

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ÁREA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**Reducción de desperdicio a través de la metodología Lean Six Sigma en una  
Industria Electrónica**

**T E S I S**

**que presenta para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS**

**María del Carmen Prieto Ávalos**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. CARLOS RAÚL NAVARRO GONZÁLEZ**

**DR. ÁLVARO GONZÁLEZ ÁNGELES**

**MEXICALI, B. C. A MAYO 2013**

**ÍNDICE**

**Página**

Abstract	
Resumen	
Hipótesis	1
Objetivo	1
Metas	1
Justificación	2

## **CAPÍTULO 1: Antecedentes y Manufactura Esbelta**

1.1 Antecedentes de la Empresa	3
1.2 Manufactura Esbelta	4
1.2.1 Antecedentes de Manufactura Esbelta	4
1.2.2 Objetivos	6
1.2.3 Pensamiento esbelto	7
1.3 Herramientas de Manufactura Esbelta	8
1.3.1 5´S	10
1.3.2 Justo a tiempo	11
1.3.3 Sistema de jalar	12
1.3.4 Control visual	13
1.3.5 Kanban	14
1.3.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	15
1.3.6.1 Eficiencia Global de los Equipos (EGE)	16
1.3.7 Producción nivelada (Heijunka)	24
1.3.8 Verificación de proceso (Jidoka)	25
1.3.9 Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)	26
1.3.10 Indicador visual (Andon)	27
1.3.11 Cambio rápido de modelo (SMED)	28
1.3.12 Mejora continua (Kaizen)	29
1.4 Aplicaciones de Manufactura Esbelta	32

## **CAPÍTULO 2: Metodología Seis Sigma, Lean Six Sigma y Cultura Organizacional**

2.1 Seis Sigma	35	
2.1.1 Concepto	35	
2.1.2 Características	38	
2.1.3 Relación entre Seis Sigma y otras innovaciones existentes	40	
2.1.4 Metodología DMAIC	41	
2.1.4.1 Definir	42	
2.1.4.2 Medir	42	
2.1.4.3 Analizar	43	
2.1.4.4 Mejorar	44	
2.1.4.5 Controlar	44	
2.1.5 Herramientas Seis Sigma	45	
2.1.5.1 Mapa de pensamiento		45
2.1.5.2 SIPOC	47	
2.1.5.3 Histograma	49	
2.1.5.4 Diagrama de Pareto	52	
2.1.5.5 Mapa de proceso	55	
2.1.5.6 Matriz causa-efecto	57	
2.1.5.7 Análisis de modo de falla y efectos (FMEA)	58	
2.1.5.8 Voz del proceso (Gráficos de control)	60	
2.1.5.9 Evaluación del sistema de medición (MSE)	61	
2.1.5.10 Componentes de variación (COV)	64	
2.1.5.11 Diseño de experimentos (DOE)	65	
2.1.6 Aplicaciones de Seis Sigma	68	
2.2 Lean Six Sigma	70	

2.2.1	Antecedentes	70
2.2.2	Características	71
2.2.3	Aplicaciones de la integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma (Lean Six Sigma)	74
2.3	Cultura Organizacional	76
2.3.1	Modelo Denison para medición de la Cultura Organizacional	77
2.3.2	Aplicaciones de la Integración de la Cultura Organizacional con la Manufactura Esbelta y Seis Sigma	80
<b>CAPÍTULO 3: Aplicación de Metodología Seis Sigma</b>		
3.1	Metodología del Análisis Experimental	83
3.1.1	Definición	84
3.1.1.1	Descripción del área de estudio	84
3.1.1.2	Antecedentes del problema	90
3.1.1.3	Diagnóstico Inicial de la Cultura Organizacional	92
3.1.1.4	Descripción del área de oportunidad detectada	95
3.1.1.5	Conclusiones de la fase Definición	99
3.1.2	Medición	99
3.1.2.1	Mapa de proceso	99
3.1.2.2	Estratificación	101
3.1.2.3	Cálculo del sigma del proceso actual	102
3.1.2.4	Cálculo de utilización de las máquinas	104
3.1.2.5	Conclusiones de la fase medición	106

3.1.3 Análisis	107
3.1.3.1 Análisis de posibles causas	107
3.1.3.2 Conclusiones de la fase Análisis	108
3.1.4 Mejora	108
3.1.4.1 Posibles alternativas de solución	108
3.1.4.2 Plan y programa de implementación de las alternativas seleccionadas	111
3.1.4.3 Conclusiones de la fase Mejora	114
3.1.5 Control	
3.1.5.1 Monitoreo de variables	118
3.1.5.2 Planes estándares	123
3.1.5.3 Diagnóstico final de la Cultura Organizacional	124
3.1.5.4 Conclusiones de la fase Control	127

## **CAPÍTULO 4: Resultados Obtenidos**

4.1	Resultados en la reducción de desperdicio	128
4.2	Resultados en la mejora del nivel de sigma	131
4.3	Resultados en ahorro económico	132
4.4	Resultados en el impacto en la cultura organizacional	133
4.5	Resultados generales	134

**CONCLUSIONES** 137

**RECOMENDACIONES FUTURAS** 140

## **Índice de figuras**

<b><u>Figura</u></b>	<b><u>Página</u></b>
1.1 Pilares del Justo a Tiempo (JIT).	12
1.2 Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos.	19
1.3 Eficiencia global y factores que influyen en ella.	23
1.4 Obtención de la máxima eficacia.	24
1.5 Mejora Continua.	29
1.6 Comparación Innovación vs Kaizen.	30
2.1 Representación gráfica de los niveles de la mejora Seis Sigma.	37
2.2 Fábrica escondida dentro del proceso productivo.	38
2.3 Método DMAIC.	40
2.4 Histograma.	49
2.5 Diagrama de Pareto.	53
2.6 Ejemplo de formato básico de un mapa de proceso.	55
2.7 Ecuación general del proceso.	56
2.8 Ejemplo de Matriz Causa-Efecto.	57
2.9 Gráfico de Control de valores individuales.	60
2.10 Integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma.	73
2.11 Modelo de Cultura Organizacional de Denison.	78
2.12 Modelo de encuesta Denison.	80

3.1	Diagrama de flujo de análisis experimental	83
3.2	Diagrama de flujo de proceso de área AC CAPS.	85
3.3	Gráfica de Índice de Desperdicios del área AC CAPS de la empresa C.D. Electrónica.	91
3.4	Resultado de las cuatro áreas según el método Denison de efectividad organizacional.	93
3.5	Resultado detallado de las cuatro áreas según el método Denison.	94
3.6	Área de Embobinado A1.	95
3.7	Sección interna del capacitor.	96
3.8	Diagrama de flujo de proceso del área de embobinado.	97
3.9	Mapa de proceso de Embobinado AC CAPS A1.	100
3.10	Diagrama Causa-Efecto del desperdicio generado en A1.	107
3.11	Evidencia de implementación de la metodología 5's.	115
3.12	Controles visuales implementados en Embobinado A1.	116
3.13	Pizarrón informativo del nivel de desperdicio.	117
4.3	Croquis y diagrama de recorrido inicial de embobinado A1	130
4.4	Croquis y diagrama de recorrido final de embobinado A1	131

## Índice de tablas

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
1.1	Relación de los coeficientes de eficiencia global del equipo – 6 pérdidas. 17

1.2	Obtención de tiempos en la eficiencia de los equipos.	19
2.1	Relación Seis Sigma y PPM's.	36
2.2	Relación de Seis Sigma con las ventas de una compañía.	40
2.3	Relación de Seis Sigma con otras innovaciones.	40
2.4	Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.	71
3.1	Descripción de las áreas de AC CAPS.	86-89
3.2	Porcentaje de desperdicio del período 2010 del área AC CAPS.	90
3.3	Porcentaje de contribución de desperdicio en AC CAPS.	92
3.4	Materia prima del área de embobinado A1.	96
3.5	Máquinas del área de embobinado A1.	97
3.6	Puntos críticos de Calidad a considerar en al área de embobinado A1.	98
3.7	Defectos presentados en el área Embobinado A1.	101
3.8	Conversión de DPMO a Nivel de Sigma.	103
3.9	Principales defectos generadores de desperdicio registrados en Embobinado A1.	104
3.10	Categorías del tiempo disponible.	105
3.11	Desglose de la distribución del tiempo en Embobinado A1	105
3.12	Porcentaje de utilización del equipo en Embobinado A1	106
3.13	Posibles alternativas de solución en el aspecto Mano de Obra	108
3.14	Posibles alternativas de solución en el aspecto Método	109
3.15	Posibles alternativas de solución en el aspecto Maquinaria	110
3.16	Posibles alternativas de solución en el aspecto Materiales	110
3.17	Posibles alternativas de solución en el aspecto Medición	110
3.18	Posibles alternativas de solución en el aspecto Medio Ambiente	111
3.19	Plan de actividades a implementar en el aspecto Mano de Obra	112

3.20	Plan de actividades a implementar en el aspecto Método	112-113
3.21	Plan de actividades a implementar en el aspecto Maquinaria	113
3.22	Plan de actividades a implementar en el aspecto Materiales	113-114
3.23	Plan de actividades a implementar en el aspecto Medición	114
3.24	Plan de actividades a implementar en el aspecto Medio Ambiente	114
4.1	Historial del porcentaje de Desperdicio de Enero 2010 a Abril 2012	128
4.2	Porcentaje promedio anual de desperdicio	129
4.3	DPMO anuales obtenidos de 2010 al 2012 en A1	131
4.4	Nivel de sigma anual de 2010 a 2012 de A1	131
4.5	Ahorro económico registrado de 2010 a 2012	132
4.6	Comparación de resultados entre la primera y segunda aplicación de la Encuesta Denison	133
4.7	Metas propuestas y herramientas Lean Six Sigma utilizadas	139

## BIBLIOGRAFÍA

141

## HIPÓTESIS

La implementación de la metodología Lean Six Sigma nos permitirá reducir el índice de desperdicio en el proceso A1 (Embobinado de secciones) del área AC CAPS de la empresa Cornell Dubilier Electronics y mantener bajo control, sustentando los cambios en la Cultura Organizacional.

## **OBJETIVO**

Implementar la metodología Lean Six Sigma para reducir el índice de desperdicio de materia en proceso, y monitorear el impacto de esta aplicación en la cultura organizacional del área AC CAPS de la empresa Cornell Dubilier Electronics.

## **METAS**

- Diagnosticar la situación actual de los índices de desperdicios de materia en proceso tomando datos históricos y estudios iniciales.
- Evaluar indicadores de desperdicios de materiales.
- Formar un equipo de empleados del área involucrada para realizar y ejecutar propuestas de mejoras.
- Organizar el puesto de trabajo fomentando hábitos de orden y limpieza.
- Mejorar la distribución dentro de la fábrica de los elementos necesarios para la producción manteniendo control visual.
- Mejorar la calidad de los procesos productivos usando herramientas de control de calidad aplicables al proceso productivo.
- Establecer mecanismos de monitoreo y seguimiento de la metodología aumentando la perspectiva de mejora continua con el paso del tiempo.

## **JUSTIFICACIÓN**

Uno de los principales objetivos de las empresas es mantener altos índices de productividad a lo largo de sus operaciones, esto les indica que mantienen un sistema para elaborar productos que son requeridos y a la vez el grado en que los utilizan, una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa.

De aquí surge la necesidad de mantener bajo control los índices de desperdicio de material, ya que al hacerlo se asegura una mayor eficiencia en los procesos. Así mismo, además de concentrar este proyecto en reducir y mantener bajo control los índices de desperdicios, se implementa un sistema de monitoreo en donde se mide la integración de las personas involucradas directa e indirectamente en la ejecución de las actividades de producción.

El proyecto busca como objetivo principal la integración de la metodología Lean Six Sigma para reducir y someter a control el nivel de desperdicio de materia en proceso, logrando así un ahorro económico significativo para la organización.

# **CAPÍTULO 1: Antecedentes y Manufactura Esbelta**

## **1.1 Antecedentes de la Empresa**

Cornell Dubilier Electrónica es una empresa microelectrónica comprometida con las necesidades de los clientes y laborando una gran cantidad de productos de primer nivel respaldados bajo la certificación de ISO 9000-2000. Actualmente cuenta con aproximadamente 305 empleados cuya política de calidad está enfocada en elaborar productos que satisfagan a sus clientes en sus requerimientos de calidad y servicio. Su esfuerzo esta siempre concentrado en mejorar continuamente la calidad de sus productos, así como la seguridad y salud laboral de sus empleados y la protección del medio ambiente.

Esta empresa fue fundada en 1909 por William Dubilier con la invención del capacitor de mica para fines de radio transmisión utilizados en la Primera Guerra Mundial. En 1984 se coloca en la ciudad de Mexicali, cumpliendo 26 años como líder mundial en capacitores de mica. Hoy día esta empresa trabaja con una gran variedad de nuevos productos como son: Aluminio electrolítico, rollos de poliéster, rollos de polipropileno, mica, capacitores de alto voltaje de corriente alterna y directa, etc.

C.D. Electrónica de México está constituida por el gerente general, derivándose de este, 3 departamentos los cuales son: Secretaria Ejecutiva y Coordinadora de Tráfico y Aduanas, Auxiliar de Tráfico de Aduanas, Chóferes de Trafico de Aduanas. Al final de esta cadena tenemos las diferentes áreas en la cuales esta empresa está compuesta las cuales son: Gerencia de Relaciones Industriales, Gerencia de Materiales, Gerencia de costos y Finanzas, Gerencia de manufactura, Gerencia de Ingeniería Subcontratos, Gerencia de Ingeniería de Capacitores y Gerencia de Aseguramiento de Calidad.



## **1.2 Manufactura Esbelta**

Manufactura Esbelta es una filosofía empresarial moderna que se concentra en reducir el desperdicio en los procesos operativos con el fin de que estos sean lo más eficientes posible [1]. Es una metodología probada para analizar y mejorar el flujo de información y materiales en un ambiente de manufactura (de productos o servicios, que resulte en un incremento significativo en la satisfacción del cliente, desarrollo del empleado y ganancias para la empresa [2]).

Manufactura Esbelta no es un “slogan” ni es una moda. Desde sus inicios con el auge del Sistema de Producción Toyota TPS (del inglés Toyota Production System) muchas empresas han utilizado estas frases como parte de su mercadeo, sin embargo el querer hacer una empresa de nivel mundial es más que la escritura de la misión, visión y objetivos. Manufactura Esbelta es la evolución progresiva de un proceso en favor del objetivo para el cual fue creado [3].

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad [4].

### **1.2.1 Antecedentes de Manufactura Esbelta**

Los inicios de la manufactura esbelta no se centran solamente en Toyota. Se debe reconocer que Henry Ford, con su sistema de producción Ford (producción en masa, 1908), contribuyó en parte con este proceso, pero fue Sakichi Toyoda, visionario e inventor, fundador con su hijo Kiichiro de la

Corporación Toyota Motor Company en 1930, quien implementó la técnica Justo a Tiempo como una filosofía de los sistemas modernos de producción. En esta empresa siempre se ha pensado en cómo enseñar y reforzar el sistema que llevó a los fundadores de la compañía a trabajar para innovar y pensar acerca de los factores actuales que constituyen los problemas. En esta empresa se comenzó un proceso para mejorar los niveles de productividad, entregando productos de alta calidad, con costos bajos, tiempos de entrega cortos y flexibilidad.

Después funcionarios de Toyota realizaron benchmarking en las plantas de Ford en los Estados Unidos e implementaron el “sistema Jalar” en su empresa. Esta es la base del justo a tiempo que se complementa con otro componente llamado jidoka (hacerlo con calidad). Años más tarde, Toyota aplicó las enseñanzas de W. Edwards Deming, pionero americano de la calidad, quien estimuló a los japoneses a que adoptaran el sistema para resolución de problemas conocido como Ciclo Deming o Ciclo de Planear – Hacer – Revisar – Actuar, como soporte para el mejoramiento continuo, conocido como Kaizen. El Kaizen se ha convertido en una filosofía integral que procura la perfección y el mantenimiento del sistema de Producción en Toyota, el cual contribuye significativamente a alcanzar la meta de “Manufactura Esbelta” que consiste en eliminar todos los desperdicios en el proceso.

En la década de los sesenta el sistema de producción Toyota emerge como una filosofía poderosa que todo negocio debía aprender. Cuando ocurre la crisis petrolera en 1973 y Toyota se destacaba por encima de las demás compañías, el gobierno japonés intenta copiar el modelo y pasarlo a las demás empresas. Las capacitaciones continúan y solo en año 1990 surge el término producción esbelta, citado en el libro “The machine that changed the world (La máquina que cambió el mundo). En resumen, el sistema de manufactura esbelta se define como una filosofía de excelencia de manufactura, fundamentada en:

- Eliminación planeada de todos los desperdicios.
- Respeto por el trabajador: Kaizen.

- Mejora continua de productividad y calidad.

El sistema de producción Lean es un sistema de negocios que sirve para organizar y administrar el desarrollo, la operación, proveedores y relaciones con los clientes de los productos. Este sistema requiere menos esfuerzo de la gente, menos espacio, menos capital y menos tiempo para hacer los productos con menos defectos [5].

### **1.2.2 Objetivos**

La manufactura esbelta puede considerarse como una estrategia de producción, compuesta por varias herramientas administrativas cuyo principal objetivo es ayudar a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto (bien tangible o servicio) y a los procesos, reduciendo o eliminando toda clase de desperdicios y mejorar las operaciones en un ambiente de respeto al trabajador [5].

Específicamente, Manufactura Esbelta:

- Reduce la cadena de desperdicios dramáticamente.
- Reduce el inventario en el piso de producción.
- Crea sistemas de producción más robustos.
- Crea sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que se emplean diferentes herramientas, por lo que beneficia a la empresa y sus empleados. En términos genéricos se trata de implantar un sistema productivo, al mínimo coste y con la calidad debida, que opere sobre la

base de los pedidos de sus clientes (enfoque pull (jalar) que ajusta la producción a la demanda), para lo cual debe ser flexible y de respuesta rápida [6].

Algunos de los beneficios que genera son:

- Reduce inventario en proceso (WIP, Work In Process).
- Promueve la mejora de calidad.
- Impulsa el trabajo en equipo.
- Incrementa la flexibilidad, por lo tanto la productividad.
- Maximiza la utilización del espacio.
- Reduce el tiempo de ciclo de manufactura.
- Incrementa las entregas a tiempo.
- Reducción de 50% en costos de producción.
- Reducción del tiempo de entrega (lead time).
- Menos mano de obra .
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de los desperdicios.

La Manufactura Esbelta ofrece a los negocios de manufactura la alternativa para competir exitosamente, alcanzar las metas de crecimiento, la creación de ventajas competitivas para sobrevivir y crecer en este mundo global satisfaciendo las necesidades del cliente, dando seguridad a los empleados y un retorno sobre inversión atractivo a los inversionistas [7].

### **1.2.3 Pensamiento Esbelto**

La parte fundamental en el proceso de desarrollo de una estrategia esbelta es la que respecta al personal, ya que muchas veces implica cambios radicales en la manera de trabajar, algo que por naturaleza causa desconfianza y temor. Lo que descubrieron los japoneses es, que más que una técnica, se trata de un buen régimen de relaciones humanas. En el pasado se ha desperdiciado la inteligencia y creatividad del trabajador, a quien se le contrata como si fuera una máquina.

La implementación de Manufactura Esbelta también requiere que el personal aplique un pensamiento esbelto en su forma de trabajar, donde probablemente se efectuaran cambios radicales. En este sistema se le da mucha importancia a la inteligencia y creatividad del trabajador. En los sistemas tradicionales es muy común que cuando un empleado de los niveles inferiores del organigrama se presenta con alguna idea o propuesta se le critique o se le calle o lo que es peor, se le ignore. Algunos directivos con sus obsoletos estilos administrativos no comprenden o no quieren comprender que cada vez que le “apagan” las ideas innovadoras al trabajador están desperdiciando dinero. Por fortuna, el concepto de manufactura esbelta involucra la anulación de los mandos y su sustitución por el liderazgo. Aquí, el término líder es la clave del éxito [5].

Los diversos métodos de Manufactura Esbelta, requieren del liderazgo y compromiso con la alta dirección de las empresas y mucho énfasis en el desarrollo del trabajo en equipo incluyendo el desarrollo personal, soportando un sistema de salarios, beneficios, compensaciones y reconocimiento adecuado que estimule al personal a que se motive generar ideas de mejora e implantarlas [8].

Los 5 principios del pensamiento esbelto son:

1. Definir el valor desde el punto de vista del cliente: La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

2. Identificar la corriente de valor: Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
3. Crear flujo: Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor final.
4. Producir el "jale" del cliente: Una vez hecho el flujo se es capaz de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas.
5. Perseguir la perfección: Una vez que la empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados que añadir eficiencia siempre es posible [9].

## **1.3 Herramientas de Manufactura Esbelta**

### **1.3.1 5'S**

Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y equipos, y la productividad.

Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una " cultura japonesa" ajena a nosotros, es más, todos los seres humanos, o casi todos, tenemos tendencia a practicar o hemos practicado las 5'S, aunque no nos demos cuenta.

Las 5'S son:

1. Seiri: Clasificar, organizar o arreglar apropiadamente.

2. Seiton: Ordenar.
3. Seiso: Limpieza.
4. Seiketsu: Estandarizar.
5. Shitsuke: Disciplina.

Cuando nuestro entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza perderemos la eficiencia y la moral en el trabajo se reduce. El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar despilfarros y por otro lado permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados [10].

Algunos de los beneficios que genera la estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera cultura organizacional.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.

El significado y definición de las 5'S son:

- 1) Clasificar (Seiri): Consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas.
- 2) Ordenar (Seiton): Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales. Algunas estrategias para este proceso de "todo en su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc., es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".
- 3) Limpieza (Seiso): Significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del Mantenimiento Productivo implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto.
- 4) Limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo.
- 5) Estandarizar (Seiketsu): Pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3's. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.
- 6) Disciplina (Shitsuke): Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá

disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y mejor calidad de vida laboral [11].

### **1.3.2 Justo a tiempo**

Justo a Tiempo JIT (del inglés Just In Time) es una filosofía industrial que consiste en eliminar el desperdicio mediante la reducción del inventario innecesario y la supresión de los retrasos en las operaciones. Las metas son producir bienes y servicios según se requiera y mejorar constantemente los beneficios de las operaciones, en términos de valor agregado.

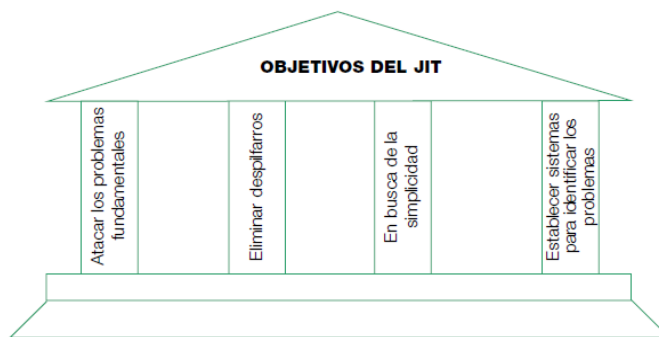
El sistema Justo a Tiempo consiste en la organización de los recursos los flujos de información y las reglas de decisión que permitan a una organización aprovechar los beneficios de la filosofía.

La idea básica del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura. Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no sólo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las células de trabajo. La producción dentro de la célula, así como la entrega de material a la misma, se ven impulsadas sólo cuando un stock (inventario) se encuentra debajo de cierto límite como resultado de su consumo en la operación subsecuente.

Además, el material no se puede entregar a la línea de producción o la célula de trabajo a menos que se deje en la línea una cantidad igual. Esta señal que impulsa la acción puede ser un contenedor vacío o una tarjeta Kanban, o cualquier otra señal visible de reabastecimiento, todas las cuales indican que se han consumido un artículo y se necesita reabastecerlo.

El JIT tiene 4 objetivos esenciales (figura 1.2):

- Poner en evidencia los problemas fundamentales.
- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas [12].



**Figura 1.1** Pilares del Justo a Tiempo (JIT).

### 1.3.3 Sistema de Jalar

Es un sistema de producción donde cada operación estira el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno.

En la orientación Jalar ("Pull" en inglés), las referencias de producción provienen del precedente centro de trabajo. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la exacta cantidad para sacar

las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto. Esta orientación significa comenzar desde el final de la cadena de ensamble e ir hacia atrás hacia todos los componentes de la cadena productiva, incluyendo proveedores y vendedores. De acuerdo a esta orientación una orden es disparada por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no es un artículo innecesariamente producido.

El sistema de Jalar es acompañado por un sistema simple de información llamado Kanban. Así la necesidad de un inventario para el trabajo en proceso se ve reducida por el empalme ajustado de la etapa de fabricación. Esta reducción ayuda a sacar a la luz cualquier pérdida de tiempo o de material, el uso de refacciones defectuosas y la operación indebida del equipo.

El sistema de Jalar permite:

- Reducir inventario, y por lo tanto, poner al descubierto los problemas.
- Hacer sólo lo necesario facilitando el control.
- Minimiza el inventario en proceso.
- Maximiza la velocidad de retroalimentación.
- Minimiza el tiempo de entrega.
- Reduce el espacio [4].

#### **1.3.4 Control Visual**

Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. La estandarización se transforma en gráficos y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa, y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente.

Un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de motores.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).
- Dónde ubicar la calculadora, carpetas bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo [2].

### **1.3.5 KanBan**

Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados. Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante qué medios, y como transportarlo.

Las funciones principales de Kanban son:

- Control de la producción.

- Mejora de los procesos.

Control de la producción: Es la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, en la cual los materiales llegaran en el tiempo y cantidad requerida en las diferentes etapas de la fábrica y si es posible incluyendo a los proveedores.

Mejora de los procesos: Facilita la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban, esto se hace mediante técnicas ingenieriles (eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, reducción de cambios de modelo, utilización de maquinaria vs. utilización en base a demanda, manejo de multiprocesos, dispositivos para la prevención de errores (Poka Yoke), mecanismos a prueba de error, mantenimiento preventivo, Mantenimiento Productivo Total (TPM), reducción de los niveles de inventario).

Básicamente Kanban sirve para lo siguiente:

- Poder empezar cualquier operación estándar en cualquier momento.
- Dar instrucciones basados en las condiciones actuales del área de trabajo.
- Prevenir que se agregue trabajo innecesario a aquellas ordenes ya empezadas y prevenir el exceso de papeleo innecesario.

Tipos de Kanban:

- Kanban de producción: Contiene la orden de producción.
- Kanban de transporte: Utilizado cuando se traslada un producto.
- Kanban urgente: Emitido en caso de escasez de un componente.

- Kanban de emergencia: Cuando a causa de componentes defectuosos, averías en las máquinas, trabajos especiales o trabajo extraordinario en fin de semana se producen circunstancias insólitas.
- Kanban de proveedor: Se utiliza cuando la distancia de la planta al proveedor es considerable, por lo que el plazo de transporte es un término importante a tener en cuenta [4].

### **1.3.6 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es un sistema integral de actividades para mejorar la capacidad de las áreas a través de la eliminación de pérdidas que se presentan en el área de trabajo. Es un sistema donde cada uno de los elementos contribuye a la búsqueda de la perfección de las operaciones de la planta como a través de acciones ordenadas y con metodología específica que permite eliminar las pérdidas de los sistemas productivos [11].

El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye "cero accidentes, cero defectos y cero fallos" en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. Los objetivos básicos del TPM son, por un lado , mejorar la eficiencia de los equipos, el grado de aprovechamiento y la

duración de los mismo, y por otro lado, una mejora de las competencias y calidad de vida de las personas que interactúan con los equipos.

El TPM busca:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- Cero accidentes, defectos y averías [4].

### **1.3.6.1 Eficiencia Global de los Equipos (EGE)**

El TPM permite mejorar la eficacia con la que operan los equipos e instalaciones productivas, y como resultado de ello puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema productivo.

Las posibles mejoras en los sistemas productivos y su operativa se centraran especialmente, en las perdidas, tanto crónicas como las esporádicas, las provocadas por una causa única, por causas múltiples, o bien por causas interrelacionadas. Su identificación y posterior reducción o eliminación será lo que permita progresar hacia el rendimiento óptimo del equipo en cuestión.

Es fundamental para el logro con éxito de este objetivo activar y potenciar todos los recursos a nuestro alcance, considerando como tales el potenciar las tareas de mantenimiento llevadas a cabo por el operario de producción, es decir, una implantación con éxito de las 5's, en el propio puesto de trabajo, y la reorganización del departamento de mantenimiento con el claro objetivo de trabajar en base a la mejora continua, y la reducción de las tareas de este departamento hacia actividades de prevención de fallos y gestión de sus propios equipos y recambios.

Para conocer hasta qué punto es necesaria una actuación decidida en este sentido, o hasta qué punto la actuación que se ha llevado a cabo ha tenido como fruto una importante mejora de la eficiencia global y de los componentes del sistema, es muy conveniente disponer de los elementos que nos permitan mejorar dicha eficiencia.

Sera conveniente definir una magnitud que englobe a otras que permitan conocer aspectos relevantes de la eficiencia del equipo. Estas últimas vendrán representadas por la disponibilidad, la efectividad y la calidad.

Estas magnitudes se medirán por medio de coeficientes que harán referencia a los conceptos de tiempo requeridos para trabajar, tiempo que realmente este operativo el equipo, tiempo que a pesar de estar operativo puede no estar produciendo, o bien hacerlo a una velocidad inferior a la esperada y también a la calidad del output o producto resultante del proceso productivo.

Como puede deducirse fácilmente, cada uno de estos coeficientes hace referencia directa a una de las seis grandes pérdidas. El cuadro de la Tabla 1.1 nos muestra los coeficientes de eficiencia y las pérdidas a que hace referencia cada uno.

**Tabla 1.1** Relación de los coeficientes de eficiencia global del equipo – 6 pérdidas.

COEFICIENTE DE EFICIENCIA	TIPOS DE PÉRDIDAS
DISPONIBILIDAD ( D )	1. AVERÍAS 2. TIEMPOS DE REPARACIONES
EFFECTIVIDAD ( E )	3. PARADAS Y TIEMPOS DE VACÍO 4. REDUCCIONES DE VELOCIDAD
CALIDAD ( D )	5. PRODUCTOS DEFECTUOSOS Y REPORCESADOS 6. PUESTAS EN MARCHA SIN PRODUCTO REAL

De acuerdo con los coeficientes anteriores y las pérdidas a las que hacen referencia, podemos pasar ya a determinar la expresión de la eficiencia global. Se aplicara lo mismo a un equipo, un conjunto de equipos o a toda una línea o célula productiva, etc.

*Rendimiento o Eficiencia Global de los equipos productivos*

$$EG = D \times E \times C$$

Donde:

D = Coeficiente de disponibilidad o fracción de tiempo que el equipo está operando.

E = Efectividad o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.

C = Coeficiente de Calidad o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad.

El coeficiente de eficiencia global se obtiene, pues, por determinación de la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez, deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y deducidas también las que resultan de la obtención de productos defectuosos, tanto si deben declararse como si pueden reprocesarse.

El resultado obtenido para la eficiencia global será un porcentaje que, con anterioridad a la introducción de mejoras, deberá determinarse, para poder conocer cuál es el punto de partida del equipo cuya eficiencia quiere mejorarse, y como se va obteniendo la progresión de la eficiencia a medida que se implantan las mejoras. Cada equipo tendrá unos puntos débiles claramente diferenciados de los que tenga otro. No será correcto hablar de un valor absoluto, sino de la tendencia a largo tiempo. Así, por ejemplo, para determinado equipo, dadas sus posibilidades de mejora, se podrá llegar a valores de rendimiento cercanos al 80\_85%, y sin embargo, otro con menos posibilidades, alcanzar un 65-70%, será algo más que razonable.

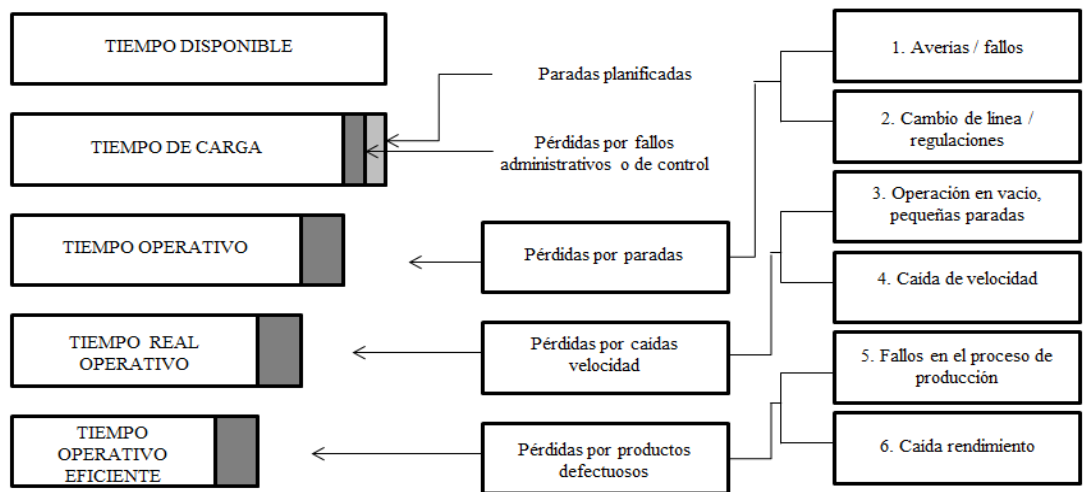
El tiempo disponible para operar a plena eficiencia (tiempo operativo eficiente) puede obtenerse a través del tiempo total disponible deduciendo los correspondientes a todas las posibles pérdidas. La Tabla 1.2 contiene los tiempos así obtenidos.

**Tabla 1.2** Obtención de tiempos en la eficiencia de los equipos.

TIEMPO	OBTENIDO DEDUCIENDO DEL ANTERIOR LOS TIEMPOS DE:	SIGLAS Y CÁLCULOS
TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO PREVISTO QUE EL EQUIPO PUEDA UTILIZAR	TD

TIEMPO DE CARGA	TIEMPO MUERTO PARA: Mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo, descanso y paros previstos	TC
TIEMPO OPERATIVO	TIEMPO DE PARO POR: Averías y reparaciones, preparaciones y ajustes, otros especiales	TO
TIEMPO OPERATIVO REAL	PÉRDIDAS DE VELOCIDAD PO: Paradas cortas, reducciones de velocidad	TOR = CR x Q, Con: CR = Ciclo de Real, Q = Volumen prod.
TIEMPO OPERATIVO EFICIENTE	Tiempo operativo sin producción, tiempo puesta en marcha, tiempo perdido en defectuosos	TOE

La Figura 1.2 que adjuntamos permite apreciar cómo se va reduciendo el tiempo disponible para la producción, a medida que se van produciendo pérdidas y sus tiempos asimilados.



**Figura 1.2** Tiempos operativos de acuerdo con las pérdidas asociadas a los equipos.

La sustracción de cada uno de los tiempos que provocan una reducción de la eficiencia permitirá determinar los coeficientes de operatividad reales que a su vez servirán para determinar los tres coeficientes de eficiencia que componen la eficiencia global.

- Coeficiente de operatividad por paros:

La relación entre el tiempo que el equipo esta teóricamente operativo y el tiempo en que lo está considerando paradas cortas y funcionamiento a velocidad inferior a la especificada:

$$OP = \text{Tiempo Operativo Real TOR} / \text{Tiempo Operativo} = (CR / TO) \times Q$$

- Coeficiente de Operatividad del ciclo:

Es una relación entre el tiempo ciclo para producir una unidad de producto y el tiempo ciclo real para su producción:

$$OC = \text{Tiempo de Ciclo Ideal CI} / \text{Tiempo de Ciclo Real TCR}$$

Una vez definidos estos coeficientes, se obtienen las expresiones que nos van a dar los coeficientes de disponibilidad, efectividad y calidad en función de los tiempos previamente definidos.

- Coeficiente de disponibilidad:

$D = \text{Tiempo Operativo TO} / \text{Tiempo de Carga TC}$

$D = \text{TO} / \text{TC}$

- Coeficiente de Efectividad:

$E = \text{Tiempo Operativo Ideal} / \text{Tiempo Operativo TO}$

Lo cual vendrá expresado de la siguiente manera:

$E = \text{CI} \times \text{Q} / \text{FO} = \text{OC} \times \text{CR} \times \text{Q} / \text{TO} = \text{OC} \times \text{TOR} / \text{TO} = \text{OC} \times \text{OP}$

$E = \text{OC} \times \text{OP}$

- Coeficiente de Calidad:

$C = \text{Tiempo Operativo Efectivo} / \text{Tiempo Operativo Real TOR}$

$C = \text{TOE} / \text{TOR}$

Con todo ello el valor de la eficiencia global del equipo, teniendo en cuenta todas las posibles pérdidas y los tiempos sobre los que indique, será el producto de estos tres últimos coeficientes, según ya ha sido expuesto, es decir:

$$EG = D \times E \times C = (TO / TC) \times (OC \times OP) \times (TOE / TOR)$$

Lo cual se puede expresar como:

$$EG = (TO / TC) \times (OC \times TOR / TO) \times (TOE / TOR) = (TOE / TC) \times OC$$

Así pues:

*Eficiencia o Rendimiento Global:*

$$EG = F \times E \times C = (TOE / TC) \times (OC)$$

TOE: Tiempo Operativo final

TC: Tiempo de Carga inicial

OC: Coeficiente de Operatividad de ciclo

Se obtendrá el valor de la eficiencia global como la relación entre: el tiempo Operativo final y el tiempo de carga inicial, multiplicada por el coeficiente de operatividad del ciclo. La consideración del tiempo de carga como base del cálculo de la eficiencia en lugar del tiempo disponible real, hace que en la determinación de la eficiencia global no se tenga en cuenta el tiempo no empleado de forma prevista por descansos, es decir aquel que se excluye al hacer el cálculo del tiempo por trabajo.

La implantación de un programa de Mantenimiento Productivo Total no solo va a centrarse en la reducción de averías, sino que tratara de atacar cualquier elemento, acción o falta de ella, que obstaculice o reste eficacia al equipo. Esto se refleja en la eficiencia global del equipo a través de su dependencia con los distintos coeficientes.

El TPM presenta la búsqueda de la máxima eficiencia o efectividad del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad.

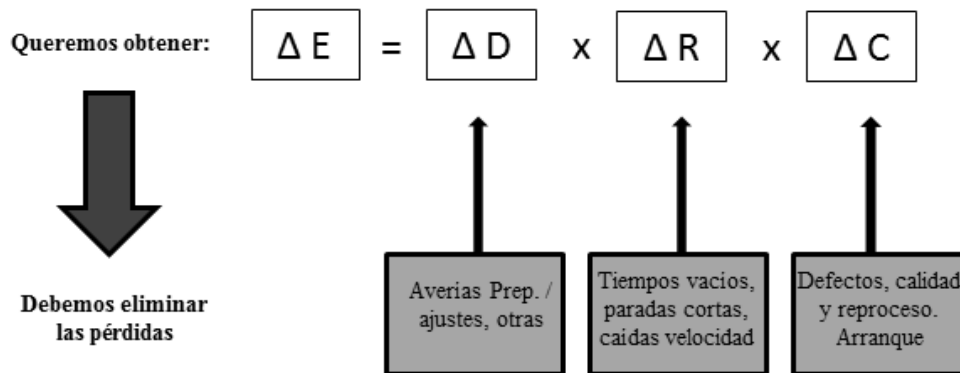
En estos coeficientes va a aparecer representadas las diferentes pérdidas que afectan al equipo, al proceso y al producto. Cualquier esfuerzo dirigido a incrementar estos coeficientes supondrá una mejora de la eficiencia global del equipo.

- El coeficiente de efectividad tiene en cuenta las perdidas por tiempos en vacío y paradas cortas y las perdidas por reducción de velocidad. La mejora de este coeficiente implica evidentemente, la erradicación de estas pérdidas.
  
- El coeficiente de disponibilidad tiene en cuenta las perdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras perdidas por paradas. Estas paradas obligadas ocasionan pérdidas de tiempo y/ o volumen de producción y sus reducción es vital para maximizar la eficiencia global del equipo. De esta forma, conseguiremos aumentar el tiempo operativo del equipo y, como consecuencia, aumentar la disponibilidad.
  
- El coeficiente de calidad, tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos con calidad inferior a la esperada, es decir, el tiempo para la recuperación o reprocesado de estos productos y las pérdidas que ocurren durante la puesta en marcha de la maquinaria. Cualquier

acción que permita la reducción del número de productos defectuosos no estabilizar, lo antes posible, el proceso productivo, conllevara un aumento del coeficiente de calidad.

La expresión global, que acompaña al concepto de eficiencia hace referencia a que quedan incluidas y son consideradas todas y cada una de las pérdidas que el TPM intenta reducir o eliminar. En definitiva un incremento de la eficiencia global del equipo se traduce en un incremento en productividad, reducción de número de fallos, reducción de los accidentes, etc.

La figura 1.3 representa esquemáticamente los componentes de la expresión de la eficiencia global y lo que suponen, en mejoras, cada uno de ellos.



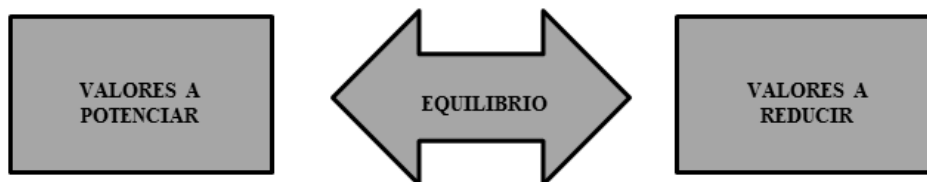
**Figura 1.3** Eficiencia global y factores que influyen en ella.

La eficacia de los equipos tras la implementación del TPM, no solo se verá reflejada por el incremento del ciclo de vida del equipo, sino que todo esto revertirá en hacer los “procesos productivos más rentables” y la obtención de “productos de mayor calidad” y “entregas a tiempo al cliente”, con lo que conseguiremos una mejora de la competitividad, y por tanto obtendremos una ventaja competitiva

en el mercado. Esto será así ya que pueden alcanzarse, simultáneamente y en mayor o menor grado, todos los objetivos que siguen:

- Mejora de la productividad.
- Mejoras incidentes en la calidad de los productos.
- Procesos más rentables.
- Entregas a clientes en el plazo previsto.
- Reducción de los costes de mantenimiento de averías.
- Reducción de stocks.
- Incremento de la seguridad laboral.
- Aumento de la participación del personal.
- Reducción de la polución y la contaminación.
- Procesos más robustos.
- Mayor repetitividad en producto y proceso.
- Puestos de trabajos más ordenados y limpios.

Como se observa en la Figura 1.4 hay un equilibrio entre las actividades a potenciar y actividades a erradicar.



**Figura 1.4** Obtención de la máxima eficacia [41].

### 1.3.7 Producción Nivelada (Heijunka)

Heijunka, o Producción Nivelada es una técnica que adapta la producción a la demanda fluctuante del cliente. La palabra japonesa significa Hei (plano) + Jun (nivel) + Ka (transformación) = nivelar [13]. La demanda del cliente debe cumplirse con la entrega requerida del cliente, pero la demanda del cliente es fluctuante, mientras las fábricas prefieren que ésta esté "nivelada" o estable. Un fabricante necesita nivelar estas demandas de la producción.

La herramienta principal para la producción nivelada es el cambio frecuente de la mezcla ejemplar para ser corrido en una línea dada. En lugar de ejecutar lotes grandes de un modelo después de otro, se debe producir lotes pequeños de muchos modelos en periodo cortos de tiempo. Esto requiere tiempos de cambio más rápidos, con pequeños lotes de piezas buenas entregadas con mayor frecuencia [13].

### **1.3.8 Verificación de proceso (Jidoka)**

Jidoka significa “hacer que el equipo o la operación se detenga, siempre que surja una situación anormal o defectuosa”. La característica distintiva está en el hecho de que cuando tiene lugar un problema de equipo o un defecto de máquina, se detiene el equipo o toda la línea y éstos pueden parar cualquier línea que tenga operarios. Jidoka es muy importante, ya que evita fabricar demasiado y resulta fácil controlar las anomalías [14].

La filosofía Jidoka establece los parámetros óptimos de calidad en el proceso de producción, el sistema Jidoka compara los parámetros del proceso de producción contra los estándares establecidos y hace la comparación, si los parámetros del proceso no corresponden a los estándares preestablecidos el proceso se detiene, alertando que existe una situación inestable en el proceso de producción la cual debe ser corregida, esto con el fin de evitar la producción masiva de partes o productos defectuosos, los procesos Jidoka son sistemas comparativos de lo "ideal" o "estándar" contra los resultados actuales en

producción. Jidoka implica detectar una anomalía, parar la línea, corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre.

Existen diferentes tipos de sistemas Jidoka: visión, fuerza, longitud, peso, volumen, etc. depende del producto es el tipo o diseño del sistema Jidoka que se debe implantar, como todo sistema, la información que se alimenta como "ideal" o "estándar" debe ser el punto óptimo de calidad del producto.

El objetivo de Jidoka puede resumirse como:

- Asegurar al 100% la calidad.
- Prevenir averías de equipo.
- Usar eficazmente la mano de obra [15].

### **1.3.9 Dispositivos para prevenir errores (Poka Yoke)**

El término "Poka Yoke" viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir). Un dispositivo Poka Yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. La finalidad del Poka Yoke es eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible.

Los sistemas Poka Yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

Los efectos del método Poka Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo.

Clasificación de los métodos Poka Yoke:

1. **Métodos de contacto:** Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
2. **Método de valor fijo:** Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.
3. **Método del paso-movimiento:** Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implantación de un dispositivo Poka Yoke [4].

### **1.3.10 Indicador Visual (Andon)**

Andon es un palabra formada por: An (evento) + Don (lámpara) = luz que se enciende cuando pasa cierto evento. Término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción, utiliza señales de audio y visuales. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo en el piso de producción dentro del área de trabajo, el color indica el tipo de problema o condiciones de trabajo.

El Andon puede consistir en una serie de lámparas en cada proceso o un tablero de las lámparas que cubren un área entera de la producción. El Andon en un área de assembly será activado vía una cuerda del tirón o un botón de empuje por el operador. Un Andon para una línea automatizada se puede interconectar con las máquinas para llamar la atención a la necesidad actual de las materias primas. Andon es una herramienta usada para construir calidad en nuestros procesos.

Si un problema ocurre, la tabla de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. Una melodía se usa junto con la tabla de Andon para proporcionar un signo audible para ayudar al supervisor a comprender hay un problema en su área. Una vez el supervisor evalúa la situación, él o ella puede tomar pasos apropiados para corregir el problema.

Los colores usados son:

- Rojo: Máquina descompuesta.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Blanco: Fin de lote de producción.
- Amarillo: Esperando por cambio de modelo.
- Verde: Falta de Material.
- No luz: Sistema operando normalmente [13].

### **1.3.11 Cambio rápido de modelo (SMED)**

SMED significa " Single Minute Exchange of Die: cambio de herramienta en (pocos) minutos ", Son teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última pieza buena hasta la primera pieza buena en menos de 10 minutos. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

Los objetivos de SMED son:

- Facilitar los pequeños lotes de producción.
- Rechazar la fórmula de lote económico.
- Correr cada parte cada día (fabricar).
- Alcanzar el tamaño de lote a 1.
- Hacer la primera pieza bien cada vez.
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos.

Gran parte del tiempo se pierde pensando en lo que hay que hacer después o esperando a que la máquina se detenga. Planificar las tareas reduce el tiempo (el orden de las partes, cuando los cambios tienen lugar, que equipamiento es necesario, qué personas intervendrán y los materiales de inspección necesarios). El objetivo es transformar en un evento sistemático el proceso, no dejando nada al azar. La idea es mover el tiempo externo a funciones externas.

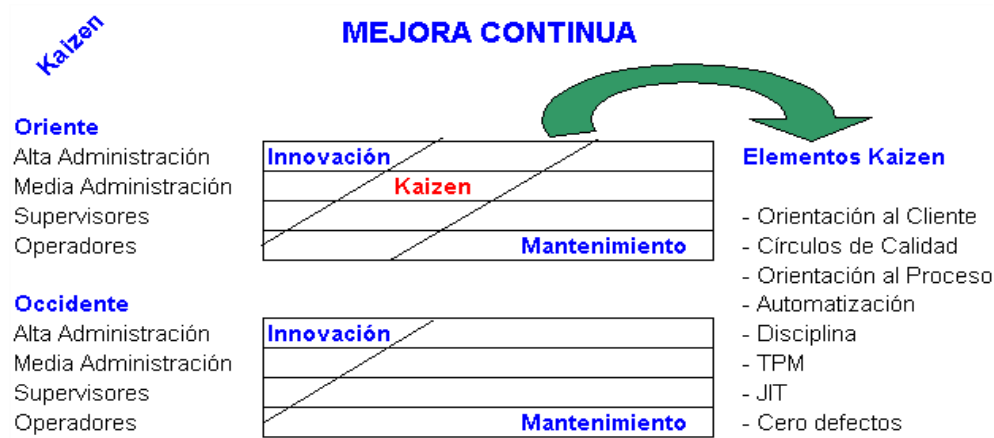
1. Eliminar el tiempo externo.
2. Estudiar los métodos y practicar.

3. Eliminar los ajustes [4].

### **1.3.12 Mejora continua (Kaizen)**

Proviene de dos ideogramas japoneses: "Kai" que significa cambio y "Zen" que quiere decir para mejorar. Así, podemos decir que "Kaizen" es "cambio para mejorar" o "mejoramiento continuo" (Figura 1.3). Los dos pilares que sustentan Kaizen son los equipos de trabajo y la Ingeniería Industrial, que se emplean para mejorar los procesos productivos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de producción, mantenimiento, calidad, ingeniería, compras y demás empleados que el equipo considere necesario. Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Kaizen se enfoca a la eliminación de desperdicios, identificando los siguientes:

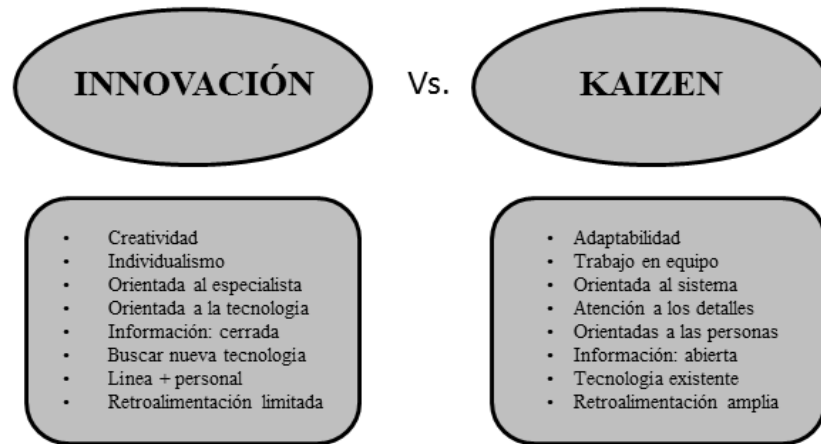
1. Sobreproducción.
2. Tiempo de espera.
3. Transporte.
4. Sobre-procesamiento o procesos inapropiados.
5. Inventarios.
6. Movimientos innecesarios.
7. Defectos.
8. Talento humano.



**Figura 1.5** Mejora Continua.

Es una estrategia de clase mundial que ayuda a las empresas a la mejora continua, cuyo objetivo es la calidad, la competitividad y la productividad [16]. La estrategia de Kaizen empieza y acaba con personas. Con Kaizen, una dirección envuelta guía a las personas para mejorar su habilidad de encontrar expectativas de calidad alta, costo bajo, y entrega en el tiempo continuamente. Kaizen transforma compañías en 'Competidores Globales Superiores'.

En la Figura 1.6 se establece una comparación entre Kaizen y el concepto de innovación como estrategia.



**Figura 1.6** Comparación Innovación vs Kaizen

Los diez mandamientos de Kaizen:

1. El desperdicio ('muda' en japonés) es el enemigo público número 1; para eliminarlo es preciso ensuciarse las manos.
2. Las mejoras graduales hechas continuamente no son una ruptura puntual.
3. Todo el mundo tiene que estar involucrado, sean parte de la alta gerencia o de los cuadros intermedios, sea personal de base, no es elitista.
4. Se apoya en una estrategia barata, cree en un aumento de productividad sin inversiones significativas; no destina sumas astronómicas en tecnología y consultores.
5. Se aplica en cualquier lado; no sirve sólo para los japoneses.
6. Se apoya en una "gestión visual", en una total transparencia de los procedimientos, procesos, valores, hace que los problemas y los desperdicios sean visibles a los ojos de todos.
7. Centra la atención en el lugar donde realmente se crea valor.
8. Se orienta hacia los procesos.

9. Da prioridad a las personas; cree que el esfuerzo principal de mejora debe venir de una nueva mentalidad y estilo de trabajo de las personas (orientación personal para la calidad, trabajo en equipo, cultivo de la sabiduría, elevación de lo moral, auto-disciplina, círculos de calidad y práctica de sugerencias individuales o de grupo).
10. El lema esencial del aprendizaje organizacional es aprender haciendo.

Los beneficios de Evento Kaizen son:

- Aumento de la productividad.
- Mejoras en la calidad de los productos.
- Reducción del espacio utilizado, inventario en proceso, tiempo de fabricación, costos de producción, etc.
- Mejora el manejo y control de la producción.
- Aumento de la rentabilidad.
- Mejora el servicio.
- Mejora la flexibilidad.
- Mejora el clima organizacional.
- Se desarrolla el concepto de responsabilidad.
- Aclara roles.

El establecimiento exitoso de metas requiere que estas sean alcanzables y cuantificables. Las compañías que buscan la manufactura esbelta, se comprometen a la mejora continua de sus procesos. Este mejoramiento continuo no sólo se aplica a nivel directivo, sino a todos los niveles de la compañía. Los gerentes y empleados deben trabajar juntos para desarrollar estos objetivos e identificar pérdidas de tiempo en las actividades [17].

## 1.4 Aplicaciones de Manufactura Esbelta

Ballesteros, Pedro [5] en su artículo Algunas reflexiones para aplicar la Manufactura Esbelta en empresas Colombianas. Afirmó que la implementación de Manufactura Esbelta, con el empleo de sus diferentes herramientas genera beneficio a la empresa y a sus empleados.

Algunos de estos beneficios son:

- Reducción de por lo menos el 50% en los costos de producción.
- Reducción en los niveles de inventario.
- Disminución del tiempo de entrega o lead time.
- Mejor calidad de los productos (bienes y servicios).
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de los equipos.
- Disminución de los desperdicios.

A su vez comentó que la implementación requiere que el personal aplique un pensamiento esbelto en su forma de trabajar, donde probablemente se efectuaran cambios radicales. En este sistema se le da mucha importancia a la inteligencia y creatividad del trabajador. Para implementar en las empresas colombianas un sistema tan sencillo en el procedimiento pero muy complejo en su filosofía no son suficientes las buenas intenciones y propósitos de los trabajadores. Es determinante el compromiso de la alta dirección o gerencia, que con una buena dosis de sentido común y con suficientes recursos económicos para invertir en tecnología y capacitación se puede respaldar esta clase de proyectos.

Dev Beal y Jeff Paulson [17] en el artículo Manufactura Esbelta: Reducción de tiempo de arranque y ajuste de punzo cortadoras. Realizaron un análisis en el que determinaron que cuando los tiempos de arranque y ajuste de las máquinas comienzan a incrementarse, los talleres ordinariamente examinan la planeación, la limpieza de las instalaciones, la disposición de la planta y los programas de mantenimiento preventivo mientras que los talleres con desempeño eficiente usan juegos de herramientas estandarizados tanto como sea posible y establecen e implementan reglas simples de limpieza. Esto haciendo uso de la metodología 5'S, en donde los gerentes y empleados deben estar de acuerdo en una localización determinada para cada herramienta que no esté en uso, de manera que las herramientas requeridas para un trabajo puedan ser encontradas fácilmente.

Garza Elizondo, Adriana [16] en el artículo sobre Kaizen: Una mejora continua concluye que Kaizen es una herramienta de clase mundial que ayuda a las empresas a la mejora continua, cuyo objetivo es la calidad, la competitividad y productividad. Recalcó que Kaizen se apoya en otras herramientas o metodologías de clase mundial, e invitó a las compañías a que adopten esta nueva manera de hacer negocios, con la mejora continua en sus operaciones obteniendo así los mejores niveles de calidad en sus productos y una mejor manera de hacer las cosas, mediante el desarrollo de mejoras tales como:

- Obtener el compromiso de la alta dirección.
- Establecer un consejo directivo de mejoramiento.
- Conseguir la participación total de la administración.
- Asegurar la participación en equipo de los empleados.
- Conseguir la participación individual.
- Establecer equipos de mejoramientos de sistemas (equipos de control de los procesos).

Plaza, Juan [18] en su artículo Manufactura Esbelta: La mejora continua aplicada en las Industrias gráficas. Afirmó que el TPM (Mantenimiento Productivo Total) como una herramienta de Manufactura Esbelta ayuda a mejorar la eficiencia de los equipos, el grado de aprovechamiento y la duración de los mismos y, por otro lado, una mejora de las competencias y calidad de vida de las personas que interactúan con los equipos, el enfoque de su estudio consiste en desglosar el TPM en 5 fases, que al llevarse a cabo aseguran la productividad del equipo con el que cuenta cualquier empresa:

Fase 1: Restaurar el estado inicial de los equipos.

Fase 2: Prevenir la suciedad y mejorar la mantenibilidad.

Fase 3: Estandarizar la limpieza, inspección y lubricación.

Fase 4: Formar al operario en mantenimiento autónomo.

Fase 5: Mantenimiento autónomo realizado por los operarios.

Noriega, Carlos [15] en su artículo Jidoka: Automatización con un toque humano. Sugirió que para llegar a un sistema productivo de cero errores con una calidad al 100%, es necesario evitar que cualquier pieza o producto defectuoso avance en un proceso productivo. Afirmó que Jidoka implica detectar una anomalía, parar la línea, corregir la condición anormal e investigar la causa raíz para eliminarla para siempre y que tanto en la Industria como en Servicios, esta técnica se aplica dependiendo de la creatividad de las personas involucradas en el proceso.

## CAPÍTULO 2: Metodología Seis Sigma, Lean Six Sigma y Cultura Organizacional

### 2.1 Seis Sigma

Seis Sigma es una filosofía para la mejora de la calidad, basada en hechos y manejada con datos. Valora la prevención sobre la detección de defectos. Motiva la satisfacción de los clientes y resultados a través de la educación de la variación y el desperdicio, fomentando así ventajas competitivas [19].

#### 2.1.1 Concepto

¿Qué es Seis Sigma?

- Proceso con capacidad Seis Sigma: Significa que la distancia entre la media del proceso al límite de especificación es de 6 desviaciones estándar e indica que hay una posibilidad menor a 3.4 defectos por millón estén fuera del límite de especificación.
- Seis Sigma como meta administrativa: Es la meta de una compañía para reducir notablemente la probabilidad de ocurrencia de errores o defectos en el producto o servicio a 3.4 por millón.
- Seis Sigma como Filosofía:
  - La forma y actitud de la forma de pensar y negociar.

- Un proceso con buena calidad nos lleva con el tiempo a lograr un producto de mejor calidad con menor inversión.
- Un proceso completo lleva a una salida completa, por lo tanto el nivel Seis Sigma es obtenible.
- Si la salida de un proceso es insatisfactoria, algo está mal.

- Seis Sigma como estrategia: Seis Sigma es una estrategia de innovación para maximizar la creación de beneficios de la organización y la satisfacción de los clientes por medio de la eliminación de los defectos de todos los procesos que están incluidos no solo de diseño y de producción del producto sino también el de la administración, y del apoyo para minimizar la desviación a partir del objetivo [20].

El nivel de sigma es la unidad de escala estadística que refleja la capacidad de proceso. El nivel de sigma tiene una relación muy estrecha con DPU (Defectos Por Unidad), PPM (Partes Por Millón), cantidad de defectos o la probabilidad de producir las fallas.

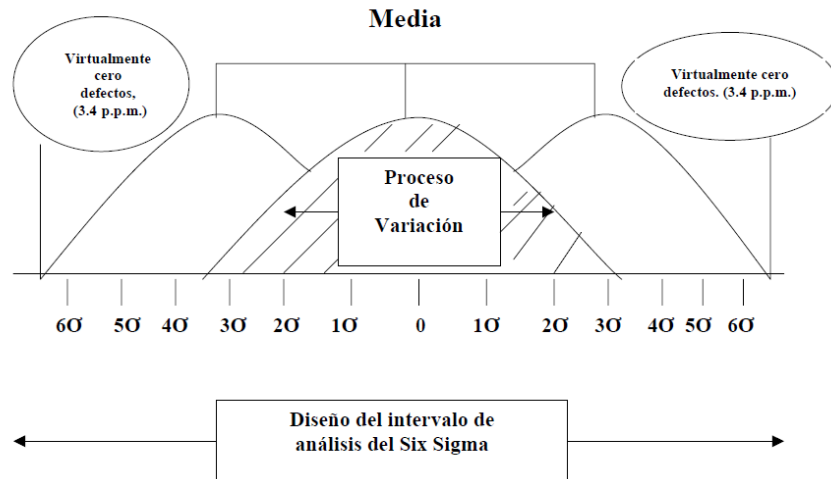
La filosofía detrás de Seis Sigma es que se midan los defectos de un proceso, llevar a cabo su eliminación sistemática y llegar tan cerca como sea posible a la perfección. La metodología implica la toma de datos y analizarlos con un grado de refinamiento tal, que sea una forma de conseguir la reducción de defectos en productos y servicios. Considera que se tiene o se trabaja con Seis Sigma cuando no se producen más de 3.4 defectos por cada millón de oportunidades (Tabla 2.1). El movimiento Seis Sigma es como el regreso de la calidad a sus orígenes, con un fuerte soporte en la estadística, en la observación y análisis de la variabilidad, solo que se involucra a la gente con papeles bien definidos y finalmente es una filosofía de administración [21].

**Tabla 2.1** Relación Seis Sigma y PPM's.

Cp	$\sigma$ (sigma)	PPM's
0.67	2	308,537
1	3	66,807
1.33	4	6210
1.67	5	233
2	6	3.4

¿Qué es el Nivel de Sigma ( $\sigma$ )?

Es el término estadístico para denotar la desviación estándar, la cual muestra como los datos están esparcidos individualmente con respecto al valor central de la población, esto es el tamaño de la variación. El nivel de Sigma ( $\sigma$ ) es una medida utilizada para indicar en longitud cuantas veces cabe la desviación estándar de la media a el límite de especificación más cercano. Menor variación representa mayor nivel de sigma (Figura 2.1).



**Figura 2.1** Representación gráfica de los niveles de la mejora Seis Sigma.

¿Por qué 3.4 PPM's?

- En un proceso estático (sin variación de media).
  - La distancia entre el límite superior y el inferior es  $12\sigma$ .
  - La probabilidad de estar fuera del límite de especificación es: 0.02 PPM's.
  
- En un proceso Dinámico (la media no es constante).
  - El desplazamiento de la media es aproximadamente  $1.5\sigma$ .
  - La distancia más corta entre la media y el límite superior e inferior es  $4.5\sigma$ .
  - La probabilidad de estar fuera de límite de especificación es 3.4 PPM's [22].

### 2.1.2 Características

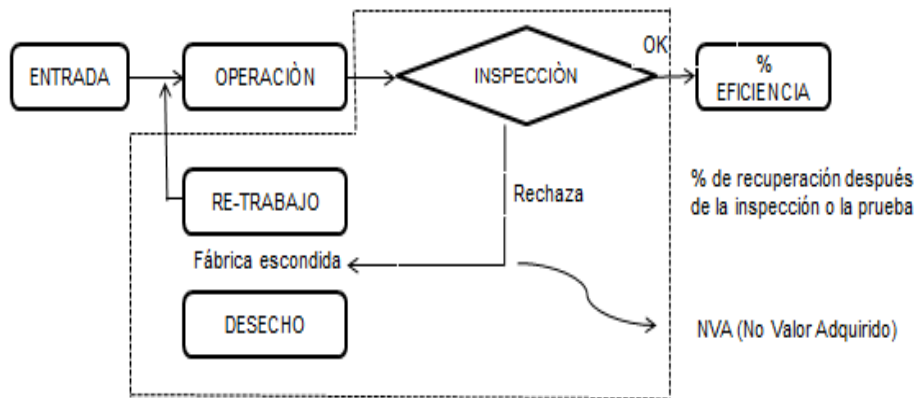
1) Centrado del Cliente:

- Identifica los puntos críticos de la calidad (CTQ) que son de importancia para los clientes y la realización de proyectos para mejorarlos.

2) Centrado en el Proceso:

- Todos los defectos generan tiempo y costo.

La fábrica escondida causa COPQ (Cost of Poor Quality, costo por mala calidad), por re-trabajo o desperdicio, que se produce por la imperfección del proceso. Al eliminar re-trabajos y desperdicios por defecto se puede aumentar la capacidad de medida, y no requiere inversión (Figura 2.2).



**Figura 2.2** Fábrica escondida dentro del proceso productivo.

Seis Sigma tiene como objetivo aumentar la eficacia y la eficiencia de la organización [21]. La mejora del proceso a través de esta metodología saca a la luz la fábrica escondida, posibilitando el aumento de la capacidad sin la inversión.

3) Uso de Métodos científicos:

- Juicios y toma de decisiones en base hechos.
- Obtención de datos confiables.
- Métodos científicos para el análisis.
- Uso de herramientas de análisis estadístico.
- Uso de conocimientos técnico-científicos.
- Método lógico para la solución de problemas.
- DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar (Improve en inglés) y Controlar.

4) Formación de especialistas:

- Campeón: Líder de la organización.
- MBB (Master Black Belt, Maestro en cinturón negro): Mejores especialistas en Seis Sigma de la compañía.
  - Apoyo a tareas de identificación de proyectos.
  - Desarrollo de metodologías Seis Sigma, educación y entrenamiento.
  - Guiar proyectos BB.
- BB (Black Belt, cinturón negro): Especialista de Seis Sigma.
  - Líder de proyectos de Seis Sigma pro segmento.
  - Guía de proyectos GB.
  - Entrenamiento a GB.
- GB (Green Belt, cinturón verde): Personal de acciones Seis Sigma.
  - Implementación de Seis Sigma en su área de trabajo.
- FEA: (Financial Effects Analyst) Personas que verifican el desempeño de los proyectos de Seis Sigma.

5) Alineación directamente con el beneficio económico.

La meta principal de Seis Sigma es el expandir las ganancias financieras de la compañía (Reducción de COPQ) y establecer un sistema para verificarlas y evaluarlas estrictamente.

Si una compañía tiene un nivel de Sima de 3, el COPQ puede alcanzar al menos un 20% de la ganancia de la venta (Tabla 2.2) [22].

**Tabla 2.2** Relación de Seis Sigma con las ventas de una compañía.

$\sigma$ (sigma)	COPQ
6	Dentro del 10% de las ventas
5	10-15%
4	15-20%
3	20-30%
2	30-40%

### 2.1.3 Relación entre Seis Sigma y otras innovaciones existentes

Puntos de introducción de Seis Sigma:

- Formación sistemática de especialistas:

- Trabajo de tiempo completo.
  - En la etapa de introducción inicial, el entrenamiento y guía de proyectos es realizada por consultores externos (JURAN, BGM, HONEYWELL, etc.).
- En la introducción, el juicio estratégico y las acciones debidas son la llave del éxito.
- No establecer/implementar estrategias de Seis Sigma con vista a 1 o 2 años...si no verse como una inversión a medio/largo plazo.
- Alojamiento estratégico de recursos administrativos: requiere esfuerzos de muchos trabajadores y la administración.
- Alinear a Seis Sigma con las actividades de innovación existentes (Tabla 2.3):
- La falta de alineación con las actividades de innovación existentes genera problemas
  - Alineamiento gradual a la ingeniería de proceso existente, mejoras inmediatas (TPM, equipos de producción, sugerencias) [22].

**Tabla 2.3** Relación de Seis Sigma con otras innovaciones.

INNOVACIÓN EXISTENTE	ÁREA	MÉTODO	PARTICIPANTES	RELACIÓN CON SEIS SIGMA
TPM	Maquinaria, línea	5´S, Mantenimiento	Toda producción	Proyectos de GB
Círculos	Línea	Herramientas de Control de Calidad	Producción	MAIC
ISO	Calidad	Estandarización	Toda tarea	Etapas de control

#### 2.1.4 Metodología DMAIC

Para implementar la filosofía SEIS SIGMA y lograr los niveles de desempeño, es necesario realizar un proceso. Mismo que se define en las etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (Figura 2.3). DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analysis, Improve, Control) define los pasos que se espera que un practicante de Seis Sigma siga, empezando con la identificación del problema y terminando con la implementación y control de soluciones duraderas [19].



**Figura 2.3** Método DMAIC.

Este método tiene como función mejorar el proceso o productos existentes, realizar una metodología estructurada y repetitiva de mejora de proceso y está enfocado a la reducción de defectos.

- Definir: Selección de proyectos de Seis Sigma y establecer planes de acción específicos.
- Medir: Identificar el nivel actual y factores potenciales.
- Analizar: Seleccionar factores vitales a través de análisis científico de factores potenciales.
- Mejorar: Optimizar factores vitales y verificar los resultados de la aplicación.
- Controlar: Para mantener los resultados de mejora, establecer un sistema de control y completar proyecto [22].

#### **2.1.4.1 Definir**

El propósito de la etapa Definir es refinar el entendimiento del problema a solucionar por parte del equipo de trabajo y definir las expectativas del cliente para el proceso. Los elementos de esta etapa incluyen un enunciado específico del problema a solucionar, enunciados descriptivos enumerando la localización y ocurrencia de los eventos problemáticos, así como un enunciado inicial describiendo el alcance del problema. En esta etapa, el equipo de trabajo define lo que se necesita para un proyecto de Seis Sigma exitoso.

Definir incluye identificar los clientes (internos y externos); identificar sus necesidades y determinar el alcance del proyecto y los objetivos. El equipo de trabajo debe desarrollar un enunciado del problema, un enunciado específico del problema a resolver. Es extremadamente importante identificar el problema correcto [23].

Las preguntas a hacer en esta etapa incluyen:

- ¿Quién es el cliente?
- ¿Qué es lo importante y qué es crítico para la calidad?
- ¿Cuál es el alcance?
- ¿Qué defectos estoy tratando de reducir?
- ¿En cuánto? ¿Cuál es la meta?
- ¿Cuál es costo actual de los defectos?

#### **2.1.4.2 Medir**

La etapa de Medición establece técnicas para recolectar datos sobre el desempeño actual y que tan bien se cumplen las expectativas del cliente. Al terminar esta etapa, el equipo de trabajo tendrá un plan de recopilación de información, un sistema válido de medición que asegure exactitud y consistencia

en la recolección de datos, frecuencia de los defectos y datos suficientes para el análisis del problema [23].

Esta etapa conlleva a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el proceso?
- ¿Qué indicador afecta más la calidad?
- ¿Cuál variable del proceso parece afectar más a esos indicadores?
- ¿Es aceptable la habilidad para medir y detectar?
- ¿Cómo funciona el proceso actualmente?
- ¿Qué tan bueno sería mi proceso si todo corriera adecuadamente?
- ¿Cuál es el nivel máximo para lo que fue diseñado el proceso?

#### **2.1.4.3 Analizar**

La etapa de Análisis permite al equipo de trabajo establecer las oportunidades de mejora al tener todos los datos. A través de esta etapa, el equipo determina por qué, cuándo y cómo ocurren los defectos; selecciona las herramientas de análisis gráfico adecuadas y las aplica a los datos recolectados y; plantea un conjunto de mejoras potenciales para aplicarse en la siguiente etapa: Mejorar. Después de analizar, el equipo puede entregar un mapa del proceso detallado, un enunciado refinado del problema y estimados de la posibilidad de defectos [23].

Las preguntas a realizar en la etapa de Analizar incluyen:

- ¿Qué variables del proceso afectan más la calidad y hasta qué punto?
- ¿Si cambio una variable del proceso realmente cambio los indicadores resultantes?
- ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones?
- ¿Qué nivel de confianza tengo con respecto a mis conclusiones?

#### **2.1.4.4 Mejorar**

En la etapa de Mejorar, el equipo de trabajo desarrolla, implementa y valida alternativas de mejora que rectifican el proceso. Esto consiste en hacer una lluvia de ideas para generar alternativas de mejora, probar las soluciones propuestas usando corridas piloto y validando la mejora. Con esto viene la creación de un nuevo mapa del proceso para ilustrar el nuevo flujo del proceso, seguido de un análisis de costo beneficio para asegurar que la mejora potencial es viable y redituable. Por medio de la recopilación y análisis de los datos del nuevo proceso, el equipo puede demostrar la validez de las mejoras.

Esta etapa entrega soluciones al problema y validación de las soluciones así como planes de implementación y comunicación [23].

Las preguntas para la etapa de Mejorar incluyen:

- Una vez que sé con seguridad que variables del proceso afectan mis indicadores, ¿cómo implemento los cambios?
- ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras del procedimiento o ajuste para estas variables clave del proceso?

#### **2.1.4.5 Controlar**

La etapa de Control institucionaliza las mejoras del proceso y el producto y, monitorea el desempeño actual a fin de obtener las ganancias logradas en la etapa de Mejorar. Durante esta etapa el equipo de trabajo desarrolla una estrategia de control basada en los resultados de las cuatro etapas previas, un plan de control que incorpora los cambios en el proceso cronológicamente y un enunciado de calidad de desempeño actualizado y un plan de entrenamiento para documentar los cambios y mejoras [23].

Las preguntas a realizar en la etapa de Control incluyen:

- Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo y yo mantener los defectos controlados?
- ¿Qué se debe preparar para mantener el desempeño satisfactorio aun cuando las cosas cambien (gente, tecnología y clientes)?

### **2.1.5 Herramientas Seis Sigma**

Seis Sigma es una disciplina de negocios que combina un proceso de mejora estructurado con una metodología que implica una serie de herramientas que ayudan a gestionar la consecución de los objetivos específicos y medibles [24].

A continuación se describen las principales herramientas de esta metodología.

#### **2.1.5.1 Mapa de pensamiento**

El mapa de pensamiento es una de las herramientas más fuertes dentro de la metodología seis sigma. Consiste en la documentación de la serie de decisiones tomadas por el equipo para resolver un problema. Incluye una serie de preguntas y las respuestas encontradas, mediante la representación gráfica de los pensamientos y estrategias desarrolladas a lo largo del proyecto.

Como herramienta de seis sigma es una guía a través del modelo de mejora DMAIC y ayuda a determinar la herramienta apropiada de seis sigma a utilizar. Ayuda a identificar los recursos requeridos, y sobre todo es un documento constantemente actualizado para reflejar las acciones que se cumplen y plasmar las nuevas preguntas que han surgido.

El mapa de pensamiento no tiene ningún formato en específico que deba ser seguido. El realizador debe utilizar el formato que lógicamente exprese las preguntas e ideas que llevaron el proyecto. Algunas guías podrían ser:

1. Identificar la meta del proyecto.
2. Realizar preguntas sobre la meta establecida.

3. Priorizar el esfuerzo para contestar esas preguntas.
4. Planeas llegar a las respuestas.
5. Información fue aprendida de la aplicación de las herramientas.
6. Surgimiento de nuevas preguntas.

Existen tres errores comunes con respecto a los proyectos de mejora; el primero es iniciar con una idea predeterminada de la solución, en lugar de generar alternativas mediante el entendimiento de preguntas realizadas sobre el proyecto; el segundo es utilizar un conjunto de datos históricos y hacer inferencias no seguras sobre la situación actual; y un tercer error, iniciar el proyecto con una serie de técnicas y herramientas estadísticas creyendo que serán útiles para resolver un problema en particular. Si queremos obtener soluciones innovadoras necesitamos romper paradigmas, de esta manera obtendremos verdaderas soluciones en vez de reparar o arreglar lo que ya está.

El éxito en el proceso de mejora continua no está tanto en la aplicación de herramientas por si solas, sino en el conocimiento que se logra respecto al proceso. Esa es la razón por la que el mapa de pensamiento es un proceso de documentación continuo, del conocimiento actual del proceso y de las preguntas que nos llevarán a un nivel de conocimiento mayor del proceso, así como el camino para contestar esas preguntas, el conocimiento adquirido en base al trabajo y a la vez una dirección para el futuro [25].

#### **2.1.5.2 SIPOC**

La forma SIPOC es una herramienta que documenta un proceso de proveedores a clientes. El nombre viene de las identificaciones de las columnas en forma: Suppliers (Proveedores), Inputs (Entradas), Process (Proceso), Outputs (Salidas), y Customers (Clientes).

#### Propósito de SIPOC:

- Identificar y balancear requerimientos competitivos del cliente.
- Identificar gaps entre requerimientos y salidas del proceso.
- Identificar los proveedores de las entradas del proceso.
- Asistir en la identificación de recolección de datos.
- Verificar requerimientos de recursos para el equipo e información.
- Fijar las métricas correctas como herramienta para continua verificación de los requerimientos del cliente.

#### Elementos del SIPOC:

- Proceso: Descripción de un proceso que produce salidas a cumplir las necesidades (expresadas o implicadas) de clientes.
- Límites Entradas y Salidas: Define los límites del proceso, inicio y final.
- Salidas: Productos o servicios entregados que deben de satisfacer las expectativas del cliente y cumplir o exceder los requerimientos del cliente.
- Clientes: Personas que reciben las salidas, y esas personas que define los requerimientos de salidas, pero no recibe las salidas.
- Requerimientos cliente: Expectativas medibles de salidas del proceso. La salida debe ser medida y comparada a los requerimientos del cliente para cuantificar satisfacción del cliente.

Para que el proceso entregue salidas que cumplen con los requerimientos del cliente, debe de tener entradas que cumplen con requerimientos específicos.

- Requerimientos proceso: Las expectativas cuantificables que el proceso impone en las entradas.
- Proveedores: Entregan las “Entradas” necesarias al proceso.
- Medición de salida proceso: Debe ser comparada a requerimientos del cliente para cuantificar satisfacción del cliente.
- Medición de entrada o en-proceso: Son necesarias para monitorear y controlar el proceso y proveer datos diagnosticados para mejora de procesos.

### Interpretación del SIPOC

- Verificar los requerimientos del cliente.
- Observar cómo los clientes usan el producto.
- Usar el producto.
- Entrevistar a los clientes.
- Aprender de las palabras exactas del cliente.
- Usar más que los oídos para escuchar respuestas de los clientes y observar sus acciones.
- Reconocer modos de falla en obtener requerimientos del cliente.
- Se aprende muy poco con respuestas “sí” y “no”.
- No suponer que gente en ventas, mercadotecnia, o ingeniería preguntan lo mismo o escuchan las respuestas igual.
- Continuamente monitorear y aprender las necesidades del cliente.
- Escuchar necesidades futuras del cliente; no limitar el enfoque al negocio o problemas de hoy.
- Hacer la tarea – conocer al cliente, conocer el mercado, conocer las oportunidades.

Con un SIPOC terminado, se puede usar la información para:

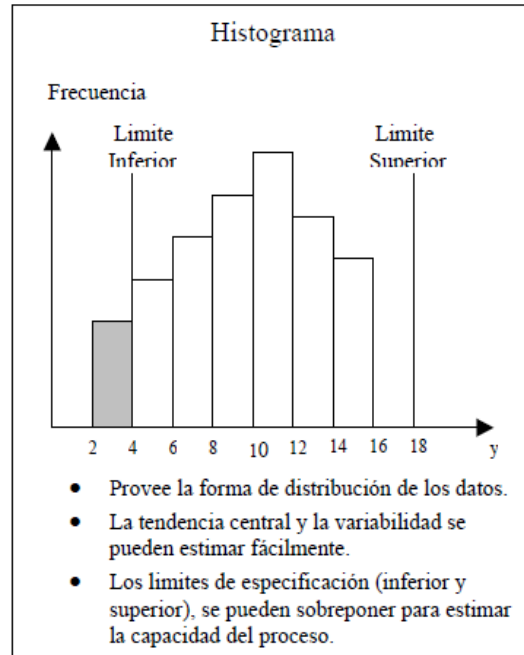
- 1) Verificar conexión entre las “salidas” y los “requerimientos del cliente”.

- 2) Asegurar que la frase problema del equipo sea en mínimo uno de los “requerimientos del cliente” y/o “requerimientos del proceso”.
- 3) Identificar si hay diferencias entre “requerimientos del proceso” con “requerimientos del cliente” [25].

### **2.1.5.3 Histograma**

Es la representación gráfica de la distribución de mediciones reunidas en forma de una muestra. Enseña la frecuencia o cantidad de observaciones de determinado valor, o dentro de cierto grupo. Los histogramas se usan mucho en estudios de capacidad del proceso, para encontrar pistas sobre las características del proceso que genera los datos.

Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma (figura 2.4) permite que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. La correcta utilización del histograma permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.



**Figura 2.4** Histograma

El histograma es un tipo especial de gráfico de barras que se puede utilizar para comunicar información sobre las variaciones de un proceso y/o tomar decisiones enfocándose en los esfuerzos de mejora que se han realizado.

Comúnmente las estadísticas por si mismas no proporcionan una imagen completa e informativa del desempeño de un proceso. El histograma, siendo un gráfico de barras especial, se utiliza para mostrar las variaciones cuando se proporcionan datos continuos como tiempo, peso, tamaño, temperatura, frecuencia, etc.

El histograma permite reconocer y analizar patrones de comportamiento en la información que no son aparentes a primera vista al calcular un porcentaje o la media.

Para decidir correctamente y detectar posibles anomalías en los datos se procede a lo siguiente para construir un histograma:

- **Paso 1.** Determinar el rango de datos. La diferencia entre el dato máximo y el dato mínimo.
- **Paso 2.** Obtener el número de clases (NC) o barras. Ninguno de ellos es exacto, esto depende de cómo sean los datos y cuantos sean. Un criterio usado es del número de clases, debe ser aprox. Igual a la raíz cuadrada del número de datos.
- **Paso 3.** Establecer la longitud de clase (LC). Se establece de tal manera que el rango pueda ser cubierto en su totalidad por NC. Una forma directa de obtener la LC es dividiendo el rango entre el número de clases,  $LC = R/NC$ .
- **Paso 4.** Construir los intervalos de clase. Resultan de dividir el rango (original o ampliado) en NC e intervalos de longitud LC.
- **Paso 5.** Obtener la frecuencia de cada clase. Se cuentan los datos que caen en cada intervalo de clase.
- **Paso 6.** Graficar el histograma.

Lo que se aprecia en el histograma como tendencia central, variabilidad y comportamientos especiales será una información valiosa. Observándolo se pueden contestar varias preguntas tales como:

- ¿Hay un comportamiento simétrico?, ¿Hay Sesgo?, ¿Hacia qué lado? Para esto basta que se observe la forma del histograma; cuando es resultado de una muestra grande, hay un sesgo significativo puede ser que haya algún problema, como calentamiento de los equipos o instrumentos de medición descalibrados.

- ¿Está centrado el proceso? Con un tamaño de muestra grande es muy fácil ver mediante un histograma si un proceso está centrado o no, ya que basta observar la posición del cuerpo del histograma respecto a la calidad óptima y a las especificaciones, si no está centrado la calidad que se produce no es adecuada.

- ¿Hay acantilados? Las posibles causas que motivan la presencia de acantilados están: un lote de artículo previamente inspeccionados al 100% donde se excluyó a los artículos que no cumplen con alguna medida mínima o que exceden una medida máxima, problemas con el equipo de medición y errores en la inspección. Un acantilado es anormal y debe buscarse la causa del mismo.

- Estratificación. Cuando se obtienen datos que proceden de diferentes máquinas, proveedores u operadores, se hace un histograma por cada fuente y así se podrá encontrar la máquina o proveedor más problemático.

Ventajas del uso de histogramas:

- Simplicidad.
- Posibilidad de trabajar conjuntamente con los límites de especificación.

Desventajas del uso de histogramas:

- Pérdida de la individualidad de las observaciones.
- La evolución de la característica en el proceso puede no ser revelada.

Para un histograma existen dos tipos de informaciones básicas (que pueden ser complementados o no de acuerdo a la complejidad del diseño): la frecuencia de los valores y los valores en sí. Normalmente, las frecuencias son representadas en el eje vertical mientras que en el horizontal se representan los valores de cada una de las variables (que aparecen en el histograma como barras bi o tridimensionales).

Existen diferentes tipos de histogramas. Los histogramas de barras simples son los más comunes y utilizados. También están los histogramas de barras compuestas que permiten introducir información sobre dos variables. Luego están los histogramas de barras agrupadas según información y por último el polígono de frecuencias y la ojiva porcentual, ambos sistemas utilizados normalmente por expertos. Trabajar con histogramas es muy simple y seguramente proveerá con una mejor comprensión de diferente tipo de datos e información.

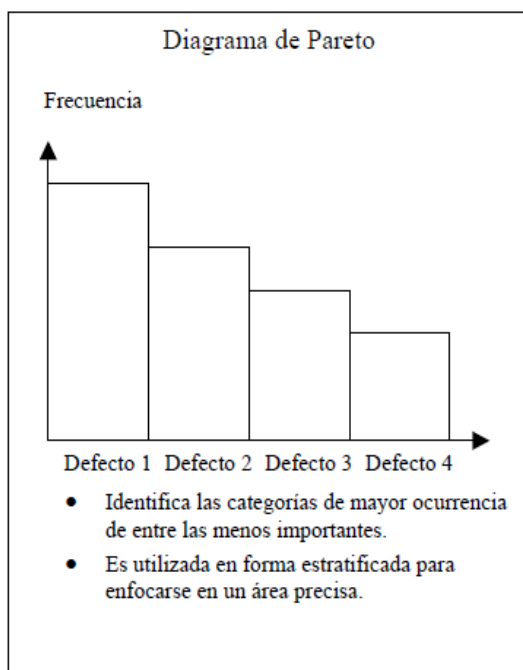
#### **2.1.5.4 Diagrama de Pareto**

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema.

Los diagramas de Pareto, o graficas de Pareto, se usan mucho en las empresas modernas. Esas graficas ayudan a concentrarse en las pocas, pero importantes, causas del problema. Cuando se reúnen observaciones y se clasifican en distintas categorías de acuerdo con criterios válidos y claros, se puede trazar un diagrama de Pareto. Es una representación por medio de barras ordenadas en magnitud descendente, de la importancia relativa de eventos por categoría, por ejemplo errores. Se superpone a las barras una curva acumulada que ayuda a destacar las pocas categorías de importancia que contienen la mayor parte de los casos. Los diagramas de Pareto se usan para determinar el punto inicial en la solución de problemas, vigilancia de cambios o identificación de la casusa básica de un problema. Su

utilidad se debe al principio de Pareto, que establece que en cualquier grupo de factores que contribuyen a un efecto común, hay relativamente pocos (20%) que explican la mayor parte (80%) del efecto.

Un diagrama de Pareto (figura 2.5) es una gráfica de barras para datos de conteo. Presenta la frecuencia de cada conteo en el eje vertical y el tipo de conteo o clasificación sobre el eje horizontal. Siempre reglamos los tipos de conteo en orden descendente de frecuencia u ocurrencia; esto es, el tipo que ocurre con mayor frecuencia está a la izquierda. Seguido por el tipo que ocurre con la siguiente mayor frecuencia, y así sucesivamente.



**Figura 2.5** Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto recibe ese nombre por el economista antes citado, que especuló que ciertas economías la mayor parte de la riqueza la poseía una minoría de las personas. En datos de conteo, el "principio de Pareto" ocurre con frecuencia, y esa es la razón del nombre del diagrama.

Se recomienda el uso del diagrama de Pareto:

- Para identificar oportunidades para mejorar.
- Para identificar un producto o servicio para el análisis de mejora de la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes agrupaciones de datos.
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes, (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.
- Para comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores.

Los propósitos generales del diagrama de Pareto:

- Analizar las causas
- Estudiar los resultados
- Planear una mejora continua

La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar

atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales.

Algunos ejemplos de tales minorías vitales serían:

- La minoría de clientes que representen la mayoría de las ventas.
- La minoría de productos, procesos, o características de la calidad causantes del grueso de desperdicio de los costos de retrabajos.
- La minoría de rechazos que representa la mayoría de quejas de los clientes.
- La minoría de vendedores que está vinculada a la mayoría de partes rechazadas.
- La minoría de problemas causantes del grueso del retraso de un proceso.
- La minoría de productos que representan la mayoría de las ganancias obtenidas.
- La minoría de elementos que representan la mayor parte del costo de un inventario etc.

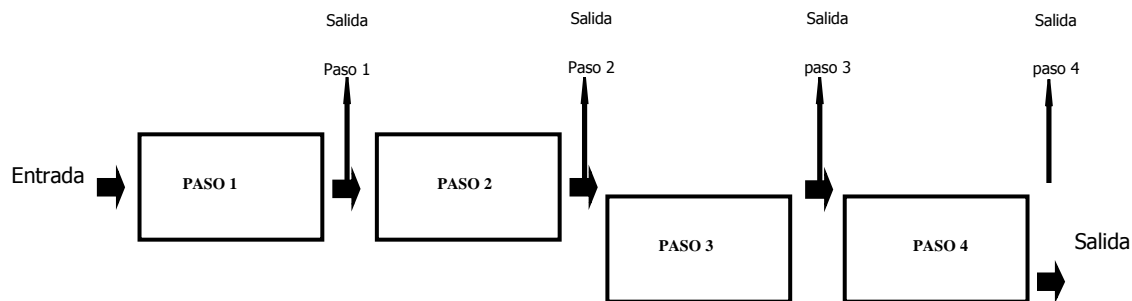
Los diagramas de Pareto son muy útiles en el análisis de datos de defectos en sistemas de manufactura. El diagrama de Pareto es una parte importante de un programa de mejoramiento de la calidad porque permite que administradores e ingenieros enfoquen su atención a los defectos críticos en un producto o proceso. Una vez que se identifican estos defectos críticos, deben desarrollarse e implantarse las acciones correctivas para reducir o eliminar dichos defectos.

Lo anterior es más fácil de hacer cuando nos aseguramos de estar atacando un problema legítimo, pues es mucho más sencillo reducir o eliminar defectos que ocurren con frecuencia que aquellos que se presentan en raras ocasiones.

#### **2.1.5.5 Mapa de proceso**

Proceso: Una serie de actividades que transforman entradas en salidas específicas.

Mapa de Proceso: Descripción gráfica de los pasos de un proceso. Es un documento que representa como opera un proceso actualmente no como se supone que opera. Es un documento vivo que debe de ser revisado y actualizado constantemente (Figura 1.8).



**Figura 2.6** Ejemplo de formato básico de un mapa de proceso.

Los componentes del mapa de proceso son:

- Entradas: 6 M's; Mano de obra, método, material, maquinaria, medición y medio ambiente.
- Transformación: Serie de pasos que cambian (transforman) las entradas.
- Salida: Bien, Servicio o Proceso.

Propósito de crear un Mapa de Proceso:

- Identificar las entradas del proceso (X's).
- Identificar las salidas de los procesos claves (Y's).

- Clasificar las entradas para identificar cuáles son críticas en el proceso.

El mapa de proceso busca clarificar la ecuación general del proceso donde:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \text{ (Figura 2.7)}$$



**Figura 2.7** Ecuación general del proceso.

Es necesario categorizar las entradas al proceso. Las entradas al proceso pueden ser:

1. X- Críticas: Cuando se ha comprobado que la variable de entrada tiene un alto impacto en la variabilidad de la salida.
2. N- Ruido: Cuando es muy complicado o imposible tener control sobre esa entrada.
3. C- Controlable: Cuando existen o pueden existir los medios para manipular y controlar el valor de la variable.
4. S- Estándar: Cuando la variable es el resultado de un procedimiento estándar de operación.

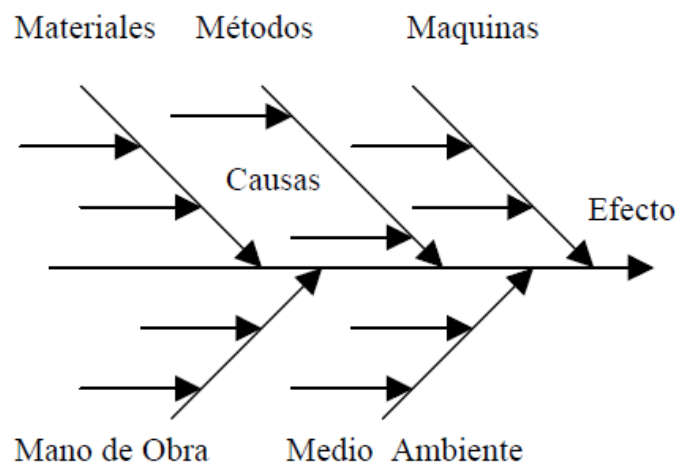
Es precisamente el conocer la categoría de las variables lo que nos permite manipular la ecuación  $Y=f(x)$  para obtener la salida que deseamos [25].

### 2.1.5.6 Matriz Causa-Efecto

Cuando iniciamos nuestros esfuerzos de mejora, es muy difícil poder determinar desde el inicio dónde debemos enfocar nuestros esfuerzos para maximizar los resultados del proyecto. Al inicio podemos tener un número muy grande de entradas al proceso y algunas salidas. Siguiendo la ecuación de proceso donde  $Y=f(x)$  para obtener la salida esperada debemos controlar las X's pero puede ser una tarea interminable.

El objetivo de la matriz Causa – Efecto (Figura 2.8) es encontrar aquellas entradas que son claves para determinar la salida y en ellas enfocarse. Cuantifica la prioridad de una entrada (pequeña x) con su impacto estimado en los requerimientos del cliente (salida del proceso o Y principal).

- Mapa de Proceso es la fuente de información primaria.
- Salida clave (Y's mayor) son valoradas en importancia al cliente.
- Entradas claves (x's pequeñas) Son valoradas por su relación hacia los requerimientos del cliente.



**Figura 2.8** Ejemplo de Matriz Causa-Efecto.

Pasos para realizar una Matriz Causa –Efecto:

1. Identificar los requerimientos claves (salidas) del Mapa de Proceso.
2. Asignar factores de prioridad para cada salida y arreglarlas en orden.
  - Valor bajo: poca importancia para el cliente.
  - Valor alto: gran importancia para el cliente.
3. Identificar todos los pasos del proceso y materiales (entradas) del Mapa de proceso.
4. Evaluar la correlación de cada entrada con cada salida.
  - Valor bajo: cambios en la variable de entrada (cantidad, calidad, etc.) tiene un efecto pequeño en la variable de salida.
  - Valor alto: Cambios en la variable de entrada pueden afectar grandemente la variable de salida.
5. Multiplique los valores de correlación con factores de prioridad y súmelos a lo largo de cada entrada.

Con los valores finales se debe construir una gráfica de Pareto que nos dará los siguientes resultados:

- Identifica cuál de las  $x$ 's pequeñas son críticas en tu mapa de proceso:  $y=f(x)$
- Determina donde trabajar para la mejora.
- Determina qué controlar [25].

#### **2.1.5.7 Análisis de modo de falla y efectos (FMEA)**

Un FMEA (del inglés Failure Modes and Effects Analysis) lo podemos definir como un método sistemático que:

- Reconoce, evalúa y prioriza fallas potenciales y sus efectos.
- Identifica acciones que pueden eliminar o reducir la ocurrencia de fallas potenciales
- Documenta el proceso.

Un modo de Falla es la forma en la que el componente, sub-ensamble, producto o proceso puede fallar. Un Efecto es el resultado de la ocurrencia de un modo de falla en el sistema, producto o proceso. El IMPACTO en el cliente.

Un FMEA es utilizado por que Identifica modos de falla potenciales y determina la severidad de sus efectos, prioriza las deficiencias potenciales y tiene un enfoque en la prevención.

Un FMEA puede ser utilizado:

- Al inicio de la investigación de mejora de un proceso, y después de que el mapa de proceso ha sido desarrollado.
- Cuando nuevos sistemas, productos o procesos están siendo diseñados.
- Cuando diseños o procesos existentes están siendo modificados.
- Cuando diseños de transición son usados en nuevas aplicaciones.

Pasos para realizar un FMEA

Paso 1: Escribir el nombre del producto o proceso.

Paso 2: Listar los pasos del proceso a investigar.

Paso 3: Listar el o los modos de falla potencial del paso del proceso.

Paso 4: Enlistar el efecto potencial de cada modo de falla desde la perspectiva del cliente.

Paso 5: Seleccionar nivel de severidad en escala del 1 al 10 (mayor severidad mayor numero).

Paso 6: Listar las causas de cada modo de falla (fallas en las X's o entradas).

Paso 7: Seleccionar el nivel de ocurrencia para cada causa en escala del 1 al 10.

Paso 8: Listar los controles actuales de como prevenimos que la falla ocurra.

Paso 9: Seleccionar el nivel de detectabilidad donde a mayor detectabilidad menor el número.

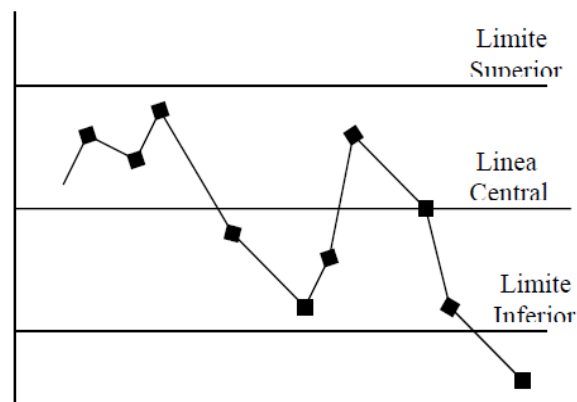
Paso 10: Calcular el índice de riesgo (RPN).

Paso 11: Acciones recomendadas, Planes y responsables de como mitigar los índices.

Paso 12: Re-calculer el Índice de Riesgo pronosticado, y el impacto de las acciones [25].

### 2.1.5.8 Voz del Proceso (Gráficos de control)

Voz del Proceso (VOP o VOC por sus siglas en ingles Voice of Customer) es algún tipo de datos numéricos que analizamos para evaluar la función de un proceso. El Gráfico de Control es una de muchas herramientas gráficas que usamos para analizar la función de un proceso. Consiste de dos gráficos marcados en orden de tiempo. Un gráfico contiene datos del proceso (gráfico de individuales o promedios) y el otro datos de variación del proceso (gráfico de rangos) (Figura 2.9).



**Figura 2.9** Gráfico de Control de valores individuales.

Aspectos que incluyen los Gráficos de Individuales o Promedios:

- Datos anotados en orden de tiempo.
- El promedio del proceso o media.

- Límite de Control Superior - en inglés “Upper Control Limit” (UCL) que es calculado a  $+3\sigma$  por arriba de la media.
- Límite de Control Inferior - en inglés “lower Control Limit” (LCL) que es calculado a  $-3\sigma$  por debajo de la media.

Aspectos que incluye el Gráfico de Rango:

- Datos de Rango anotados en orden de tiempo.
- Promedio de Rango.
- Límite de Control Superior - en inglés “Upper Control Limit” (UCL) calculado a partir de una constante en función si son datos individuales o agrupados y el tamaño del grupo.
- Límite de Control Inferior (si existe) - en inglés “Lower Control Limit” (LCL) calculado a partir de una constante en función si son datos individuales o agrupados y el tamaño del grupo.

Para el cálculo de los límites de control es recomendable hacerlo a partir de 20 datos. Cambios en el proceso también afectarán los límites de control por ello se recomienda establecer periodos para recalcular de los límites. Al inicio se pueden establecer pre-límites de control basado en los requerimientos del cliente (límite de especificación), pero solo por el periodo de recolección de datos para el cálculo de los límites de control.

Se puede decir que los puntos que caen dentro de los límites de control se ven afectados solo por causas comunes de variación, y los puntos que caen por fuera de los límites de control se ven afectados por causas especiales de variación [25].

### 2.1.5.9 Evaluación del sistema de medición (MSE)

Cuando las salidas de un proceso no cumplen con los requerimientos del cliente, el proceso necesita ser mejorado, para saber si el proceso ha sido mejorado, la variable debe de ser medida. El enfoque del MSE está en la calidad de las medidas. La selección del tipo de MSE dependerá del tipo de datos.

El MSE Identifica y cuantifica las diferentes fuentes de variación que afectan a un sistema de medición.

Error de Medición: la variación en las medidas pueden ser atribuidas a la variación en la parte que está siendo medida o al sistema de medición mismo. La variación en el sistema de medición mismo es un error de medición.

Producto: Variación entre partes o dentro de partes.

Sistema de Medición: Variación en las mediciones puede ser atribuida a la variación en los operadores, equipos, instrumentos, preparación/ método y error de medición.

Como todo proceso, el sistema de medición también tiene un factor de error (error de medición).

Los componentes del error de medición incluyen:

- Exactitud: La exactitud del instrumento es la diferencia entre el valor promedio observado y el valor maestro.
- Discriminación: La habilidad tecnológica del sistema de medición de poder diferenciar adecuadamente entre los valores de los parámetros de una medida.
- Repetibilidad: La variación entre medidas consecutivas de una misma parte/producto, de una misma característica, por una misma persona usando el mismo instrumento.
- Reproducibilidad: La diferencia entre el promedio de las medidas tomadas por diferentes personas usando el mismo instrumento o diferentes, cuando miden la misma característica.
- Efectos de Tendencias: El promedio de las medidas en algún subgrupo es diferente por una cantidad fija.
- Estabilidad: La ausencia de causas asignables de variación; el estar bajo control estadístico. La consistencia de las medidas a través del tiempo.

Error de medición: Este puede ser evaluado por la comparación del ancho de los límites de control (gráfico de promedio) con la dispersión de los puntos graficados (variación del producto).

- Si todos los promedios caen dentro de los límites de control, la variación del sistema de medición cubre la variación del proceso.
- Si menos de la mitad de los promedios están fuera de los límites, el sistema de medición es inadecuado para monitorear o controlar del proceso.
- Por otro lado, si la mayoría de los promedios (más de 75%) caen fuera de los límites de control, indica que las señales para el proceso de manufactura son mayores que la variación de la medición.

Elementos de un MSE

- Instrumentos calibrados.

- Múltiples operadores.
- Generalmente 5 partes a medir. Las partes son seleccionadas “aleatoriamente”. Las partes deberán ser identificadas de tal forma que sea clara la toma de su medida y reduzca los efectos de tendencia del operador (‘marcas ciegas’).
- Seleccionar suficientes muestras tal que:  
(Número de muestras) X (Número de operadores)  $\geq$  15
- Si no es práctico o posible, selecciona el número de corridas tal que:
  - Si # Muestras X #Operadores < 4, corridas = 6
  - Si # Muestras X #Operadores < 5, corridas = 5
  - Si # Muestras X #Operadores < 8, corridas = 4
  - Si # Muestras X #Operadores < 15, corridas = 3
- Cada unidad será medida 3 veces (por lo menos) por cada operador.

Método de Evaluación:

El método del gráfico de control es el preferido por que es el más fácil de usar, el método gráfico hace lo siguiente:

- Cuantifica la discriminación del sistema de medición.
- Revela la estabilidad/repetibilidad del sistema.
- Identifica tendencias del operador y reproducibilidad.
- Muestra la variación del producto en comparación con la variación del sistema de medición [25].

#### **2.1.5.10 Componentes de variación (COV)**

Conocemos que la variación está presente en todas partes aunque esta variación puede tener su origen de diferentes fuentes. Estas fuentes de variación podemos ubicarlas en tres familias.

Posición: Variación que se presenta dentro de una pieza o a lo largo de una pieza que tiene varias partes.

Secuencia: Variación entre piezas consecutivas, variación entre pasos de un proceso, variación entre grupos o lotes.

Tiempo: Variación entre horas, turnos o días de producción.

El análisis de componentes de variación busca identificar el porcentaje de contribución a la variación total de cada una de las fuentes. Se basa en construir un arreglo de datos de varios niveles donde se tiene identificado para cada dato su relación a las fuentes identificadas de variación en un arreglo jerárquico padre hijo (cada dato pertenece a solo un miembro del nivel jerárquico superior).

En cada nivel se calculan los promedios para cada miembro del nivel y se construyen gráficos de control, donde se puede identificar en qué nivel de la estructura jerárquica se encuentra el estado de variación fuera de control. Con los promedios para cada uno de los miembros de cada nivel, también se calcula la desviación estándar con lo que se puede calcular el % de contribución a la variación total de cada nivel de la estructura (fuente de variación).

Conociendo la fuente de variación que se encuentra fuera de control, es más sencillo enfocar el análisis de proceso a dicha fuente para simplificar los esfuerzos de reducción de la variación [25].

#### **2.1.5.11 Diseño de Experimentos (DOE)**

Un experimento es una invitación a que ocurra un evento informativo. En orden de aprender, dos cosas deben pasar simultáneamente: Algo debe de pasar (un evento) y alguien debe de observar lo que pasó (Observador perceptivo). La experimentación muestra los dos elementos juntos.

Un experimento es una prueba o serie de pruebas donde nosotros cambiamos las entradas (factores) en orden de un proceso para observar los factores a la salida (respuestas).

Beneficios del DOE:

- Incrementa el conocimiento del proceso.
  - Desde calificar hasta cuantificar los efectos.
  - ¿Cuáles X's afectan las Y's?
  - ¿Cómo afectan las entradas a las salidas?

- Observamos interacciones.

Es el resultado de la combinación de dos o más factores. Dos entradas interactúan si el resultado con cualquier nivel de una entrada cambia con los niveles de la otra entrada

- Nos lleva a la optimización del proceso con la ecuación predictiva.

$$y = C1 + C2 x1 + C3 x2 + C4 x3 \dots$$

Métodos de Experimentación más comunes:

- ✓ Prueba y Error:

Ventajas:

- Arreglo rápido...si llega a funcionar.

Limitaciones:

- Parecido a una compostura con “curitas”.
- La causa del problema usualmente no se detecta.
- No se expande el conocimiento del proceso.
- Cambian muchos factores.
- No se considera la variación del sistema (ruido).
- La probabilidad de una “compostura rápida” es pequeña.

- ✓ OFAT (Un-Factor-A-La-Vez): Ventajas / Limitaciones:

Ventajas:

- Simplifica el análisis de los resultados.

Limitaciones:

- Inhabilidad para detectar o aprender acerca de las interacciones.
- Se pueden correr experimentos innecesarios.
- El tiempo para encontrar los factores casuales (factores que afectan la respuesta) es significativo.
- Asume factores lineares.
- Dificultad para mantener los otros factores constantes mientras manipula un solo factor.

Existen 2 tipos de DOE: El Factorial Completo y el Factorial Fraccional.

En el Factorial completo se utilizan todas las posibles combinaciones de todos los factores en por lo general 2 valores extremos y en ocasiones un valor central, lo que nos da por resultado conocer todos los efectos principales y todas las interacciones entre los factores, el problema es que si el número de factores es grande ( $k$ ) el número de corridas también lo es lo que puede hacer que el experimento sea tardado y costoso. En un DOE factorial completo el número de corridas será igual a  $2^k$ .

Ventajas:

- Un método eficiente y efectivo para entender la relación entre factores y respuestas.
- Crea un modelo matemático para predecir la respuesta:  $Y=f(x)$ .
- Provee un entendimiento de los efectos de interacciones en las respuestas.

#### Limitaciones:

- Los factoriales completos pueden ser usados cuando se investiga un pequeño número de variables (2-4), pero no es recomendado cuando se investigan un número de factores mayor (5 o más). Puede ser costoso y demorado.
- Limitar niveles es mejor que limitar factores.

En el Factorial Fraccional, se utilizan todos los factores pero no en todas las posibles combinaciones, sino que se seleccionan aquellas que nos permitirán identificar solo los efectos principales, y algunas interacciones entre factores. La ventaja es que es más rápido, y en la etapa inicial de experimentación nos permite eliminar factores no importantes para un Experimento Factorial Completo posterior.

#### Ventajas:

- Muchos factores pueden ser investigados con menos inversión.
- Los recursos necesarios para completarlo son manejables.
- No se pierde mucha información

#### Limitaciones:

- Pierde algunas interacciones (resolución).
- Inexperiencia en el uso.
- Necesitas más métodos estadísticos para completar la información.

El objetivo final de un DOE es obtener una ecuación predictiva del sistema, es decir obtener la ecuación  $Y=f(x)$  del proceso [25].

### **2.1.6 Aplicaciones de Seis Sigma**

Cariño, Rubén [26] en el artículo Seis Sigma y la capacidad en proyectos. Mencionó que para la aplicación de Seis Sigma, se tiene la premisa de que parte de los beneficios consisten en la reducción de más del 50% en los costos de proceso, mejoras en el tiempo de ejecución, abatimiento del desperdicio de materiales, un mejor entendimiento de los requisitos de los clientes, incremento en su satisfacción y mayor confiabilidad en sus productos y servicios. Comentó que los proyectos Seis Sigma son costosos, principalmente en el rubro de capacitación, por ejemplo el capacitar a un cinta negra puede ir de 10,000 a 40,000 dólares en períodos de 20 días a cuatro meses, por eso es importante la determinación de su aplicación en aquello que reditúe en ahorros o ganancias mayores a la inversión. Sin embargo, una vez que se cuenta con el personal entrenado y con experiencia, se pueden llevar a cabo proyectos Seis Sigma con duración de cinco a ocho meses cada uno, dependiendo de la aplicación. La adopción de Seis Sigma en grandes empresas es bastante conocida, pero eso no quiere decir que sea exclusiva de ellas, también las empresas medianas y pequeñas la pueden utilizar, así como otros sectores.

Córdova, Ximena [19] en su artículo: Seis Sigma: Filosofía, métrica o... ¿un Sistema Gerencial?. Afirmó que los defectos de producción son caros y menos defectos significa costos más bajos; por consiguiente, una mejor lealtad del cliente. Comentó que Seis Sigma es una metodología muy poderosa, disponible actualmente para atacar y eliminar problemas dentro de la empresa. Así mismo una empresa que se deshace de sus problemas frecuentes provee el mejor valor a costos más bajos a sus clientes, y genera una ventaja sobre sus competidores, lo cual implica ser un proveedor muy competitivo de bienes y servicios. En términos simples, desempeño de la Calidad Seis Sigma significa tener procesos que

produzcan no más de 3,4 defectos por millón de oportunidades, donde oportunidad se define como la posibilidad de “no ajuste”. A su vez aseguró que muchos proyectos de Seis Sigma no logran conseguir este ideal, es decir, que todavía existe una posibilidad de mejora.

Gutiérrez, Leopoldo [27] publicó un estudio sobre el Trabajo en equipo y control estadístico de procesos en Seis Sigma como fuentes de visión compartida: un análisis empírico de su efectividad en empresas europea. En el cual afirmó que tanto el trabajo en equipo como el control estadístico de procesos tienen un impacto positivo sobre la visión compartida de la organización. La función de los supervisores de equipos de trabajo para lograr la visión compartida, para marcar un objetivo de futuro claro, para identificar las tareas necesarias para alcanzarlo y para implicar a los trabajadores en este proyecto, es fundamental. Por otro lado, los métodos estadísticos ayudan a cuantificar y especificar los objetivos del equipo, facilitándose igualmente la visión compartida. Estas conclusiones se convierten en un nuevo ejemplo de las afirmaciones ofrecidas por la teoría objetivo con relación a que el establecimiento de objetivos específicos y desafiantes conduce a unos mejores resultados. De esta forma, este estudio aporta apoyo a la literatura que justifica los efectos positivos de Seis Sigma en la organización.

Subramaniam, Manivannan [23] en el artículo: Introducción a Seis Sigma. Hizo una reseña de como Ford se benefició de seis sigma, enunciando lo siguiente: La planta de motores y tanques de combustible de Ford Motor Co. en Dearborn (MI) produce 1200 motores diarios – motores de 2.0 lts. Para el Focus y motores 2.3 lts. Para el Ranger – además de 1.2 millones de tanques de combustible para una variedad de vehículos. Cerca de 1000 trabajadores laboran en su planta de 21 hectáreas que se dice ser el mayor productor de tanques de acero del mundo. Con el apoyo de la gerencia a su programa de Seis Sigma enfocado al cliente, la planta ha logrado resultados cuantificables hasta finales del 2006. Para empezar, toda la alta dirección tomo el entrenamiento intensivo de cuatro semanas para Cinta Negra de Seis Sigma, seguido por el establecimiento de objetivos de ahorro de costos anuales de Seis Sigma. Para el año 2006, la planta estableció un objetivo de ahorros de 6 millones de dólares para proyectos de Cinta Negra y 2.9 millones de dólares para proyectos de Cinta Verde. Hasta junio los proyectos de Cinta Negra

habían alcanzado un 61% del objetivo de ahorro de costos y los proyectos de Cinta Verde alcanzaban el 28%. Un proyecto de Cinta Negra se enfocó en la producción de árbol de levas de motores donde dos operaciones específicas del proceso se documentaron con un 17% de nivel de desperdicio. Trabajando con los proveedores y examinando de cerca las operaciones de fresado, una operación fue capaz de reducir la tasa de desperdicios a 2%. La otra ha visto su nivel de desperdicio recortado a 14% con los encargados del proyecto Cinta Negra todavía poniendo especial atención en el asunto.

## **2.2 Lean Six Sigma**

Lean Six Sigma es un concepto evolucionado de Seis sigma que se concentra en la mejora de procesos pero enfocándose en soluciones prácticas claras y rápidas de implementar que surgen de un análisis de procesos y actividades que agregan valor.

Lean Six Sigma combina la estructura metodológica y herramientas de análisis de datos de Seis Sigma con las herramientas de proceso y principios de Manufactura Esbelta [28].

### **2.2.1 Antecedentes**

La Manufactura Esbelta y el Seis Sigma han demostrado en los últimos veinte años que es posible lograr mejoras dramáticas en costo, calidad y tiempo, centrándose en el rendimiento del proceso. Considerando que Seis Sigma se centra en la reducción de la variación y la mejora de rendimiento del proceso, siguiendo un enfoque de resolución de problemas utilizando herramientas estadísticas, Manufactura Esbelta se basa principalmente en la eliminación de residuos y mejorar el flujo siguiendo los principios del pensamiento esbelto y un enfoque definido para dar cumplimiento a estos principios.

Compañías como Toyota, General Electric, Motorola, y muchos otros han obtenido resultados impresionantes, utilizando estos principios y han inspirado a muchas otras empresas a seguir su ejemplo. La mayoría de empresas disponen de un programa Seis Sigma, sin embargo, utilizando solo esta filosofía tiene sus limitaciones: Seis Sigma elimina los defectos, pero no se abordará la cuestión de

cómo optimizar el flujo del proceso, y los principios de Manufactura Esbelta excluyen a las herramientas avanzadas de estadística. Por lo tanto, la mayoría de los profesionales consideran que estos dos métodos se complementan entre sí. Y mientras que cada enfoque puede resultar en una mejoría dramática, utilizando ambos métodos al mismo tiempo mantiene la promesa de ser capaz de abordar todos los tipos de problemas en el proceso con los instrumentos más adecuados. Por ejemplo, reducción de inventarios no sólo obliga a la reducción de tamaño de los lotes y la vinculación de las operaciones mediante el uso de Manufactura Esbelta, sino también reducir al mínimo la variación del proceso mediante la utilización de herramientas de Seis Sigma.

Por lo tanto, muchas empresas están buscando un enfoque que permite combinar ambas metodologías en un sistema integrado o plan de trabajo mejora. De aquí surge el concepto denominado Lean Six Sigma proveniente de la integración entre Seis Sigma y Manufactura Esbelta. Sin embargo, las diferencias entre los Seis Sigma y Manufactura Esbelta son profundas (Tabla 2.4) [29]:

**Tabla 2.4** Diferencias entre Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

	<b>Manufactura Esbelta</b>	<b>Seis Sigma</b>
<b>Objetivo</b>	Crear y eliminar el flujo de residuos.	Mejorar la capacidad de proceso y eliminar la variación.
<b>Aplicación</b>	En primer lugar los procesos de fabricación.	Todos los procesos de negocio.
<b>Enfoque</b>	Enseñanza de los principios y el "estilo libro de cocina" la aplicación basándose en las mejores prácticas.	La enseñanza de un enfoque genérico de resolución de problemas basándose en las estadísticas.
<b>Selección de Proyectos</b>	Impulsado por Mapa de flujo de valor.	Existen varios enfoques.

<b>Duración de los proyectos</b>	1 semana a 3 meses.	2 a 6 meses.
<b>Formación</b>	Aprender haciendo.	Aprender haciendo.

### 2.2.2 Características

El desarrollo de un programa de mejora integral que incorpore herramientas de Manufactura Esbelta y Seis Sigma es una estrategia integral de mejoramiento que tome en cuenta las diferencias y las utilice con eficacia de la siguiente manera:

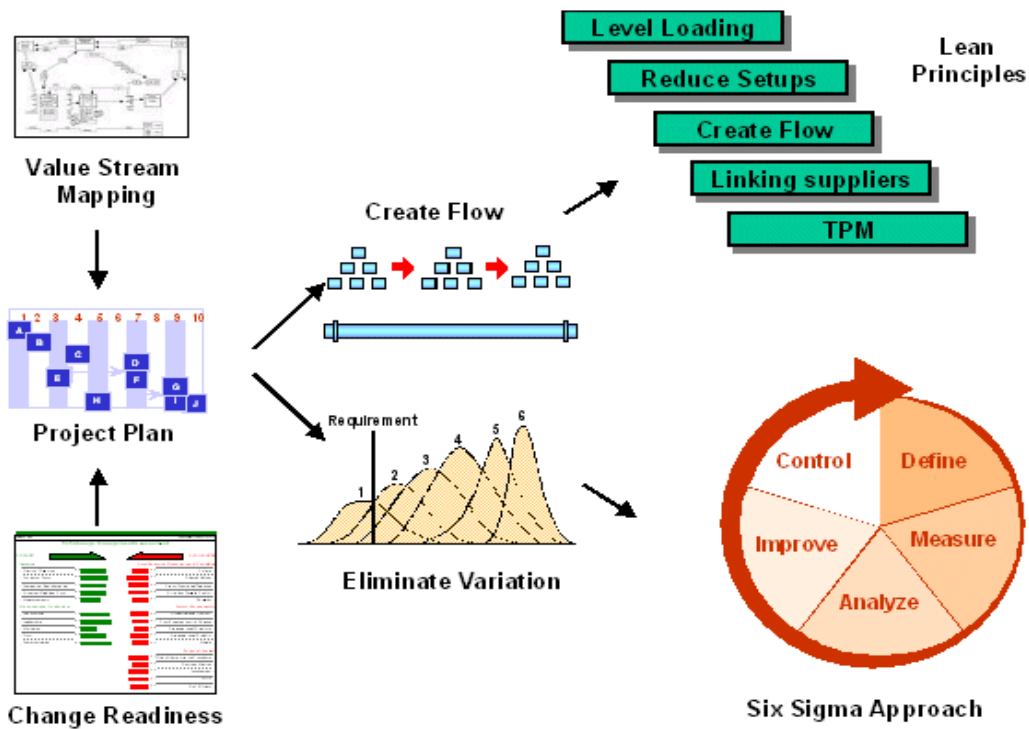
- En Manufactura Esbelta los proyectos son muy tangibles, visibles y muchas veces puede ser completada dentro de unos días (mientras que los proyectos Seis Sigma suelen requerir unos meses). Un enfoque integrado debería hacer hincapié en los proyectos de Manufactura Esbelta en la fase inicial del despliegue para aumentar el impulso.
- Manufactura Esbelta hace hincapié en principios generales, junto con recomendaciones prácticas para lograr mejoras. Por ejemplo: Manufactura Esbelta sugiere una técnica para analizar y reducir el tiempo de introducción del euro que no requiere un análisis y sofisticadas herramientas. Sin embargo, sus principios son a menudo insuficientes para resolver algunos de los problemas más complicados que requieren de análisis avanzado. Por lo tanto, Seis Sigma debe ser introducido durante el primer año del despliegue para garantizar que el plan de trabajo de mejora incluye un enfoque genérico de resolución de problemas.
- Un programa integral de mejoramiento tiene que ser alimentada por una visión del estado futuro y por una serie de proyectos específicos que ayuden a cerrar la brecha entre el estado actual y futuro. Manufactura Esbelta ha introducido el Mapa de Valor como la herramienta fundamental

para identificar las lagunas y desarrollar una lista de proyectos que pueden ser abordados utilizando Manufactura Esbelta o la metodología Seis Sigma.

- Considerando que el proceso de Seis Sigma y sus herramientas se pueden aplicar a prácticamente todos los procesos y la industria, el enfoque de Manufactura Esbelta es mucho más específico y el contenido debe adaptarse a las necesidades de la industria: por ejemplo, reducir el tiempo de puesta en marcha de una planta que tiene líneas dedicadas a un único producto no tiene sentido. Por lo tanto, los principios de Manufactura Esbelta deben adaptarse para satisfacer las necesidades del negocio específico.
- La capacitación es eficaz, pero sólo cuando se combina con la aplicación. Los principios de Manufactura Esbelta se enseñan típicamente como talleres independientes. Mientras que Seis Sigma se divide en las fases del proceso DMAIC con el tiempo entre cada sesión de entrenamiento para aplicar las herramientas aprendidas en el proyecto. El enfoque integrado de mejora de procesos (usando Manufactura Esbelta y Seis Sigma) incluyen:
  - ✓ Uso del Mapa de Valor para desarrollar una serie de proyectos que se prestan bien a la aplicación de la combinación de ambas filosofías denominada en inglés como Lean Six Sigma.
  - ✓ Primero enseñar los principios de Manufactura Esbelta para aumentar el impulso, después los principios de Seis Sigma para hacerle frente a los problemas más avanzados.
  - ✓ Ajuste de las necesidades específicas de la organización. Ya que mientras que algunos lugares de fabricación podrían beneficiarse de la aplicación de los principios de Manufactura Esbelta con respecto a la limpieza, otros tendrán estos fundamentos ya establecidos y serán preparados para las herramientas avanzadas [29].

Desde una perspectiva los principios de Manufactura Esbelta se enseñarían en primer lugar, mediante los proyectos más sencillos identificados a través del Mapa de flujo de valor. Por tanto, quien aplica Seis Sigma aprende cómo aplicar estos principios de Manufactura Esbelta trabajando en un problema de la vida real.

La siguiente hoja de ruta proporciona un ejemplo de cómo se podría abordar la integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma (Figura 2.10).



**Figura 2.10** Integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma.

Seis Sigma es una estrategia de mejora, una herramienta cuyo objetivo es hacer que las empresas sean más competitivas, interviniendo en la variabilidad del comportamiento de los procesos, que puede incorporar ineficiencias y costes que no son propios de la calidad. Para combatir este gasto

innecesario se debe crear una “cultura de empresa”, que implique a todas las personas que forman parte de la organización. Se tienen que incorporar unos hábitos que afectan especialmente al aprendizaje, a cómo los trabajadores entienden el funcionamiento de los procesos de la empresa: desde el diseño y la fabricación, hasta las compras o la atención al cliente. Por otro lado, el enfoque de Manufactura Esbelta propone acelerar los procesos eliminando lo que no es útil, es decir, todo lo que añade coste al producto sin darle valor. Las empresas que incorporan este sistema analizan los flujos de valor y tratan de optimizar los rendimientos y de aumentar la flexibilidad. Los negocios que han aplicado la estrategia Lean Six Sigma a sus procesos han experimentado mejoras en el funcionamiento de éstos, reducción de costes y aumentos importantes de la satisfacción de sus clientes. Todo esto se ha traducido en un crecimiento de los beneficios empresariales [30].

Carlos Ling [25] sugiere que las metodologías de mejora continua de manufactura esbelta y seis sigma pueden integrarse creando modelos flexibles y efectivos para el mejoramiento de los procesos. Creando una sinergia al integrar el uso de ambas para el mejoramiento de los procesos utilizando ya no metodologías de mejora continua puras, sino logrando modelos híbridos que combinen herramientas de una u otra metodología según el caso lo requiera que permitan obtener resultados de mayor impacto para el negocio.

### **2.2.3 Aplicaciones de la Integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma (Lean Six Sigma)**

En el artículo publicado por Reyes Aguilar, Primitivo [8] se hizo referencia de experiencias y reflexiones sobre la aplicación de estrategias de Manufactura Esbelta y Seis Sigma que están tomando las empresas Mexicanas, adoptando métodos que se desarrollaron en Japón desde la década de los años sesenta y que ayudo a las empresas Japonesas a competir en el mercado internacional. Mencionó que empresas medianas y grandes impulsadas por sus corporaciones en el extranjero también han

empezado a retomar algunos de estos métodos que empresas de altas tecnologías, como Motorola y General Electric de Estados Unidos de América, han estado aplicando desde la década de 1980 y que han denominado Seis Sigma. La información generada por estas empresas coadyuvó de manera significativa al logro de sus buenos resultados, en aspectos como reducción de costos y mejora de las utilidades. Estos métodos se basan en la aplicación de técnicas estadísticas para la reducción de la variabilidad en los procesos, con los que se minimizan los defectos y los errores con la visión de reducirlos a cero. El autor mencionó que en algunas de las empresas manufactureras en donde ha participado en la implementación de los métodos de Manufactura Esbelta ha encontrado que el principal problema que enfrentan es el cambio cultural de la alta dirección y sus gerencias, ya que los métodos dependen en gran parte del trabajo en equipo, del desarrollo del personal y de la facultad para tomar las decisiones más adecuadas para el proceso correspondiente. En general el manejo del factor humano durante la implantación, con el fin de lograr los beneficios de Manufactura Esbelta haciendo empresas más flexibles y operando con recursos mínimos para la manufactura, logrando ventajas competitivas en rapidez de respuesta de costos reducidos, con lo que se satisface al cliente y se puede reducir la tensión a la que están sometidos los gerentes y empleados todos los días.

Henk de Koning y otros autores [31] desarrollaron una aplicación de integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma en el sector Salud, comentaron que en el control de la salud en relación a los costos, mejora de la calidad, y ofrecer una mejor asistencia sanitaria son algunos de los beneficios de este enfoque. Tomando como ejemplo la aplicación en el Hospital de la Cruz Roja, en donde se abordó el tema de los errores en la medicación como el defecto a medir, además de considerar la ineficiencia en el servicio. Aseguraron que la industrialización de la asistencia sanitaria ofrece una alternativa viable que puede proporcionar una mejor economía, una mayor eficiencia y un mejor servicio. La integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma en este sector incorpora la infraestructura organizativa y el diagnóstico a fondo, además de herramientas para ofrecer soluciones relacionadas con residuos y el consumo de tiempo innecesario.



## 2.3 Cultura Organizacional

La cultura organizacional es el conjunto de valores, creencias y la tecnología que mantiene a los miembros más diversos de todos los niveles jerárquicos, teniendo en cuenta las dificultades, las operaciones de la vida cotidiana, las metas y objetivos [32].

La cultura es un concepto analizado y estudiado desde hace muchos años por los antropólogos culturales, que han desarrollado diversas teorías de variada complejidad. Algunas consideran la cultura como parte integrante del sistema sociocultural. Otros la ven como un sistema de ideas, mental y subconsciente.

A comienzos de los años ochenta, las diferencias de productividad entre el modelo de gestión empresarial norteamericano y el de la industria japonesa, despertó el interés por la cultura organizacional. El liderazgo de Japón, en cuanto a calidad, y funcionalidad de sus productos, se atribuyó a las características de su cultura, lo que llevó a muchos investigadores a estudiarla como un activo estratégico relevante en el desempeño de las organizaciones.

En la década de los noventa, empieza a verse al cambio cultural como una oportunidad para agregar valor y establecer ventajas competitivas. En la actualidad se percibe a las organizaciones como “pequeñas sociedades” con características culturales y con capacidad para crear valores y significados. Desde esta perspectiva, el pensamiento descansa en la idea de que las organizaciones tienen una cultura. La cultura es así una variable o un medio que podría ser administrado para mejorar el desempeño y el logro de los objetivos. La dirección de una organización puede entonces, formular una estrategia interna para aumentar la identificación y la cohesión de los integrantes alrededor de los

valores escogidos como clave para la estrategia externa. Si se trata de una variable, la cultura organizacional podría ser un recurso o medio para alcanzar objetivos [33].

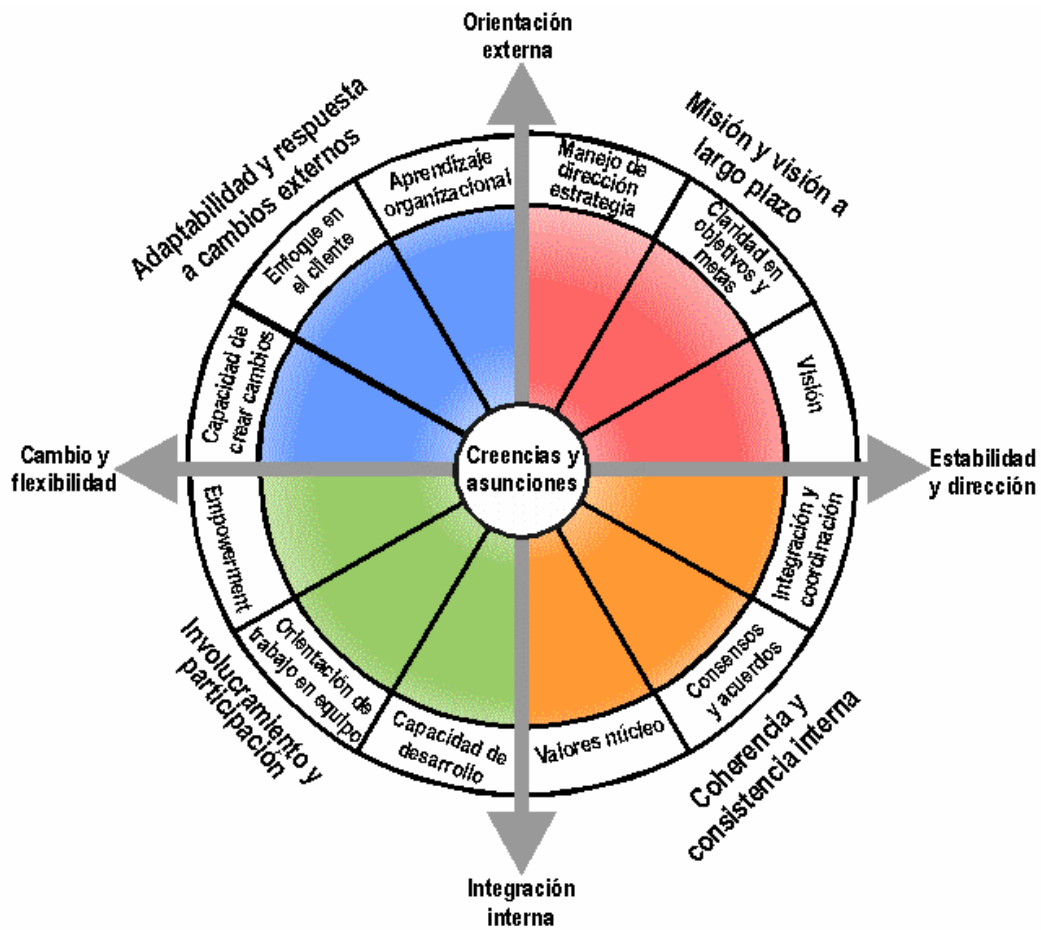
Algunas organizaciones a menudo se encuentran en la misma situación socio-económico-cultural, sin embargo, tienen características únicas. Este se debe a numerosas variables, tales como el modelo de gestión recibida del liderazgo predominante, el compromiso de sus empleados, sub-cultura de los empleados como tabúes y creencias, entre otras [32].

Las organizaciones generan nuevos conocimientos, a partir de una cultura que es capaz de implementar e integrar las herramientas, técnicas y métodos adecuados en el proceso de adquisición, distribución y utilización del conocimiento, por ello, la gestión del conocimiento es importante, ya que puede contribuir a elevar la disposición del personal de la organización. El frecuente fracaso de la implantación de un proyecto se debe a que la mayoría de las empresas han procedido únicamente a introducirlos sin modificar la cultura existente en las compañías, por ello, es difícil que se observen en los resultados, así que, se requiere un ajuste entre los cambios y la cultura para lograr resultados [34].

La cultura organizacional ha pasado a ser la base del funcionamiento organizacional y una fuente invisible de energía. El éxito de los proyectos de transformación depende del talento y de la aptitud de la dirección “para cambiar la cultura matriz de la empresa a tiempo y de acuerdo con las estrategias, las estructuras y los sistemas formales” [34].

### **2.3.1 Modelo Denison para medición de la Cultura Organizacional**

El modelo de cultura de Denison se basa en cuatro características culturales, o tipologías de patrones de comportamiento o formas de actuación, que han mostrado tener una fuerte influencia sobre el desempeño organizacional: involucramiento, consistencia, adaptabilidad y misión. Cada una de estas características se mide a través de tres índices, y cada uno de estos índices se mide a través de cinco ítems de cuestionario. Este modelo se ha desarrollado a partir de investigaciones realizadas durante más de 20 años en más de 3,000 organizaciones y con más de 100,000 personas encuestadas. En la figura 2.11 se representan las características e índices que constituyen la cultura organizacional. Los cuatro cuadrantes del modelo representan las cuatro características básicas de cualquier cultura organizacional. Cada cuadrante incluye tres índices de comportamientos o prácticas que se conectan con cada una de las características. Las características y los índices se representan en términos de dos dimensiones subyacentes, flexibilidad versus estabilidad sobre el eje horizontal y del foco externo y del foco interno sobre el eje vertical [35].



**Figura 2.11** Modelo de Cultura Organizacional de Denison.

La encuesta de cultura Organizacional está diseñada para medir las creencias, los valores y las asunciones que subyacen a los miembros de una organización, así como para medir las prácticas y las conductas que los ejemplifican y refuerzan. La encuesta se centra en los aspectos culturales de una empresa que están directamente relacionados con el rendimiento empresarial.

Estas preguntas nos ayudan a apoyar nuestra investigación continua. Sus respuestas se manejan en forma confidencial y no se utilizan para identificar a individuos específicos.

Para completar la encuesta se necesitan de 15 a 20 minutos, recalando la importancia de la honestidad a fin de obtener resultados precisos. Las respuestas se presentan como parte del subgrupo o perfil empresarial.

Consiste en una serie de 60 afirmaciones que describen diversos aspectos de la cultura en una organización. Para responder las preguntas, se debe pensar en la organización en conjunto y en la forma en la que se hacen las cosas habitualmente dentro de esta. Se debe usar la escala (del 1 al 5) para indicar hasta qué punto se está de acuerdo o desacuerdo en cada una de las afirmaciones (Figura 2.12).

Como se muestra a continuación:

- 1) Muy en desacuerdo
- 2) En desacuerdo
- 3) Neutral
- 4) De acuerdo
- 5) Totalmente de acuerdo

**Modelo Denison para medición de la cultura y efectividad organizacional**

La Encuesta de cultura empresarial Denison esta diseñada para medir las creencias, los valores y las asunciones que subyacen a los miembros de una organización, así como para medir las prácticas y las conductas que los ejemplifican y refuerzan. La encuesta se centra en los aspectos culturales de una empresa que están directamente relacionados con el rendimiento empresarial.

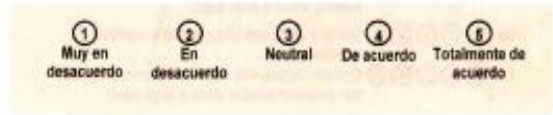
Estas preguntas nos ayudan a apoyar nuestra investigación continua. Sus respuestas serán confidenciales y nunca se utilizarán para identificar a individuos específicos.

Se necesita de 15 a 20 minutos para completar la encuesta. Es importante que sus respuestas sean honestas y sinceras a fin de obtener resultados precisos. Sus respuestas son totalmente confidenciales y sólo se presentarán como parte del subgrupo o perfil empresarial.

**Instrucciones:**

En esta encuesta se presenta una serie de 60 afirmaciones que describen diversos aspectos de la cultura de una organización. Para responder a las preguntas, piense en su organización en conjunto y en la forma en la que se hacen las cosas habitualmente dentro de ésta. Use la escala para indicar hasta qué punto está de acuerdo o en desacuerdo con cada una de las afirmaciones.

Si no está de acuerdo ni en desacuerdo con una afirmación, seleccione "Neutral".



**En esta empresa...**

1.  1  2  3  4  5 La mayoría de los empleados se involucran activamente en su trabajo.
2.  1  2  3  4  5 Las decisiones se toman en el nivel en donde se encuentra la información más adecuada.
3.  1  2  3  4  5 La información se comparte ampliamente para que esté disponible para todos cuando la necesiten.
4.  1  2  3  4  5 Todos piensan que pueden producir un impacto positivo.
5.  1  2  3  4  5 La planificación empresarial es un proceso continuo que involucra a todos en cierto grado.
6.  1  2  3  4  5 Se sienta activamente la cooperación de todos en los diferentes niveles de la organización.
7.  1  2  3  4  5 Las personas trabajan en equipo.
8.  1  2  3  4  5 Las tareas se completan gracias al trabajo en equipo, no la jerarquía.
9.  1  2  3  4  5 Los equipos son nuestros componentes primarios.
10.  1  2  3  4  5 El trabajo se organiza de forma que cada persona pueda ver la relación que existe entre sus funciones individuales y las metas de la organización.
11.  1  2  3  4  5 La autoridad se delega para que las personas puedan actuar por cuenta propia.
12.  1  2  3  4  5 La capacidad de las personas está mejorando constantemente.
13.  1  2  3  4  5 Se invierte continuamente para mejorar las destrezas de los empleados.
14.  1  2  3  4  5 Las capacidades de las personas se consideran como una importante fuente de ventajas competitivas.
15.  1  2  3  4  5 A menudo ocurren problemas porque no tenemos las destrezas necesarias para realizar el trabajo.
16.  1  2  3  4  5 Los líderes y gerentes hacen lo que dicen.
17.  1  2  3  4  5 Existe un estilo gerencial característico y un conjunto específico de prácticas gerenciales.
18.  1  2  3  4  5 Existe un conjunto de valores claros y consistentes que gobiernan nuestras prácticas empresariales.
19.  1  2  3  4  5 Si ignoramos nuestros valores básicos nos metemos en un aprieto.
20.  1  2  3  4  5 Existe un código de ética que guía nuestro comportamiento y nos indica lo que debemos y no debemos hacer.

Figura 2.12 Modelo de encuesta Denison.

**2.3.2 Aplicaciones de la Integración de la Cultura Organizacional con la Manufactura Esbelta y Seis Sigma**

Eckes, George [21] publicó que Seis Sigma puede representar una poderosa herramienta para mejorar una organización, sin embargo se debe tener en cuenta de que para que funcione esta metodología es necesario tener un alto nivel de aceptación dentro de la cultura organizacional ya que de lo contrario solo se obtendrán beneficios a corto plazo. Aseguró que para que Seis sigma funcione como

una estrategia para lograr los objetivos de un negocio, la gerencia debe asegurar de que se mantenga una gestión activa en el ambiente cultural de todos los miembros de la organización para conducir a los resultados deseados.

En el artículo desarrollado por Byrne, George [36] se realizó un seguimiento en la aplicación de Seis Sigma en la empresa Caterpillar manufacturing para el desarrollo de estrategias que permitan un cambio permanente en la gestión de los equipos. En este caso Caterpillar solicitó una fuerte participación de los líderes de la organización unificando sus objetivos estratégicos, obteniendo una respuesta positiva al vincular sus esfuerzos en objetivos comunes. Los resultados fueron mensurables y visibles para todos. Mientras que su iniciativa de Seis Sigma ayudó a hacer los cambios duraderos, un liderazgo fuerte y una amplia participación hizo que sucedan rápidamente. Caterpillar recuperó su inversión inicial en menos de un año. Y su historia no es un caso aislado. Como parte de la investigación, se analizó el desempeño de clientes anteriores para determinar el impacto que el modelo de implementación de una empresa y el nivel de compromiso tuvo en los resultados generales. Aunque la mayoría mostró sólidos resultados de sus Lean Six Sigma, los que tienen un alto grado del compromiso hace que los resultados de la implementación sean más rápidos.

Xingxing, Lawrence y Robbins [37] en su artículo Cultura Organizacional y Prácticas de Calidad en Six Sigma. Realizaron un muestreo en 226 plantas de fabricación, analizando cómo la cultura organizacional se relaciona con las prácticas de calidad asociados con la implementación Seis Sigma. Los resultados sugieren que el nivel de cultura organizacional en sus empleados es importante para la aplicación de las prácticas de calidad y tienen una influencia significativa sobre la gestión de calidad, afirman que los gerentes deben ser conscientes de los valores culturales en los que su empresa se basa antes de intentar poner en práctica la calidad prácticas de Seis Sigma. Determinando, que puede ser más fácil para una empresa que cuenta con un grupo más fuerte culturalmente la gestión de la mejora continua, que para otra empresa que tiene una cultura de grupo más débil.

Fontaine [38] publicó algunas consideraciones para lograr un impacto en la cultura organizacional de acuerdo al lineamiento de las mejoras que quieran ser implementadas en la empresa, entre las cuales se destacan:

- El proceso debe estar vinculado a los requerimientos del cliente.
- La mejora del proceso debe ser la meta a cumplir para los empleados en todos los niveles de la organización.
- Cada mejora debe ser medida y evaluada.
- Las habilidades y conocimientos relativos a la mejora, deben ser adoptados por todos los empleados de la organización.

## CAPÍTULO 3: Aplicación de Metodología Seis Sigma

### 3.1 Metodología del Análisis Experimental

El desarrollo y ejecución de este proyecto, está basado en el diagrama de flujo mostrado en la figura 3.1, la cual indica la metodología del análisis experimental que delimitará el camino a seguir para la obtención de los objetivos planteados inicialmente, misma que comprende las diversas etapas del ciclo DMAIC de Seis Sigma.

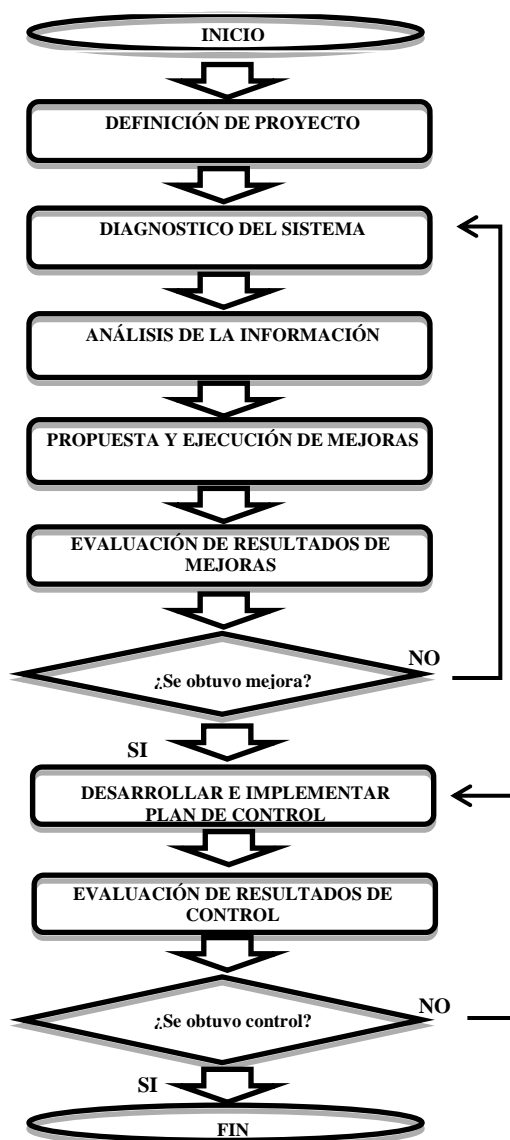


Figura 3.1 Diagrama de flujo del análisis experimental

### **3.1.1 Definición**

#### **3.1.1.1 Descripción del área de estudio**

El primer paso a realizar, es definir el área de estudio en donde se desarrollara la actividad de investigación y determinar su flujo de proceso para tener un panorama completo de los factores internos y externos que influyen en el desempeño de sus actividades y resultados.

AC CAPS comprende la producción de capacitores de corriente alterna, desde la llegada y manufactura de la materia prima, hasta el empaque y envío del producto terminado.

Dentro de esta área se identifican 5 etapas de producción, dentro de las cuales a su vez se desarrollan diferentes actividades para realizar el proceso de manufactura, las principales áreas son:

A1: Embobinado

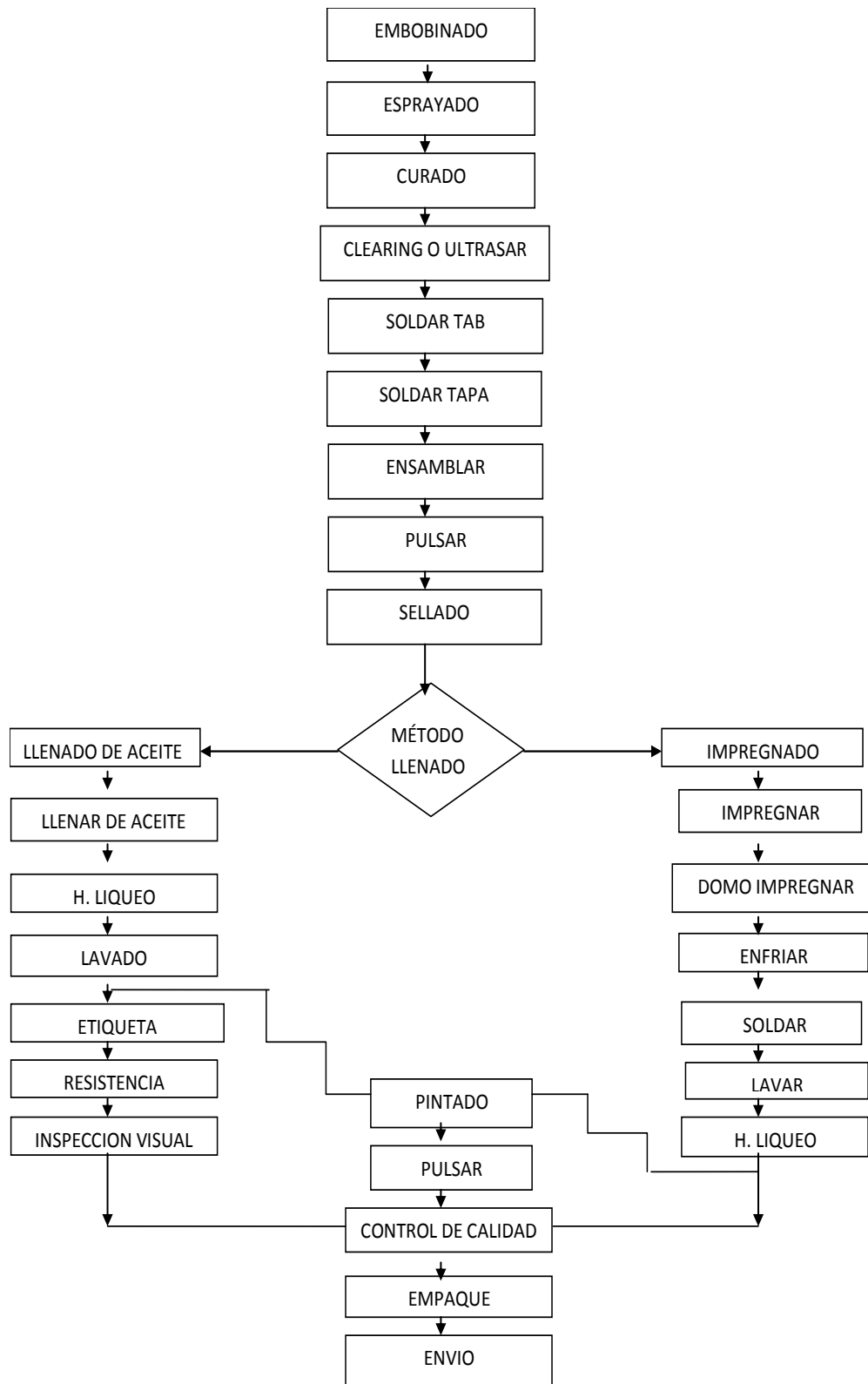
A11: Metalizado

A2: Prueba eléctrica

A3: Ensamble

AR: Inspección visual y empaque







La secuencia de operaciones para la fabricación de capacitores de corriente alterna de la empresa CD Electrónica, se muestra en la Figura 3.2 como un diagrama de flujo de proceso:



**Figura 3.2** Diagrama de flujo de proceso del área AC CAPS

En la Tabla 3.1 se realiza una descripción de cada una de las áreas que conforman AC CAPS.







**Tabla 3.1** Descripción de las áreas de AC CAPS.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Embobinado	Área en donde se realiza el embobinado de secciones.	
Esprayado	Área en donde se recubre de polvo de zinc a las secciones.	
Curado	Consiste en un proceso de horneado de 12 horas que se realiza a las secciones.	
Clearing	Consiste en una prueba eléctrica a las secciones.	
Soldadura de tab	Consiste en soldar un tab a la sección.	
Soldadura de tapa	Consiste en soldar una tapadera a la sección.	








**Tabla 3.1** Descripción de las áreas de AC CAPS.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Ensamble	Consiste en ensamblar la sección en una lata de aluminio.	
Pulsar	Consiste en una prueba para medir la capacitancia y voltaje del capacitor.	
Sellado	Consiste en sellar la tapadera con la lata de aluminio que contiene la sección.	
Control de Calidad	Consiste en realizar un muestreo de la funcionalidad del capacitor, para asegurar que cumple con los requerimientos del cliente.	
Empaque	Consiste en empaclar los capacitores, para su posterior envío al cliente.	
Envío	Consiste en enviar el producto terminado y empaclado al cliente.	

**Tabla 3.1** Descripción de las áreas de AC CAPS.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Método de llenado de aceite:		
Llenado de Aceite	Consiste en introducir aceite en la lata de aluminio que contiene la sección.	
Liqueo	Es una prueba que se realiza a el capacitor para revisar que no se filtre el aceite.	
Lavado	Consiste en lavar el capacitor para retirar cualquier rastro de aceite en su exterior.	
Etiqueta	Consiste en colocar una etiqueta descriptiva en el capacitor ya ensamblado.	
Resistencia	Dependiendo el tipo de capacitor se solda una resistencia según requerimientos de uso del cliente.	
Inspección Visual	Consiste en hacer un chequeo al capacitor para asegurar que cumpla los requerimientos del cliente.	

**Tabla 3.1** Descripción de las áreas de AC CAPS.

PROCESO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Método de llenado impregnado:		
Impregnar	Consiste en llenar el capacitor de aceite mediante un domo.	
Enfriar	Consiste en dejar reposar los capacitores en un área fría para inducir su enfriamiento.	
Soldar	Consiste en poner un punto de soldadura en el capacitor para diferenciar el método de llenado.	
Lavar	Consiste en lavar el capacitor para retirar cualquier rastro de aceite en su exterior.	
Liqueo	Es una prueba que se realiza al capacitor para revisar que no se filtre el aceite.	
Pintado	Dependiendo el tipo de capacitor se recubre el capacitor con una pintura especial de acuerdo a los requerimientos del cliente.	
Pulsar	Consiste en una prueba para medir la capacitancia y voltaje del capacitor.	

### 3.1.1.2 Antecedentes del problema

Para probar la hipótesis es necesario definir la situación actual del objeto en estudio, para efectos de esta tesis se pretende mediante el uso de la metodología Lean Six Sigma una reducción en los niveles de desperdicio registrados en el área AC CAPS, dedicada a la manufactura de capacitores de corriente alterna y por medio de encuestas de opinión, medir la cultura organizacional del personal involucrado.

Como parte del monitoreo de las metas de la empresa, mensualmente se determina el nivel de desperdicio que registra el área AC CAPS. Este indicador nos representa la relación en costo del material que entra al proceso contra lo que sale como producto terminado, arrojando así el costo del material identificado como no conformante y que al excluirlo del proceso representa un costo económico como una pérdida de oportunidad de ganancia.

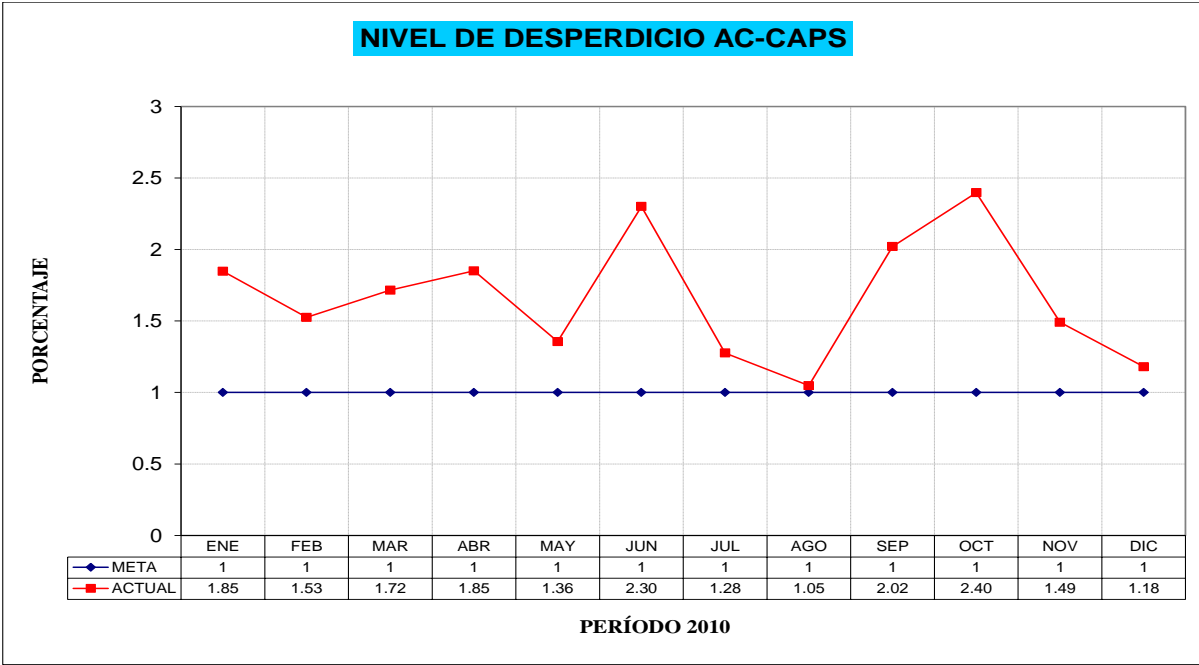
Para conocer la situación actual que está presentando el índice de desperdicio en el área AC CAPS, se realizó un concentrado de datos de los niveles registrados en el período de Enero a Diciembre de 2010, resaltando los siguientes resultados mostrados en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Porcentaje de desperdicio del período 2010 del área AC CAPS.

MES	COSTO DE DESPERDICIO AC CAP (DLLS)		PRODUCCIÓN (DLLS)	% DESPERDICIO
	A1	A11, A2, A3, AR		
ENERO	2909.03	4238.13	389734.46	1.83

FEBRERO	3322.23	3317.73	442306.16	1.50
MARZO	3630.98	3766.98	439118.21	1.68
ABRIL	2979.94	3879.59	370364.91	1.85
MAYO	2380.07	2280.62	348582.44	1.34
JUNIO	3506.25	4261.24	340772.08	2.28
JULIO	3375.80	1398.31	378484.18	1.26
AGOSTO	3072.21	908.23	382243.97	1.04
SEPTIEMBRE	5895.86	1128.71	354160.70	1.98
OCTUBRE	2873.11	4241.05	300779.73	2.37
NOVIEMBRE	2972.27	1077.96	274436.77	1.48
DICIEMBRE	1833.91	863.57	229373.53	1.18
<b>TTL</b>	<b>38751.66</b>	<b>31362.12</b>	<b>4250357.14</b>	<b>1.65</b>

El diagnóstico inicial indica que los niveles de desperdicio están entre el 1.04 y 2.37% (Fig. 3.3). La decisión de trabajar en este aspecto radica en la importancia de reducir y mantener bajo control el nivel de desperdicio asegurando la optimización de recursos materiales de esta área.



**Figura 3.3** Gráfica de Índice de Desperdicios del área AC CAPS de la empresa C.D. Electrónica.

Una vez obtenidos estos datos se procedió a realizar un análisis de esta información con el fin de identificar factores de mayor contribución de desperdicio, como primer dato arrojado se determinó que de los 5 procesos de producción que conforman el área de AC CAPS, se identificó a A1 como el proceso en donde se registra mayor nivel de desperdicio, según los datos recabados.

Considerando el porcentaje de desperdicio total como un 100% se obtuvo el siguiente resultado de contribución desglosado en la Tabla 3.3:

**Tabla 3.3** Porcentaje de contribución de desperdicio en AC CAPS.

<b>MES</b>	<b>% DESPERDICIO A1</b>	<b>% DESPERDICIO A11, A2, A3, AR</b>
ENERO	40.70	59.30
FEBRERO	50.03	49.97
MARZO	49.08	50.92
ABRIL	43.44	56.56
MAYO	51.07	48.93
JUNIO	45.14	54.86
JULIO	70.71	29.29
AGOSTO	77.18	22.82
SEPTIEMBRE	83.93	16.07
OCTUBRE	40.39	59.61
NOVIEMBRE	73.39	26.61
DICIEMBRE	67.99	32.01
<b>TTL</b>	<b>57.75</b>	<b>42.25</b>

Con la información mostrada en la Tabla 3.3 se determina que el área A1 Embobinado, genera el 57.75 % del total de desperdicio generado en AC CAPS, convirtiendo esta situación en una oportunidad de mejora para lograr un impacto en el nivel de desperdicio del área.

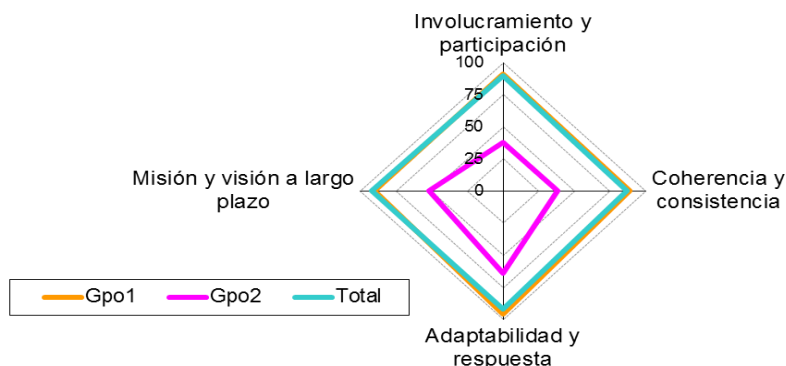
### 3.1.1.3 Diagnóstico inicial de la Cultura Organizacional

Dentro de la hipótesis del proyecto de tesis se planteó un monitoreo y medición de la cultura organizacional de la empresa, sustentado en que estudios recientes mencionan que está demostrado que las compañías que organizan su actuación involucrando a los empleados en el proceso de decisión realmente tienen un rendimiento superior a las que no lo hacen [42].

Por lo que mediante el uso de la encuesta Denison como una herramienta para medir la cultura organizacional al inicio del proyecto de tesis, se procedió a aplicar a una muestra de 20 personas, agrupadas en dos grupos, el primer grupo fue aplicado a niveles gerenciales y el resto a nivel operativo.

De las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

En la Figura 3.4 se muestran las cuatro áreas fundamentales para la efectividad organizacional, las cuales son: Involucramiento y participación, Coherencia y consistencia, adaptabilidad y respuesta, así como Misión y visión a largo plazo.

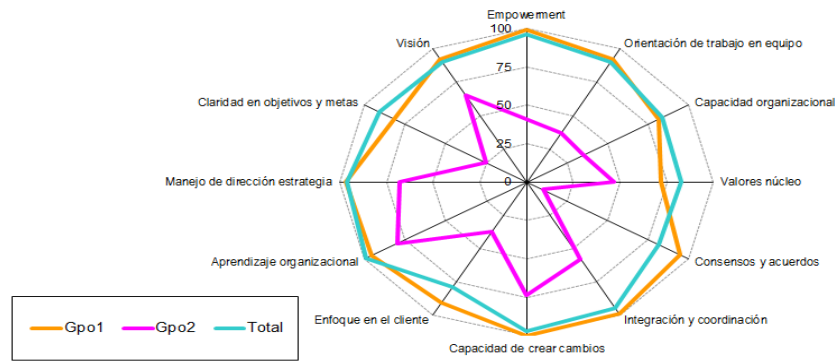


Área	Gpo1	Gpo2	Total
Involucramiento y participación	91	38	90
Coherencia y consistencia	89	38	87
Adaptabilidad y respuesta	96	64	92
Misión y visión a largo plazo	90	52	92

**Figura 3.4** Resultado de las cuatro áreas según el método Denison de efectividad organizacional.

En la Figura 3.4 se presentan los resultados obtenidos al aplicar la encuesta Denison, en la columna Total se muestran en porcentaje la comparación de los resultados contra la base de datos del grupo Denison, obtenido mediante la aplicación de encuestas a diferentes empresas desde 1995, de lo cual se obtiene que el porcentaje logrado en calificación total corresponde al porcentaje de las empresas que de acuerdo a los datos comparados dentro de la escala Denison, están por debajo de la calificación obtenida en CDE, esto es para dar un enfoque de la situación global de que tan dentro o fuera de rango se encuentra el nivel de cultura organizacional en la empresa.

Por ejemplo, en el área de adaptabilidad y respuesta, CDE esta con un calificación arriba del 92% de las empresas en las que la encuesta Denison fue aplicada, mientras que en coherencia y consistencia estamos arriba del 87% de la misma comparación; el saber este resultado nos permite darnos una idea de cuál es nuestra posición comparándonos con otras empresas y si bien los resultados aparentemente muestran índices altos, al analizar cada aspecto detenidamente podemos detectar áreas de oportunidad para mejorar la cultura organizacional, como lo muestra la Figura 3.5.



Área	Dimensión	Gpo1	Gpo2	Total
Involucramiento y participación	Fuerza de trabajo (empleados)	99	41	96
	Orientación de trabajo en equipo	92	37	90
	Capacidad organizacional	82	35	84
Coherencia y consistencia	Valores núcleo	72	47	83
	Consensos y acuerdos	95	10	82
	Integración y coordinación	99	58	95
Adaptabilidad y respuesta	Capacidad de crear cambios	100	74	97
	Enfoque en el cliente	91	37	79
	Aprendizaje organizacional	96	80	99
Misión y visión a largo plazo	Manejo de dirección estrategia	97	68	96
	Claridad en objetivos y metas	82	25	91
	Visión	92	65	90

**Figura 3.5**

Resultado detallado de las cuatro áreas según el método Denison.

En esta Figura 3.5 se observan con más detalle los resultados obtenidos, como primer resultado se presenta puntaje más alto en el grupo 1 comparado con el grupo 2, de lo cual se concluye que el flujo de información no está fluyendo en forma adecuada del nivel gerencial hacia el operativo.

Los resultados arrojados de la aplicación de la encuesta Denison para medir la efectividad organizacional permiten hacer uso de esta información como una estrategia de apoyo para la implementación de la metodología Lean Six Sigma, ya que muestra las áreas de oportunidad a reforzar en la cultura organizacional que reflejan las personas involucradas en el área del estudio.

El aspecto más importante a considerar son el involucramiento y participación, así como la coherencia y consistencia, mismos que serán trabajados durante la implementación del proyecto, para involucrar al personal y que formen parte de las propuestas y soluciones, mediante la constante información y retroalimentación de las actividades que vayan surgiendo y se planteen durante el desarrollo del mismo.

Al considerar la cultura organizacional del área, se pretende obtener una respuesta pronta y efectiva de parte del personal involucrado, por lo que los resultados obtenidos en la encuesta Denison representan aspectos a considerar y poner en práctica para obtener el resultado esperado.

#### **3.1.1.4 Descripción del área de oportunidad detectada**

- Área de estudio: Proceso de Embobinado A1( Fig. 3.6).



**Figura 3.6** Área de Embobinado A1.

Como se muestra en la figura 3.6 el área de embobinado consiste en un cuarto limpio clase 100 000 (área regulada en términos de partículas de aire, temperatura y humedad) en el cual se embobinan las secciones que constituyen los capacitores de corriente alterna.

- Producto manufacturado: Sección interna del capacitor (Fig. 3.7).






**Figura 3.7** Sección interna del capacitor.

La imagen de la Figura 3.7 muestra la sección interna del capacitor embobinado, este es el material que pasa a las siguientes áreas para convertirse en un producto terminado.

- La materia prima para realizar este proceso se muestra en la siguiente Tabla:



**Tabla 3.4** Materia prima del área de embobinado A1.

MATERIA PRIMA	DESCRIPCIÓN	FOTO
Core / Centro	Es la parte central de la sección del capacitor, es un cilindro hueco de polipropileno.	
Film / Película metálica	Es un rollo formado por una película con una capa metálica y otra plástica, la cual al embobinarse forma la sección del capacitor.	
Aluminium Foil / Rollo de lámina de aluminio	Consiste en una película de aluminio utilizada para desmetalizar una parte del film al iniciar el embobinado.	

En la Tabla 3.4 se mencionan, describen e ilustran la materia prima que forman la sección del capacitor.

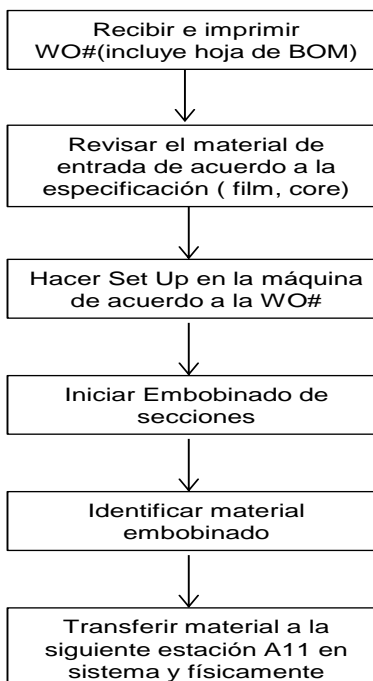
➤ La maquinaria se muestra en la Tabla 3.5:

**Tabla 3.5** Máquinas del área de embobinado A1.

MÁQUINA	CANTIDAD	FOTO
Arcotronics	4	
Monostar	5	

En la tabla 3.5 se presenta una imagen de los dos tipos de embobinadoras que conforman el área de embobinado A1.

➤ El diagrama de flujo del proceso de embobinado es el que se muestra en la Figura 3.8:



**Figura 3.8** Diagrama de flujo de proceso del área de embobinado

En la figura 3.8 se muestran las actividades que conforman el flujo del proceso para embobinar la sección interna del Capacitor.

➤ Los puntos críticos de Calidad a considerar se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 3.6** Puntos críticos de Calidad a considerar en al área de embobinado A1.

PRODUCTO	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN/TOLERANCIA	EVALUACIÓN METODO DE PRUEBA	TAMAÑO DE MUESTRA	FRECUENCIA	DOCUMENTO DE CONTROL		
Rollos de film / película metálica	Estado del empaque	Perfectamente sellado (sin hoyos)	Visual	Todos los empaques	Cada vez que se cargue	Generar hoja de No conformidad		
		Bolsa metálica con vacío						
	Resistencia	Tabla de tolerancias Ohms/square CDC07-501 Anexo B	Multímetro e instrumento con barras de cobre	Todos los rollos	Cada vez que se cargue	Se escribe en el Rollo y en el WO		
	Ancho del film	Verificar que sea de acuerdo a lo especificado en BOM y WO	Revisar la etiqueta del film y pegarla en el WO	Todos los rollos	Cada vez que se cargue	Se pega en el Work Order		
	Margen libre	Ancho menor a 100mm=2mm +/-0.4	Visual	Todos los rollos	Cada vez que se cargue	Generar hoja de No conformidad		
		Ancho mayor a 100mm=2.5mm +/-0.4						
Validar par de film	El diámetro externo de ambos debe ser el mismo +/- 5% de tolerancia	Regla de medir	Todos los rollos	Cada vez que se cargue	Generar hoja de No conformidad			
Verificación Visual	Rollos cónicos, con más de 3 uniones, con evidencia de oxidación, que giran ondulados, con escalones, con colas de film salidos, brillosos en exceso, con ralladuras y daños, con muchas arrugas, que no entran en las máquinas.	Visual	Todos los rollos	Cada vez que se cargue	Generar hoja de No conformidad			
Set-up / Cambio de modelo	Funcionamiento	Limpieza de rodillos	Alcohol y polvo zinc	Por maquina	1 vez x turno	Se anota		
		Estado y giro de rodamientos	Libres y limpios					
		Core libre de contaminación	Visual	Durante el perceso	Todo el tiempo			
		Asegurar que no haya doblez inicial						
	Capacitancia	De acuerdo a lo especificado en el BOM	Puente GR1692 con dispositivo tipo prensa	2 piezas como mínimo	Cada cambio de rollo			
	DF	Máximo 0.004 @ 1 KHz referencia						
	Diámetro externo	De acuerdo a lo especificado en el BOM	Vernier					
	Longitud	De acuerdo a lo especificado en el BOM						
	Offset	1.3mm, +0.5mm, -0.25mm						
	Numero de vueltas	De acuerdo a lo especificado en el BOM	Medición de capacitancia					
	Envoltura final	12 vueltas mínimo (Wrapping)	Visual y programación					
Tensión	De acuerdo a CDC01-501 tabla 3	Programación						
Secciones	Capacitancia	De acuerdo a lo especificado en el BOM	Puente GR1692 con dispositivo tipo prensa			10 piezas (al menos 1 rollo)	Cada lote	Anotar en WO
	DF	Máximo 0.004 @ 1 KHz referencia						
	Diámetro externo	De acuerdo en lo especificado en el BOM	Vernier					
	Longitud	De acuerdo en lo especificado en el BOM						
	Offset	1.3mm, +0.5mm, -0.25mm						
Verificación Visual	Dobleza al inicio de la bobina, core no centrado, core dañado con mandril, embobinado cónico, daño a la sección, escalones en la cara de la bobina, exceso de arrugas, pegado de envoltura final		Todas las piezas	Cada Lote	Reportar como scrap del lote y anotar en WO el peso en Lbs			

En la Tabla 3.6 se hace una descripción de los puntos críticos de calidad que deber asegurarse en el área de embobinado A1.

### **3.1.1.5 Conclusiones de la fase Definición**

Al realizar un análisis de la información recabada en relación al nivel de desperdicio que se está registrando en el área de AC CAPS, se determina que el área de aplicación del proyecto será el proceso de embobinado A1, ya que según los indicadores reportados en la Tabla 3.2 esta área aporta arriba del 50% al índice de desperdicio al ser comparada con las demás áreas, siendo esta un área de oportunidad para lograr una reducción en el índice de desperdicio del área en general. Así mismo se considera que es necesario considerar la participación y el involucramiento, coherencia y consistencia del personal en las actividades a realizar.

Al delimitar el área de investigación hacia el proceso que genera mayor nivel de desperdicio, se busca seguir una línea de acción que asegure resultados que impacten en el índice total del área AC CAPS.

### **3.1.2 Medición**

El objetivo de la etapa de medición es realizar un diagnóstico de la situación actual, que arroje datos numéricos que permitan establecer medidas que logren un impacto en los resultados.

#### **3.1.2.1 Mapa de Proceso**

Para comprender el funcionamiento del área de Embobinado A1, es necesario esquematizar su flujo mediante un mapa de proceso, como se muestra en la Figura 3.9:

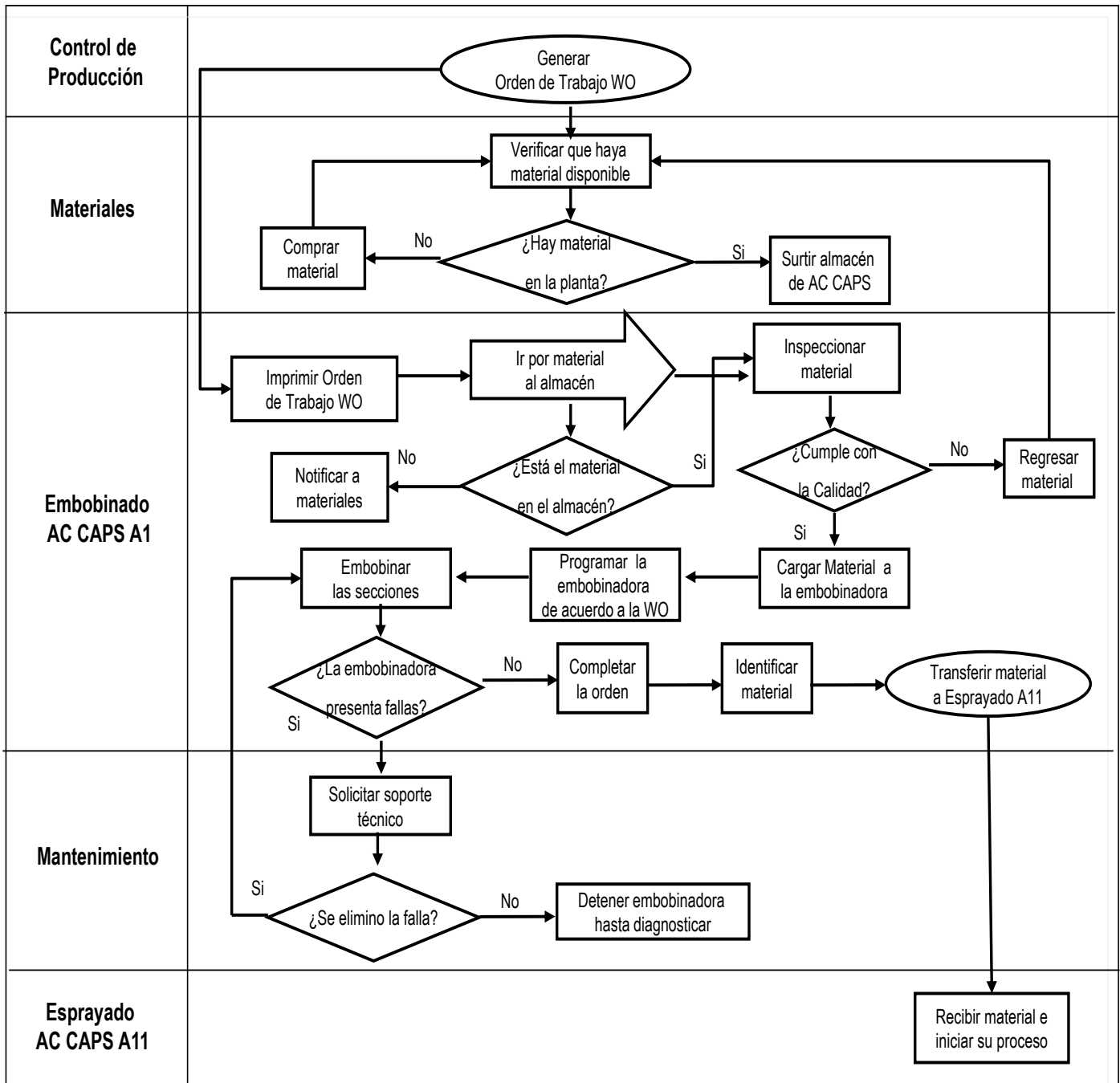


Figura 3.9 Mapa de proceso de Embobinado AC CAPS A1.

En la Figura 3.9 se muestra en forma detallada los elementos que conforman y participan en el proceso de Embobinado A1, desde el inicio hasta el fin del mismo. Se separa por departamentos claves la intervención de estos con el área, así como su responsabilidad para garantizar el buen flujo.

### **3.1.2.2 Estratificación**

En el proceso de Embobinado de secciones A1 de AC CAPS se cuenta con 2 clases de máquinas: Monostar y Arcotronics. Para diagnosticar la situación actual de desperdicio del área, se procedió a revisar los registros de producción y desperdicios reportados por el operador, sin embargo este registro no muestra la relación del material producido contra el material utilizado y desperdiciado.

Por lo que para determinar el número de defectos que se producen al final del proceso, lo que generalmente se conoce como nivel de sigma, se realizó un muestreo para obtener los datos que nos permitan establecer un diagnóstico inicial.

**Tabla 3.7** Defectos presentados en el área Embobinado A1

Código	Nombre	Descripción
801	Sección con inicio de embobinado defectuoso	Este defecto es cuando la cuchilla está mal ajustada y el inicio del embobinado lo hace disperejo, dejando un pedazo de película hacia afuera del embobinado.
802	Core/Centro colapsado o dañado por la máquina	El centro puede colapsarse si la tensión de la película está muy alta o si el mandril de la máquina lo quiebra internamente al momento de cargarlo.
803	Espacio libre de metalizado fuera de rango	Esto si el espacio libre de metalizado de la sección es muy grande o pequeño.
804	Sección/Rollo con desnivel	Cuando se presenta el efecto corona en el área de esprayado de la sección, ya sea un desnivel variado o uniforme.
805	Sección con aparente tensión floja	Debido a que la tensión de la máquina este variando.
806	Capacitancia fuera de rango	Capacitancia de la sección esta fuera de tolerancia según la especificación del material.
807	Sección con arrugas	Si la bobina presenta arrugas en alguna sección del embobinado.
808	Sección en corto o alto DF	No presenta lectura en el medidor de capacitancia.
809	Cambio de modelo	Desperdicio al ajustar el cambio de modelo.
810	Rollos Terminados/Incompletos	La película que queda al finalizar los rollos, ya sea en los rollos o en las secciones incompletas.
811	Ralladuras	Si la sección presenta ralladuras en el embobinado.
812	Sección sobre calentada por resistencia	Secciones expuestas de manera anormal a la resistencia.
813	Resistencia alta	Cuando el material esta fuera de resistencia especificada.
814	Rollos golpeados	Material golpeado proveniente de proveedor.
815	Pegaduras	Se rechazan siempre y cuando la sección se encuentre fuera de especificación.
816	Oxidación	Se presenta con manchas azules en la película.
817	Pedazos de zinc	Se presenta en el área de la película con pequeños pedazos sin zinc.
818	Rollos sin par	Material que no viene en par.
819	Brillos	Marcas brillosas debido a un mal empaque de parte del proveedor.
820	Desbalanceo	Se mueve mucho el rollo al montarse en la máquina.
821	Inconsistencia en la superficie lateral de la sección	Se presenta como imperfecciones en el embobinado del rollo.
822	Diámetro del rollo más pequeño	El material trae el carrete más pequeño y no ajusta en la máquina.
823	Cónico	Se presenta como diferencias en las medidas de los rollos con una apariencia cónica
824	Muestras de Ingeniería	Desperdicio generado por muestras o pruebas de Ingeniería.

En la Tabla 3.7 se enlistan 23 defectos que se pueden presentar en una unidad, así como un código especial para separar los defectos aplicados a las muestras de ingeniería.

Para calcular el índice de DPMO (defectos por millón de oportunidades) se necesitan los siguientes valores (obtenidos de una toma de datos aleatoria realizada del mes de Febrero a Marzo de 2011) para estimar el nivel de sigma actual:

Recuento de unidades: 5169

Recuento total de defectos: 176

Total de oportunidades (número de defectos que pueden encontrarse en una sola unidad):

$$23 \times 5169 = 118,887$$

$$\text{DPMO} = (\text{Número de defectos contabilizados} / \text{Total de oportunidades}) \times 10^6$$

$$= (176 / 118,887) \times 10^6 = 1,480.39$$

### 3.1.2.3 Cálculo del sigma del proceso actual de Desperdicio

Para convertir los DPMO (1,480.39) en Sigma se busca en la Tabla 3.8 Conversión de DPMO a Nivel de Sigma, cuyo resultado es: 4.375  $\sigma$ .

Para obtener el resultado del nivel de sigma es necesario ubicar en la columna DPMO el valor obtenido dentro del intervalo propuesto en la tabla, en este caso según los datos de entrada el proceso cuenta con un nivel de sigma de 4.375, con un rendimiento del 99.795%.

**Tabla 3.8** Conversión de DPMO a Nivel de Sigma [43]

RENDIMIENTO (%)	DPMO	SIGMA
6.68	933,200	0
8.455	915,450	0.125
10.56	894,400	0.25
13.03	869,700	0.375
15.87	841,300	0.5
19.08	809,200	0.625
22.66	773,400	0.75
26.595	734,050	0.875
30.85	691,500	1
35.435	645,650	1.125
40.13	598,700	1.25
45.025	549.75	1.375
50	500,000	1.5
54.975	450,250	1.625
59.87	401,300	1.75
64.565	354,350	1.875
69.15	308,500	2
73.405	265,950	2.125
77.34	226,600	2.25
80.92	190,800	2.375
84.13	158,700	2.5
86.97	130,300	2.625
89.44	105,600	2.75
91.545	84,550	2.875
93.32	66,800	3
94.79	52,100	3.125
95.99	40,100	3.25
96.96	30,400	3.375
97.73	22,700	3.5
98.32	16,800	3.625
98.78	12.2	3.75
99.12	8,800	3.875
99.38	6,200	4
99.565	4,350	4.125
99.7	3,000	4.25
99.795	2,050	4.375
99.87	1300	4.5
99.91	900	4.625
99.94	600	4.75
99.96	400	4.875
99.977	230	5
99.982	180	5.125
99.987	130	5.25
99.992	80	5.375
99.997	30	5.5
99.99767	23.35	5.625
99.99833	16.7	5.75
99.999	10.05	5.875
99.99966	3.4	6

Al realizar el análisis de la información se identificaron los 10 principales códigos de desperdicio que actualmente están impactando en el área, los cuales se muestran en la Tabla 3.9, mismos que serán analizados para determinar las causas que los generan así como los efectos que producen al presentarse y de esta forma lograr eliminarlos o minimizarlos.

**Tabla 3.9** Principales defectos generadores de desperdicio registrados en Embobinado A1

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (LBS)	% DESPERDICIO
810	Rollos Terminados/Incompletos	1014.80	49.02
809	Cambio de modelo	325.41	15.72
804	Sección/Rollo con desnivel	117.20	5.66
824	Muestras de ingeniería	107.00	5.17
803	Espacio libre de metalizado fuera de rango	94.80	4.58
807	Sección con arrugas	87.00	4.20
801	Sección con inicio de embobinado defectuoso	48.40	2.34
811	Ralladuras	45.00	2.17
818	Rollos sin Par	36.60	1.77
812	Sección sobrecalentada	16.80	0.81
A15	Otros defectos	177.10	8.56
	<b>TTL</b>	<b>2070.11</b>	<b>100</b>

Con los resultados mostrados en la Tabla 3.9 se observa que el 49.02% del material que se desecha es provocado por Rollos terminados, y de esta forma podemos iniciar el análisis de causas y efectos para aplicar medidas de solución que logren disminuir los niveles registrados.

### 3.1.2.4 Cálculo de utilización de las Máquinas

Como parte de la medición de datos es necesario determinar el porcentaje de utilización de las máquinas para poder identificar los factores que puedan estar generando desperfectos en su funcionamiento como un flujo continuo, para poder determinarlo fue necesario implementar un formato de control en el cual el operador registre la información que permita detectar las actividades o situaciones que generan un paro de máquina.

En la tabla 3.10 se muestran las categorías en las que se clasifica el tiempo disponible de operación de las máquinas.

**Tabla 3.10** Categorías del tiempo disponible

CATEGORÍA	
TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO PRODUCTIVO NETO (PRODUCCIÓN REAL)
	TIEMPO POR DEFECTOS (FALLAS POR DEFECTOS)
	TIEMPO PERDIDO POR OPERACIÓN FALLAS DE OPERACIÓN)

	TIEMPO DE PARADA NO PLANIFICADA DE LOS EQUIPOS (FALLAS DE LOS EQUIPOS)
	TIEMPO DE REPARACIÓN DE EQUIPO (REPARACIÓN Y AJUSTE DE LOS EQUIPOS)
	TIEMPO DE PARADA PLANIFICADA (PLANEACIÓN Y MANTENIMIENTO)

En la tabla 3.11 se muestra la información recabada de Febrero a Mayo 2011 en el área de embobinado, mediante una toma de tiempos efectuada dentro de la jornada laboral normal de las Máquinas Arcotronics y Monostar, estos resultados muestran el tiempo en minutos que se destinó para cada actividad o bien se pueden identificar los tipos de paros que se presentaron durante el muestreo.

**Tabla 3.11** Desglose de la distribución del tiempo en Embobinado A1

	CATEGORÍA	ACTIVIDAD/TIPO DE PARO	TIEMPO (MIN)	%
TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO PRODUCTIVO NETO (PRODUCCIÓN REAL)	Máquina embobinando	9850	68.40
	TIEMPO POR DEFECTOS (FALLAS POR DEFECTOS)	Materia prima defectuosa	45	0.31
	TIEMPO PERDIDO POR OPERACIÓN (FALLAS DE OPERACIÓN)	En espera de tecnico y/o Ing.	5	0.03
		Inspección de Mat. Prima	181	1.26
		Fallas de suministro de Mat. Prima	70	0.49
	TIEMPO DE PARADA NO PLANIFICADA DE LOS EQUIPOS (FALLAS DE LOS EQUIPOS)	Fallo Mecánico	179	1.24
		Fallo Eléctrico	216	1.50

<b>TIEMPO DE REPARACIÓN DE EQUIPO (REPARACIÓN Y AJUSTE DE LOS EQUIPOS)</b>	Arranque, encendido y limpieza	1538	10.68
	Llenado de formatos	6	0.04
	Cambio de producto (set up)	581	4.03
	Cambio de rollos	628	4.36
<b>TIEMPO DE PARADA PLANIFICADA (PLANEACIÓN Y MANTENIMIENTO)</b>	Almuerzo/descanso/ejercicios	1101	7.65
<b>TTL</b>		14400	100

De acuerdo a la información mostrada en la Tabla 3.11 se puede determinar el porcentaje de utilización del equipo del área de Embobinado A1, como se refleja en la Tabla 3.12, en la cual se desestima los paros necesarios como lo son los de arranque, encendido, limpieza y Almuerzo, descanso y ejercicios.

**Tabla 3.12** Porcentaje de utilización del equipo en Embobinado A1

<b>TIEMPO DISPONIBLE (min)</b>	<b>TIEMPO DE PARO (min)</b>	<b>% UTILIZACIÓN</b>
14400.00	12489.00	86.73

En esta tabla se observa que el área mantiene una utilización de su maquinaria del 86.73%

### 3.1.2.5 Conclusiones de la fase Medición

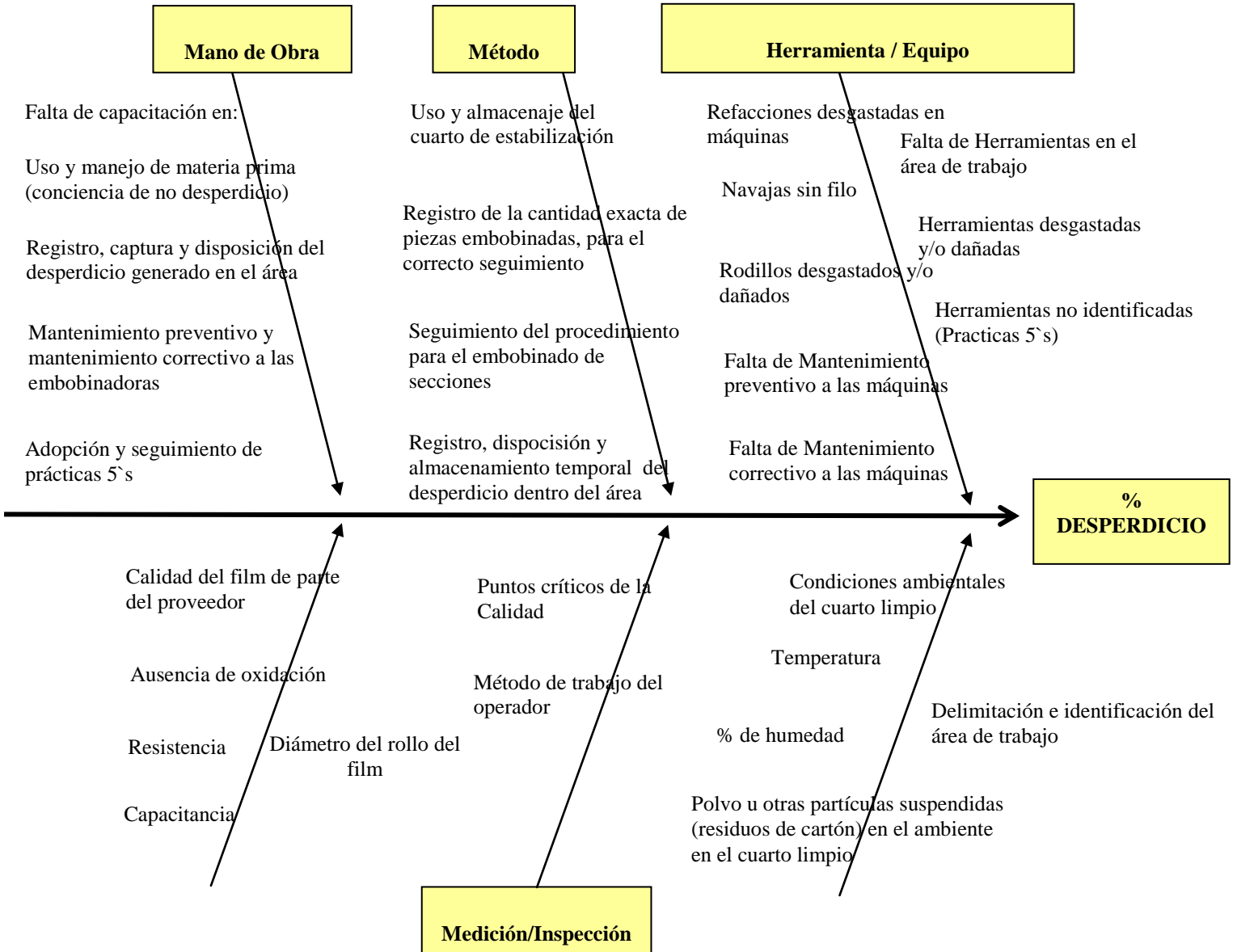
De acuerdo a la información recabada durante la etapa de medición, se obtuvieron datos que nos permiten tener un diagnóstico del estado real del área y se pretende estimar su comportamiento, esto con el fin de localizar aquellos factores o variables que resulten significativos para poder mejorar los índices previstos.

Al realizar el muestreo de información se obtuvo el valor del nivel de sigma con el que actualmente trabaja el área, mismo que se convierte en un métrico para poder evaluar las mejoras que se apliquen posteriormente durante el desarrollo del proyecto, a su vez nos permite enfocar cuales son los principales defectos que convierten el material en no conformante, así como su relación directa en el porcentaje de utilización de las máquinas, ya que se pretende que al reducir los defectos, se disminuya el desperdicio generado y a su vez esto refleje un aumento en la utilización del equipo, al erradicar y/o minimizar los problemas de raíz, mismos que serán detectados en la siguiente fase de análisis de la información.

### **3.1.3 Análisis**

#### **3.1.3.1 Análisis de posibles causas**

A continuación se detalla en la Figura 3.10 el diagrama Causa-Efecto del porcentaje de desperdicio de Embobinado A1, con el fin de determinar cuáles son las causas que originan que se presente desperdicio de materia prima en esta área.



**Material**

**Medio ambiente**

**Figura 3.9** Diagrama Causa-Efecto del desperdicio generado en A1.

### **3.1.3.2 Conclusiones de la fase de Análisis**

Una vez realizado el análisis de las posibles causas que pueden influir en el porcentaje de desperdicio, se puede concluir lo siguiente:

- El proceso ha sido examinado y se han identificado los potenciales cuellos de botella, así como las desconexiones y redundancias que pueden contribuir al problema en el que nos centramos (Principales tipos de desperdicio registrados en el área, así como su contribución y posible causa mostrada en las figura 3.3, 3.8, 3.10 y en la tabla 3.3).
- Se cuenta con un análisis de tiempo de ciclo y de valor, localizando las áreas en las que se dedica tiempo y recursos a áreas no críticas para el cliente (Diagrama y mapa de proceso, así como los puntos críticos a la calidad del área A1 mostrados en las figuras 3.2, 3.9 y tabla 3.6).

- Analizando los datos del proceso y su rendimiento para ayudar a estratificar el problema, se detallan en la fase de mejora las posibles razones de variación del proceso y se pretende identificar las causas potenciales que contribuyen en el porcentaje de desperdicio reflejado en el área A1 de la empresa Cornell Dubilier Electronics y las alternativas de solución propuestas.

### 3.1.4 MEJORA

#### 3.1.4.1 Posibles alternativas de solución

De acuerdo a los aspectos analizados en el diagrama Causa-Efecto mostrado en la figura 3.10, a continuación se desglosa de la Tabla 3.13 a la 3.18 las posibles alternativas de solución que nos permitan disminuir el índice de desperdicio del área embobinado A1.

**Tabla 3.13** Posibles alternativas de solución en el aspecto Mano de Obra

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Falta de Capacitación en uso y manejo de la materia prima.	Programar reuniones involucrando al supervisor y a los operadores, para hacer énfasis en la importancia del buen manejo de la materia prima hacia el No desperdicio.
Falta de Capacitación en registro y captura del desperdicio generado en el área.	Acordar con los operadores que reporten la causa real del desperdicio con su código correspondiente, y en caso de que un suceso se presente por primera vez notificar al supervisor, técnico y/o ingeniero según aplique. También es importante retroalimentar al personal sobre la importancia de mantener un registro correcto en sistema de lo que se captura.
Falta de Capacitación en Adopción y seguimiento de las prácticas 5's.	Retroalimentar y auditar al personal sobre el seguimiento de orden, limpieza, organización, estandarización y control establecidos en las 5's.
Falta de Capacitación en Mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas	Dar una retroalimentación al operador, sobre cómo resolver las fallas más comunes y como mantener en mejor estado su máquina, con el fin de que está presente el menor número de fallos y en caso de presentarlos el operador sea capaz de

embobinadoras.	resolverlos.
----------------	--------------

**Tabla 3.14** Posibles alternativas de solución en el aspecto Método

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Uso y almacenaje del cuarto de estabilización.	Realizar 5's en el almacén de estabilización, iniciando con la identificación del material bajo la responsabilidad de ingeniería, mismo que debido a que no se tiene plan a utilizarse debe ser retirado del almacén.
No se registra la cantidad exacta de piezas embobinadas, lo que evita el correcto seguimiento de producción.	Es necesario indicar en la orden de trabajo la cantidad real de secciones embobinadas y enviadas al siguiente proceso.
Deficiente registro, disposición y almacenamiento temporal del desperdicio dentro del área.	Crear un procedimiento que redacte las acciones a proceder para registrar el desperdicio y el seguimiento al suceso.
Utilización de documento no controlado como base para reportar el desperdicio del área.	Actualizar el procedimiento CDC03-550 ingresando los códigos utilizados en A1.
Erróneo confinamiento del desperdicio generado por muestras de ingeniería.	Crear un código para reportar el desperdicio generado por muestras de Ingeniería y se actualizar en el procedimiento CDC03-550.
Crear un código para reportar cuando una sección sale sin envoltura plástica.	Revisar con el depto. de Ingeniería y determinar si aplica la creación de este código.
Crear un código para reportar un mal desmetalizado en la sección	Revisar con el depto. de Ingeniería y determinar si aplica la creación de este código.
Crear un código para reportar un OD (diámetro de la sección) fuera de especificación.	Revisar con el depto. de Ingeniería y determinar si aplica la creación de este código.

Disposición del centro en secciones no conformantes.	Proponer recuperar el centro de las secciones que no cumplan con la calidad necesaria para enviarse al siguiente proceso, con el fin de evitar cargar más peso a la película metálica en el confinamiento del desperdicio, y así recuperar el centro y reutilizarlo.
--	--

**Tabla 3.15** Posibles alternativas de solución en el aspecto Maquinaria

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Navajas sin filo.	Es necesario afilar o reemplazar por navajas en óptimas condiciones.

Rodillos dañados y/o desgastados.	Recubrir y/o rectificar los rodillos lisos según se requiera, y reemplazar los de diseño diamante. Proponer la compra de rodillos a fin de contar con un juego por máquina para cada familia de productos.
Falta de herramienta.	Comprar un juego de herramientas básicas bajo responsabilidad del área de embobinado de AC CAPS
Herramientas fuera de su lugar.	Mantener toda la herramienta debidamente identificada y resguardada en su lugar, mientras no se este usando.
Herramientas dañadas o desgastadas.	Cambiar las herramientas dañadas por nuevas herramientas bajo responsabilidad del área de AC CAPS
Falta de mantenimiento preventivo en las máquinas.	Revisar que se este llevando adecuadamente el plan de mantenimiento preventivo.
Falta de mantenimiento correctivo en las máquinas (reparación).	Determinar las fallas más usuales y su grado de ocurrencia.

**Tabla 3.16** Posibles alternativas de solución en el aspecto Materiales

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (oxidación).	Determinar si es por condiciones ambientales de la planta o bien por que así las envió proveedor, en este caso se debe proceder a informar al depto. de Calidad para hacer la devolución a proveedor (el rollo completo con el material o pieza no conformante generada).
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (resistencia).	Informar al depto. de Calidad para hacer la devolución a proveedor (el rollo completo con el material o pieza no conformante generada).
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (capacitancia).	Informar al depto. de Calidad para hacer la devolución a proveedor (el rollo completo con el material o pieza no conformante generada).

Diferencia de diámetro de los rollos de película metálica con tenidos en la misma bolsa.	Es importante que al alimentar la máquina con los rollos de película metálica, se revise que los rollos tengan los mismo diámetros a fin procurar que se acaben al mismo tiempo. A su vez es importante maquinar hasta que los rollos se acaben y en caso de que la última sección no se complete debe confinarse con el código correspondiente.
--	--

**Tabla 3.17** Posibles alternativas de solución en el aspecto Medición

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Deficiente revisión de los puntos crítico de la calidad.	Retroalimentar al personal sobre la importancia de revisar los puntos críticos de la calidad.

**Tabla 3.18** Posibles alternativas de solución en el aspecto Medio Ambiente

Situación Encontrada	Contramedida Propuesta
Descuido en las condiciones ambientales del cuarto limpio.	Retroalimentar al personal sobre la importancia de mantener libre de partículas el cuarto limpio. Dejar el almacén de estabilización libre de cajas de cartón (reacomodar el material), proporcionarle calzado adecuado para el mantenimiento de las condiciones libre de polvo a las personas que tienen acceso al cuarto limpio, adaptar una cabina que permita el paso de material al siguiente proceso evitando que se abra la puerta un 90% de lo que actualmente se abre, con eso conservamos condiciones de temperatura, humedad, presión y el ambiente libre de polvo.
Área sin identificación y delimitación de espacios para insumos, materia en proceso, material no conformante, basura, etc	Aplicar control visual, haciendo identificación y delimitación de áreas.

En estas tablas se plantean las situaciones encontradas y las posibles alternativas de solución que se pretenden utilizar como contramedidas para lograr la reducción del índice de desperdicio.

### **3.1.4.2 Plan y programa de implementación de las alternativas seleccionadas**

Una vez identificadas las situaciones que según un análisis previo, son las que pueden influir directamente en la cantidad de desperdicio registrado, se procede a estructurar un plan y programa de implementación de mejoras, en el cual se especifique en cada aspecto, cuál será la actividad a realizar, mismas que serán posteriormente evaluadas para determinar si su implementación arroja los resultados esperados (una reducción en el índice de desperdicio del área).

De la tabla 3.19 a la 3.24 se desarrolla un plan de actividades a implementar en los aspectos de mano de obra, método, maquinaria, materiales, medición y medio ambiente, de Embobinado A1.

**Tabla 3.19** Plan de actividades a implementar en el aspecto Mano de Obra

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Falta de Capacitación en uso y manejo de la materia prima.	Realizar y mostrar una presentación a los empleados reafirmando los puntos clave para el correcto uso y manejo de la materia prima de su área, así como del material en proceso.
Falta de Capacitación en registro y captura del desperdicio generado en el área.	Realizar y mostrar una presentación a los empleados reafirmando la correcta asignación de los códigos de acuerdo a al origen del desperdicio, así como la importancia de la correcta captura en sistema, resaltando la oportunidad de que en forma autónoma sean capaces de detectar y notificar situaciones inusuales. Incluyendo en esta presentación los temas de disposición y almacenamiento del desperdicio dentro del área, haciendo énfasis en el material que se regresa a proveedor, y los puntos críticos de la Calidad.
Falta de Capacitación en Adopción y seguimiento de las prácticas 5's.	Realizar y mostrar una presentación a los empleados sobre la importancia y el impacto de mantener prácticas de 5's en el entorno laboral (considerando el área de producción y su almacén de estabilización)
Falta de Capacitación en Mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas embobinadoras.	Reafirmar la importancia de realizar y cumplir de acuerdo a lo programado el mantenimiento preventivo, y así lograr un impacto de reducción sobre el mantenimiento correctivo.

**Tabla 3.20** Plan de actividades a implementar en el aspecto Método

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Uso y almacenaje del cuarto de estabilización.	Se contempla dentro de la presentación de 5's.
No se registra la cantidad exacta de piezas embobinadas, lo que evita el correcto seguimiento de producción.	Se contempla dentro de la presentación de uso y manejo de materia prima y en proceso.
Deficiente registro, disposición y almacenamiento temporal del desperdicio dentro del área.	Acordar con el departamento de Ingeniería la acción a seguir en caso de que surja una nueva situación de desperdicio, o bien con las situaciones que se incluyen en el código A15 Otros defectos.
Utilización de documento no controlado como base para reportar el desperdicio del área.	Presentar la información al depto. de Ingeniería y lograr el acuerdo de incluir los códigos al procedimiento correspondiente.
Erróneo confinamiento del desperdicio generado por muestras de ingeniería.	Presentar la información al depto. de Ingeniería y lograr el acuerdo de crear un código para separar el desperdicio generado para muestras de Ingeniería de la producción normal e incluirlo en el procedimiento correspondiente.
Crear un código para reportar cuando una sección sale sin envoltura plástica.	Retomar el tema con Ingeniería debido a su ocurrencia.
Crear un código para reportar un mal desmetalizado en la sección	Se contempla dentro de los aspectos pendientes a definir con el departamento de Ingeniería.
Crear un código para reportar un OD (diámetro de la sección) fuera de especificación.	Presentar la información al depto. de Ingeniería y definir si es necesaria la creación de un código / Revisar con el depto. de Calidad el seguimiento a los gráficos de control realizado a cada máquina en forma diaria.
Disposición del centro en secciones no conformantes.	Se contempla en la presentación sobre la disposición del desperdicio.

**Tabla 3.21** Plan de actividades a implementar en el aspecto Maquinaria

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Navajas sin filo.	Elaborar un formato para registrar la frecuencia de uso y cambio de las refacciones claves para el embobinado y así determinar y prever el tiempo de vida útil de la mismas y poder anticipar su cambio antes de su descompostura o desgaste q impacte en el producto.
Rodillos dañados y/o desgastados.	Se contemplan dentro del formato para el seguimiento a refacciones.
Falta de herramienta.	Proporcionar juegos de herramientas a operadores, de acuerdo a sus actividades.
Herramientas fuera de su lugar.	Se contempla dentro de la presentación de 5's.
Herramientas dañadas o desgastadas.	Reemplazar herramientas dañadas y desgastadas, por herramientas en buen estado. Forma parte del punto de falta de herramientas.
Falta de mantenimiento preventivo en las máquinas.	Se contempla dentro de plática de la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo.
Falta de mantenimiento correctivo en las máquinas (reparación).	Se contempla dentro de plática de la importancia del mantenimiento preventivo y correctivo.

**Tabla 3.22** Plan de actividades a implementar en el aspecto Materiales

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (oxidación).	Revisar con Materiales y Calidad los acuerdos con el proveedor en este aspecto. Este aspecto también se contempla en la presentación sobre el uso y manejo de materia prima y en la revisión de los puntos críticos de la

	Calidad.
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (resistencia).	Revisar con Materiales y Calidad los acuerdos con el proveedor en este aspecto. Este aspecto también se contempla en la presentación sobre el uso y manejo de materia prima y en la revisión de los puntos críticos de la Calidad.
Mala Calidad de la película metálica de parte del proveedor (capacitancia).	Revisar con Materiales y Calidad los acuerdos con el proveedor en este aspecto. Este aspecto también se contempla en la presentación sobre el uso y manejo de materia prima y en la revisión de los puntos críticos de la Calidad.
Diferencia de diámetro de los rollos de película metálica con tenidos en la misma bolsa.	Revisar con Materiales y Calidad los acuerdos con el proveedor en este aspecto. Este punto esta contemplado en la presentación sobre el uso y manejo de materia prima y en la revisión de los puntos críticos de la Calidad, cuando el material aun no ha sido procesado.
	Retomar el tema en la presentación del mantenimiento preventivo y correctivo ya que es de gran importancia el buen desempeño de las maquinas, para no tener este problema cuando se finaliza el embobinado.

**Tabla 3.23** Plan de actividades a implementar en el aspecto Medición

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Deficiente revisión de los puntos critico de la calidad.	Se contempla en la presentación sobre el uso y manejo de materia prima y en la revisión de los puntos críticos de la Calidad.

**Tabla 3.24** Plan de actividades a implementar en el aspecto Medio Ambiente

Situación Encontrada	Actividades a realizar
Descuido en las condiciones ambientales del cuarto limpio.	Este tema se contempla en la presentación de 5's. Además de su implementación, mantenimiento y control a la adopción de la metodología, procurando el involucramiento de los deptos. de Ingeniería y Mantenimiento.
Área sin identificación y delimitación de espacios para insumos, materia en proceso, material no conformarte, basura, etc.	Delimitar las áreas, de acuerdo a las bases de control visual.

### 3.1.4.3 Conclusiones de la fase Mejora

Actualmente se cuenta con un listado de ideas planteadas como posibles soluciones. Se sigue trabajando con los aspectos manejados en el plan y programa de implementación de posibles alternativas de mejoras, en el cual se hizo la siguiente actualización como una medida correctiva y evitando así que el problema vuelva a surgir:

Inicialmente se reportó como una posible situación que interviene directamente en el porcentaje de desperdicio la mala calidad de la película metálica de parte de proveedor (oxidación), para esto se determinó revisar con Materiales y Calidad los acuerdos con el proveedor en este aspecto, como medida de solución se recibió la visita del proveedor a la empresa con el fin de replantear el estatus de su producto, se hicieron acuerdos para elevar la calidad y por parte de CDE se le replanteó a los operadores la importancia de la revisión de la materia prima antes de iniciar el embobinado, sin embargo se presentó una situación en donde el problema de mala calidad del film (oxidación) no fue detectada en las inspecciones de calidad establecidos en el proceso, ya que la mala calidad del film se hacía presente cuando el capacitor

estaba ensamblado totalmente, por lo que la solución definitiva al problema consiste en dejar de producir con la materia prima de este proveedor.

Se están utilizando e implementando técnicas de enfoque para desarrollar y valorar las posibles soluciones. Así mismo se sigue dando seguimiento a la implementación de la metodología 5's y al establecimiento de controles visuales que permitan minimizar los errores en el área, tanto de seguridad para el trabajador como para el producto.

Como control visual que representa un impacto en la reducción de desperdicio se elaboró un muestrario de tipos de latas de acero o aluminio que hacen función como la cubierta y parte exterior del capacitor, con el fin de que los operadores de embobinado tengan una herramienta para medir la calidad de su trabajo y minimizar el escape de defecto a las siguientes áreas en el problema de sección fuera de especificación.

Se estableció una medida para poder monitorear los resultados que se están obteniendo para poder proyectarlos, por lo cual se está dando seguimiento mediante la medición del índice de desperdicio registrado mensualmente, detectando y planteando acciones correctivas inmediatas para resolverlas, en este aspecto se espera tener una respuesta positiva de acuerdo a las mejoras propuestas, como lo es el mejor uso y manejo de materia prima, el correcto registro del desperdicio reportado en el área, el reemplazo de herramienta y refacciones en la máquinas, así como el seguimiento de parte de mantenimiento hacia los paros o fallas en las máquinas.

Así mismo, se acordó con el supervisor del área hacer reuniones semanales los días jueves, para informar situaciones encontradas y presentar los avances en lo concerniente al índice de desperdicio.

La figura 3.11 muestra imágenes de evidencia de la implementación de la metodología 5's.



**Figura 3.11** Evidencia de la implementación de la metodología 5'S.

En la figura 3.11 se muestra el almacén de estabilización de materia prima debidamente identificado por numero de partes, así como el área designada para cofias y zapatos que son importantes para mantener las condiciones de limpieza en el cuarto limpio, así como la identificación y delimitación del área de trabajo mediante los códigos de colores establecidos en control visual:

Azul: Materia prima

Rojo: Material defectuoso

Verde: Materia en proceso

Amarillo: Maquinaria, equipo, mesas de trabajo, etc.

Blanco y Negro: Basura

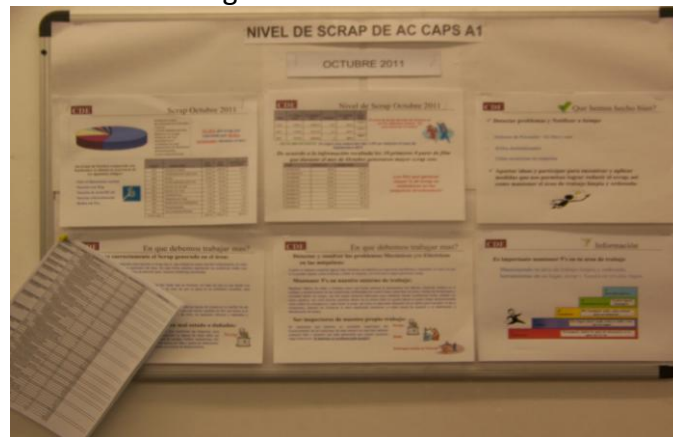


**Figura 3.12** Controles visuales implementados en Embobinado A1.

En la figura 3.12 se muestran los controles visuales implementados como un soporte para evitar y/o minimizar los defectos en el área que se convierten en desperdicios, como es el caso del muestrario de tipos de latas de acero o aluminio y de tipos de base inferior aislante del capacitor, esto con la finalidad de que el operador en forma fácil pueda determinar si las piezas que esta embobinando quedan fuera de especificación por grosor, ya que las limitaciones del BOM establecen solo tolerancias hacia arriba o debajo del grosor recomendado de acuerdo al

diámetro de la lata, sin embargo lo principal es lograr la capacitancia requerida, por lo que a veces se descuida el grosor.

Así mismo se muestra el área delimitada de color rojo que comprende la zona de material defectuoso y/o no conformante, esta delimitación ayuda a disminuir la ocurrencia de que el personal confunda el material conformante del no conformante, comparando que anteriormente se colocaban el mismo lugar.



**Figura 3.13** Pizarrón informativo del nivel de desperdicio.

En la figura 3.13 se presenta una imagen del pizarrón informativo que se colocó en el área de Embobinado A1, con el fin de mostrarles a los operadores y a demás personas que les compete (como es el caso del supervisor del área) los resultados obtenidos dentro de un periodo de tiempo, en este caso en forma mensual, en este pizarrón se plasman aspectos claves como lo son:

- El porcentaje de desperdicio registrado en el mes.
- Los defectos más comunes y su contribución al desperdicio.

- En que se debe trabajar más para obtener mejores resultados.
- Resalta en que se ha trabajado bien durante el mes.

Así mismo se realiza una breve junta mensual para informar los resultados y para retroalimentar y detectar los problemas que han ocurrido durante ese período.

### 3.1.5 CONTROL

#### 3.1.5.1 Monitoreo de Variables

El objetivo de ésta fase es validar, verificar y monitorear las mejoras realizadas para que sigan cumpliéndose y detectar cualquier reincidencia para corregir a tiempo.

**Tabla 3.25** Monitoreo de variables en el aspecto Mano de Obra

VARIABLE	CONTROL
Capacitación en uso y manejo de la materia prima.	Se hace énfasis mediante ayudas visuales y comunicación con el operador para que sigas las buenas prácticas de manejo de material.
Capacitación en registro y captura del desperdicio generado en el área.	Mensualmente se hace verificación del material desechado y se da seguimiento a cualquier valor fuera de rango.
Capacitación en Adopción y seguimiento de las prácticas 5's.	Se realiza auditoria de 5's (se anexa archivo).
Capacitación en Mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas embobinadoras.	Se revisa el llenado del control de mantenimiento diario a las máquinas por parte del operador.

**Tabla 3.26** Monitoreo de variables en el aspecto Método

Situación Encontrada	CONTROL
Uso y almacenaje del cuarto de estabilización.	Se realiza auditoria de 5's (se anexa archivo).
Registro, disposición y almacenamiento temporal del desperdicio dentro del área.	El material No conformante permanece en el área durante un periodo no mayor a 15 días, por acuerdo entre producción y calidad.
Confinamiento del desperdicio generado por muestras de ingeniería.	Todo material de desperdicio generado por el depto. de Ingeniería es confinado al código 824.
Problemas recurrentes sin código de desperdicio (Mala envoltura de la sección).	Al determinar que el problema de envoltura en la sección se presenta en forma recurrente en el área, se accedió a considerar el código 814 (embobinado pobre) así mismo cada vez que ocurre se le llama a los técnicos para el análisis y reparación del problema mecánico o eléctrico en las máquinas.

**Tabla 3.27** Monitoreo de variables en el aspecto Maquinaria

Situación Encontrada	CONTROL
Refacciones dañadas o desgastadas	Se da seguimiento al formato de registro de frecuencia de uso y cambio de las refacciones claves para el embobinado y así determinar y prever el tiempo de vida útil de la mismas y poder anticipar su cambio antes de su descompostura o desgaste que impacte en el producto.
Herramientas fuera de su lugar.	Se realiza auditoria de 5's (se anexa archivo).

Falta de mantenimiento preventivo en las máquinas.	Se realiza una bitácora del mantenimiento preventivo realizado a cada máquina de acuerdo al programa del depto. de mantenimiento.
Falta de mantenimiento correctivo en las máquinas (reparación).	Se realiza seguimiento a los problemas recurrentes detectados en las máquinas (se anexa archivo)

**Tabla 3.28** Monitoreo de variables en el aspecto Materiales

Situación Encontrada	CONTROL
Mala calidad de parte del proveedor	Actualmente los materiales detectados como No conformantes de parte del proveedor son separados y devueltos al mismo, así mismo se mide la incidencia de mala calidad de los actuales proveedores para con el fin de descartar el uso de sus materiales ( En Diciembre de 2011 se resolvió dejar de comprarle la materia prima al proveedor con mayor volumen de ventas en la empresa, abriendo campo a probar con nuevos proveedores, se sigue evaluando la calidad de los mismos).

**Tabla 3.29** Monitoreo de variables en el aspecto Medición

Situación Encontrada	CONTROL
Deficiente revisión de los puntos críticos de la calidad.	Se realiza inspección previa a la materia prima antes de someterla al proceso (en la orden de trabajo se anotan las especificaciones iniciales de resistencia y etiquetas de la película metálica), de acuerdo al procedimiento de la revisión de los puntos críticos de la calidad.

**Tabla 3.30** Monitoreo de variables en el aspecto Medio Ambiente

Situación Encontrada	CONTROL
Descuido en las condiciones ambientales del cuarto limpio.	Se realiza auditoria de 5's (se anexa archivo).

En las siguientes figuras se muestra evidencia de los controles implementados:

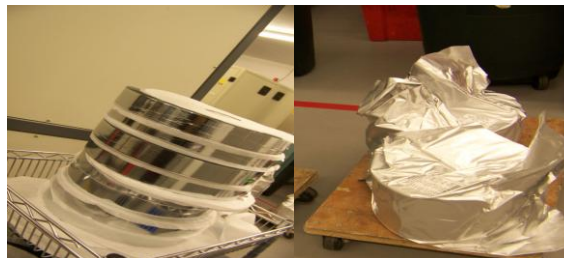


Fig. 3.14 Evidencia del buen uso y manejo de la materia prima.

En la figura 3.14 se muestra como la materia prima (rollos de película metálica) es separada por una tela especial, esto es para evitar que se dañe al apilarse, de igual forma se muestra que mientras la materia prima no sea utilizada en el proceso, está se debe mantener en una bolsa sellada al vacío.



Fig. 3.15 Evidencia del seguimiento al índice de material confinado como desperdicio en el área.

En la figura 3.15 se muestra el pizarrón elaborado para informar los resultados de desperdicios generados durante el mes y así mismo sirve como filtro para detectar problemas inusuales (como un mal registro o algún desperdicio que se esté presentando con mayor frecuencia).



Fig. 3.16 Evidencia del mantenimiento de las 5's en el área de trabajo.

En la figura 3.16 se muestra el mantenimiento de las 5's dentro del área de trabajo, lo que involucra la limpieza, el orden, la organización y mantenimiento de la metodología, por lo que se observan materiales y áreas organizadas, identificadas y delimitadas.



Fig. 3.17 Evidencia del llenado de la bitácora de mantenimiento a las embobinadoras.

En la figura 3.17 se muestra en la parte superior de la máquina la bitácora de mantenimiento preventivo diario a las máquinas, misma que es auditada dentro de las 5's.



Fig. 3.18 Evidencia del almacenaje y disposición especial que se le da al material no conforme por defecto de proveedor.

En la figura 3.18 se muestra el área destinada para material no conforme, mismo que una vez identificado y registrado se direcciona al área de calidad.

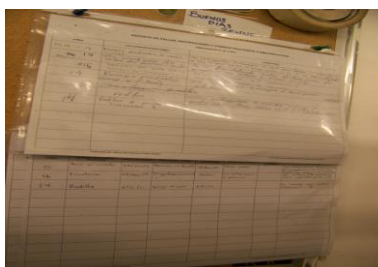


Fig. 3.19 Evidencia del uso del formato para el registro de frecuencia de uso y cambio de las refacciones.

En la figura 3.19 se muestran los formatos utilizados cuando se realiza algún reemplazo de alguna parte o herramienta, con el fin de poder determinar un promedio de su vida útil y anticipar su próximo cambio.



Fig. 3.20 Evidencia de la indicación de los parámetros iniciales de calidad de la materia prima en la orden de trabajo del material.

En la figura 3.20 se muestran los controles visuales que son utilizados para validar las dimensiones de las secciones en el ensamble (además de asegurar que se embobinan dentro de las tolerancias especificadas) de acuerdo al número de parte que se está produciendo.

### 3.1.5.2 Planes Estándares

Con el objetivo de mantener los resultados obtenidos y continuar con el proceso de mejora continua se han establecido los siguientes planes estándares:

**Tabla 3.31** Planes estándares en el aspecto Mano de Obra

PLAN	ACTIVIDAD	FRECUENCIA DE
------	-----------	---------------

		<b>MONITOREO</b>
Retroalimentación de resultados.	Realizar junta con los empleados con el fin de exponerles los resultados obtenidos en el período analizado y fomentar la participación de los mismos para la mejora continua.	Mensual
Capacitación en actualizaciones.	Informar al empleado sobre las actualizaciones en los procesos.	Cada que ocurra alguna actualización.

**Tabla 3.32** Planes estándares en el aspecto Método

<b>PLAN</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA DE MONITOREO</b>
Estandarizar el confinamiento del material no conformante	Indicar en procedimiento el diagrama de flujo para confinar el material No Conformante de proveedor.	Establecer una frecuencia de confinamiento de máximo 3 semanas de acumulación.

**Tabla 3.33** Planes estándares en el aspecto Maquinaria

<b>PLAN</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA DE MONITOREO</b>
Auditoria al programa de	Hacer revisión mensual del cumplimiento en tiempo del	Mensual

Mantenimiento preventivo.	mantenimiento preventivo a las máquinas, de acuerdo al programa establecido por el área de mantenimiento.	
Levantamientos de Problemas recurrentes en Máquinas.	Hacer un documento mensual sobre los problemas recurrentes en las máquinas y entregarlo al área de mantenimiento, con el fin de que atiendan las reparaciones pertinentes.	Mensual

**Tabla 3.34** Planes estándares en el aspecto Materiales

PLAN	ACTIVIDAD	FRECUENCIA DE MONITOREO
Seguimiento al proveedor con mayor índice de Material No conformante.	Elaborar pareto con la incidencia de rechazo de materia prima de proveedor, con el fin de considerarse ante la resolución de seguir manteniéndolo como proveedor de la empresa.	Mensual

**Tabla 3.35** Planes estándares en el aspecto Medición

PLAN	ACTIVIDAD	FRECUENCIA DE MONITOREO
Actualización de puntos críticos a la calidad.	Actualizar las instrucciones de medición y proporcionar el entrenamiento para dichas actualizaciones.	Cada que ocurra alguna actualización.

**Tabla 3.36** Planes estándares en el aspecto Medio Ambiente

PLAN	ACTIVIDAD	FRECUENCIA DE MONITOREO
Auditorias 5's	Establecer rol de actividades para los empleados, con el fin de asignar responsabilidades en el cumplimiento de la metodología 5's.	De 1 a 3 veces por mes

### 3.1.5.3 Diagnóstico final de la Cultura Organizacional

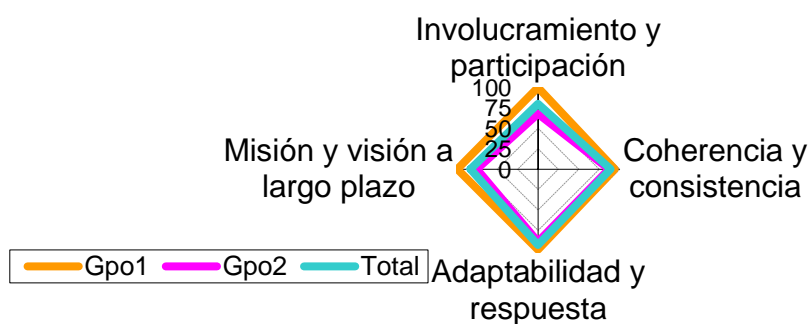
Al inicio del proyecto de tesis se realizó un diagnóstico inicial de la Cultura Organizacional de la empresa, dicho diagnóstico consistió en la aplicación de la encuesta Denison la cual es una herramienta que sirve para medir la cultura organizacional de los empleados haciendo énfasis en el monitoreo de las cuatro áreas fundamentales para la efectividad organizacional, siendo estas: involucramiento y participación, coherencia y consistencia, adaptabilidad y respuesta, así como misión y visión a largo plazo.

Por lo que en esta etapa del proyecto fue necesario realizar otro diagnóstico para poder comparar los resultados de la primera aplicación de la encuesta Denison y medir la efectividad organizacional, los cuales permitieron considerar las fortalezas y debilidades de la cultura de las personas como una estrategia de apoyo para la implementación de la metodología Lean Six Sigma.

Los resultados anteriores arrojaron que los aspectos más importante a enfatizar son el involucramiento y participación, así como la coherencia y consistencia, los cuales fueron considerados durante la implementación del proyecto, involucrando en forma activa al personal, haciéndolos partícipes de actividades como implementación de 5's, lluvias de ideas para hacer propuestas y encontrar soluciones y mejorar su entorno laboral, así como mantenerlos informados de sus resultados mediante juntas periódicas y la publicación mensual de sus resultados de la adopción y mantenimiento de 5's, el índice de desperdicios generados en el área, productividad, rechazos internos, cumplimiento a clientes, así como la retroalimentación de las actividades extras surgieron y se plantearon durante el desarrollo del proyecto. Procurando siempre una comunicación jerárquica efectiva de altos a bajos mandos.

Los resultados obtenidos en la segunda aplicación de la encuesta Denison al grupo 1 (Gerentes) y grupo 2 (personal operativo) son los siguientes:

En la Figura 3.21 se muestran las cuatro áreas fundamentales para la efectividad organizacional, las cuales son: Involucramiento y participación, Coherencia y consistencia, adaptabilidad y respuesta, así como Misión y visión a largo plazo.

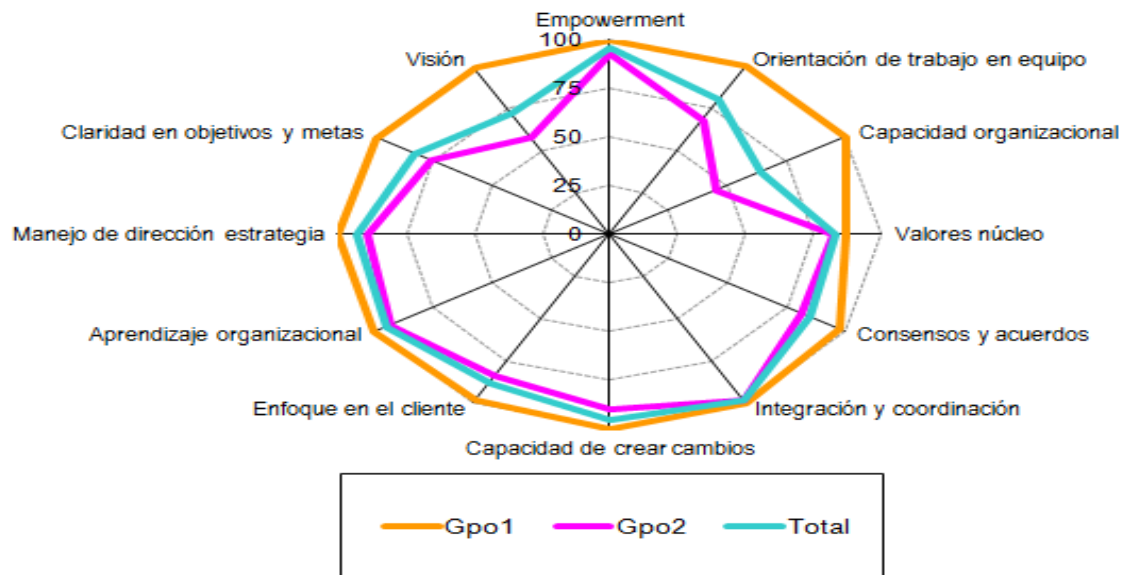


Área	Gpo1	Gpo2	Total
Involucramiento y participación	100	68	80
Coherencia y consistencia	94	87	89
Adaptabilidad y respuesta	99	89	93
Misión y visión a largo plazo	99	75	83

**Figura 3.21** Resultado de las cuatro áreas según el método Denison de efectividad organizacional.

En la Figura 3.21 se presentan los resultados obtenidos al aplicar por segunda ocasión la encuesta Denison, en la columna Total se muestran en porcentaje la comparación de los resultados contra la base de datos del grupo Denison, obtenido mediante la aplicación de encuestas a diferentes empresas desde 1995, de lo cual se obtiene que el porcentaje logrado en calificación total corresponde al porcentaje de las empresas que de acuerdo a los datos comparados dentro de la escala Denison, están por debajo de la calificación obtenida en CDE, esto es para dar un enfoque de la situación global de que tan dentro o fuera de rango se encuentra el nivel de cultura organizacional en la empresa.

En la figura 3.22 se muestra a detalles los aspectos calificados para obtener las conclusiones:



Área	Dimensión	Gpo1	Gpo2	Total
Involucramiento y participación	Fuerza de trabajo (empleados)	100	93	96
	Orientación de trabajo en equipo	100	68	80
	Capacidad organizacional	100	45	64
Coherencia y consistencia	Valores núcleo	87	82	83
	Consensos y acuerdos	97	81	85
	Integración y coordinación	100	98	98
Adaptabilidad y respuesta	Capacidad de crear cambios	100	90	95
	Enfoque en el cliente	98	84	88
	Aprendizaje organizacional	100	93	95
Misión y visión a largo plazo	Manejo de dirección estrategia	100	89	93
	Claridad en objetivos y metas	99	76	83
	Visión	99	58	72

**Figura 3.22**  
Resultado detallado

de las cuatro áreas según el método Denison.

#### **3.1.5.4 Conclusiones de la fase Control**

Se implementaron contramedidas para asegurar que las causas raíces detectadas en el diagrama causa-efecto se cumplieran, se pudieran auditar y asegurarse de que se están cumpliendo, durante esta implementación se sigue fortaleciendo la adopción de cada una de las metodologías y actividades, mediante una comunicación efectiva con los operadores del área, aunado a los planes estándares establecidos.

## CAPÍTULO 4: Resultados Obtenidos

### 4.1 Resultados en la reducción de desperdicio

Las herramientas de Manufactura Esbelta y Six Sigma utilizadas para realizar este proyecto, tales como el diagrama causa-efecto, mapa de proceso, gráficos de pareto e histogramas, seguimiento de la metodología DIMAIC, diagrama de flujo de proceso, 5's e implementación de control visual, representaron una camino de acción a seguir para lograr la obtención de los objetivos pretendidos.

Por lo que la aplicación de estas herramientas tuvieron los siguientes resultados, haciendo una comparación del estatus anterior y el estado actual al finalizar el proyecto de aplicación:

En relación al porcentaje de desperdicio se realizó mes con mes un análisis de resultados para medir el impacto de las actividades implementadas, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1.** Historial del porcentaje de Desperdicio de Enero 2010 a Abril 2012.

MES	AÑO	COSTOS A1	COSTOS A11-AR	COSTOS ENVIOS	% de Desperdicio	% de Participación A1
Enero	2010	2909.03	4238.13	389734.46	1.83	0.75
Febrero	2010	3322.23	3317.73	442306.16	1.50	0.75
Marzo	2010	3630.98	3766.98	439118.21	1.68	0.83

Abril	2010	2979.94	3879.59	370364.91	1.85	0.80
Mayo	2010	2380.07	2280.62	348582.44	1.34	0.68
Junio	2010	3506.25	4261.24	340772.08	2.28	1.03
Julio	2010	3375.80	1398.31	378484.18	1.26	0.89
Agosto	2010	3072.21	908.23	382243.97	1.04	0.80
Septiembre	2010	5895.86	1128.71	354160.70	1.98	1.66
Octubre	2010	2873.11	4241.05	300779.73	2.37	0.96
Noviembre	2010	2972.27	1077.96	274436.77	1.48	1.08
Diciembre	2010	1833.91	863.57	229373.53	1.18	0.80
Enero	2011	3073.75	3108.45	225215.67	** 2.74	1.36
Febrero	2011	3067.93	2914.97	394340.18	1.52	0.78
Marzo	2011	3718.16	3030.45	517873.86	1.30	0.72
Abril	2011	2186.67	3254.86	402355.81	1.35	0.54
Mayo	2011	2908.48	1900.96	400389.45	1.20	0.73
Junio	2011	2799.36	2325.15	411337.34	1.25	0.68
Julio	2011	2859.96	3397.89	343892.65	1.82	0.83
Agosto	2011	2986.22	2545.40	394196.55	1.40	0.76
Septiembre	2011	2478.73	2217.59	329080.28	1.43	0.75
Octubre	2011	1605.53	502.21	252950.10	0.83	0.63
Noviembre	2011	3389.55	986.38	322124.75	1.36	1.05
Diciembre	2011	3041.13	441.82	295236.05	1.18	1.03
Enero	2012	3638.43	1633.43	468534.31	1.13	0.78

Febrero	2012	3309.77	-519.57	418784.03	0.67	0.79
Marzo	2012	2694.22	622.59	365907.66	0.91	0.74
Abril	2012	2745.25	281.53	372962.31	0.81	0.74

\*\* Se desestima debido a problema de rechazo con proveedor del centro de polipropileno.

De esta información se obtiene en forma general el promedio anual registrado de 2010 a la fecha, haciendo una importante observación sobre la reducción de un 0.32% de 2011 a 2010, y de un 0.43 del promedio de lo que va del 2012 comparado con el 2011. Estos valores se muestran en la tabla 4.2.

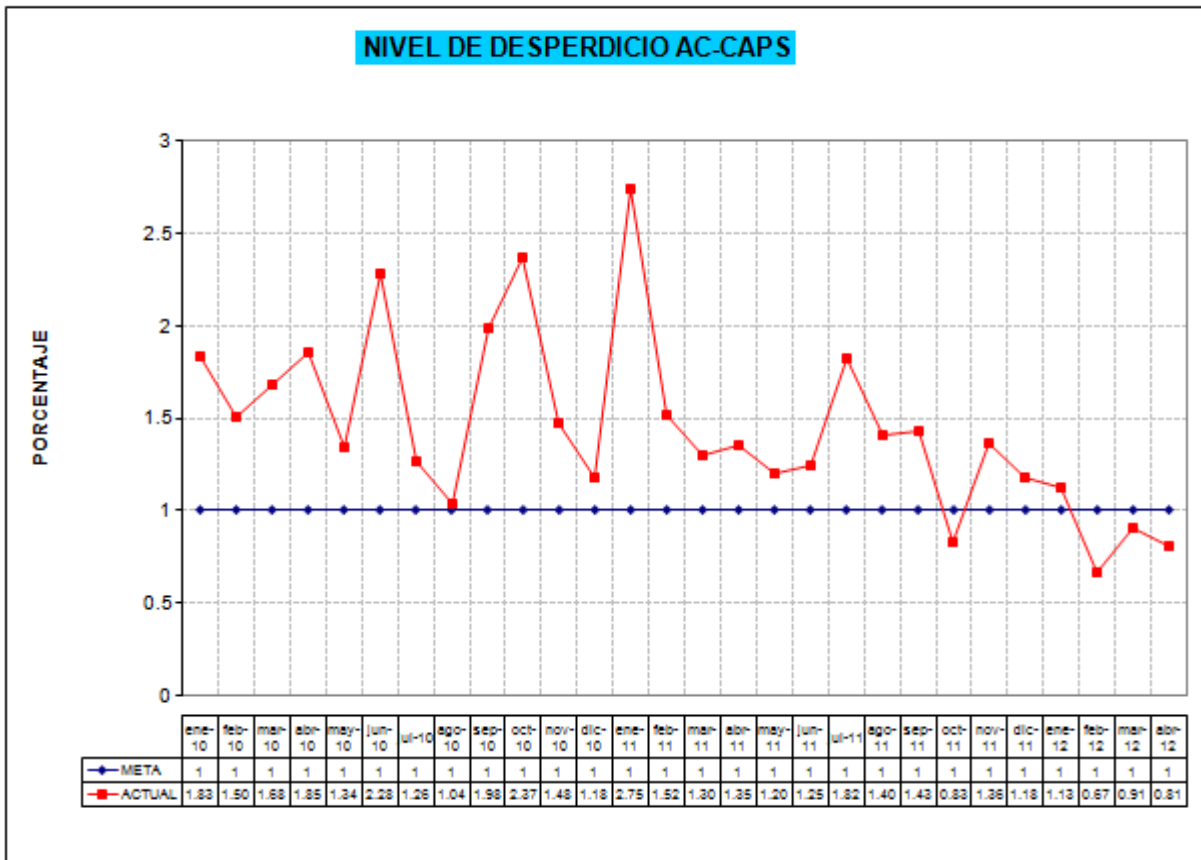
**Tabla 4.2.** Porcentaje promedio anual de desperdicio

AÑO	% min	% max	Promedio
2010	1.04	2.37	1.65
2011	0.83	1.82	1.33
2012	0.78	1.26	0.90

En la información contenida de la tabla 4.2 se presentan los valores mínimos y máximos alcanzados durante los periodos, así como el promedio anual, para mostrar las reducciones logradas, ya que al inicio del estudio el área de AC CAPS mantenía un porcentaje de desperdicio entre el 1.04 y el 2.37% teniendo como un promedio en el 2010 de 1.65%. Mientras que en 2011 se obtuvo un porcentaje de desperdicio entre 1.82 y 0.833% promediando un 1.33%, y el 2012 hasta el mes de Abril presenta un nivel entre 1.261 y 0.776 lo cual representa hasta el momento un 0.9% de desperdicio en lo que va del año. Cabe recalcar que gradualmente con el transcurso de los meses los operadores entendían mejor la manera de llenar los reportes y de ingresar datos al sistema, lo cual favoreció a que los los informes de desperdicio fueran más acordes a la realidad, ya que se crearon códigos para

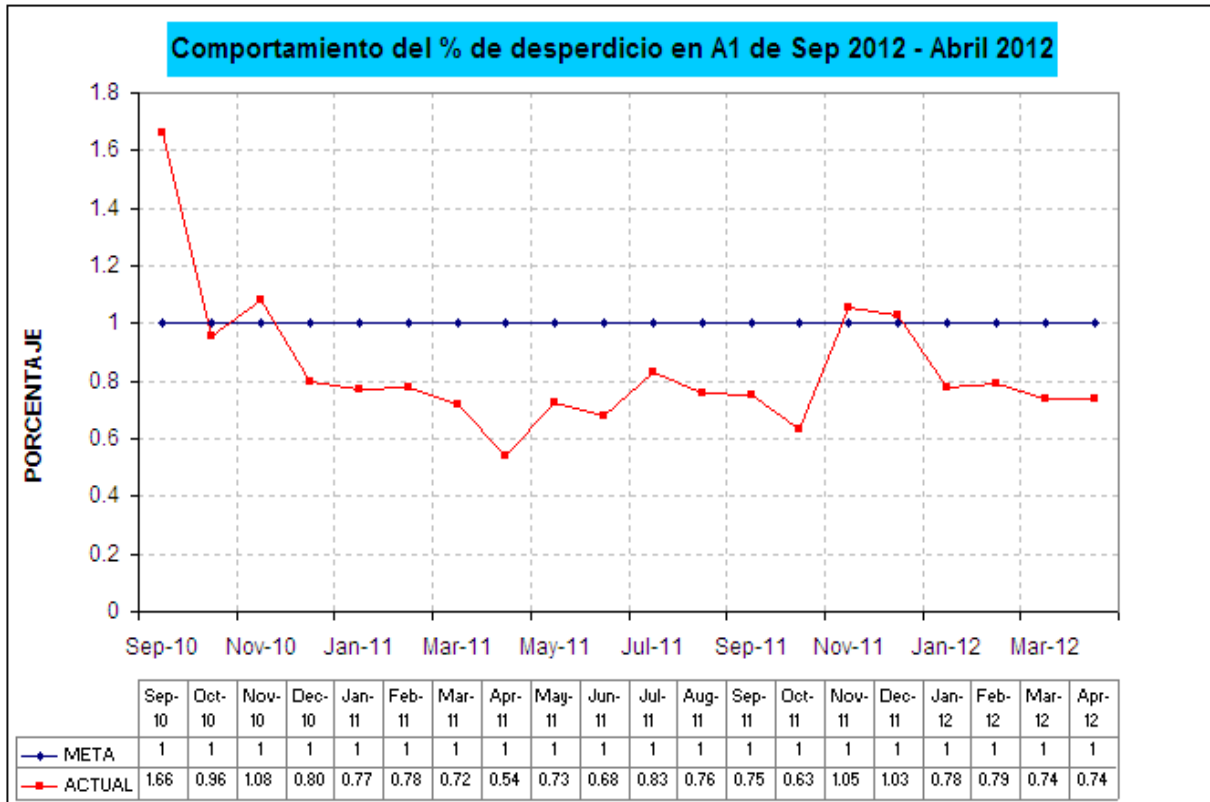
reportar los desperdicios y se integraron en procedimiento como estrategia de estandarización y seguimiento de los mismos.

Así mismo en la gráfica 4.1 se muestra la tendencia del índice de desperdicio registrado desde el inicio del proyecto de aplicación, en la cual se puede observar que actualmente se ha alcanzado la meta propuesta del 1%, misma pretende conservar mediante el sostenimiento de las propuestas y la mejora continua.



**Figura 4.1** Gráfica de porcentaje de desperdicio de AC CAPS de Enero 2010 a Abril 2012.

De igual forma en la gráfica 4.2 se muestra la tendencia de participación en el porcentaje de desperdicio del área A1, en la cual se observa una importante regularización y disminución, comparándola desde el inicio del proyecto.



**Figura 4.2** Gráfica de comportamiento de participación en el porcentaje de desperdicio de A1 de Sep 2010 a Marzo 2012.

#### 4.2 Resultados en la en la mejora del nivel de sigma

Para confirmar estos datos se procedió a realizar la obtención del nivel de sigma de los resultados obtenidos en 2011 y lo que va de 2012, mencionando que en el inicio del proyecto se evaluó el año 2010 con un sigma de 4.37. (Ver sección 3. 1.2.3) Por lo que en la tabla 4.3 se muestran los datos necesarios para la obtención de los DPMO anuales y en la tabla 4.4 los resultados obtenidos.

**Tabla 4.3** DPMO anuales obtenidos de 2010 al 2012 en A1.

AÑO	TTL PRODUCCIÓN (PZS)	TTL DEFECTOS (PZS)	TTL DE OPORTUNIDADES	DPMO
2011	2070053.00	61004.51	47611219.00	1281.30544
2012	565974.00	15725.99	13017402.00	1208.07429 4

**Tabla 4.4** Nivel de sigma anual de 2010 a 2012 de A1.

AÑO	DPMO	SIGMA
2010	1480.39	4.375 $\sigma$
2011	1281.30544	4.625 $\sigma$
2012	1208.074294	4.625 $\sigma$

Según los resultados mostrados en la tabla 4.4 se puede observar que ha aumentado el sigma de un 4.375 a 4.625, lo cual representa pasar de un 99.79 a un 99.91% de eficiencia, significando una mejora considerable, ya que la meta para todo proceso es de  $6\sigma$ , lo cual representa  $6\sigma = 3,4$  DPMO = 99,99966% de eficiencia; es decir, obtener 3,4 defectos en un millón de oportunidades es una meta bastante ambiciosa pero logable.

Aunado a las mejoras en relación al porcentaje de desperdicio generado en el área, dentro del proyecto de tesis se plantearon metas a cumplir como organizar el puesto de trabajo fomentando hábitos de orden y limpieza, para lo cual la herramienta 5's de Manufactura Esbelta fue y es el modelo a seguir para lograr y sostener estos hábitos, mismo que al fusionarse con el control visual aporta además de una área limpia y ordenada, un ambiente menos factible a errores ya que los controles visuales facilitan las tareas diarias del operador.

Se colocaron letreros en el área identificando maquinaria, delimitación de áreas, números de partes en las latas de aluminio y tapones de plástico para cerciorarse de las correctas dimensiones de las secciones embobinadas (identificadas por número de parte). Se designaron áreas y lugares para basura e implementos de limpieza, material no conformante, material de ingeniería, entre otros.

### 4.3 Resultados en ahorro económico

Las reducciones del nivel de desperdicio se convierten en un ahorro económico para la compañía, el cual bajo la recomendación de sostener las acciones planteadas e implementadas, se estima se mantenga y se siga con acciones de mejora continua para continuar con la oportunidad de ahorro económico, en la tabla 4.5 se presentan los resultados obtenidos durante la implementación del proyecto y a su vez se realiza una proyección de mantener el .9% de desperdicio de acuerdo al comportamiento presentado durante el 2012.

**Tabla 4.5** Ahorro económico registrado de 2010 a 2012

AÑO	SCRAP			Diferencia con la meta	DlIs		
	% min	% max	Promedio		VENTAS	Desperdicio arriba de la meta	Ahorro
2010	1.04	2.37	1.65	0.65	\$ 354,196.43	\$ 23,022.77	
2011	0.83	1.82	1.33	0.33	\$ 357,416.06	\$ 11,794.73	

2012	0.78	1.26	0.9	-0.1	\$ 406,547.08	4065.47
------	------	------	-----	------	---------------	---------

Con estos resultados se estima que a partir de este año se sostenga que la meta del 1% de desperdicio, lo cual representa que el 1% de las ventas realizadas en un periodo es el costo máximo del desperdicio, al mantener estas proporciones durante este año, se puede proponer reducir la meta a un .9% lo cual representa una oportunidad mayor para la empresa, ya que al reducir la meta se establece un margen menor de desperdicio.

#### 4.4 Resultados en el impacto en la cultura organizacional

Otro aspecto evaluado en este proyecto de aplicación fue diagnosticar la cultura Organizacional de los empleados que pertenecen al área de AC CAPS, mediante la aplicación de un diagnostico inicial y uno final de la encuesta Denison, de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados mostrados en la tabla 4.5.

**Tabla 4.6** Comparación de resultados entre la primera y segunda aplicación de la Encuesta Denison

Área	1ra		2da		Diferencia	
	Gpo1	Gpo2	Gpo1	Gpo2	Gpo1	Gpo2
Involucramiento y participación	91	38	100	68	9	30
Coherencia y consistencia	89	38	94	87	5	49
Adaptabilidad y respuesta	96	64	99	89	3	25
Misión y visión a largo plazo	90	52	99	75	9	23

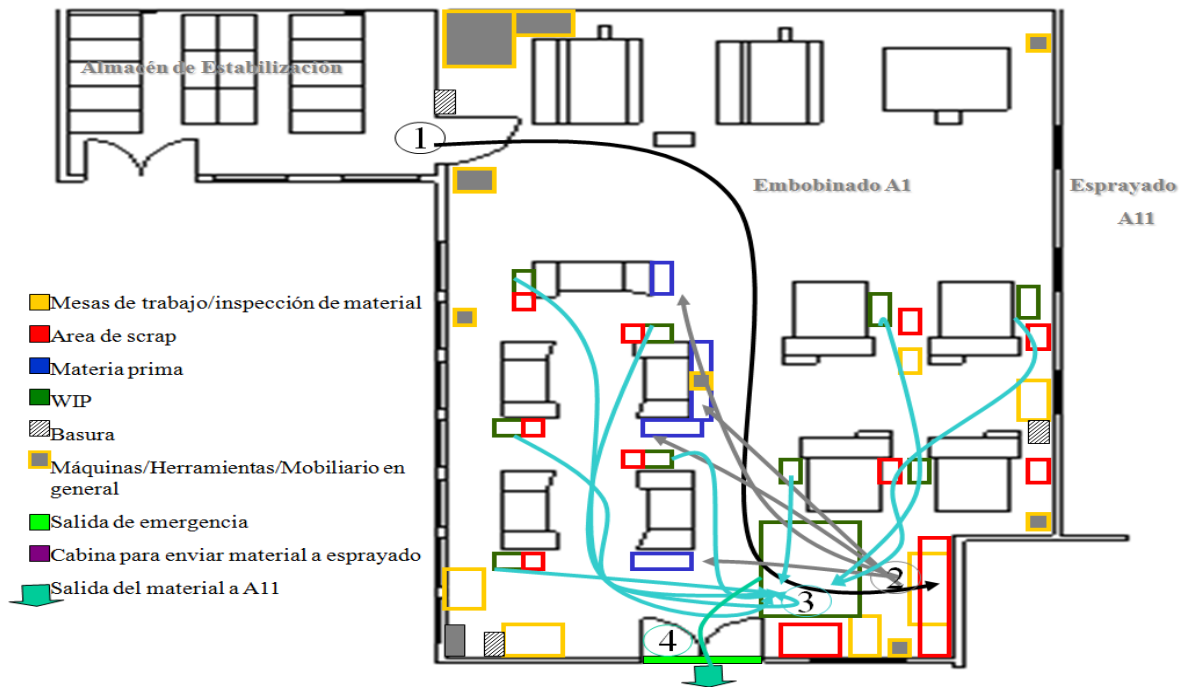
En la tabla 4.6 se hace una comparación de los resultados relevantes entre la primera y la segunda aplicación de la encuesta organizacional.

Los resultados arrojados de la comparación indican una mejora en los aspectos de involucramiento y participación, así como la coherencia y consistencia en el grupo 2, mismos que fueron trabajados durante la implementación del proyecto, al involucrar al personal y hacerlo parte de la toma de propuestas y soluciones.

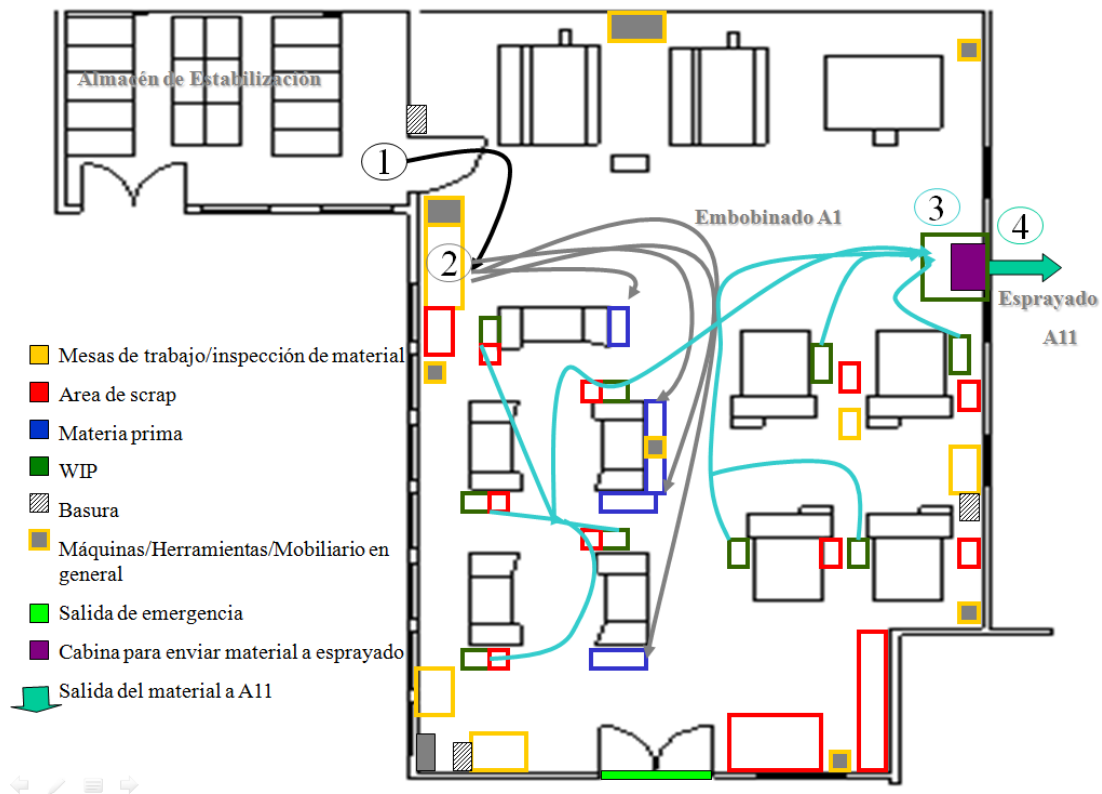
Se consideró la cultura organizacional del área, con el objetivo de lograr una respuesta pronta y efectiva de parte del personal involucrado y que los resultados obtenidos en la encuesta Denison validen los resultados pretendidos y obtenidos.

#### **4.5 Resultados generales**

Así mismo dentro de la meta de mejorar la distribución dentro de la fábrica de los elementos necesarios para la producción manteniendo control visual se realizó una modificación en el croquis del área, para lograr unas mejoras en recorridos y flujo del proceso. Por lo que en la figura 4.3 se muestra el croquis original al inicio del proyecto y en la figura 4.4 el croquis propuesto e implementado, resaltando que al realizar esta modificación en las instalaciones físicas del área se realizó una inversión de \$7000dlls al diseñar, construir e instalar la cabina para el paso de material de un área a otra, sin embargo dentro de este periodo se cubre aprox. el 60% de esta inversión ya que hasta la fecha se cuenta con un ahorro de 4065dlls, además de que con esta cabina se obtuvieron beneficios tangibles como lo son: disminución de recorridos (lo cual representa tiempos muertos), aseguramiento de la calidad en el producto (disminuye el contenido de partículas de polvo suspendidas en el aire, ya que la cabina evita la apertura constante de la salida anterior) y la fomentación de flujo continuo de una estación a otra.



**Figura 4.3** Croquis y diagrama de recorrido inicial de embobinado A1



**Figura 4.4** Croquis y diagrama de recorrido final de embobinado A1

En la figura 4.4 se puede observar que mediante una mejor distribución de las locaciones de acuerdo a las actividades a desarrollar se presenta un recorrido más fluido para los operadores, así mismo cabe mencionar la instalación de una cabina que permite el paso directo del material del área A1 al A11, mismo que en el croquis anterior se muestra que se daba salida por la puerta principal del área, provocando una constante fuga de presión y un latente riesgo de contaminación del ambiente controlado del área de embobinado A1, el cual es un cuarto limpio.

## **CONCLUSIONES**

Después de la integración de los modelos de mejora seis sigma y manufactura esbelta en el proyecto para reducir el porcentaje de desperdicio en un empresa electrónica y al haber obtenido los resultados satisfactorios podemos concluir lo siguiente:

A pesar de que ambas metodologías han demostrado durante años su efectividad, encontramos una sinergia natural al tratar de integrar estas dos metodologías en un mismo proyecto de mejora. Ya que se complementan las herramientas de ambas metodologías entre sí.

Ciertamente es necesario integrar las metodologías bajo un esquema mínimo que de un orden al momento de desarrollar un proyecto. La propuesta es utilizar la metodología DMAIC como base para la integración de las metodologías, durante el desarrollo del proyecto de aplicación fue particularmente útil la elaboración y análisis del diagrama causa-efecto ya que permitió dar el enfoque sobre los aspectos a trabajar durante el proyecto. El cual, según el análisis elaborado nos permitía no perder el objetivo fundamental que se había planteado de reducir el porcentaje de desperdicio. Aunque es bueno reconocer que los proyectos de mejora pueden tener muy diversos enfoques, es precisamente la flexibilidad en la estructura de la metodología DMAIC la que nos permite proponerla como integradora de las herramientas.

Por otro lado encontramos que uno de los requisitos para implementar la mejora de cualquier tipo es la estabilidad. Por ello proponemos independientemente de la naturaleza de los proyectos, implementar y fomentar las herramientas de estabilidad de manufactura esbelta como lo son las 5S's, TPM y control visual.

Por los resultados documentados se puede concluir que la integración de las metodologías es una vía para desarrollar proyectos de mejora la sinergia entre ambas es evidente y los resultados al negocio obviamente se esperan sean mejores.

Claro que cabe hacer un especial hincapié en la sostenibilidad de cada una de las estrategias y actividades desarrolladas e implementadas, ya que el principio base para el éxito consistente de un proyecto de aplicación es la mejora continua.

Los controles establecidos como las auditorias se monitorean frecuentemente y son conocidos por todos los empleados, los que al conocer su desempeño publicado en el pizarrón informativo son estimulados a tratar de mejorar su desempeño.

Se definió el indicador el cual se analiza mensualmente y evalúa criterios que no eran considerados previamente como lo es el índice de porcentaje de desperdicio por costos y por piezas generado en el área.

Se logró implementar las 5 primeras S de la metodología 5 S, mediante las cuales se fomentan hábitos de orden y limpieza en el área y almacén de estabilización.

Se implemento una encuesta para medir la cultura organizacional de los empleados directos e indirectos en el área, misma que servía como una base inicial para saber que actitudes de los empleados desarrollar para lograr una respuesta positiva en la implementación de cualquier actividad de mejora, misma que arrojó resultados congruentes y positivos.

En relación al control de calidad se realizó un continuo énfasis y retroalimentación de los puntos críticos de la calidad tanto para la materia prima como para el producto semiterminado.

A continuación en la tabla 4.6 se indican las metas propuestas en el proyecto, la fase de la metodología DMAIC en la que se desarrollaron y las herramientas utilizadas específicamente para cumplirlas:

**Tabla 4.6** Metas propuestas y herramientas Lean Six Sigma utilizadas.

META	FASE DMAIC	HERRAMIENTAS UTILIZADAS
Diagnosticar la situación actual de los índices de desperdicios de materia en proceso tomando datos históricos y estudios iniciales	Definir	Histograma, Diagrama de Pareto
Evaluar indicadores de desperdicios de materiales	Definir	Histograma, Diagrama de Pareto
Formar un equipo de empleados del área involucrada para realizar y ejecutar propuestas de mejoras	Analizar	Diagrama causa-efecto
Organizar el puesto de trabajo fomentando hábitos de orden y limpieza	Mejora	5's, TPM, Control visual, Mejora continua
Mejorar la distribución dentro de la fábrica de los elementos necesarios para la producción manteniendo control visual.	Medir	Mapa de proceso, Cálculo del nivel de sigma, Control Visual
Mejorar la calidad de los procesos productivos usando herramientas de control de calidad aplicables al proceso productivo	Mejora	Mejora continua

Establecer mecanismos de monitoreo y seguimiento de la metodología aumentando la perspectiva de mejora continua con el paso del tiempo	Control	Mejora continua, 5's, Control visual
--	---------	--------------------------------------

En la tabla 4.6 se indican las metas propuestas al inicio del proyecto y la fase DMAIC en la que se desarrollaron, así como las herramientas de la integración de Manufactura Esbelta y Seis Sigma que permitieron su cumplimiento.

## RECOMENDACIONES FUTURAS

Mantener un constante seguimiento de los planes de acción y actividades asignadas de manera que no se retroceda en el proceso de mejora.

Se debe de ejecutar un plan de recompensas a las personas que obtengan más altos resultados en pruebas, índices de desempeño, etc. Procurar cumplir lo que se les promete a los empleados, pues al no cumplir con el mismo, el personal se desmotiva y la empresa pierde credibilidad con los empleados, así mismo, prestarles atención y resolverles dudas o requisiciones en cuanto a criterios de calidad o bien cuando reportan un fallo en máquina o desgaste de herramientas, que si no se fomenta eso, el operador deja de reportar esos problemas y eso repercute en la calidad del producto y en el incremento de la generación de desperdicio.

Mantener las reuniones semanales de igual forma como se han venido realizando estos meses y seguir capacitando y retroalimentando a los empleados de forma permanente.

Reforzar con el área de materiales la gestión con los proveedores para asegurar una mayor calidad en la materia prima, eso ayudara a incrementar la calidad del producto y a eliminar el tiempo invertido en la inspección de material confinado como No conformante. Así como fomentar a importancia de surtir en tiempo y cantidad la materia prima en el almacén de estabilización, esto para evitar tiempos de espera que se traducen a paros de máquina por falta de material.

Darle seguimiento y respuesta mediante acciones concretas a los resultados obtenidos en el segundo diagnostico en la medición de la cultura organizacional, mediante la capacitación, adiestramiento y compartición de información al empleado, para asegurar de esta forma la repuesta positiva de este al realizar su trabajo y una adaptación favorable en caso de que así se requiera en la empresa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Dinas Garay, Johan Armando; Franco Cicedo, Paula; Rivera Cadavid, Leonardo. Aplicación de herramientas de pensamiento sistémico para el aprendizaje de Lean Manufacturing. Universidad ICESI Sistemas y Telemática. Vol. 7 No. 14 • Julio - Diciembre (2009). Págs. 109-144.

- [2] Lee J. Krajewski, Larry P. Ritzman, Administración de operaciones: estrategia y análisis, Pearson Educación, 2000. 892 páginas.
- [3] Guzzi, D. Manufactura Esbelta: FIX Ingeniería, Boletín Mensual, Numero 03, Agosto (2009). Pág. 1.
- [4] Manual Diplomado Manufactura Esbelta. CETYS Universidad.
- [5] Ballesteros Silva, Pedro Pablo. Algunas reflexiones para aplicar la Manufactura Esbelta en Empresas Colombianas. Scientia et Technica Año XIV, No 38, Junio de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. Págs. 223-228.
- [6] Cuatrecasas-Arbós, Lluís; Cuatrecasas-Castellsaques, Oriol; Olivella-Nadal, Jorge. Metodología de implantación de la gestión lean en plantas industriales, Universia Business Review, cuarto trimestre 2008, ISSN: 1698-5117 Págs. 28-41.
- [7] González-Aréchiga, J. Antonio Jr. Tendencias en Manufactura: Manufactura Esbelta. Líder Empresarial. Año 9. Número 8. Febrero (2003).
- [8] Reyes Aguilar, Primitivo. Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas Mexicanas: experiencias y reflexiones. Revista Contaduría y Administración, No. 205. Abril - Junio (2002). Págs. 52-69.
- [9] Roberto Javier Santa Cruz Ruiz. Una aproximación al pensamiento Lean. APICS Capitulo México Asociación para la Administración de Operaciones. [www.apics.org.mx](http://www.apics.org.mx)
- [10] Francisco Rey Sacristán. Las 5S: Orden y limpieza en el puesto de trabajo. FC Editorial 2005, 167 páginas.

- [11] González Correa, Francisco. Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales herramientas. Revista Panorama Administrativo Año 1 No. 2 enero-junio 2007. Págs. 85-112.
- [12] Edward Hay, J Zonder. Justo a Tiempo: La técnica Japonesa que genera mayor ventaja competitiva. Editorial Norma, 2005 - 255 páginas.
- [13] Berengueres, José. 1st Edition, Barcelona - Tokyo 2007
- [14] Padilla, Lillian. LEAN MANUFACTURING: MANUFACTURA ESBELTA/ÁGIL. Facultad de Ingeniería – Revista Ingeniería Primero. No. 15. Enero (2010). Págs.64-69.
- [15] Noriega, Carlos. Jidoka: Automatización con un toque humano. Lean Sigma, Nº 57 • MARZO-2007. Págs. 20-23.
- [16] Garza Elizondo, Adriana. Kaizen: Una mejora continua. Ciencia UANL, Jul-Sep. (2005) Vol. VIII, número 003. Págs. 330-333.
- [17] Beal, Dev; Paulson, Jeff. Principios de Manufactura Esbelta: Reducción de tiempos de arranque y ajuste de punzonadoras, METALFORMING / Abril 2007, Págs. 6-9.
- [18] Plaza, Juan J. Lean Management: La mejora continua aplicada en las Industrias gráficas. TPM (Mantenimiento Productivo Total). Actualidad del Gremi. Págs. 12-13.
- [19] Córdova Vallejo, Ximena. Seis Sigma: Filosofía, métrica o... ¿un Sistema Gerencial? Universidad San Francisco de Quito. JUNIO 15 - JULIO 15 2010. Pág. 1.

- [20] Peter S. Pande, Larry Holpp. ¿Qué es Seis Sigma?. Editorial Mc Graw Hill, 2002, 79 páginas.
- [21] Eckes, George .Making Six Sigma last (and work). IVEY Business Journal. November/December 2003. Págs. 1-6.
- [22] Six Sigma: Green Belt Training Manual SAMSUNG ELECTRONICS.
- [23] Subramaniam, Manivannan. Introducción a Seis Sigma. METALFORMING / Agosto 2007. Págs. 48-53.
- [24] Six Sigma and RFID – Enabling process improvement. UPS Supply Chain Solutions Copyright © 2005 United Parcel Service of America, Inc. All Rights Reserved. Págs. 1-5.
- [25] Ling López, Juan Carlos. Tesis: Integración de las metodologías de manufactura esbelta y seis sigma para el mejoramiento de los procesos. Universidad Autónoma de Baja California.
- [26] Cariño G., Rubén. Seis Sigma y la capacidad del proceso en proyectos. Boletín IIE, julio-agosto del 2002. Págs. 164-173.
- [27] Gutiérrez, Leopoldo. Trabajo en equipo y control estadístico de procesos en Seis Sigma como fuentes de visión compartida: un análisis empírico de su efectividad en empresas europea. Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, vol. 18, núm. 2 (2009). Págs. 143-160.

- [28] Chan, Jeylin. Lean Six Sigma. Concepto y aplicación en la mejora de procesos. Business Transformation. Setiembre / Noviembre 2007 / Año 10 Edición 38.
- [29] Thomas Bertels. Integrating Lean and Six Sigma – The Power of an integrated Roadmap.[http://www.isixsigma.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1386:integrating-lean-and-six-sigma&Itemid=156&tmpl=component&print=1](http://www.isixsigma.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1386:integrating-lean-and-six-sigma&Itemid=156&tmpl=component&print=1)
- [30] Tort-Martorell, Xavier. Posgrado en Programas de Mejora Lean Six Sigma. Nivel Black Belt, 09 Edición Barcelona (2009) Págs. 1-8.
- [31] Henk de Koning, John P. S. Verver, Jaap van den Heuvel, Soren Bisgaard, Ronald J. M. Does. Lean Six Sigma in Healthcare. Journal for Healthcare Quality. Vol. 28 No. 2 March/April 2006. Págs. 4-11.
- [32] Barcelos, Súsi; Burns, Adriana. UM ESTUDO SOBRE CLIMA E CULTURA ORGANIZACIONAL NA CONCEPÇÃO DE DIFERENTES. Rev. CCEI - URCAMP, v.6, n.10, Agosto 2002. Págs. 33-40.
- [33] Rodríguez Garay, Rubén. La cultura organizacional: Un potencial activo estratégico desde la perspectiva de la administración. Invenio, Vol. 12, Núm. 22, junio-sin mes, 2009. Págs. 67-92.
- [34] Martínez, Eusebio. La cultura organizacional y la implantación de las tecnologías de la información. Revista Internacional de la Pequeña y Mediana Empresa. Vol.1. nº 1. Pág. 105.
- [35] Perfiles culturales de las organizaciones innovadoras. Denison, D. (2000). Organizational Culture: Can it be a Key lever for Driving Organizational Change? Lausanne: International Institute for Management Development.

- [36] Byrne, George; Lubowe, Dave and Blitz Amy. Driving operational innovation using Lean Six Sigma. IBM Global Business Services. © Copyright IBM Corporation 2007. Págs. 1-13.
- [37] Xingxing Zu; Lawrence D. Fredendall y Tina L. Robbins. Organizational Culture and Quality Practices in Six Sigma. Annual Meeting of the Academy of Management. June 2006. Págs. 1-40.
- [38] Fontaine, Craig. Six Sigma contribution to Organizational Culture. International IEEE Annual Meeting. Germany 2005. Págs. 1-12.
- [39] Ron Kennet. Estadística Industrial Moderna: Diseño y control de la calidad y confiabilidad. International Thomson Editores. 2000.
- [40] Francisco J Miranda González, Antonio Chamorra Mera, Sergio Rubio Lacoba. Introducción a la gestión de la calidad. DELTA publicaciones (2007). Págs. 258.
- [41] Lluís Cuatrecasas. TPM Total Productive Maintenance: Hacia la competitividad a través de la eficacia de los equipos de producción. Ediciones Gestion 2000. Barcelona (2000). Págs. 311.
- [42] [www.DenisonCulture.com](http://www.DenisonCulture.com). Denison Organizational Culture Survey questionnaire: bringing organizational culture and leadership to the bottom line. Págs. 1-9.

[43] Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R Cavanagh. Las clave des Seis Sigma. Mc Graw Hill España (2002). Págs. 361.