procedimientos de trabajo.
- Cartas de control
- Formatos de solución de problemas.
- SOP.


#### Control de parámetros de procesos variables

##### Formato de Solución de Problemas

Este formato se usa para controlar la variabilidad del sistema; tomando acciones desde el centro de operaciones cada vez que ocurran problemas.

CUADRO N° 4-23 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS PARA PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

**Problema:** En el turno de la noche procesaron más de 40m2 de vidrios pulidos, pero estos salieron rayados en la Máquina Rectilínea 03.

Cuestionario	Plan para resolver	Responsable	Miembro	Fecha
<p><b>1. ¿Qué está mal?</b> <i>Máquinas rayan por problema con componentes</i></p> <p><b>2. ¿Cómo sucedió?</b> <i>Sensor sobresalido</i></p> <p><b>3. ¿Por qué?</b> <i>No se revisó en el mantenimiento preventivo.</i></p> <p><b>4. ¿Por qué?</b> <i>No se encuentra dentro de la lista de componentes a revisar</i></p> <p><b>5. ¿Por qué?</b> <i>Se ejecuta según programación general</i></p>	<p><b>Contención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocación de un aislante anti contacto del sensor con el vidrio.</li> <li>- Incorporar a la ficha de mantenimiento de la máquina.</li> <li>- Recuperar los materiales a través de pulido manual.</li> <li>- Recortar otras órdenes con los vidrios defectuosos.</li> </ul>	Tony Isminio	Operador Turno noche	19/06/2017
		Diego Arellano	Operador Turno día	19/06/2017
		Cristian López	Supervisor	19/06/2017
		José Prado	Asistente SGC	19/06/2017
<p><b>Operador:</b> Diego Arellano</p> <p><b>Supervisor:</b> Cristian López</p> <p><b>Calidad:</b> José Prado</p>	<p><b>Prevención / Poka Yoke</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporar al formato de Arranque de máquina la revisión de los sensores</li> </ul>	<b>Esquema</b>		
				

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-24 PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR – ÁREA DE ENTALLE

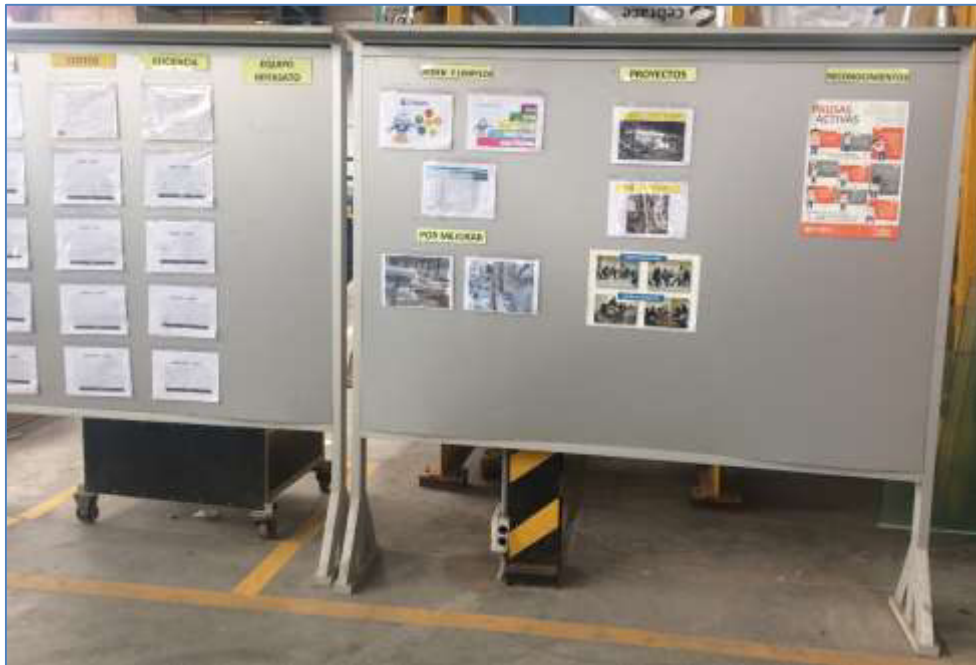
MIYASATO		FRD-P-2	V1	PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTANDAR: PROCESO ENTALLE - LAVADO	Pág 1-1																																																																						
<b>OBJETIVO:</b> Definir actividades referentes al proceso de Entalle y Lavado. <b>ALCANCE:</b> Es aplicable en el proceso de Entalle y Lavado. <b>RESPONSABLE:</b> Los Jefes de línea, supervisores y operarios del área son responsables del cumplimiento del presente procedimiento.				<b>Área:</b> ARQUITECTURA	<b>Nombre de Operación:</b> Entalle y Lavado																																																																						
				<b>Jefe de Producción:</b> <b>PUESTA A PUNTO:</b> 1. Revisar el orden y limpieza de la máquina, materiales y cantidad de personas designadas. 2. Preparar caballetes para colocar los vidrios. 3. Revisar el correcto funcionamiento de las máquinas. 4. Revisión del seguimiento de producción. 5. Transporte de caballetes al área de entalle en función a la fecha de entrega.																																																																							
<b>Descripción del proceso</b> <b>Para el Entalle</b> 1. Revisión de las características básicas del vidrio conforme a la etiqueta (dimensiones, espesor, color) 2. Cargar los vidrios a la mesa de trabajo utilizando las ventosas, tomando en consideración el tamaño del vidrio. 3. Revisión del aspecto en buenas condiciones del vidrio (sin defectos) 4. Revisión del croquis de producción 5. Trazado según indicación de entalle utilizando plantillas estandarizadas. 6. Colocación de la broca en función los entalles trazados. 7. Taladrado del vidrio en los trazos marcados. 8. Recorte del vidrio y pulido de los bordes. 9. Retirar la etiqueta del vidrio y colocarlo en el tablero organizador, principio de secuencia de entrada. 10. Lavar el vidrio (Lavadora 2504). 11. Pegar la etiqueta de identificación para cada vidrio. 12. Revisión de las buenas condiciones del vidrio (sin defectos). 13. Registrar el avance de producción de buenas y defectuosas (podteo). 14. Descargar los vidrios utilizando las ventosas, tomando en consideración el tamaño del vidrio. 15. Apilar los vidrios en los caballetes colocando separadores, en función al tipo y características (cartón, madera, corcho). 16. Si los vidrios no tienen más procesos se entrega el caballete al Almacén a través del sistema Avion.				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">MATERIALES</th> <th colspan="2">Observaciones</th> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Descripción</th> <th>UNID.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Trapo Industrial</td> <td>UND.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Wipgre</td> <td>GL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Desengrasante</td> <td>GL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Acido desincrostante</td> <td>GL</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Alcohol industrial</td> <td>GL.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Scotch Brite</td> <td>UNID.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Detergente</td> <td>KG</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Brocas</td> <td>UND.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">PLAN CONTROL</th> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Descripción del Control</th> <th>Especificación Tolerancia</th> <th>Método de Control</th> <th>Frecuencia de Inspección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Revisión de características</td> <td>Según etiqueta</td> <td>Visual</td> <td>Cada pieza</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Verifica Aspecto del Material</td> <td>Sin defectos de Materia Prima o de proceso</td> <td>Visual</td> <td>Cada pieza</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Dimensiones</td> <td>±2MM</td> <td>Wincha</td> <td>Cada pieza</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Dimensiones de diámetro y</td> <td></td> <td>Wincha</td> <td>Cada pieza</td> </tr> </tbody> </table>		MATERIALES		Observaciones		Item	Descripción	UNID.		1	Trapo Industrial	UND.		2	Wipgre	GL		3	Desengrasante	GL		4	Acido desincrostante	GL		5	Alcohol industrial	GL.		6	Scotch Brite	UNID.		7	Detergente	KG		8	Brocas	UND.		PLAN CONTROL					Item	Descripción del Control	Especificación Tolerancia	Método de Control	Frecuencia de Inspección	1	Revisión de características	Según etiqueta	Visual	Cada pieza	2	Verifica Aspecto del Material	Sin defectos de Materia Prima o de proceso	Visual	Cada pieza	3	Dimensiones	±2MM	Wincha	Cada pieza	4	Dimensiones de diámetro y		Wincha	Cada pieza
MATERIALES		Observaciones																																																																									
Item	Descripción	UNID.																																																																									
1	Trapo Industrial	UND.																																																																									
2	Wipgre	GL																																																																									
3	Desengrasante	GL																																																																									
4	Acido desincrostante	GL																																																																									
5	Alcohol industrial	GL.																																																																									
6	Scotch Brite	UNID.																																																																									
7	Detergente	KG																																																																									
8	Brocas	UND.																																																																									
PLAN CONTROL																																																																											
Item	Descripción del Control	Especificación Tolerancia	Método de Control	Frecuencia de Inspección																																																																							
1	Revisión de características	Según etiqueta	Visual	Cada pieza																																																																							
2	Verifica Aspecto del Material	Sin defectos de Materia Prima o de proceso	Visual	Cada pieza																																																																							
3	Dimensiones	±2MM	Wincha	Cada pieza																																																																							
4	Dimensiones de diámetro y		Wincha	Cada pieza																																																																							
				<b>SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b> 1- Uso obligatorio de los guantes superflex de manera permanente para toda manipulación de vidrio. 2- Uso de guantes de jete encima del guante superflex cuando lo requiera el trabajador. 3- Uso de mangas de cuero o jean permanente 4- Uso de zapatos de seguridad o botas de jete cuando se trabaje sobre piso mojado. 5- Uso obligatorio de protección auditiva. 6- Uniforme de trabajo (pelo manga larga, pantalón jean). 7- Realizar la postura correcta de levantamiento de carga (flexionando las rodillas y mantener la columna recta). 8- Respetar el peso máximo de carga de 25 kg por persona considerando el peso máximo de 40 kg para aquellas personas que tiene experiencia en manipulación de carga. 9- Si el peso a levantar supera los 25kg por persona o el vidrio es de grandes dimensiones, se utilizará la ventosa o pescante para la carga, descarga y traslado de los vidrios. 10. El traslado del vidrio sobre la mesa de bolas se realizará sin hacer rotación del tranco (gírar la columna). 11. Sólo el trazado de los cortes se realizará sin guantes, pero la manipulación del vidrio es con guantes. 12. Para la descarga del vidrio luego del lavado se usará los guantes G40.																																																																							
				<b>Reacción / Planes de Contingencia</b>																																																																							

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.6. Paso 6: Remover la restricción y Estabilizar los Procesos

En la implementación de mecanismos de seguridad para un mejor control de los procesos y para controlar la variabilidad se ubicó de modo estratégico tableros de control con información de los KPI más importantes del sistema. La actualización de la información se encuentra dentro de las actividades principales del área de Ingeniería de procesos, las actualizaciones del tablero son diarios.

FIGURA N° 4-33 TABLERO DE CONTROL - KPI DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN



Fuente: Elaboración propia.

#### ***Plan de capacitación en resolución de problemas***

Para no afectar la variabilidad de los indicadores y poder hacer resolución rápida a los problemas se capacitó al personal en *resolución de problemas*. Dentro de la cual se destaca la rapidez del llenado del mismo, la efectividad de la información, la rápida atención al levantamiento de la observación, archivo con el adjunto para el análisis mensual de los problemas más frecuentes.



**Sistemas de Acción preventiva**

Como acciones preventivas se desarrolló Instructivos de Inicio de Labores, fundamentado para evitar repetir acciones negativas que afecten la calidad de los productos, prevención de accidentes, prevención de deterioro de máquinas. Para tener sólidos los sistemas correctivos el personal es capacitado, con la practicidad en la ejecución y la ejecución apropiada en el momento indicado. Estos Formatos se ejecutan a inicio de turno, teniendo como objetivo la operacionalidad de la máquina, ajustar correctamente los parámetros de la máquina, revisar los parámetros de medida de lubricación, calibración general de la operación a realizar.

FIGURA N° 4-34 SISTEMA DE ACCIÓN PREVENTIVA – FORMATO DE CONTROL

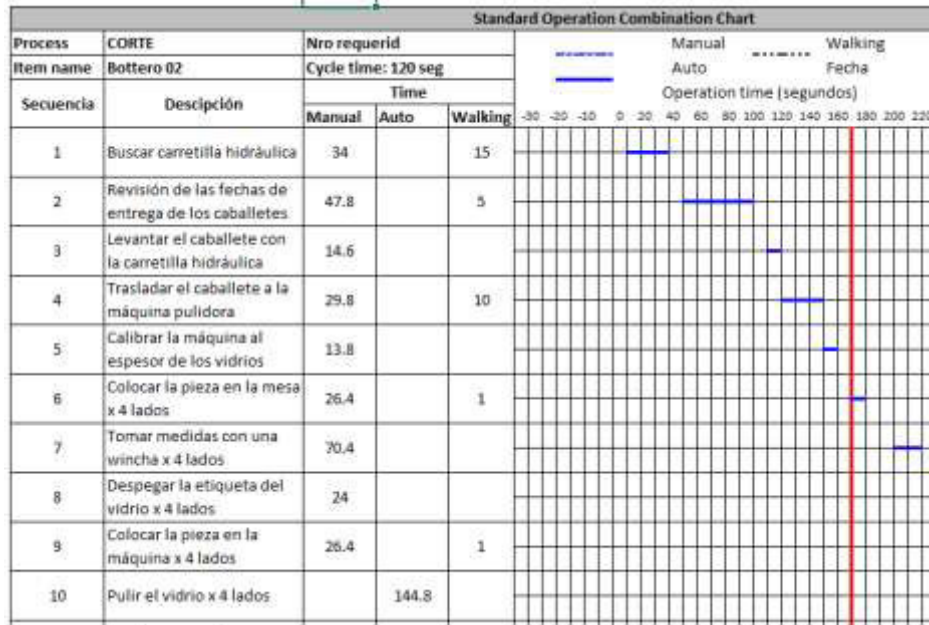
The form is titled 'REPORTE DIARIO DE CONTROL DE CALIDAD' and is divided into several sections:

- Header:** Includes 'SHYASATO' logo and 'REPORTE DIARIO DE CONTROL DE CALIDAD'.
- Checkboxes:** 'ALFOMOTRIZ' (unchecked) and 'ARQUITECTURA' (checked).
- CONTROL:** A table with columns for 'Med', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep'. It contains handwritten data such as '1411 945 1073 202' and '0.01mm 0.01mm'.
- MANTENIMIENTO:** A table with columns for 'Med', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep', 'Mora', 'Rep'. It contains handwritten data such as 'NO HAY C' and 'NO HAY C'.
- TABLA DE VERIFICACIÓN:** A grid with columns labeled A, B, C, D, E and rows of handwritten numbers.
- TABLA ESTADÍSTICA PARA MONITOR LEAD:** A table with columns 'ÁMBITO', 'SERIACIÓN', 'ÁMBITO', 'SERIACIÓN', 'ÁMBITO', 'SERIACIÓN'. It contains handwritten data.

Fuente: Elaboración propia.

Para controlar el ritmo de trabajo del sistema se actualiza diariamente la Performance Takt a través de Formatos de Actualización semanal con visión de todo el mes. Esta actualización está a cargo de la Supervisión de Producción.

FIGURA N° 4-35 RENDIMIENTO DEL TAKT TIME.



Fuente: Elaboración propia.

La reevaluación de las operaciones se realiza en periodo trimestral para asegurarse de que los procesos están sosteniendo el diseño equilibrado que permitirá generar las ganancias esperadas.

Dentro de la importancia que tienen los KPI ejecutados están los de importancia particular para comprobar que el rendimiento del sistema es el esperado. Para ello se revisa mensualmente el valor promedio de la Merma, Eficiencia, Cumplimiento, WCE, Takt time, 5S, etc.

#### **4.2.7. Paso 7: Reevalúe el desempeño del sistema y vaya después de la siguiente restricción**

Finalmente, la ejecución del proyecto a través de todos los pasos aplicados, las herramientas implementadas del modelo iTLS™ fue satisfactorio, demostrando que la restricción fue removida y garantizando que la variabilidad sea constante en toda la cadena de valor.

Conforme al último paso de los 7 establecidos por (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010), es necesario reevaluar el desempeño del sistema, puesto que podría encontrarse restricciones adicionales o nuevos problemas para nuestra restricción en curso, en tanto las herramientas que se usará para la evaluación de este último paso son:

- Mapa de la Cadena de Valor Futuro.

En el gráfico del VSM Futuro se observa reducción del tiempo de ciclo del área restricción, también se redujo el lead time del sistema; la implementación de las herramientas de gestión, como, 5S, SMED, AMFE, TPM, etc. han contribuido del mismo modo en la reducción del lead time, tiempos de ciclo, reducción de mermas, las herramientas como VSM han permitido modificar el flujo del proceso, se han eliminado las restricciones políticas, contribuyendo también a la reducción del lead time, todas estas mejoras contribuyen significativamente a la mejora en la productividad del sistema.

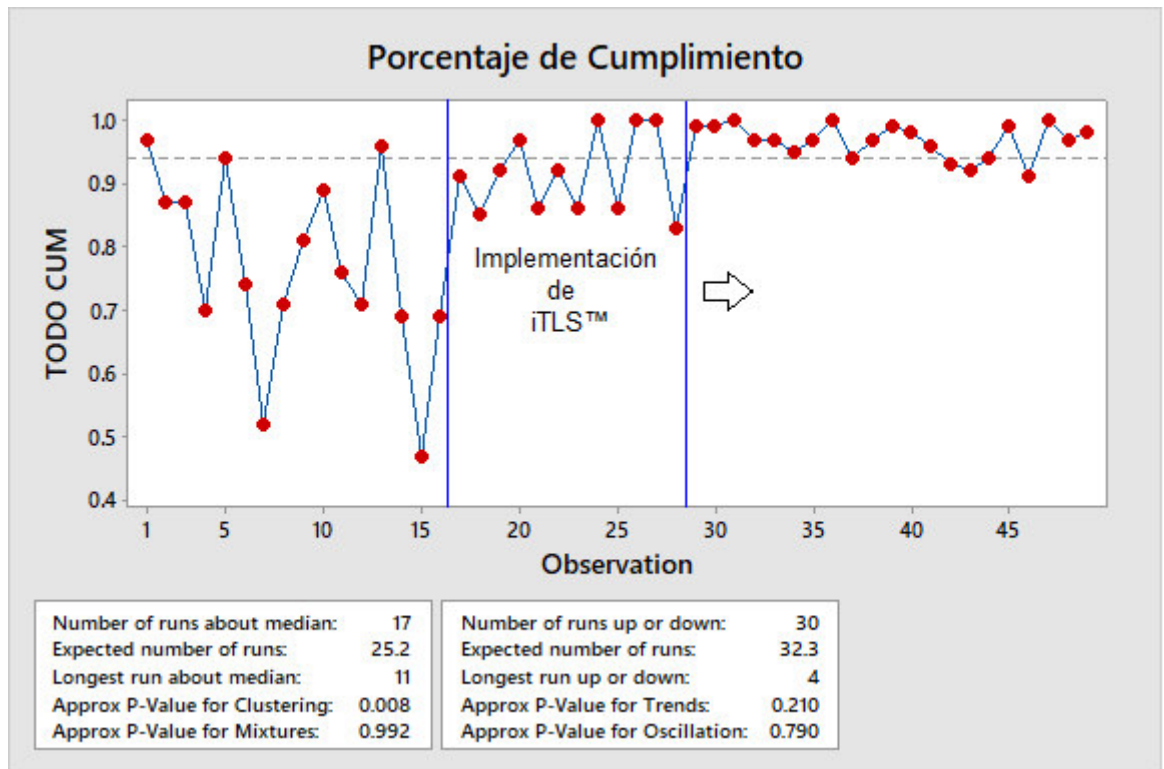
#### **Evaluación de los indicadores específicos**

Debemos evaluar si los objetivos planteados para la eliminación de la restricción se han cumplido, para ello evaluaremos los objetivos de la Carta de Proyecto.

- Cumplimiento
- Merma
- Lead Time

El porcentaje de **Cumplimiento** de entrega ha mejorado significativamente, se puede apreciar que los valores fluctúan en un rango de variabilidad reducido y los valores están por encima al valor promedio de 77% antes de iniciar el proyecto, cercano al objetivo: 95%

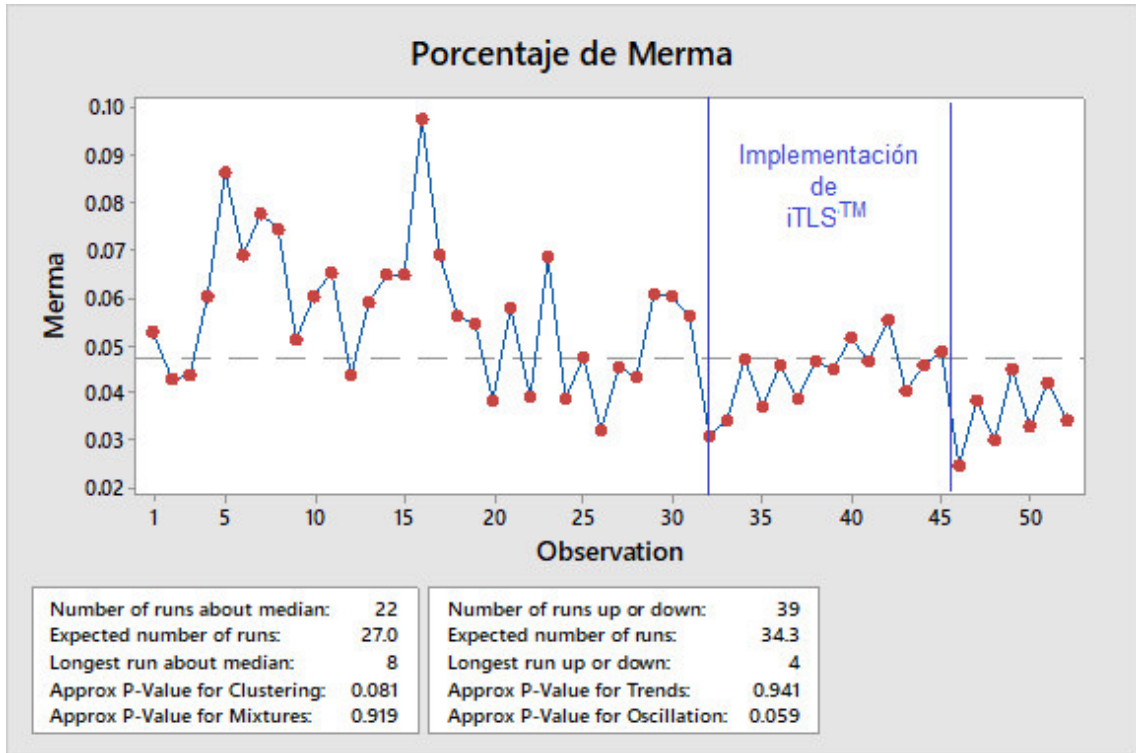
FIGURA N° 4-36 EVOLUCIÓN DEL CUMPLIMIENTO ANTES Y DESPUÉS DE iTLS™.



Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de **Merma** ha mejorado significativamente, se puede apreciar que los valores fluctúan en un rango de variabilidad reducido y los valores están por debajo al valor promedio de 5.8% antes de iniciar el proyecto, cercano al objetivo: 3%

FIGURA N° 4-37 EVOLUCIÓN DE LA MERMA ANTES Y DESPUÉS DE iTLS™.



Fuente: Elaboración propia.

El **Lead Time** ha mejorado paulatinamente en los meses de implementación, reduciendo el tiempo de fabricación de 8.4 días a menos de 5 días.

CUADRO N° 4-25 RESULTADOS DE MEJORA – COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Estado	Cumplimiento	Merma	Lead Time
Antes	77%	5.8%	8.77 días
Después	95%	4.3%	4.3 días

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N° 4-26 RESULTADOS DE MEJORA – VARIACIÓN PORCENTUAL

Estado	Antes	Después	Variación
Lead Time	8.77	4.3	51%
Merma	5.8%	0,32%	25%
Cumplimiento	77%	97%	25%

Fuente: Elaboración propia.

WCE, el cálculo del nuevo valor del Ciclo Efectivo de Trabajo es 0,22%, este representa una proporción de actividades que generan valor desde el punto de vista del cliente en toda la cadena de valor, comparado con el valor 0.069% del VSM Actual. En términos cuantitativos la diferencia de 0.151% significa que, a pesar de haber mejorado el sistema, este no sufrió mayores efectos por haber disminuido el Lead Time.

- **Análisis del Árbol de la Realidad Futuro.**

La construcción del Árbol de Realidad Futura a partir de la lista de defectos indeseables, estos 3 árboles con las inyecciones respectivas las revisamos según:

- *Inyección 1:* Círculo de mejora de procesos.

○ *Inyección 2:* Plan de mejora en la Gestión de Planeamiento y Control de la Producción.

○ *Inyección 3:* Plan de mejora en la Gestión de Mantenimiento.

CUADRO N° 4-27 EFECTOS INDESEABLES Y DESEABLES EN LA LÍNEA DE TEMPLADO

NUM	EFECTO INDESEABLE	EFECTO DESEABLE
A1	Productos defectuosos	Productos conformes
A2	Distribución actual no presenta desempeño alto	Distribución presenta un alto desempeño
A3	Movimiento excesivo (desperdicio)	No existe movimiento excesivo
A4	Falta 5S	Auditorías 5S
A5	Lay out desorganizado	Lay out organizado
A6	Baja productividad	Alta productividad
A7	Falta de entrenamiento de colaboradores	Entrenamiento a colaboradores
B1	Aumento de horas extras	Eliminación de horas extras
B2	Lead time alto en la línea de templado	Bajo lead time en la línea de templado
B3	Falta mejorar el tiempo de programación de las modulaciones a cortar	Rapidez en la programación de órdenes a cortar
B4	Tiempo de abastecimiento de MP alto.	Tiempo de abastecimiento de MP bajo.
C1	Personal inexperto en la operación de la máquina	Capacitación en operación de la máquina
C2	Mantenimientos ineficientes	Mantenimiento efectivos
C3	Gestión de compra de consumibles no existe. Se compra por urgencia.	Gestión de compra de consumibles.
C4	Gestión de compra de repuestos no existe. Se compra por urgencia.	Gestión de compra de repuestos.

Fuente: Elaboración propia.

## **Estructuración del Árbol de Realidad Futura**

○ *Inyección 1: Círculo de mejora de procesos.* Realizar eventos Kaizen para reducir el porcentaje de productos defectuosos (A1). Análisis y estudio de la distribución actual, propuestas de mejora y ejecución en el área de Pulido, restricción del sistema (A1), (A5). Para el movimiento excesivo de caballetes en todas las áreas con la ayuda de una mejor distribución se adquirió carretillas eléctricas, con la operación a tiempo completo para eliminar la ausencia de personal en los puestos de trabajo críticos (A3). Implementación del modelo de gestión iTLS™ donde se plantea un plan de trabajo que incluye herramientas 5S, entre otros (A4). A través de la implementación de iTLS™ se incrementará la productividad (A6). Capacitación y entrenamiento de colaboradores de la Línea de Templado en criterios básicos de herramientas 5S, SMED, TPM, Kaizen, SOP, etc. (A7).

○ *Inyección 2: Plan de mejora en la Gestión de Planeamiento y Control de la Producción.* Análisis y mejora del Lead Time actual, revisión y ejecución en la reducción del Lead Time (B1). Revisión y ejecución del plan de evaluación y eliminación de horas extras y sobretiempos (B2). Reestructuración de actividades para generación de modulaciones, adicional el personal necesario para reducir el tiempo en las tareas de entrega de modulaciones y etiquetas (B3). Mejorar las coordinaciones y ventanas de atención, adicionando entregables electrónicos para la rápida solicitud de MP (B4).

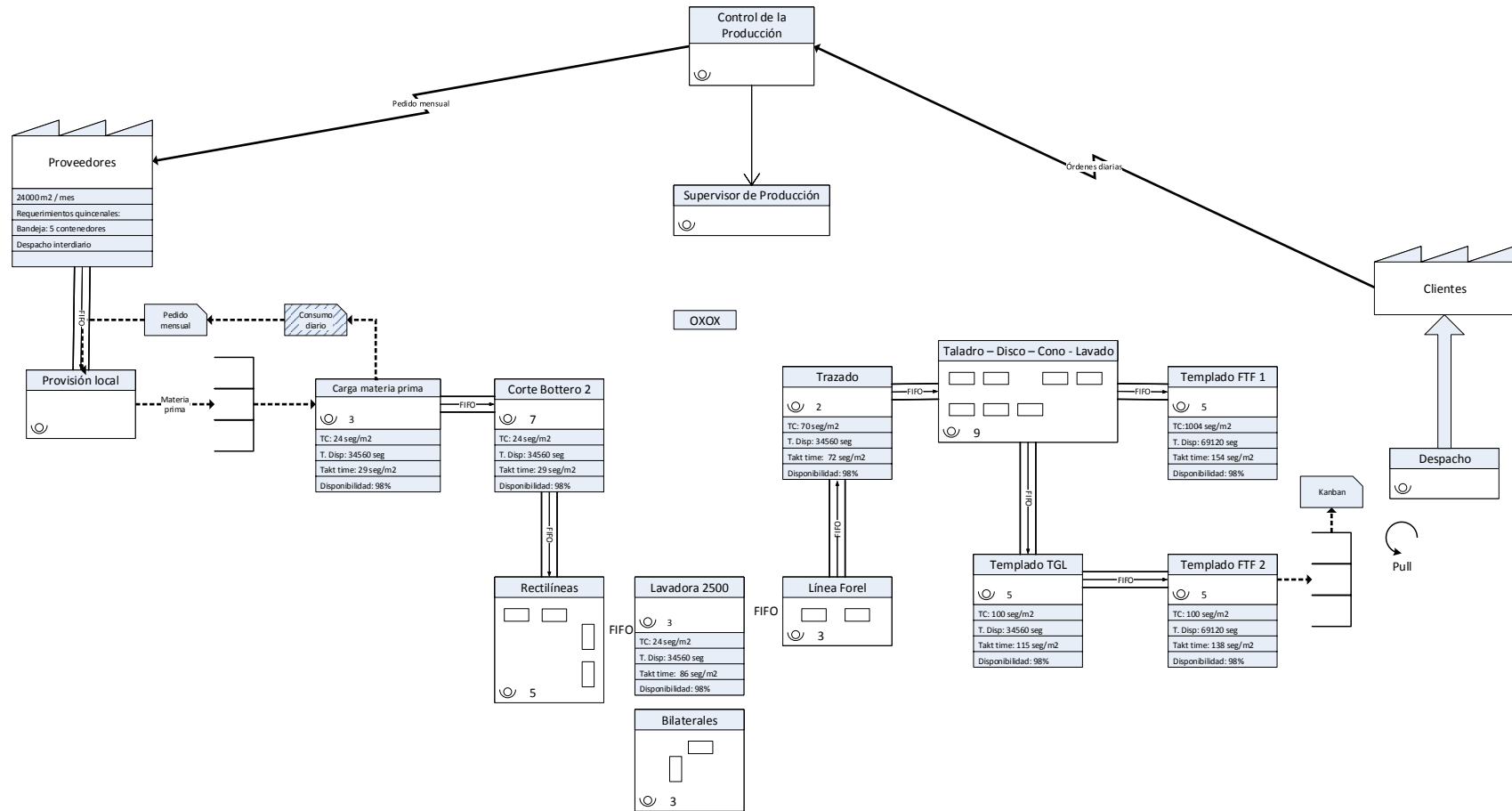
○ *Inyección 3: Plan de mejora en la Gestión de Mantenimiento.* Instrucción en uso de máquinas para personal nuevo en el puesto (C1). Revisión de las fichas de mantenimiento por máquina en círculos de mejora con las partes involucradas para las máquinas críticas, realizando retroalimentación en tiempo corto (C2). Gestionar la adecuada evaluación de los consumibles por familia de máquinas coordinando la efectividad de los mismos (C3). Gestionar el pronóstico de compra de materiales



## **Lead Time**

Conforme al cálculo del VSM Actual y el VSM Futuro se concluye que el resultado antes de la implementación fue de 8.77 días, y ahora el Lead Time es 4.3 días, reduciendo en 51%, contribuyendo de este modo a tener mayor competencia en el mercado, pudiendo incrementar las ventas y de este modo ser más productivos.

FIGURA N° 4-38 VSM FUTURO.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Contrastación de Hipótesis

Para contrastar si hubo significancia en la evaluación de resultados, evaluaremos las medias Antes y Después de la Implementación del Modelo de Gestión iTLS™, tanto en el Objetivo general del proyecto como en los objetivos específicos de Merma, Eficiencia y Cumplimiento.

#### ¿Cómo se identifica el estadístico para una prueba de Hipótesis?

Se utiliza el test Ryan Joiner (Similar a Shapiro - Wilk) por tratarse de datos menos a 30 muestras, para analizar si los datos están bajo una *distribución normal*. Para el test de comparación de muestras se aplicará la Distribución **t de Student**, para muestras pequeñas  $n < 30$ .

#### Análisis de Normalidad - Test Ryan Joiner

$H_0: \mu$  = Los datos se encuentran bajo una distribución normal

$H_0: \mu$  = Los datos NO se encuentran bajo una distribución normal

$p < \alpha$  Se rechaza la  $H_0$  ( $\alpha=0.05$ : Nivel de significancia al 95%)

CUADRO N° 4-28 PRUEBA DE NORMALIDAD – TEST RYAN JOINER

Valor p	Cumplimiento	Merma	Lead Time
Antes	>0.1	>0.1	>0.1
Después	>0.1	>0.1	>0.1
Prueba	$\zeta 0.1 < 0.05?$ NO	$\zeta 0.1 < 0.05?$ NO	$\zeta 0.1 < 0.05?$ NO
	No se rechaza $H_0$	No se rechaza $H_0$	No se rechaza $H_0$
Conclusión	Los datos se encuentran bajo una distribución normal		

Fuente: Elaboración propia.

## Distribución t

$$t^* = \frac{\bar{x} - \mu}{s_x / \sqrt{n}}$$

Dónde:

$\bar{x}$  = Media muestral

$\mu$  = Media poblacional

$s_x$  = Desviación estándar de la muestra

$n$  = número en la muestra

## Análisis t de student

$H_0: \mu_{\text{Antes}} = \mu_{\text{iTLS}^{\text{TM}}}$  (No existe diferencia antes y después de la Implementación iTLS<sup>TM</sup>)

$H_1: \mu_{\text{Antes}} \neq \mu_{\text{iTLS}^{\text{TM}}}$  (Existe diferencia antes y después de la Implementación iTLS<sup>TM</sup>)

Valor  $p > \alpha$  Se acepta la  $H_0$

GL =  $n-1$ ;  $\alpha = 0.05$

## Distribución t student: Cumplimiento de entrega

Two-sample T for Cumplimiento

Iny cumpl	N	Mean	StDev	SE Mean
Antes	25	0.818	0.137	0.027
iTLS	25	0.9648	0.0383	0.0077

Difference =  $\mu$  (Antes) -  $\mu$  (iTLS)

Estimate for difference: -0.1468

95% CI for difference: (-0.2051; -0.0885)

T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -5.16 P-Value = 0.000 DF = 27

$t_{\text{calculado}} = -5.16$

$t_{\alpha} (gl=24; \alpha=0.05) = -2.064$

$t_{\text{calculado}} < t_{\text{tablas}}$  Se rechaza  $H_0$

Por lo tanto; **existe diferencia significativa en el cumplimiento con iTLS<sup>TM</sup>**

## Distribución t student: Merma

Two-sample T for Merma

Inyección	N	Mean	StDev	SE Mean
Antes	26	0.0583	0.0157	0.0031
iTLS	26	0.04338	0.00912	0.0018

Difference =  $\mu$  (Antes) -  $\mu$  (iTLS)  
Estimate for difference: 0.01497  
95% CI for difference: (0.00778; 0.02215)  
T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 4.21 P-Value = 0.000 DF = 40

$t_{\text{calculado}} = 4.21$

$t_{\alpha} (gl=25; \alpha=0.05) = 2.060$

$t_{\text{calculado}} > t_{\text{tablas}}$  Se rechaza  $H_0$

Por lo tanto; **existe diferencia significativa en la Merma con iTLS™**

### Distribución t student: Lead Time

Two-sample T for Lead time

iny lead	
time	N Mean StDev SE Mean
Antes	3 8.770 0.782 0.45
iTLS	3 5.033 0.404 0.23

Difference =  $\mu$  (Antes) -  $\mu$  (iTLS)  
Estimate for difference: 3.737  
95% CI for difference: (1.549; 5.924)  
T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = 7.35 P-Value = 0.018 DF = 2

$t_{\text{calculado}} = 7.35$

$t_{\alpha} (gl=2; \alpha=0.05) = 4.303$

$t_{\text{calculado}} > t_{\text{tablas}}$  Se rechaza  $H_0$

Por lo tanto; **existe diferencia significativa en el Lead time con iTLS™**

Las medias son diferentes, entonces se concluye que, existe evidencia empírica suficiente para afirmar que hay diferencias significativas entre las medias de los datos antes y después de la Implementación de iTLS™.

#### 4.4. Discusión de Resultados

La hipótesis del proyecto: “La implementación de TLS mejora la productividad en la Corporación Miyasato SAC”, según el análisis de resultados obtenidos se logró mejorar la productividad, validando la afirmación de la hipótesis; de acuerdo a la metodología empleada y los pasos seguidos en la Implementación de iTLS™, resulta beneficioso la integración de los modelos de gestión Teoría de Restricciones, *Lean Manufacturing* y *Six Sigma*; dentro de la teoría de integración de estas herramientas se comprueba la importancia y significancia según (Pirasteh & Fox, Robert E., 2010).

El objetivo del proyecto: “Demostrar que la implementación de TLS mejora la productividad en la Corporación Miyasato S.A.C.” La ejecución de la implementación del modelo de gestión iTLS™ se siguió según el plan inicial, de acuerdo a ello se obtuvo las mejoras indicadas según el análisis de resultados. La implementación del modelo de gestión iTLS™ está relacionada directamente con la reducción de la merma, puesto que la baja merma contribuirá con la mejora de la productividad; en tanto, la implementación de iTLS™ se relaciona directamente con la mejora del cumplimiento de entrega, puesto que contribuye con la mejora de la productividad; por último, la implementación de iTLS™ está relacionada con el Lead Time, puesto que la reducción del Lead Time contribuye con la mejora de la productividad; no obstante, es importante reiterar que todas estas afirmaciones fueron evidenciadas en los capítulos anteriores.

La aplicación del marco teórico de la investigación corroboró la utilidad de los modelos de gestión Teoría de Restricciones, *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* y la integración iTLS™, así también las herramientas aplicadas, como 5S, SMED, TPM, Kaizen, VSM, Hoshin Kanri, SMED, CE, etc. todos ellos brindaron los resultados esperados, cabe resaltar que aún no se han alcanzado los máximos rendimientos según la aplicación de los modelos y herramientas habiéndose ejecutado recién un semestre.

Se adjunta algunos criterios de discusión presentados durante la ejecución del proyecto.

- La reducción de Desperdicios es uno de los puntos más importantes dentro de la implementación porque en esa etapa se reducen costos, inventarios, transporte,

movimientos, y en general es lo más representativo que refleja en la contabilidad de la empresa, entonces, la reducción de estos fue representativo e importante para reducir los tiempos de ciclo en las áreas, y generó mayor capacidad en las áreas.

- La merma fue reducida de 5.8 a 4.3%, este resultado es un proceso de trabajo incesante dentro de los círculos de mejora, el camino a continuar reduciendo se encuentra dentro de los planes de la implementación, el objetivo aún no se logró, pero se observa tendencia a seguir bajando.

- El Aumento de las actividades que Agregan Valor corresponderá a que las actividades que NAV y los desperdicios fueron sumados a las actividades AV; por tanto, significa mejora dentro del proceso analizado.

- La reducción o aumento del *Takt time* depende del tiempo asignado al proceso calculado y de la demanda del cliente, por tanto es normal su variación.

- El aumento del Six Sigma aún no llega al objetivo planteado, pero la tendencia es a continuar en ascenso, aproximándose cada vez más al nivel  $6\sigma$ .

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Conclusiones**

- La Implementación del Modelo de Gestión iTLS™ (Integración de Teoría de Restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma) incrementó la productividad en la Corporación Miyasato S.A.C.
- A través de la Implementación de iTLS™ se ha reducido la merma, de 6.4% a 4.3% en promedio, con tendencia a continuar bajando.
- A través de la Implementación de iTLS™ se ha incrementado el cumplimiento de entrega, de 77% a 97% en promedio, manteniendo la variabilidad constante.
- A través de la implementación de iTLS™ se ha reducido el Lead Time productivo, de 9 días a 4 días, habiendo reducido en más del 50%.
- La implementación de 5S ha mejorado el aspecto de la planta, de un promedio de 85% a 95%.



## 5.2. Recomendaciones

- Continuar con la implementación del Modelo Integrado de Gestión iTLS™ (Integración de Teoría de Restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma).
- Las mejoras deben realizarse enfocando a la restricción (cuello de botella) del sistema).
- La implementación de iTLS™ orientado a reducir la merma del sistema debe realizarse a través de Eventos Kaizen, definiendo grupos de trabajo que se encuentren involucrados en cada proceso crítico del sistema.
- La aplicación de la herramienta 5S es la base en la implementación de modelos de gestión, la importancia de una correcta aplicación contribuirá como base en la mejora de otras herramientas.
- Con la reducción del lead time es posible la programación con un buffer que permita mantener el control de las órdenes y poder mantener la satisfacción del cliente.
- Programación y liberación de las órdenes y materiales con base a la restricción para evitar inventarios en el cuello de botella.
- Continuar las capacitaciones del personal operativo, además de capacitar a supervisores, analistas e involucrados en la gestión de los procesos.
- Mantener la delegación y coordinaciones a través de los formatos, controles, procedimientos, instructivos, planes de trabajo, reuniones y círculos de trabajo establecidos.

## REFERENCIAS

- Abisambra Lemus, A. J., & Mantilla Cuadros, L. A. (2014). *Aplicación de la TOC a los procesos de producción de la planta de fundición de Imusa*. Medellín.
- Bernardo Herrera, K., & Paredes Vilcamisa, J. (2016). *Aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar el proceso de registro de Matrícula, en la Universidad Autónoma del Perú*.
- Betancur Peláez, M. (2016). *Metodologías de mejoramiento e incremento de la competitividad*. Medellín.
- BOM Consulting Group. (30 de 07 de 2008). *SlideShare*. Obtenido de Value Stream Mapping: <https://es.slideshare.net/bomconsulting/value-stream-mapping-vsm-mapeo-de-la-cadena-de-valor-lean-manufacturing>
- Carranza, A. (16 de 06 de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Los 7 desperdicios: <https://es.slideshare.net/albertojea/los-7-tipos-de-desperdicio-spt>
- Cox III, J. F., & Schleier, Jr., J. G. (2010). *Theory of Constraints*. United States: The McGraw Hill.
- Cuevas, J. O. (06 de 01 de 2016). *SlideShare*. Obtenido de Introducción a Lean Manufacturing: [https://es.slideshare.net/jonathan\\_cuevas/introduccion-a-lean-manufacturing](https://es.slideshare.net/jonathan_cuevas/introduccion-a-lean-manufacturing)
- Goldratt, E., & Cox, J. (2005). *La Meta*. España.
- GOPPSUDD. (22 de 06 de 2012). *SlideShare*. Obtenido de T-Student dos colas: <https://es.slideshare.net/GOPPASUDD/t-studentdoscolas-13420801>
- Held, A. (2005). TOC / Constraint Management para el éxito empresarial. *InWEnt gGmbH*, Alemania.
- Hereira, J. (18 de 10 de 2013). *Slideshare*. Obtenido de Calidad Empresarial: <https://es.slideshare.net/josehereira5/calidad-empresarial-amef>
- Hernández Quispe, E. Y. (2014). *Propuesta de reducción del retraso de productos terminados en el área de producción de una empresa metalmecánica mediante la Teoría de las Restricciones y herramientas Lean*. Lima - Perú.
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación. Quinta Edición*. México: Mc Graw Hill.
- Madero, M. C. (2001). *Resumen y análisis de La Meta por Eliyahu Goldratt*. Buenos Aires, Argentina.
- Mateo López, H. J. (2011). *Diseño y aplicación de un Modelo Integrado de Gestión de Producción para mejorar la Productividad en una Planta de Fundición*. Lima - Perú.
- Navarro M., C. I. (2014). *El modelo iTLS™ - Integración de Teoría de Restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma: Un estudio de caso para la mejor práctica de operaciones de la cadena de valor de Multinacional en Brasil*. Brazil.

- Navarro M., C. I., & Cleto, M. G. (2014). *El modelo iTLS - Integración de Teoría de Restricciones, Lean Manufacturing y Six Sigma: Un estudio de caso para la mejor práctica de operaciones de la cadena de valor de Multinacional en Brasil. Brazil.*
- Navarro Mercado, C. I. (2014). *Análisis de la aplicación iTLS™ que permite reducir el tiempo de entrega en una multinacional en Brazil.* Curitiba.
- Palacios Toledo, M., Valeriano Gamarra, L., & Vilca Lucero, F. (03 de Enero de 2002). *La Meta.* Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/cc.co2.vrf/la-meta-217934>
- Pascual, J., Frías, D., & García, F. (1996). *¿Qué es el Método Hipótesis Deductivo?* Obtenido de Psicología Online: <http://mentepsicologia.blogspot.pe/2010/10/el-metodo-hipotetico-deductivo.html>
- Pilco Salazar, A. M., & Álvarez Pacheco, C. O. (2016). *Optimización de la productividad mediante la aplicación de Teoría de Restricciones en la Manufactura de puertas forjadas, en la microempresa Industrias Metálicas Vilema.* Ecuador.
- Pirasteh, R. M., & Fox, Robert E. (2010). *Profitability with no boundaries.* United States of America.
- Reyes Medina, P. J. (2015). *Sistemas Integrados de Gestión de Producción en Empresas Privadas de Lima Metropolitana: Un estudio de casos.* Lima.
- Rojas, N. (22 de 06 de 2016). *SlideShare.* Obtenido de Cambio Rápidos SMED: <https://www.slideshare.net/nandirojas/cambios-rapidos-smed20140321>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See.* Massachusetts-USA.
- Sistemas OEE.* (25 de 03 de 2016). Obtenido de Ejemplo de Cálculo del OEE: <http://www.sistemasoe.com/oee/87-avanzado/100-ejemplo-calculo-oee>
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso.*
- Socconini, L. (2012). *Trabajo estándar.* Colombia.
- Tikkala, S. (2014). *Proyecto Lean Six Sigma para la mejora del Lead Time en una Manufacturera .* Finlandia.
- Van Tonder, R. (2011). *Evaluación crítica de la Teoría de las restricciones Lean Six Sigma enfoque de gestión de mejora continua.* South Africa.
- Yuján Bravo, D. E. (2014). *Mejora del área de Logística mediante la Implementación de Lean Six Sigma en una Empresa Comercial.* Lima - Perú.

## **ANEXOS**

*ANEXO N° 1 COMPARACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL LEAD TIME – INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.  
ESCÁNER DE FORMAS 2D PROLINER*

Estado	Personas	Tiempo	Soporte	5S
Antes	2	1 hora/plantilla	Uso de cortadoras Bottero 02, 03	Se almacenan las plantillas para posibles reposiciones
iTLS™	1	5 min/plantilla	Espacio propio	Se devuelven las plantillas

*Fuente: Elaboración propia*

**Operación de trazado de puntos - PROLINER**



*Fuente: Elaboración propia.*

ANEXO N° 2 IMPLEMENTACIÓN DE TLS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA PLANTA DE PROCESOS DE LA CORPORACIÓN MIYASATO S.A.C.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿La implementación de TLS mejorará la productividad en la Corporación Miyasato SAC?	Demostrar que la implementación de TLS mejora la productividad en la Corporación Miyasato S.A.C.	La implementación de TLS mejora la productividad en la Corporación Miyasato SAC.	Implementación de TLS (Independiente)	ARA	Cantidad de problemas	Método: Hipotético deductivo
				VSM	Tiempo de procesamiento	
				5S	Puntaje obtenido	Enfoque: Cuantitativo.
				AMEF	Número prioritario de riesgo	
				KAIZEN	Número de mejoras	Nivel de investigación: Explicativo.
				SMED	Tiempo de cambio	
				CE	Número de causas	Tipo de investigación: Aplicada.
TPM	Tiempo de averías					
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</b>				
¿La implementación de TLS reducirá el Lead Time?	Determinar en qué medida la implementación de TLS reduce el Lead Time.	La implementación de TLS reduce el Lead Time.	Productividad (Dependiente)	Lead time	Número de días	Diseño experimental: Pre experimental – Diseño de pre prueba / post prueba
¿La implementación de TLS reducirá la Merma?	Determinar en qué medida la implementación de TLS reduce la Merma.	La implementación de TLS reduce la merma.		Merma	Porcentaje de merma	
¿La implementación de TLS incrementará el cumplimiento de entrega?	Determinar en qué medida la implementación de TLS incrementa el Cumplimiento.	La implementación de TLS incrementa el cumplimiento de entrega.		Cumplimiento	Porcentaje de cumplimiento	

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO INTEGRADO DE GESTIÓN I TLS™

**PLAN ESTRATÉGICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO INTEGRADO I TLS™**

ÁREA	N°	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA												
			SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAI	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	
DIVISIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS	1	Diagnóstico	■	■											
	2	Capacitación	■	■											
	3	Paso 1: Mobilizar y enfocar	■	■	■										
	4	Paso 2: Explotar la restricción			■	■									
	5	Paso 3: Eliminar fuentes de desperdicios			■	■									
	6	Paso 4: Controlar la variabilidad del proceso				■	■								
	7	Paso 5: Controlar las actividades de apoyo					■	■							
	8	Paso 6: Remover la restricción						■	■	■					
	9	Paso 7: Reevaluar el sistema								■	■				
	10	Reevaluación del Plan										■	■		
	11	Lanzamiento del nuevo Plan													■

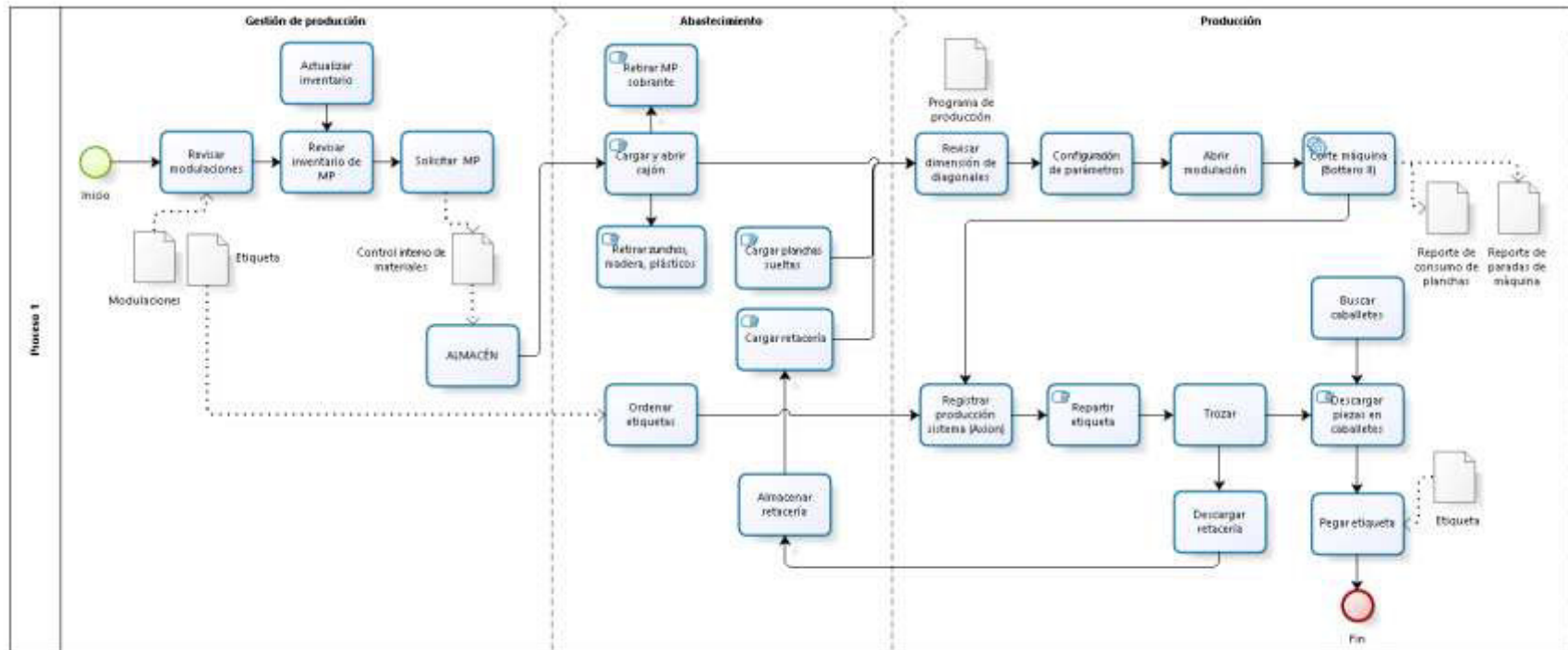
■ Ejecutado

■ No ejecutado

■ Programado

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 4 DIAGRAMA DE PROCESOS DEL ÁREA DE CORTE – DIVISIÓN DE VIDRIOS TEMPLADOS



Fuente: Elaboración propia.



ANEXO N° 5 CRITERIO DE EVALUACIÓN DE SEVERIDAD SUGERIDO PARA AMEF

Esta calificación resulta cuando un modo de falla potencial resulta en un defecto con un cliente final y/o una planta de manufactura / ensamble. El cliente final debe ser siempre considerado primero. Si ocurren ambos, use la mayor de las dos severidades			
Efecto	Efecto en el cliente	Efecto en Manufactura /Ensamble	Calif
Peligroso sin aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	10
Peligroso con aviso	Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso	Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso	9
Muy alto	El producto / ítem es inoperable (pérdida de la función primaria)	El 100% del producto puede tener que ser desechado o reparado con un tiempo o costo infinitamente mayor	8
Alto	El producto / ítem es operable pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho	El producto tiene que ser seleccionado y un parte desechada o reparada en un tiempo y costo muy alto	7
Moderado	Producto / ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente insatisfecho	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto	6
Bajo	Producto / ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia son operables a niveles de desempeño bajos	El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de línea pero no necesariamente va al área de retrabajo.	5
Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 75% de los clientes	El producto puede tener que ser seleccionado, sin desecho, y una parte retrabajada	4
Menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 50% de los clientes	El producto puede tener que ser retrabajada, sin desecho, en línea, pero fuera de la estación	3
Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos, y rechinos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%)	El producto puede tener que ser retrabajado, sin desecho en la línea, en la estación	2
Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto	1

Fuente: (Hereira, 2013).

ANEXO N° 6 CRITERIO DE EVALUACIÓN DE OCURRENCIA SUGERIDO PARA AMEF

<b>Probabilidad</b>	<b>PFMEA Índices Posibles de falla</b>	<b>Ppk</b>	<b>Calif.</b>
Muy alta: Fallas persistentes	≥100 por mil piezas	< 0.55	10
	50 por mil piezas	> 0.55	9
Alta: Fallas frecuentes	20 por mil piezas	> 0.78	8
	10 por mil piezas	> 0.86	7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por mil piezas	> 0.94	6
	2 por mil piezas	> 1.00	5
	1 por mil piezas	> 1.10	4
Baja : Relativamente pocas fallas	0.5 por mil piezas	> 1.20	3
	0.1 por mil piezas	> 1.30	2
Remota: La falla es improbable	< 0.01 por mil piezas	> 1.67	1

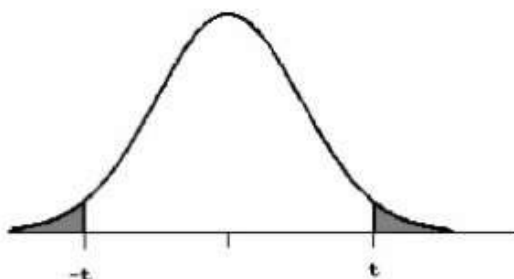
Fuente: (Hereira, 2013).

ANEXO N° 7 CRITERIO DE EVALUACIÓN PARA DETECCIÓN SUGERIDO PARA AMEF

Detección	Criterio	Tipos de Inspección			Métodos de seguridad de Rangos de Detección	Calif
		A	B	C		
Casi imposible	Certeza absoluta de no detección			X	No se puede detectar o no es verificada	10
Muy remota	Los controles probablemente no detectarán			X	El control es logrado solamente con verificaciones indirectas o al azar	9
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	El control es logrado solamente con inspección visual	8
Muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			X	El control es logrado solamente con doble inspección visual	7
Baja	Los controles pueden detectar		X	X	El control es logrado con métodos gráficos con el CEP	6
Moderada	Los controles pueden detectar		X		El control se basa en mediciones por variables después de que las partes dejan la estación, o en dispositivos Pasa NO pasa realizado en el 100% de las partes después de que las partes han dejado la estación	5
Moderadamente Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		Detección de error en operaciones subsiguientes, o medición realizada en el ajuste y verificación de primera pieza ( solo para causas de ajuste)	4
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	X	X		Detección del error en la estación o detección del error en operaciones subsiguientes por filtros múltiples de aceptación: suministro, instalación, verificación. No puede aceptar parte discrepante	3
Muy Alta	Controles casi seguros para detectar	X	X		Detección del error en la estación (medición automática con dispositivo de paro automático). No puede pasar la parte discrepante	2
Muy Alta	Controles seguros para detectar	X			No se pueden hacer partes discrepantes porque el ítem ha pasado a prueba de errores dado el diseño del proceso/producto	1
Tipos de inspección: A) A prueba de error B) Medición automatizada C) Inspección visual/manual						

Fuente: (Hereira, 2013).

ANEXO N° 8 TABLA DE CUANTILES DE LA DISTRIBUCIÓN T-STUDENT



- (a) El área de las dos colas está sombreada en la figura.
- (b) Si  $H_A$  es direccional, las cabeceras de las columnas deben ser divididas por 2 cuando se acota el P-valor.

gl	ÁREA DE DOS COLAS						
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001	0,0001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619	6366,198
2	1,886	2,920	4,303	6,695	9,925	31,598	99,992
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924	28,000
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610	15,544
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869	11,178
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959	9,082
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408	7,885
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041	7,120
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781	6,594
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587	6,211
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437	5,921
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318	5,694
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221	5,513
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140	5,363
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073	5,239
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015	5,134
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965	5,044
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922	4,966
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883	4,897
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850	4,837
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819	4,784
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792	4,736
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767	4,693
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745	4,654
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725	4,619
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707	4,587
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690	4,558
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674	4,530
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659	4,506
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646	4,482
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551	4,321
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460	4,169
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	3,390	4,053
140	1,288	1,656	1,977	2,353	2,611	3,361	4,006
∞	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291	3,891

Fuente: (GOPPSUDD, 2012).