

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

***DESPLIEGUE LEAN SIX SIGMA PARA PYMES***

<b>Estudiante</b>	<i>Medrano Bengoa, Jorge</i>
<b>Director</b>	<i>Zamanillo Elguezabal, Ibon</i>
<b>Departamento</b>	Organización Industrial
<b>Curso académico</b>	<i>2019/2020</i>

*Bilbao, 16, 09, 2020*



# Contenido

---

Tabla de ilustraciones.....	5
Tablas .....	7
1. Abstract .....	9
2. Objetivos .....	11
3. Introducción .....	13
4. Contexto.....	15
4.1. PYMES.....	15
4.2. Lean Manufacturing .....	16
4.2.1. Gestión visual .....	17
4.2.2. Heijunka .....	18
4.2.3. Genchi Genbutsu.....	18
4.2.4. The 5 Whys.....	18
4.2.5. Método Kaizen .....	19
4.2.6. Just In Time.....	19
4.2.7. Jidōka.....	21
4.2.8. Modelo 3M.....	23
4.3. Six Sigma.....	25
4.3.1. Distribución Normal .....	25
4.3.2. Six sigma .....	27
4.3.3. Jerarquía SixSigma.....	34
4.4. Lean SixSigma .....	35
4.4.1. Despliegue Lean Six Sigma .....	38
5. Descripción de la solución.....	41
5.1. Premisas .....	41
5.2. Jerarquía Lean Six Sigma para PYMEs.....	46
5.3. Despliegue Lean Six Sigma para PYMEs.....	53
5.3.1. Evaluar.....	54
5.3.2. Definir.....	54
5.3.3. Medir.....	55
5.3.4. Analizar.....	56
5.3.5. Mejora .....	57
5.3.6. Controlar .....	57
5.4. Herramientas para el despliegue Lean Six Sigma .....	58
5.4.1. Herramientas para la fase de evaluación .....	58

5.4.2.	Herramientas para la fase de definición .....	61
5.4.3.	Herramientas para la fase de medición .....	64
5.4.4.	Herramientas para la fase de análisis.....	69
5.4.5.	Herramientas para la fase de control.....	78
6.	Mejora del despliegue Lean Six Sigma para PYMES .....	81
7.	Conclusiones.....	83
8.	Presupuesto .....	85
	Bibliografía .....	87

# Tabla de ilustraciones

---

Ilustración 1: Distribución de PYMES mayo 2020.....	15
Ilustración 2: Distribución de empresas por tamaño mayo 2020 .....	15
Ilustración 3: Distribución de PYMES mayo 2020 .....	15
Ilustración 4: Toyota Production System .....	16
Ilustración 5: Casa Lean.....	17
Ilustración 6: Gestión visual .....	17
Ilustración 7: 5 Whys .....	18
Ilustración 8: Push vs Pull.....	19
Ilustración 9: SMED Boxes.....	20
Ilustración 10: Kanban.....	21
Ilustración 11: Poka Yoke .....	22
Ilustración 12: Sistema Andon.....	22
Ilustración 13: Diagrama Ishikawa .....	23
Ilustración 14: Modelo 3M.....	23
Ilustración 15: Curva de distribución normal.....	25
Ilustración 16: Áreas de la distribución normal .....	25
Ilustración 17: Función de la distribución normal.....	25
Ilustración 18: Función de la distribución normal.....	26
Ilustración 19: Curva base de la distribución normal.....	26
Ilustración 20: Áreas de la distribución normal .....	26
Ilustración 21: Tabla de probabilidades de la distribución normal .....	27
Ilustración 22: Leyes de la tabla de la distribución normal.....	27
Ilustración 23: Tipificar variable .....	27
Ilustración 24: Distribución Sigma.....	27
Ilustración 25: Curvas Sigma .....	28
Ilustración 26: Diagrama de Pareto.....	29
Ilustración 27: regresión.....	29
Ilustración 28: Variabilidad del proceso.....	30
Ilustración 29: tipos de capacidad de un proceso.....	30
Ilustración 30: Capacidad potencial .....	31
Ilustración 31: Capacidad real .....	31
Ilustración 32: DOE.....	32
Ilustración 33: Jerarquía SixSigma .....	34
Ilustración 34: Sinergia entre Lean Manufacturing y Six Sigma (22).....	35
Ilustración 35: Combinación Lean Six Sigma visto desde el cliente (24) .....	37
Ilustración 36: Lean Six Sigma Toolbox (25) .....	39
Ilustración 37: Certificados internacionales Six Sigma (26).....	41
Ilustración 38: Iniciativas de calidad (26) .....	42
Ilustración 39: Barreras para implementar Lean o Lean Six Sigma .....	42
Ilustración 40: Herramientas utilizadas en empresas (26).....	43
Ilustración 41: Relación de implementación (26).....	44
Ilustración 42: Estructura para el orden de uso de herramientas según la Tesis De Ana Laura Martínez (26) .....	45
Ilustración 43: Six Sigma Roles and Responsibilities Según Pyzdek (22) .....	49
Ilustración 44: Estructura jerárquica de la propuesta principal .....	51

Ilustración 45: Estructura jerárquica de la propuesta alternativa .....	52
Ilustración 46: Despliegue EDMIAAC Six Sigma para PYMEs .....	53
Ilustración 47: Matriz DAFO .....	60
Ilustración 48: Ejemplo diagrama SIPOC (22).....	62
Ilustración 49: Modelo De Kano.....	63
Ilustración 50: Ejemplo árbol CQT.....	63
Ilustración 51: Matriz producto proceso.....	65
Ilustración 52: Simbología VSM 1.....	66
Ilustración 53: Simbología VSM 2.....	66
Ilustración 54: Simbología VSM 3.....	66
Ilustración 55: Ejemplo VSM actual.....	67
Ilustración 56: SMART KPI .....	68
Ilustración 57: Diagrama Ishikawa .....	69
Ilustración 58: Diagrama de pareto.....	70
Ilustración 59: Sistema de evaluación de gravedad .....	71
Ilustración 60: Sistema de evaluación de la frecuencia .....	71
Ilustración 61: Sistema de evaluación de la Detectabilidad.....	72
Ilustración 62: Análisis AMFE .....	73
Ilustración 63: Las 8D's.....	77
Ilustración 64: Push vs Pull.....	78
Ilustración 65: 8 Wastes .....	78
Ilustración 66: código tamaño muestra .....	79
Ilustración 67: Tabla Tamaño muestra-Calidad aceptable.....	79

# Tablas

---

Tabla 1: Datos a rellenar ..... 81

Tabla 2: Encuesta de jerarquía ..... 81

Tabla 3: Encuesta de las tareas a realizar..... 81

Tabla 4: Encuesta de fases ..... 82

Tabla 5: Encuesta de resultados..... 82

Tabla 6: Amortización..... 85

Tabla 7: Horas internas ..... 85

Tabla 8: Gastos ..... 85

Tabla 9: Total..... 85



# 1. Abstract

---

*Este proyecto busca un diseño del despliegue de la metodología Lean Six Sigma que optimice su funcionamiento en su implementación en la pequeña y mediana empresa. Debido a las características diferenciadoras de las PYMES es necesario sintetizar las herramientas y conocimientos disponibles que ofrecen las diferentes filosofías de calidad y mejora continua que convergen en LSS. Se busca realizar una guía de LSS para que la pequeña y mediana empresa pueda concentrar sus esfuerzos de una manera eficaz en su implementación.*

---

*This project seeks a design of the Lean Six Sigma methodology deployment which optimizes its performance in the implementation in the small and medium sized enterprises. Due to the characteristics of the PYMES, it is necessary to synthesize the knowledges and tools available that the different quality and continuous improvement philosophies offer which converge in LSS. The Project looks to create a guide of LSS for the small and medium size enterprises so that they can focus they efforts in an effective way in the implementation of the methodology.*

---

*Proiektu honek Lean Six Sigma metodologiaren hedapenaren diseinu erakargarri bat lortzeko helburua du, enpresa txiki eta ertainean bere funtzionamendu eta inplementazio egokiagoa ahalbidetzeko. ETE-k dituzten ezaugarri esanguratsuei esker, nahitaezkoa da kalitate filosofia ezberdinek aurkezten dituzten tresna eta ezagutza ezberdinak sintetizatzea LSS sisteman, etengabeko hobekuntza posible eginez. Helburu nagusia, enpresa txiki eta ertainen inplementazio egoki baterako LSS sistemaren gida bat egitea da, enpresaren baliabideak aprobetxatuz prozesua eraginkorragoa izateko.*



## 2. Objetivos

---

El objetivo principal de este proyecto es crear una guía de implementación de Lean Six Sigma adaptada a las pequeñas y medianas empresas. Debido a las características de las PYMEs, a su posición en el mercado y a la situación actual provocada por el COVID se abre una ventana de oportunidad para realizar cambios culturales en las organizaciones. Para esto, se van a realizar los siguientes pasos:

En primer lugar, se va a recopilar información sobre las metodologías Six Sigma y Lean Manufacturing de forma aislada. Conociendo su procedencia se podrá comprender mejor los aportes y enfoques que aportan cada una de estas filosofías.

Una vez analizadas las metodologías por separado, se procederá la investigación y la recopilación de información de Lean Six Sigma. Siendo la unión de Six Sigma y Lean Manufacturing en una sola metodología, el Lean Six Sigma aporta nuevos enfoques que han de ser comprendidos para poder ser adaptados.

Para cumplir el objetivo principal se va a proceder proponiendo una solución en dos pasos:

- Jerarquía adaptada: Se va a proponer una jerarquía de roles adaptada a la necesidad de las PYMEs
- Despliegue adaptado: Se va a proponer un despliegue de Lean Six Sigma adaptado a las pequeñas y medianas empresas

Tras la propuesta de la solución, se tratará de evaluar y mejorar esta para futuras mejoras. Mediante encuestas a los usuarios de esta solución se podrán determinar que partes han sido de más utilidad y que partes han sido más difíciles de aplicar.

Para finalizar se realizará el presupuesto de realización de este proyecto.



### 3. Introducción

---

Las PYMES representan la inmensa mayoría de las empresas de España. Son las empresas de menor volumen, tanto en cantidad de empleados como en flujo de caja, aunque disponen de una flexibilidad operativa habitualmente mayor que las grandes empresas, también son las más frágiles económicamente.

Al contrario que las grandes empresas, las PYMES no tienden, bien a la contratación de empleados altamente formados, o bien a la formación de los empleados de los que ya disponen. Esto provoca una gran desventaja frente a las grandes empresas a la hora de estudios de mercado, organización, investigación... etc.

Si bien las empresas grandes disponen de mayor facilidad para la estandarización, tratando de optimizar todos los recursos de los que disponen, la pequeña y mediana empresa también debe apuntar a este objetivo. Aunque dispongan de una menor cantidad de recursos, la optimización de estos puede llevar tanto a un ahorro económico como a una mayor satisfacción del cliente, y todo ello se traduce en un mayor beneficio.

Un buen ejemplo de esta problemática es la implantación de ERPs en las PYMES. Este método está diseñado para grandes corporaciones y por ello existían grandes barreras económicas para la implementación en pequeñas y medianas empresas. Económicamente, las licencias y la implementación suponían un coste considerable en el aspecto financiero de la empresa. Además la implantación era un proceso largo debido al menor número de personal y a la escasez de infraestructura tecnológica necesaria para el correcto funcionamiento del ERP. Como bien señala Matías Stortini en su artículo “Las Pymes y los problemas en la implementación de un ERP” (1), las barreras principales de la implantación de ERPs eran el hardware, el costo de consultoría y las licencias. Sin embargo, para todas estas barreras se encontraron soluciones adaptadas para PYMES. Aparecieron soluciones preconfiguradas para reducir costes de implementación y surgieron también las soluciones SaaS (Software as a Service), un servicio que permite alquilar software tanto en licencia como estando el software en la nube. La adaptación de implantación de ERP sirve como guía para la adaptación de otras metodologías como Lean Six Sigma para PYMES.

Se ha de tener también en cuenta que, debido a la actual situación de alerta sanitaria e inmediata recesión, se estima que 2,8 millones de empresas están en riesgo de cerrar (2). Es por esto que es necesario resaltar la optimización de recursos, la minimización de los desperdicios y ampliar la capacidad de adaptación al mercado y al cliente.

El Lean Manufacturing y el método SixSigma son un conjunto de filosofías, técnicas y métodos de mejora, optimización y aprovechamiento de recursos que han sido desarrollados, mejorados y utilizados por empresas grandes como Toyota y suponen una diferencia sustancial que impacta directamente en el beneficio de la empresa.

Por esto, se propone establecer una guía de uso de las metodologías Lean Manufacturing, SixSigma y la unión Lean Sigma para la utilización en las PYMES, sabiendo que hay un espectro muy amplio de tipos de pequeña y mediana empresa.



## 4. Contexto

### 4.1. PYMES

Las PYMES se definen como aquellas empresas que disponen de menos de 250 empleados y cuyo volumen de negocio no es superior a los 50 millones de euros, o su balance anual no supere los 43 millones (3).

En España las PYMES representan el 99,83% de las empresas (contando autónomos) según el ministerio de industria y comercio, sumando estas el número de 2.855.965 empresas frente a las 4.790 grandes empresas. Si tomamos en cuenta el número de empleados, las grandes empresas representan el 35,29% con 5.481.990 empleados frente al 64,71% de empleo en las PYMES con 10.050.961 empleados. Extrayendo más datos de las *cifras PyME* (4) aportadas por el ministerio de industria y comercio en el mes de mayo de 2020, se sabe que las PYMES se distribuyen tal y como se aprecia en la Ilustración 2:

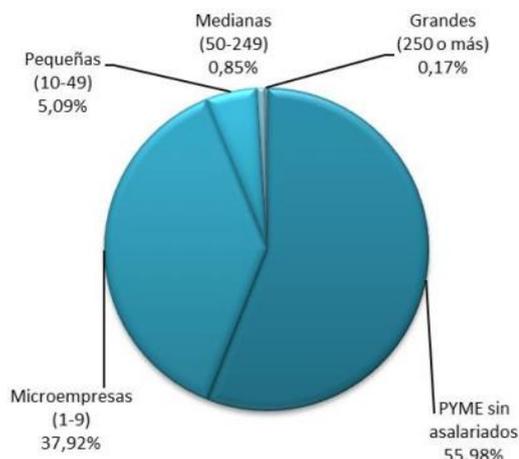


Ilustración 2: Distribución de empresas por tamaño mayo 2020

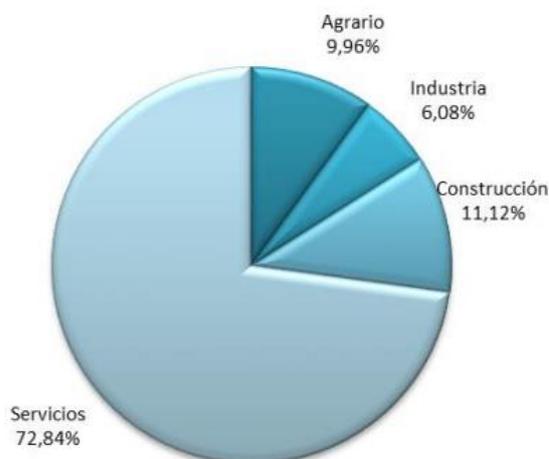


Ilustración 1: Distribución de PYMES mayo 2020

que la falta de liquidez es la principal causa de estos datos (7). Si analizamos los datos aportados por el ministerio de Industria, comercio y turismo en estos últimos meses, estas informaciones no solo se verifican, sino que se están repitiendo. Las PYMES con asalariados han sido las más afectadas por la actual situación. Por un lado, no disponen de la liquidez de las grandes empresas y por otra no disponen de la flexibilidad de los autónomos.

La gran mayoría de las empresas están dedicadas al sector servicios. Según el retrato de la Pyme (5), aproximadamente el 22% de estas están dedicadas al comercio y el restante están dedicadas a asesoría, formación, sanidad, turismo, banca, ocio, cultura, transporte... etc (3).

Las PYMES fueron las grandes afectadas de la crisis económica de 2008. No solo la plantilla media sufrió una caída del 27%, sino que la facturación media por empleado descendió un 8% (6). Se puede atribuir a diferentes causas, aunque suele haber consenso en

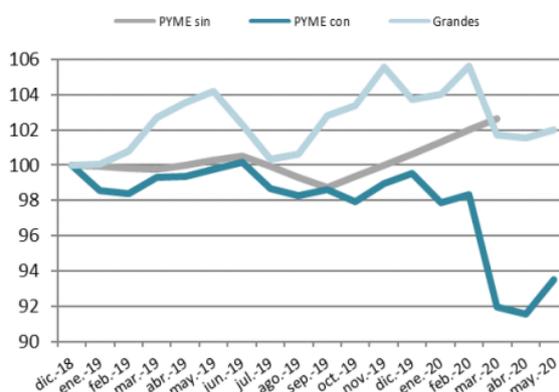


Ilustración 3: Distribución de PYMES mayo 2020

## 4.2. Lean Manufacturing

En el año 1937, Taiichi Ohno, consultor de la empresa japonesa Toyota, identificó que la productividad estadounidense era aproximadamente ocho veces mayor que la japonesa. Ohno, visitó EEUU y quedó perplejo por el énfasis estadounidense en la producción en masa dejando de lado la variedad y los abundantes desperdicios que se generaban. Quedó también impresionado por los supermercados estadounidenses y por su manejo de inventario que, cuando un cliente retiraba un producto de una balda, el producto era repuesto y trató de implementar esta filosofía de vuelta en japon, en la empresa Toyota y se desarrolló el Toyota Production System más conocido como TPS.

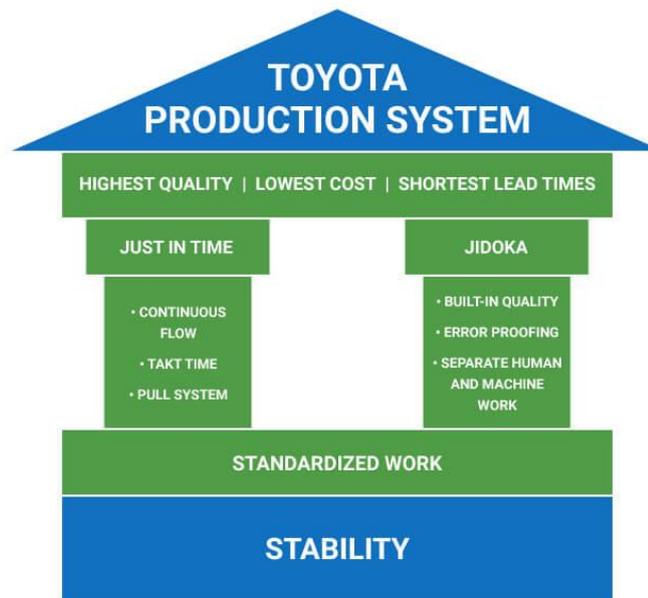


Ilustración 4: Toyota Production System

El TPS se basaba en una serie de filosofías, metodologías y técnicas que aunadas permitieron a Toyota llegar a niveles de producción superiores a los de cualquier otra compañía del mundo del automóvil.

Mientras esto ocurría, al otro lado del mundo, estados unidos estaba sufriendo la llamada crisis del petróleo, la bancarrota de Chrysler y las pérdidas en Ford. La segunda crisis del petróleo llevó a un descenso del 22% de la producción. Debido a esta conjunción de factores, los estadounidenses empezaron a mirar al país del sol naciente con unas fervientes intenciones de extraer aprendizaje. Una transmisión de la NBC titulada *"If Japan Can... Why Can't We."* (8) prendió la chispa de la investigación y finalmente se resolvió en la investigación de J.P. Womack descrita en el libro *"The Machine That Changed The World"* (9) donde apareció por primera vez el término *Lean Manufacturing* (10).

El objetivo del Lean Manufacturing es encontrar aquellas herramientas las cuales permitan minimizar los desperdicios y eliminar aquellos procesos que no aporten valores añadidos del proceso. Se pueden visualizar la filosofía lean en la conocida como *lean box* (11).

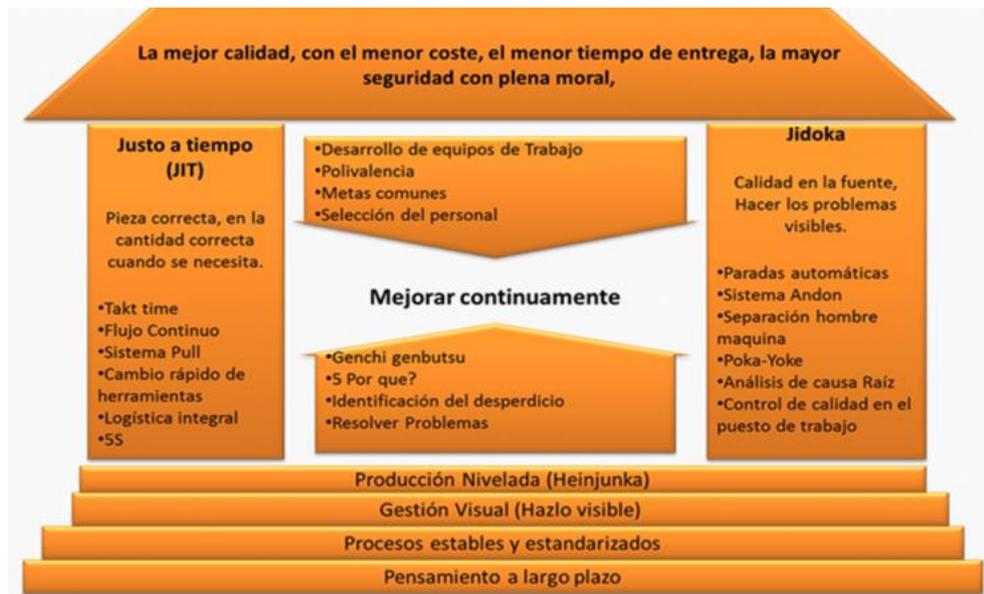


Ilustración 5: Casa Lean

### 4.2.1. Gestión visual

La gestión visual, del inglés visual management, es una estrategia de trabajo que consiste en aplicar distintas técnicas y herramientas basadas en gráficos y colores en los procesos, de tal manera que las personas puedan comprender más rápidamente el significado o el estado de la información que se quiere transmitir (12). Simplifica y agiliza la comunicación.



Ilustración 6: Gestión visual

## 4.2.2. Heijunka

Heijunka significa “Hei”=Plano, “Jun”=Nivel y “Ka”=Transformación.

Una de las cuatro herramientas fundamentales del JIT. Se basa en el proceso y la secuencia del montaje utilizando solo las cantidades de elementos necesarios, solo cuando se necesitan.

Heijunka es la eliminación de desniveles en la carga de trabajo, esto se consigue con una producción continua y eficiente. Ajusta los volúmenes y secuencias de los productos.

Producción nivelada en lotes pequeños, lo cual evita pérdidas de recursos:

- Lotes reducidos
- Mejor calidad
- Se reacciona rápidamente a las variaciones del mercado
- Se necesita gran flexibilidad en la producción
- Flexibilidad en el personal

## 4.2.3. Genchi Genbutsu

Significa “Lo local y lo real”. Es uno de los conceptos más revolucionarios que introdujo el TPS (Toyota Production System). La idea es muy sencilla: toda situación o problema es más fácil de comprender yendo al lugar real en dónde sucede. Al lugar real en donde suceden las cosas se lo denomina el genba, término japonés cuyo significado es "el lugar de los hechos" o "la escena del crimen". Dentro de la filosofía lean, ir al genba (o gemba) y recorrerlo para analizar la situación es lo que se conoce como gemba walk (por la acción propia de 'caminarlo'), mezclando palabras del idioma inglés y el japonés (13). El concepto del círculo de Ohno es de sumo interés. Representa la importancia de pararse a mirar, a pensar y a entender.

## 4.2.4. The 5 Whys

Es una metodología creada por Taiichi Ohno en los años 50 en Toyota, utilizada para llegar a la raíz del problema. Consiste en preguntarse el porqué de un problema, llegando a la respuesta, y volverse a preguntar por qué. De esta manera, se acota la raíz del problema llegando a entender y a solucionar el problema

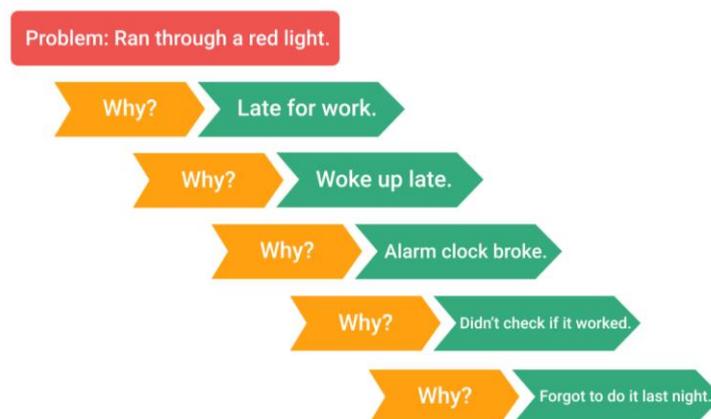


Ilustración 7: 5 Whys

## 4.2.5. Método Kaizen

La filosofía Kaizen es un método de mejora continua que se basa en lograr pequeños objetivos de mejora que sumados logren aumentar la mejora final. Toyota aplicó este método en los años 50 dando a sus trabajadores la potestad de mejorar el sistema de producción, logrando en poco tiempo colocarse líder en la industria automovilística. Simplificar las tareas y dividirás es una manera de aplicar el método Kaizen.

## 4.2.6. Just In Time

El JIT es una política de mantenimiento de inventarios al mínimo nivel haciendo posible a los suministradores entregar justo lo necesario en el momento justamente necesario para completar el proceso productivo.

También conocido como el método Toyota, el método just in time fue creado por Taiichi Ohno y el mismo lo describe su desarrollo como: *"...al intentar aplicarlo, se pusieron de manifiesto una serie de problemas. A medida que estos se aclaraban, me indicaban la dirección del siguiente movimiento. Creo que, sólo mirando hacia atrás, somos capaces de entender cómo finalmente las piezas terminaron encajando..."* (14).

Se utilizan los siguientes sistemas en la política de mantenimiento JIT:

### 4.2.6.1. Sistema Pull

El sistema pull tiene como objetivo principal el reparto uniforme de las órdenes de producción a lo largo de un periodo dado de tiempo. Requiere de la información de la demanda del cliente a corto, medio y largo plazo (15).

Fue introducido por TOYOTA. La empresa no produce un producto hasta que el cliente lo demande, de esta manera se optimizan y se regulan los inventarios. Se trata de alinear la producción real con la demanda

PUSH	PULL
▪ Lotes grandes (tamaño fijo o variable)	▪ Lotes Pequeños (tamaño fijo)
▪ Etapas de proceso desconectadas	▪ Etapas de procesos conectadas por bucles de abastecimiento
▪ Stocks Altos	▪ Stocks Bajos (ajustados a demanda)
▪ Lead Time largo	▪ Lead Time corto
▪ Flexibilidad baja	▪ Flexibilidad alta
▪ Demanda y órdenes de producción bajo pedido.	▪ Análisis y Previsión de la demanda vs. gestión de stocks
▪ Planificación sobre cada etapa de proceso	▪ Planificación única sobre Secuenciador

Ilustración 8: Push vs Pull

#### 4.2.6.2. SMED (Single Minute Exchange Of Die)

A raíz de la necesidad de acelerar el tiempo de cambio de proceso, cambiar de fabricar una pieza “A” a una pieza “B”, nace del Dr. Shigeo Shingo, integrante de TOYOTA que comenzando por el cambio de una prensa de mil toneladas mejorando el tiempo de cuatro horas a hora y media, continuó con la metodología SMED la cual trata de ejecutar los cambios en menos de diez minutos.

- Actividades internas: Se ejecutan con la máquina parada.
  - Entrar o salir de un ascensor
  - Cambiar las ruedas del coche
- Actividades externas
  - Bajar o subir por una escalera
  - Sacar un alimento de la nevera

Se procede en siete pasos:

1. Preparación previa
  - a. Investigar: Conocer el producto, la operación, la máquina, el layout...
  - b. Crear un equipo con los equipos y medios adecuados
2. Analizar la actividad a mejorar: Documentar con detalle las actividades
3. Separar lo interno de lo externo: Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la máquina en marcha y por tanto su tiempo de ejecución no afecta al tiempo de ciclo total.
4. Organizar las actividades externas:
5. Convertir lo interno en externo
6. Reducir los tiempos de las actividades internas
7. Realizar seguimiento

Un buen ejemplo de la metodología SMED es la parada en boxes de los coches de F1, donde todo está perfectamente preparado y calculado para que el coche (la máquina) esté el menor tiempo posible parado en el cambio.



Ilustración 9: SMED Boxes

#### 4.2.6.3. Método 5s

Se inició en TOYOTA en el año 1960 con el objetivo de generar lugares de trabajo más ordenados y más limpios para lograr mayor productividad.

1. Seiri – Despejar: Separar necesarios de innecesarios. Cabe destacar la dificultad de definir como innecesario algo que no se está utilizando pero que se cree que se podría llegar a utilizar
2. Seiton – Ordenar: Situar necesarios, asignar y repartir de forma que sea fácil y rápido de acceder. Identificación de los útiles
3. Seiso – Suprimir suciedad: La suciedad da lugar a incomodidad para trabajar, se debe evitar las generaciones de suciedad y planificar limpiezas. La actividad de no ensuciar debe estar en la lista de todo trabajador.
4. Seiketsu – Señalar anomalías: Ser capaz de identificar visualmente y de una manera rápida las actividades y los funcionamientos.
5. Shitsuke – Seguir mejorando: Crear estándares y mantenerlos. Comparar el antes y después y señalar las mejoras.

#### 4.2.6.4. Kanban

Kanban es un método para gestionar el trabajo que surgió en Toyota Production System (TPS). A finales de los años 40, Toyota implementó en su producción el sistema “just in time” (justo a tiempo) que en realidad representa un sistema de arrastre. Esto significa que la producción se basa en la demanda de los clientes y no en la práctica tradicional “pull” de fabricar productos e intentar venderlos en el mercado.

Su exclusivo sistema de producción puso las bases del Lean Manufacturing (“producción ajustada”). Su propósito fundamental consiste en minimizar los desperdicios sin afectar la producción. El objetivo principal es crear más valor para el cliente sin generar más gastos (16).

1. Empezar con lo que se hace ahora: Fácil de implementar porque se puede aplicar sobre flujos reales de trabajo y sobre procesos activos.
2. Buscar en implementar cambios: Implementar pequeños y continuos cambios
3. Respetar procesos, responsabilidades y cargos actuales: No se prohíbe el cambio, pero tampoco lo prescribe
4. Animar al liderazgo

Se disponen de seis prácticas de Kanban:

- Visualizar el flujo de trabajo: Tablero con columnas y una tarjeta. Cada tarjeta Kanban representa un elemento de trabajo. La tarjeta viaja por las columnas “pendiente”, “en progreso” y “Hecho”.
- Eliminar las interrupciones: Establecer un sistema pull junto con WIP (limitar el trabajo)
- Gestionar el flujo: continuo e ininterrumpido
- Fomentar la visibilidad
- Circuitos de realimentación:
- Colaboración

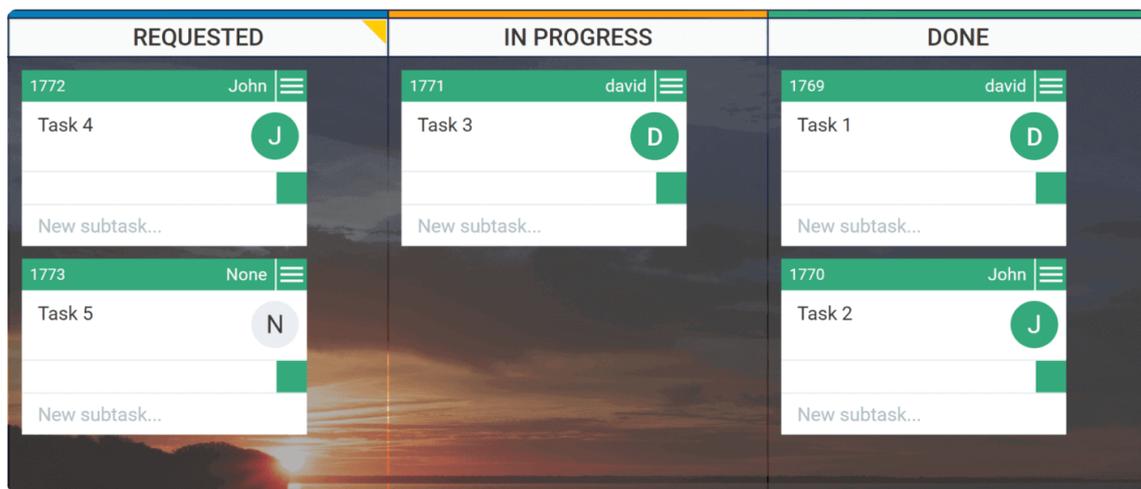


Ilustración 10: Kanban

#### 4.2.7. Jidōka

Se denomina Jidoka al conjunto de aquellos sistemas que permiten automatizar las tareas con el objetivo de no cometer errores ni tener defectos. Trata de minimizar fallos y de solucionar aquellos en el momento en el que surgen

#### 4.2.7.1. Poka Yoke

En japonés significa “a prueba de errores”. Es una técnica que se aplica para minimizar al máximo los errores humanos. Baka-Yoke, a prueba de tontos. Fue introducido por Shigeo Shingo en la empresa TOYOTA en la década de 1960 dentro del TPS (Toyota production sistema)

Trata de:

- Imposibilitar el error humano
- Resaltar los errores cuando se cometen: Shingo cita el siguiente ejemplo: un trabajador ha de montar dos pulsadores en un dispositivo colocando debajo de ellos un muelle; para evitar la falta de este último en alguno de los pulsadores, se hizo que el trabajador cogiera antes de cada montaje dos muelles de la caja donde se almacenaban todos y los depositase en una bandeja o plato. una vez finalizado el montaje, el trabajador se podía percatar de inmediato del olvido con un simple vistazo a la bandeja, algo que resulta imposible si se observa la caja donde se apilaban montones de muelles.



Ilustración 11: Poka Yoke

#### 4.2.7.2. Sistema Andon

Son sistemas diseñados para hacer visibles los problemas que ocurren. También se proporciona al operario o a la máquina la capacidad de detener el proceso en el caso de encontrarse un defecto.



Ilustración 12: Sistema Andon

### 4.2.7.3. Diagrama Ishikawa

Es una herramienta que busca relacionar visualmente las variables causa-efecto.

1. Identificar el problema o el efecto
2. Establecer las causas
3. Jerarquizar esas causas, por categorías
4. Categorizar causas principales
5. Ubicar causas secundarias y terciarias

Se puede tomar como base para comenzar el diagrama las 6M de procesos productivos, pero sin olvidar que es una base, y que puede limitar la utilidad real del diagrama.

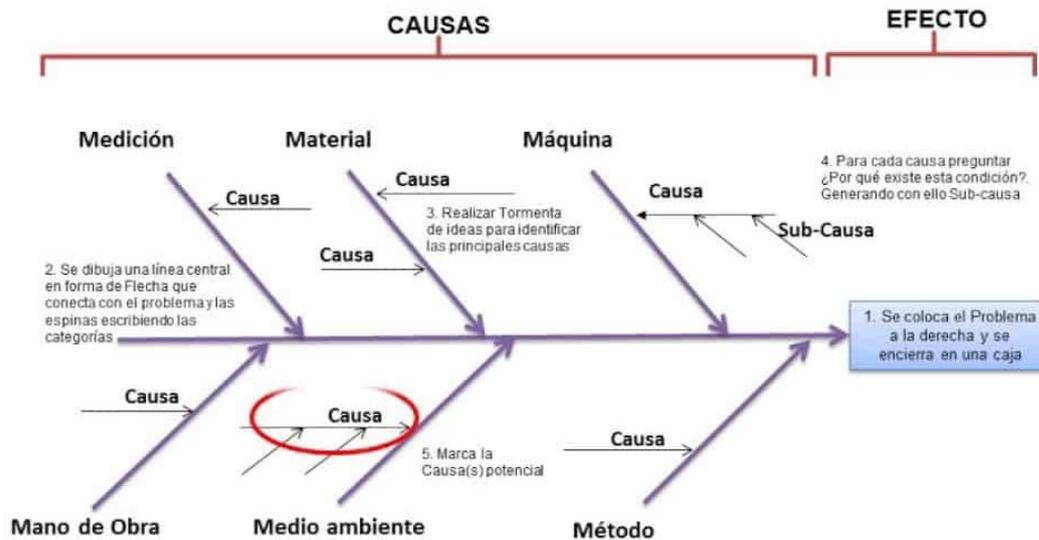


Ilustración 13: Diagrama Ishikawa

### 4.2.8. Modelo 3M

Son tres conceptos clave en el sistema de producción de TOYOTA desarrollados por Taiichi Ohno y tienen como objetivo la mejora de las etapas del proceso.

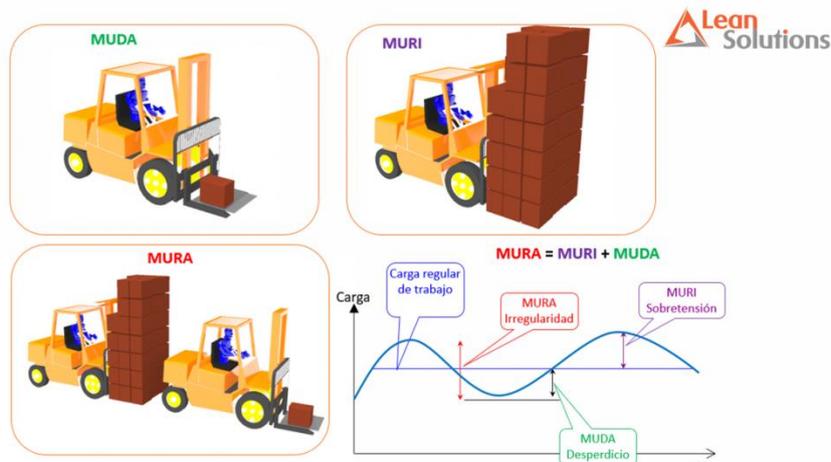


Ilustración 14: Modelo 3M

#### *4.2.8.1. Muda (Desperdicio)*

Se define como MUDA cualquier actividad del proceso que consuma recursos y no agregue un valor añadido desde el punto de vista del cliente. Utilizar recursos superiores a los mínimos necesarios. Taiichi identificó siete tipos de desperdicios.

- Sobreproducción
- Inventarios
- Sobre proceso
- Esperas
- Reprocesos
- Transportes
- Movimientos

#### *4.2.8.2. Mura (Variabilidad)*

Se define como cualquier variación no prevista que produce irregularidad en el proceso, una irregularidad en la carga del trabajo. Puede surgir por variación en la demanda, sobreproducción de productos...etc.

Se puede solucionar con:

- JIT
- Heijunka
- Kanban
- Pull

Control constante.

#### *4.2.8.3. Muri (Sobrecarga)*

Actividad que requiere de un esfuerzo poco razonable por parte de la empresa, provocando cuellos de botella. Trabajar por encima de la capacidad nominal de la línea de producción. Provoca deterioros y aumentan los defectos de calidad.

Se puede solucionar con:

- VSM
- Estándares de trabajo
- SMED

## 4.3. Six Sigma

### 4.3.1. Distribución Normal

Se trata de una curva simétrica en forma de campana, también conocida como campana de Gauss. Representa la distribución de valores.

Los puntos de inflexión recaen en el eje, la distancia entre la proyección y la media equivale a la desviación estándar.

Extremos asintóticos.

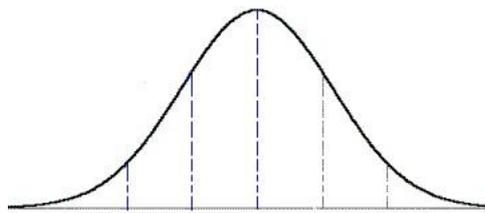


Ilustración 15: Curva de distribución normal

El valor medio, es la media de la población, mediana y también la moda.

El área encerrada entre la curva y el eje x es igual a la unidad. Esto conlleva que el área encerrada en  $(-\infty, x_0)$  es la cantidad de muestra que tiene el valor de  $x_0$  o menos.

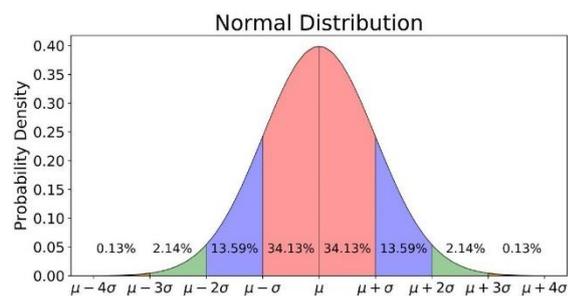


Ilustración 16: Áreas de la distribución normal

La distribución normal se representa como:  $N(\mu, \sigma)$  que representa la siguiente función:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)\sigma^2}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Ilustración 17: Función de la distribución normal

Siendo:

$\mu$ : media de la muestra

$\sigma$ : Desviación típica de la muestra

Como curva base se toma la  $N(0,1)$  la cual representa la curva de media igual a cero y desviación típica igual a la unidad. La función quedaría tal que así:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

Ilustración 18: Función de la distribución normal

La curva quedaría tal que así:

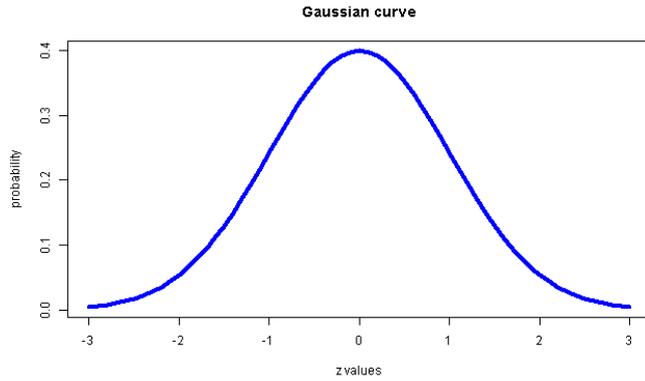


Ilustración 19: Curva base de la distribución normal

Calculando las áreas delimitadas por la proyección de los puntos de inflexión, siendo estos las desviaciones estándar -3, -2, -1... etc., se representan de la siguiente manera:

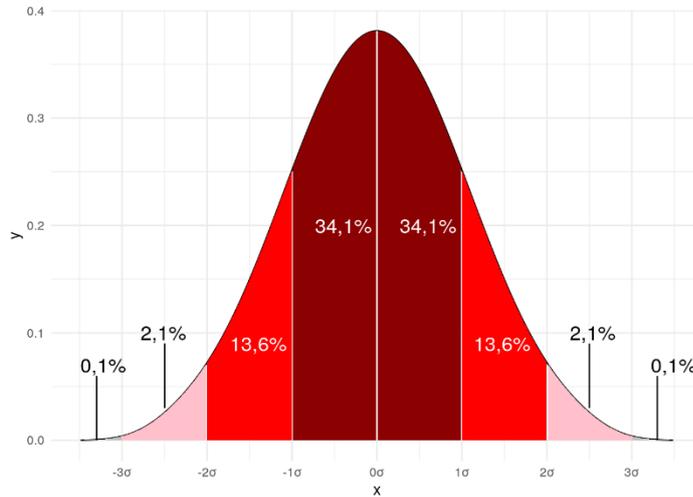
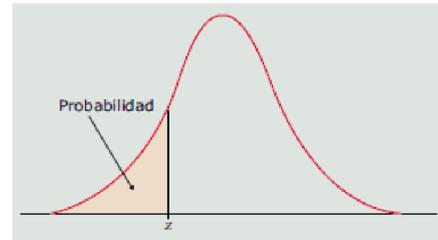


Ilustración 20: Áreas de la distribución normal

Las áreas delimitadas son extrapolables desde la curva  $N(0,1)$  a diferentes  $N(\mu, \sigma)$ .

Para calcular áreas deseadas cuando el punto deseado no recae en un punto de inflexión se acude a los resultados tabulados de las integrales dependiendo de  $x_0$ , comúnmente llamado Z para el cálculo:



**TABLA A: Probabilidades de la normal estándar**

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	.0049	.0048

Ilustración 21: Tabla de probabilidades de la distribución normal

Esta tabla solo provee del área encerrada hasta el punto Z. Usando leyes de la probabilidad y sabiendo que la curva es simétrica, se pueden obtener diferentes conjuntos de probabilidades. Leyes como:

**TABLA**

$$P(Z \leq z)$$

$$P(Z > z) = 1 - P(Z \leq z)$$

$$P(Z > -z) = P(Z \leq z)$$

$$P(Z \leq -z) = P(Z > z) = 1 - P(Z \leq z)$$

$$P(z_1 < Z \leq z_2) = P(Z \leq z_2) - P(Z \leq z_1)$$

Ilustración 22: Leyes de la tabla de la distribución normal

Para poder usar los valores de la tabla debemos tipificar la variable, es decir, pasar de nuestro valor concreto a los valores de  $N(0,1)$ . Para esto se utiliza la fórmula para tipificar:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Ilustración 23: Tipificar variable

### 4.3.2. Six sigma

Conociendo las propiedades de esta curva, Walter Shewart, físico, ingeniero y estadístico, también conocido como el padre del control estadístico de la calidad (17), señala que 3sigma es el punto donde los procesos necesitan corrección. Esto significaba que los procesos tenían que tener un 99,7% de acierto, por lo tanto, un 0,3% de error, si nos ceñimos a las desviaciones de la curva de la distribución normal.

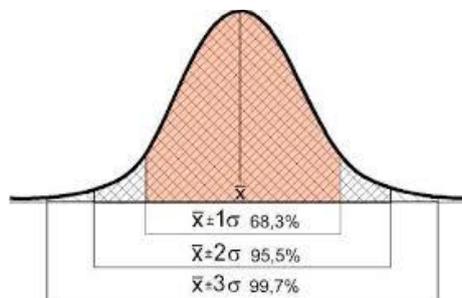


Ilustración 24: Distribución Sigma

En los años 80 Bill Smith, un ingeniero propuso a Motorola una mejora de sus procesos de manera que se alcanzase la cifra de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades, lo cual representa un nivel de acierto del 99,9997%, equivalente a un nivel de 6 sigma, de aquí su nombre.

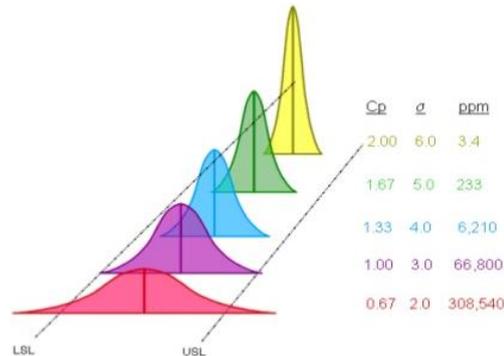


Ilustración 25: Curvas Sigma

El proceso prevé cinco etapas conocidas como DMAIC:

#### 4.3.2.1. Definir

Se concreta el objetivo del problema o defecto y validarlo.

- ¿Qué procesos existen en su área?
- ¿De qué actividades es usted responsable?
- ¿Quién o quiénes son los dueños de estos procesos?
- ¿Qué personas interactúan en el proceso, directa o indirectamente?
- ¿Quiénes podrían ser parte de un equipo para cambiar el proceso?
- ¿Tiene actualmente información del proceso?
- ¿Qué tipo de información tiene?
- ¿Qué procesos tienen mayor prioridad de mejorarse?

Se utilizan las siguientes herramientas en esta fase:

- **Diagrama Ishikawa**

Es un diagrama de causa-efecto que se utiliza para facilitar el análisis de problemas. Permite trabajar de una forma intuitiva en los diversos aspectos que afectan a un efecto, un problema y así llegar a conclusiones eficaces.

- **Diagrama de Pareto**

La regla de Pareto explica que el 80% de las consecuencias de un fenómeno esta provocado por el 20% de las causas.

El diagrama de Pareto permite

- Mejora continua
- Analizar cambios
- Analizar y priorizar problemas

Se debe hacer:

1. Definir que se desea hacer, cual es la situación o problema a analizar
2. Definir cuáles son las causas o factores que se van a analizar
3. Recolectar todos los datos

4. Ordenar los datos recolectados de mayor a menor
5. Graficar en cuanto al valor acumulado

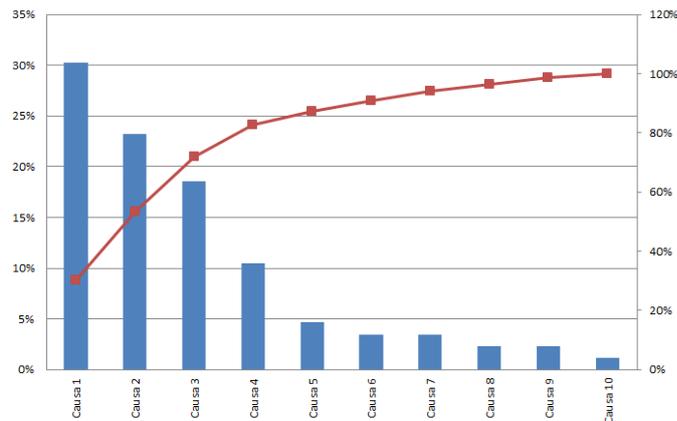


Ilustración 26: Diagrama de Pareto

De esta manera, es más sencillo optimizar esfuerzos en aquellas causas que afectan más al problema.

- **Análisis de regresión**

Es una herramienta estadística para estimar las relaciones entre variables. Es común utilizarla para determinar relaciones de calidad X e Y de los procesos.

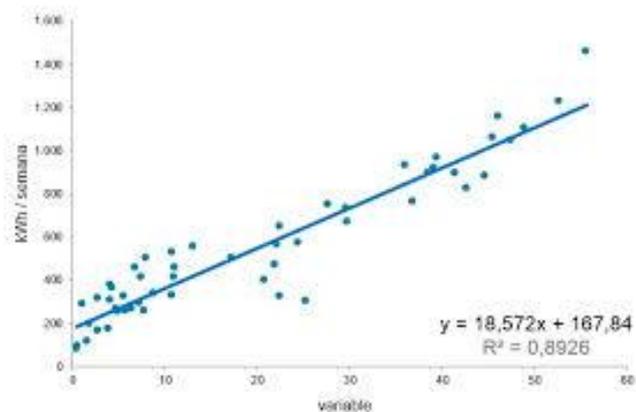


Ilustración 27: regresión

#### 4.3.2.2. Medir

Consiste en entender el funcionamiento actual del problema o defecto

- ¿Sabe quiénes son sus clientes?
- ¿Conoce las necesidades de sus clientes?
- ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso?
- ¿Cómo se desarrolla el proceso?
- ¿Cuáles son sus pasos?
- ¿Qué tipo de pasos compone el proceso?
- ¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente?
- ¿Por qué son esos los parámetros?
- ¿Cómo obtiene la información?
- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?

Se utilizan las siguientes herramientas en esta fase:

- Histogramas
- Gráficos de tendencias

### 4.3.2.3. Analizar

Se pretende averiguar las causas reales del problema o defecto

- ¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición?
- ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros?
- ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso?
- ¿Cómo los definió?
- ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso?
- ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no?
- ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?
- ¿Monitoriza las fuentes de variación que no controla?

Se utilizan las siguientes herramientas en esta fase:

- **PCA (Process Capability Analysis)**

La variabilidad del proceso hace referencia a las variaciones debidas a causas comunes en las actividades repetitivas realizadas (18).

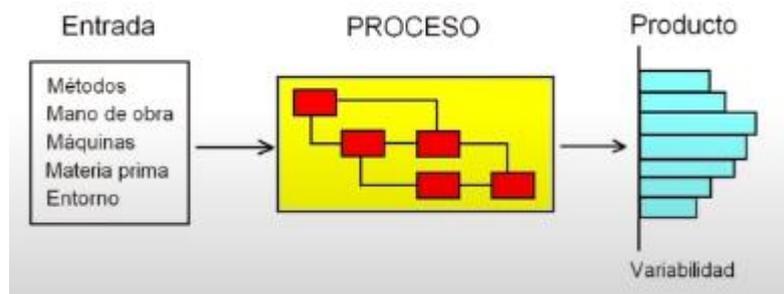


Ilustración 28: Variabilidad del proceso

Se pueden establecer límites como el 6sigma. Estos límites se pueden

establecer por una norma, por el cliente o por fabricante y pueden ser bilaterales o unilaterales.

La capacidad del proceso es una medida de la homogeneidad del proceso de producción.

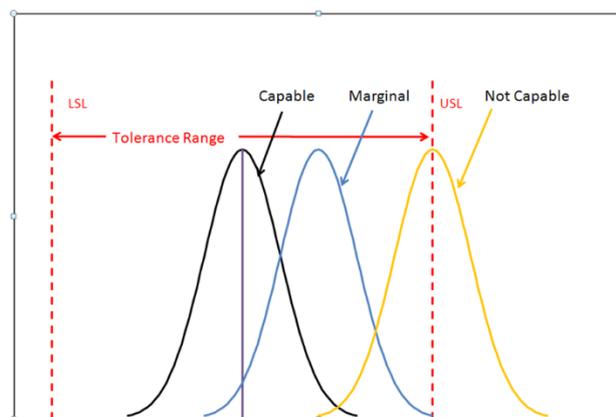


Ilustración 29: tipos de capacidad de un proceso

○ *Capacidad potencial (Cp)*

Para el caso de 6sigma sería el siguiente

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

< 1 proceso no capaz  
 = 1 proceso justamente capaz  
 > 1 proceso capaz

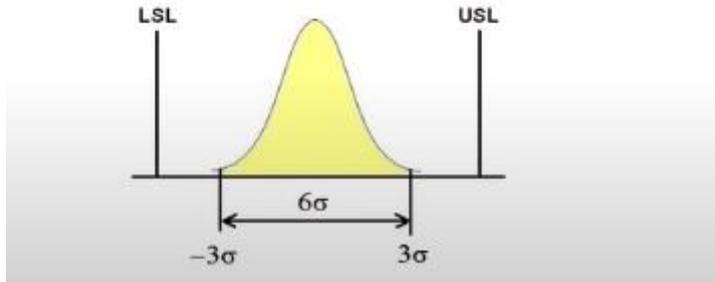


Ilustración 30: Capacidad potencial

○ *Capacidad real (Cpk)*

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

< 1 proceso no capaz  
 = 1 proceso justamente capaz  
 > 1 proceso capaz

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$$

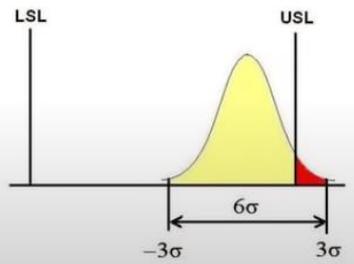


Ilustración 31: Capacidad real

• *Contraste de Hipótesis*

Una hipótesis estadística es una asunción relativa a una o varias poblaciones, que puede ser cierta o no. Las hipótesis estadísticas se pueden contrastar con la información extraída de las muestras y tanto si se aceptan como si se rechazan se puede cometer un error.

La hipótesis formulada con intención de rechazarla se llama hipótesis nula y se representa por H0. Rechazar H0 implica aceptar una hipótesis alternativa (H1). (19)

La situación se puede esquematizar:

	H <sub>0</sub> cierta	H <sub>0</sub> falsa H <sub>1</sub> cierta
H <sub>0</sub> rechazada	Error tipo I ( $\alpha$ )	Decisión correcta (*)
H <sub>0</sub> no rechazada	Decisión correcta	Error tipo II ( $\beta$ )

#### 4.3.2.4. Mejorar

Determinar las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar

- ¿las fuentes de variación dependen de un proveedor? ¿Cuales?
- ¿Quién es el proveedor?
- ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas?
- ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas?
- ¿Interactúan las variables críticas?
- ¿Cómo lo definió?
- ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?
- ¿Cómo los definió?

Se utilizan las siguientes herramientas en esta fase:

- **DOE (Design Of Experiments)**

1. Describir: Objetivo, respuesta, factores
2. Especificar: Determinar el modelo que describa la situación física
3. Diseño: Crear un diseño utilizando las entradas y entendiendo las limitaciones y ventajas del mismo
4. Recoger los datos
5. Ajustar: Se ajusta el modelo a los datos del experimento
6. Predicción: Usar el modelo para predecir la respuesta

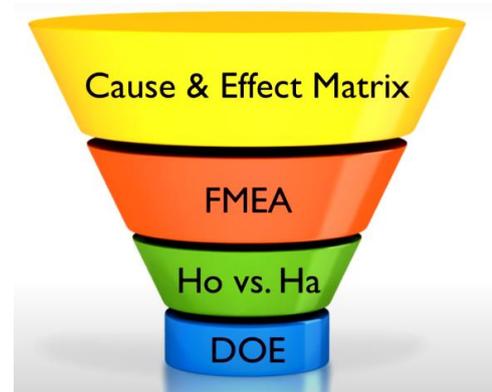


Ilustración 32: DOE

#### 4.3.2.5. Controlar

Tomar medidas con el fin de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y de satisfacción del cliente.

- ¿Qué exactitud o precisión tiene su sistema de medición?
- ¿Cómo lo definió?
- ¿Cuánto se ha mejorado el proceso después del cambio?
- ¿Cómo lo define?
- ¿Cómo mantiene los cambios?
- ¿Cómo monitoriza los procesos?

- ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios?
- ¿Cómo lo está documentando?

### 4.3.3. Jerarquía SixSigma

Para acreditar el nivel de conocimiento SixSigma se realizan cursos y exámenes certificados. Estos certificados permiten asignar los roles de las personas involucradas en los proyectos SixSigma (20).

- **Champion:** Es un miembro de la dirección. No tiene necesariamente que ser un experto en SixSigma. Evita conflictos de interés entre departamentos, participa en la elección de proyectos y es informado del avance de los proyectos. Identifica los proyectos que mejor satisfacen los objetivos estratégicos y son los encargados de seleccionar a los Black Belts encargados de difundir el conocimiento SixSigma en la empresa
- **Master Black Belt:** Son conocidos como los consultores o mentores de los Black Belts. Son expertos en las herramientas SixSigma y su labor es asegurar que el equipo de Black Belts se encuentren adecuadamente enfocados y coordinados en el proyecto.
- **Black Belt:** Experto en la metodología SixSigma. Dirige proyectos que requieren del uso de herramientas de calidad y técnicas estadísticas a nivel avanzado. Dedicación completa al programa SixSigma. Se considera el rol más crítico de la jerarquía Six Sigma.
- **Green Belt:** A cargo de proyectos SixSigma, se encarga de formar a los miembros del equipo en las técnicas básicas del SixSigma y asegura el mantenimiento de los logros obtenidos. Aplica diariamente la metodología SixSigma y recoge datos para emitir a l Black Belt
- **Yellow Belt:** Integrante del equipo de mejora de procesos, es capaz de aplicar la metodología SixSigma y de utilizar las herramientas básicas de DMAIC



Ilustración 33: Jerarquía SixSigma

## 4.4. Lean SixSigma

Habiendo expuesto tanto las técnicas que conforman Lean Manufacturing como algunas de las que conforman SixSigma, cabe la duda de si estos dos métodos son compatibles para su uso en una empresa. En la década de los 2000 se publicó el libro *“Leaning into Six Sigma: The Path to Integration of Lean Enterprise and Six Sigma”* (21) en el cual se utilizó por vez primera el concepto de Lean Six Sigma y desde entonces se ha tratado de mejorar el uso combinado de ambas técnicas debido a que usan herramientas similares.

Se puede visualizar el Lean Manufacturing como una técnica enfocada para reducir los desperdicios. Todas sus herramientas están dirigidas a tratar de acelerar el proceso, tratando de eliminar pasos que no aporten valor, reduciendo stocks, agilizando los transportes... etc.

Por otra parte, se puede pensar en SixSigma como una técnica enfocada a reducir la variabilidad. Conseguir procesos que generen productos con la menor diferencia posible entre sí. La gran fortaleza del método Six Sigma es el uso de datos y el enfoque científico y estadístico. Como bien es conocido, aquello que no se puede medir, no se puede mejorar. Six Sigma incide plenamente en esto poniendo mucho énfasis en la toma y el análisis de datos para la posterior acción de mejora.

El libro *“The Six Sigma Handbook (22)”*, tras una explicación intensiva del concepto de Six Sigma y del uso de sus herramientas, analiza la compatibilidad y sinergia de ambas técnicas y las compara utilizando la siguiente tabla:

LEAN	SIX SIGMA CONTRIBUTION
Established methodology for improvements	Policy deployment methodology
Focus on customer value stream	Customer requirements measurement, cross-functional management
Project-based implementation	Project management skills
Understanding current conditions	Knowledge discovery
Collect product and production data	Data collection and analysis tools
Document current layout and flow	Process mapping and flowcharting
Time the process	Data collection tools and techniques, SPC
Calculate process capacity and Takt time	Data collection tools and techniques, SPC
Create standard work combination sheets	Process control planning
Evaluate the options	Cause-and-effect, FMEA
Plan new layouts	Team skills, project management
Test to confirm improvement	Statistical methods for valid comparison, SPC
Reduce cycle times, product defects, changeover time, equipment failures, etc.	7M tools, 7 QC tools, DOE

Ilustración 34: Sinergia entre Lean Manufacturing y Six Sigma (22)

Por otro lado, en el artículo *“Six sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners”* de J. Antony (23), se estudia las fortalezas de ambas metodologías por separado y también los aspectos que tienen en común:

	Lean Manufacturing	Six Sigma
Centrado en el proceso	Si	Si
Necesidad de inversión y dirección	Si	Si
Útiles al margen de la fabricación	Si	Si
Set Complementario de herramientas	Si	Si
Entrenamiento intenso	No	Si
Alta inversión	No	Si
Aplaca Ineficiencia	Si	No
Aplaca efectividad	No	Si

Como se puede observar, tras el estudio de diferentes fuentes, todas llegan a la misma conclusión. Ambas son técnicas o metodologías muy útiles a la hora de mejorar el funcionamiento de la empresa, ambas tienen aspectos y herramientas en común y, por otro lado, grandes diferencias tanto en implementación como en funcionamiento. ¿Son estas diferencias complementarias? ¿Reforzarían las fortalezas del Six Sigma las debilidades de Lean y viceversa?

La respuesta es sí, la implementación aislada de Lean Manufacturing o SixSigma deja mucho margen de mejora que su uso combinado soluciona.

Lean Manufacturing es una filosofía rápida que se centra en la estandarización y la estabilidad del flujo del proceso. No trabaja con datos estadísticos y deja de lado la mejora en la calidad del proceso.

Six Sigma es un proceso lento debido a su énfasis en la toma de datos, su respaldo estadístico lo hace lento, pero altamente eficaz. Sin embargo, solo atiende a la calidad, no enfoca los esfuerzos en la reducción del coste de la producción mediante la eliminación de desperdicios.

El Lean SixSigma (LSS) ha sido analizado en diversas ocasiones. En el artículo *“The integration of lean management and Six Sigma”* (24), se llega a la siguiente conclusión:

*“Una organización Lean SixSigma capitalizaría las fuerzas de Lean Management y SixSigma.*

*Dispondría de los siguientes tres principios de Lean Manufacturing:*

- 1. Incorporaría una filosofía principal que busque maximizar el valor añadido de todas las operaciones.*

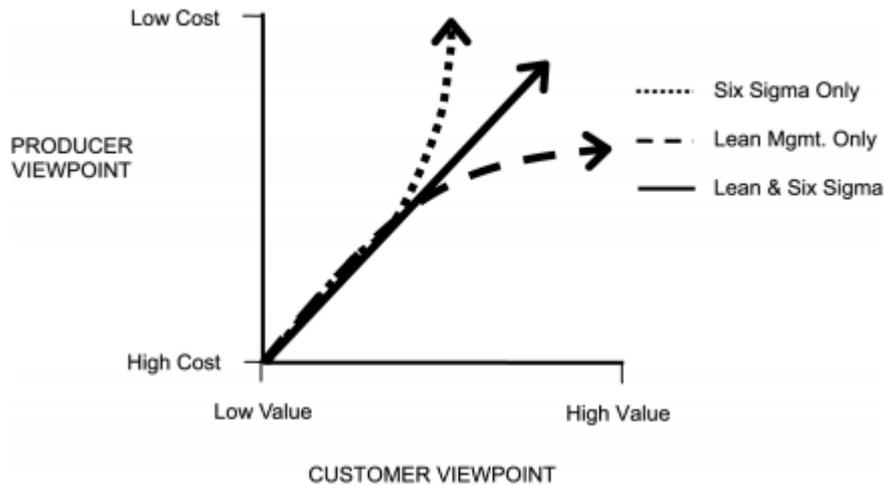


Ilustración 35: Combinación Lean Six Sigma visto desde el cliente (24)

2. *Evaluaría constantemente todos los sistemas de incentivo para asegurar su resultado a nivel global, no local.*
3. *Incorporaría un proceso de gestión de toma de decisiones que base todas ellas en su efecto relativo en el cliente*

*Dispondría de los siguientes tres principios de SixSigma:*

1. *Haría énfasis en tomas de decisiones basadas en metodologías respaldadas por datos para que los cambios estén basados en ciencia en vez de estudios ad-hoc*
2. *Promocionaría metodologías que se esfuercen en minimizar la variación de características de calidad*
3. *Diseñaría e implementaría una educación y un entrenamiento altamente estructurado en toda la compañía” (24)*

### 4.4.1. Despliegue Lean Six Sigma

Tomando como referencia uno de los libros clave en este aspecto, "*Lean Six Sigma Toolbox*" de Michael L. George (25), se va a detallar el despliegue de Lean Six Sigma. Cabe señalar que existen muchos despliegues diferentes enfocados a diferentes necesidades o limitados por un límite de recursos. En este caso se partirá desde el planteamiento de Michael L. George como base.

Como primer paso, George establece una guía para la institucionalización de Lean Six Sigma. El tiempo que requiere institucionalizar es notable y conlleva ciertas barreras a las que habrá que hacer frente según George. Organiza la institucionalización en tres etapas (25):

1. Comenzar con el pie derecho
  - a. Los puestos de champion y Black Belt deben dedicarse al 100%
  - b. Seleccionar al mejor personal para esos puestos
  - c. Seleccionar los proyectos más importantes para el negocio
2. Construir la idea de que Lean Six Sigma esta para quedarse
  - a. Alcanzar y publicar resultados
  - b. Los líderes deben comunicar la necesidad de cambio de manera clara y frecuente
  - c. Involucrar al personal en todos los cambios
  - d. Reconocer e incentivar en todos los
  - e. Integrar el entrenamiento de Liderazgo
  - f. Lanzar Lean Six Sigma apoyándose en las iniciativas anteriores
  - g. Planificar y reforzar el enfoque en procesos transaccionales
  - h. Reforzar los valores de la organización durante la implementación
  - i. Integrar Lean Six Sigma en los negocios existentes, sesiones de planeación revisiones de operación y todas las reuniones administrativas
  - j. Crear una contabilidad visible
  - k. Planear y comunicar los eventos Lean Six sigma
  - l. Resaltar las mejores prácticas y lecciones aprendidas
3. Extender la iniciativa Lean Six Sigma
  - a. Reforzar el uso de un lenguaje común (DMAIC)
  - b. Integrar los planes de Lean Six Sigma con los planes del negocio
  - c. Extender el uso de Lean Six Sigma en toda la cadena de abastecimiento
  - d. Replantear la necesidad de Lean Six Sigma en el proceso de diseño

"Cuando un Black Belt completa su entrenamiento y ha usado las Herramientas de Lean Six Sigma bajo la guía de un experto, desarrollan confianza y esto se considera un éxito dentro del despliegue de Lean Six Sigma, ya que Lean Six Sigma comienza a formar parte de la manera de pensar, parte de la forma en que realizan su trabajo diario" (25)

A continuación, se va a presentar la llamada Toolbox de Lean Six Sigma según George:

Proceso	Actividad	Herramienta+
<b>Definición</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Establecer el equipo</li> <li>2. Identificar champion y asignar recursos al equipo</li> <li>3. Administrar el pre-trabajo</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramienta de identificación de procesos</li> <li>• Forma y definición de proyectos</li> <li>• Análisis NPV/IRR/DFC</li> <li>• Proceso de administración del plan de mejora</li> <li>• Herramientas para la mejora del desempeño Six Sigma</li> </ul>
<b>Medición</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Confirmar la meta del equipo</li> <li>5. Definir el estado actual</li> <li>6. Recolectar y organizar los datos</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeo de proceso</li> <li>• Análisis de valor</li> <li>• Tormenta de ideas</li> <li>• Técnicas de voto</li> <li>• Diagrama de Pareto</li> <li>• Diagrama de Afinidad</li> <li>• Diagrama Causa/Efecto</li> <li>• AMFE</li> <li>• Hojas de chequeo</li> <li>• Gage R&amp;R</li> <li>• Gráficos de control</li> </ul>
<b>Análisis</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Determinar la capacidad y velocidad del proceso</li> <li>8. Determinar las fuentes de variación y cuellos de botella</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cp y Cpk</li> <li>• Análisis de las trampas de tiempo</li> <li>• Multi-Chart</li> <li>• Box Plots</li> <li>• Gráficos Marginales</li> <li>• Análisis de regresión</li> <li>• Anova</li> <li>• Matriz Causa-Efecto</li> <li>• AMFE</li> <li>• Formato de definición de problemas</li> <li>• Mapas de oportunidad</li> </ul>
<b>Incremento</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Generar ideas</li> <li>10. Conducir experimentos</li> <li>11. Crear modelos</li> <li>12. Desarrollar B's y C's</li> <li>13. Desarrollar planes de acción</li> <li>14. Implementar</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tormenta de ideas</li> <li>• Sistema pull</li> <li>• Reducción de preparación</li> <li>• TPM</li> <li>• Flujo de procesos</li> <li>• Benchmarking</li> <li>• Diagrama de Afinidad</li> <li>• DOE</li> <li>• Pruebas de hipótesis</li> <li>• Campos de Fuerza</li> <li>• Diagrama de árbol</li> <li>• Pert/CPM</li> <li>• AMFE/PDPC</li> <li>• Diagrama Gant</li> </ul>
<b>Control</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Desarrollar plan de control</li> <li>16. Monitorear desempeño</li> <li>17. Crear procesos a prueba de errores</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de chequeo</li> <li>• Gráficos de corrida</li> <li>• Histogramas</li> <li>• Diagramas de dispersión</li> <li>• Gráficos de control</li> <li>• Diagramas de Pareto</li> <li>• Revisiones interactivas</li> <li>• Poka Yokes</li> </ul>

Ilustración 36: Lean Six Sigma Toolbox (25)

La Toolbox creada por George abarca una gran cantidad de herramientas que, si bien no recoge todas las opciones y disposiciones, sí que establece una buena guía, una buena hoja de ruta a seguir a la hora de implantar y seguir el Lean Six sigma.

## 5. Descripción de la solución

Se va a proponer una solución basada en Lean Six Sigma para las PYMES, principalmente para su implementación en las dedicadas a las manufacturas, pero aplicables generalmente a todas.

### 5.1. Premisas

Se ha de tener en cuenta que las PYMES no tienen la abundancia de recursos de la que, por ejemplo, si disponen las grandes empresas. Esto es sin duda un limitante a la hora tanto de implementar la metodología como a la hora de asignar los recursos para ésta. La limitación de recursos es un factor clave a la hora de diseñar una metodología debido a que, por ejemplo, es posible que una PYME no disponga de capacidad de entrenar a sus empleados en Six Sigma, y, si lo dispone, es posible que el Black Belt no pueda dedicar el completo de su tiempo a dirigir y controlar la metodología y tenga que invertirlo en otras actividades para la empresa.

Se va a extraer ciertos datos de la Tesis de la Ingeniera Ana Laura Martínez del Tecnológico de Monterrey (26) para poder enfocar de manera más precisa las necesidades y las disposiciones de las empresas. En esta tesis se realizó una amplia encuesta a una muestra de 30 personas de manera aleatoria las cuales fueron preguntadas intensivamente sobre el funcionamiento de las empresas en las que trabajaban.

Las PYMES en México son el 99.8% de las empresas (27) y se van a tomar los datos ofrecidos por estas encuestas como representativos del panorama en España debido a las similitudes culturales y debido a la distribución empresarial en ambos mercados.

Uno de los resultados de la encuesta mostró que, el 72% de las personas que disponían de la certificación internacional de Six Sigma trabajaban en el ámbito de la manufactura. Esto es un dato importante debido a dos factores. La gran mayoría de las PYMEs están dedicadas al sector de los servicios y no al de la manufactura, y, por otra parte, los conocimientos Six Sigma son implementables y útiles en cualquier tipo de organización. Con esto, los datos reflejan que hay una gran capacidad de mejora en cuanto a aprendizaje y organización en el sector servicios.

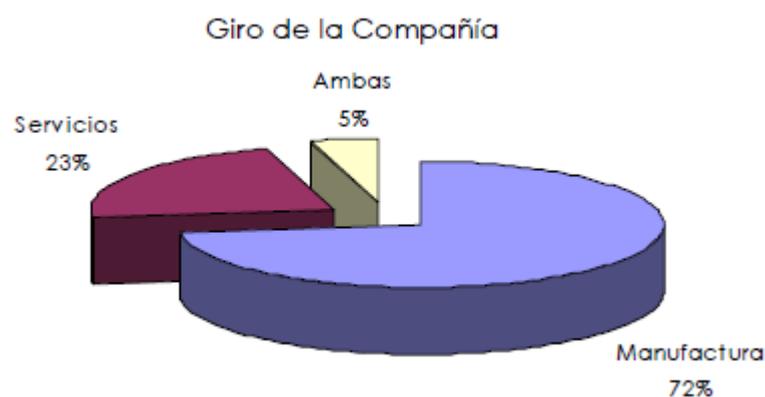


Ilustración 37: Certificados internacionales Six Sigma (26)

Como respuesta a el uso de iniciativas de calidad en las empresas, el Six Sigma ha sido el gran utilizado seguido de los estándares ISO. Sin embargo, El Lean Six Sigma se usa solo en una de cada cuatro empresas.

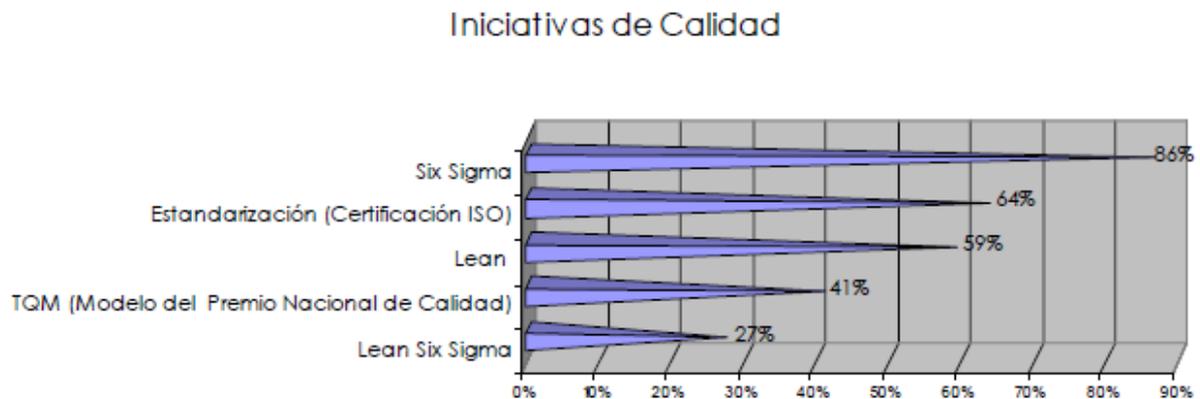


Ilustración 38: Iniciativas de calidad (26)

Esto nos aporta una visión clara de cuanto se puede mejorar. El Lean Six Sigma es la metodología que más puede crecer de todas las que se ha obtenido datos.

Unos de los datos más importantes recabados y a los cuales se va a dar una gran importancia fueron las respuestas a la pregunta ¿Cuáles han sido las barreras para la implementación de Lean o Lean Six Sigma? Las respuestas se agrupan de la siguiente manera:

Barrera	Personas que la mencionan
Falta de conocimiento y de un plan de despliegue de las herramientas	8
Resistencia al cambio de cultura	6
Desconocimiento del proceso de cambio por parte de los implementadores	6
Falta de compromiso en la dirección	5
Falta de seguimiento de la aplicación de herramientas y acciones	5
Liderazgo en todos los niveles	4
Alta rotación del personal	3
Paradigmas	3
Falta de capacitación	2
Compromiso de los mandos medios y dueños de los procesos	2
Falta de presupuesto	2
Necesidad de resultados a corto plazo	2
Carga de trabajo	1
Enfoque de cambio no dirigido al ser Humano	1
Falta de promoción con el personal de piso	1
Políticas de la empresa	1

Ilustración 39: Barreras para implementar Lean o Lean Six Sigma

Se debe proponer una solución que ataque directamente estas barreras en la medida de lo posible. Sin embargo, es difícil solucionar algunas de ellas como la falta de presupuesto o la necesidad de resultados a corto plazo. Si bien la formación en Lean Six Sigma y su implantación aportan claros beneficios en medio y largo plazo, la situación económica actual puede llevar a situaciones extremas en las que el corto plazo sea todo el objetivo.

Otro de los datos extraídos es el uso de herramientas en las empresas. Aunque esto no va a determinar la implementación de herramientas en este despliegue, si puede servirnos como guía en aquellas menos usadas para una explicación más extensa.

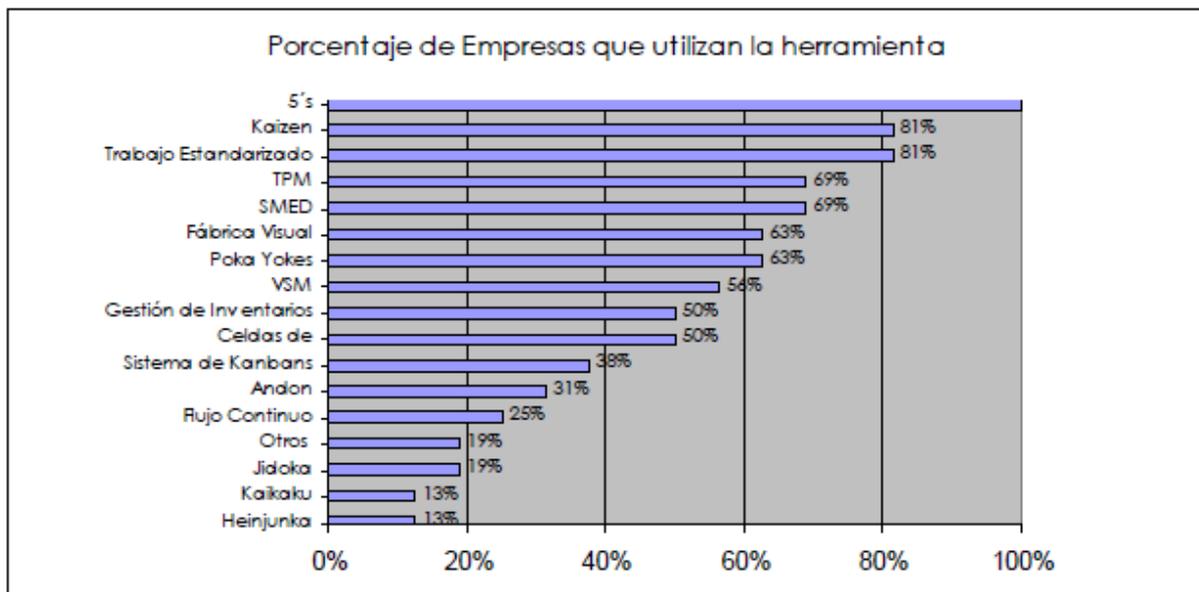


Ilustración 40: Herramientas utilizadas en empresas (26)

Cabe señalar como, por ejemplo, el sistema Kanban, es utilizado solo en una de cada tres empresas siendo un sistema conocido y más que probada su utilidad. Esto puede tener explicación en las barreras antes expuestas. El sistema Kanban requiere de una planificación, un control y la aceptación de un cambio en las rutinas de trabajo.

Las herramientas disponibles en Lean Six Sigma son muy variadas y siguen en evolución, sumando cada vez más. Sin embargo, al estar hablando de PYMES, las cuales es posible que no dispongan de tantos recursos como trabajadores cualificados en Six Sigma, tiempo que dedicar al cambio... etc., y más en la situación actual de recesión económica, se va a hacer hincapié en la optimización de Lean Six Sigma y en hacer eficiente, rápido y comprensible su implementación y su uso. Es por esto que, en vez de desplegar todas las herramientas de las que dispone, se va a realizar un triaje para seleccionar las herramientas óptimas que aporten más utilidad.

Con este objetivo se va a analizar la matriz de relaciones aportada por la Tesis de Ana Laura Martínez en la que se pidió a diferentes trabajadores que contestasen a la siguiente pregunta: "¿La herramienta A ayuda significativamente a la implementación de la herramienta B?". Si la respuesta es positiva se contabiliza.

		Elemento B															
		a. VSM	b. 5's	c. SMED	d. TPM	e. Poka Yokes	f. Trabajo Estandarizado	g. Heijunka	h. Sistema de Kanbans	i. Celdas de Manufactura	k. Jidoka	l. Kaizen	m. Andon	n. Flujo Continuo	o. Fábrica Visual	p. Kaikaku	q. Gestión de Inventarios
Elemento A	a. VSM		7	9	5	6	7	3	9	9	3	8	5	7	4	1	9
	b. 5's	2		8	12	3	14	3	5	9	1	10	3	9	12	1	9
	c. SMED	2	3		9	6	8	5	6	10	4	7	2	7	5	0	3
	d. TPM	1	7	5		8	9	1	1	4	5	7	2	9	6	0	1
	e. Poka Yokes	1	5	6	9		7	0	2	4	3	8	2	4	4	0	0
	f. Trabajo Estandarizado	3	11	9	9	3		1	5	7	1	7	3	9	8	0	5
	g. Heijunka	0	0	0	0	0	1		3	1	0	2	1	2	1	0	2
	h. Sistema de Kanbans	2	3	2	2	1	3	9		5	0	4	0	9	6	0	5
	i. Celdas de Manufactura	5	3	3	2	2	6	0	0		1	7	3	9	5	0	6
	k. Jidoka	0	0	0	1	3	0	0	0	1		3	1	1	1	1	0
	l. Kaizen	5	11	10	10	9	10	6	6	11	6		8	9	12	6	10
	m. Andon	1	4	4	5	3	3	0	2	3	2	1		2	4	0	1
	n. Flujo Continuo	2	3	3	3	1	6	4	7	6	0	3	2		4	0	6
	o. Fábrica Visual	3	10	9	9	6	10	4	3	4	6	2	8	3		0	4
	p. Kaikaku	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3		2
q. Gestión de Inventarios	4	3	1	2	0	5	1	6	5	0	5	0	9	2	1		

Ilustración 41: Relación de implementación (26)

Se puede observar cómo hay ciertas herramientas que apoyan significativamente a otras, tales como las 5s al TPM o, como pico de relación el 5s al TPM. Otras, sin embargo, contienen un bajo grado de relación, como cualquiera relacionada a Kaikaku. Debido a estas relaciones, se puede realizar un sistema jerárquico de manera que, empezando por una base, por una herramienta, esta ayude a la implementación de otras y estas otras, a su vez, a la implementación del resto. Ana Laura Martínez establece este grado jerárquico en cinco niveles, desde el quinto, el más alto, que actúa como base, hasta el nivel uno, las cuales serían las últimas herramientas a implementar. Aunque no se siga este mapa de ruta al pie de la letra, sí que conviene tenerlo en cuenta a la hora de diseñar el despliegue debido a que puede agilizar y facilitar la implementación y la comprensión de Lean Six Sigma de manera notable y, así, eliminar o reducir ciertas barreras relacionadas con la implementación.

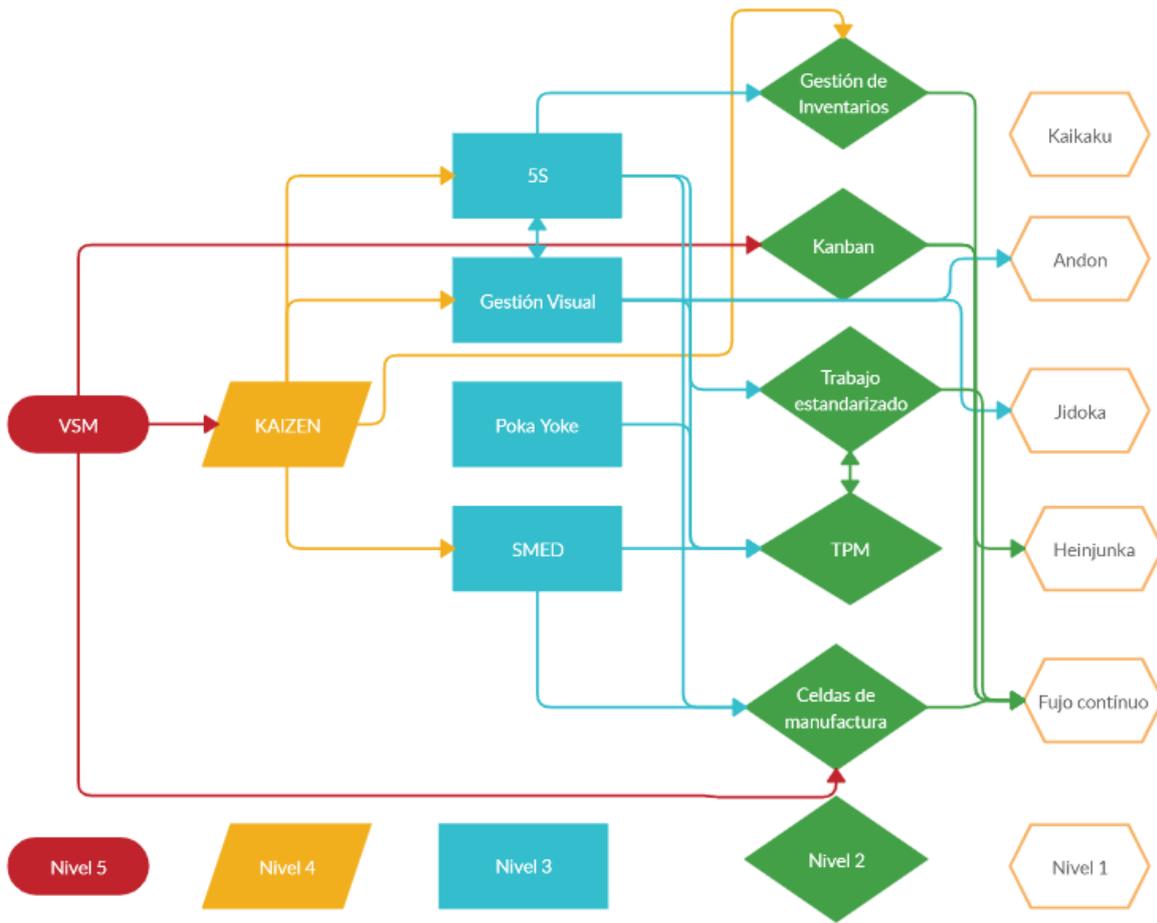


Ilustración 42: Estructura para el orden de uso de herramientas según la Tesis De Ana Laura Martínez (26)

Se puede apreciar como la herramienta fundamental que da pie a la implementación de las demás es el Value Stream Mapping. Sabiendo esto, se hará especial énfasis en la implementación, comprensión y control de esta herramienta para que derive hacia una rápida y eficaz implementación de Lean Six Sigma.

Como se ha mencionado antes, es posible que no se apliquen todas las herramientas descritas en esta estructura jerárquica o, si se aplican, es posible que no se apliquen en este orden. Sin embargo, cabe destacar que esta ordenación jerárquica es mono variable, corresponde solamente a la ayuda a la hora de la implementación y, como es de esperar, hay múltiples variables que se han omitido y que habrá que tener en cuenta a la hora de la implementación de las herramientas como el coste o, principalmente su función, es decir, para que queremos la herramienta. No obstante, la estructura mostrada sí que va a servir como apoyo y como guía para la implementación de Lean Six Sigma

## 5.2. Jerarquía Lean Six Sigma para PYMEs

Se va a basar la solución jerárquica en la asignación de roles propuesta por Pyzdek en su libro *“The Six Sigma Handbook”* (22). Pyzdek propone la siguiente estructura:

Entidad responsable	Roles	Responsabilidades
Ejecutiva Consejo Six Sigma	Liderazgo Estratégico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que los objetivos Six Sigma están alineados con los de la empresa</li> <li>• Desarrollar nuevas políticas</li> <li>• Alinear esfuerzos de excelencia en procesos en toda la organización</li> <li>• Sugerir proyectos de alto impacto</li> <li>• Aprobar estrategias de selección de proyectos</li> </ul>
	Asegurar Progreso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer recursos</li> <li>• Sigue y controla el progreso a los objetivos</li> <li>• Revisa los resultados del equipo de mejora (BB, GB, Lean...etc.)</li> <li>• Revisa la efectividad del despliegue Six Sigma: Sistemas, procesos, infraestructura... etc.</li> </ul>
	Transformación Cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunica la visión</li> <li>• Elimina barreras formales e informales</li> <li>• Modificación de comisiones de compensación, incentivo, recompensa y reconocimiento</li> </ul>
Director Six Sigma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirige la estructura y los recursos Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Champion Six Sigma para la cumbre</li> <li>• Desarrolla el despliegue empresarial Six Sigma</li> <li>• Apropiada la selección y priorización de proyectos Six Sigma</li> <li>• Asegura que las estrategias y proyectos Six Sigma están correctamente ligados a los planes de negocio a través del despliegue de la función de calidad</li> <li>• Logra una reducción de defectos y una</li> </ul>

		<p>disminución de costes a través de actividades Six Sigma</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miembro del consejo de Six Sigma</li> <li>• Lidera y evalúa el desempeño de los Master y Black Belts</li> </ul>
<b>Junta de certificación Six Sigma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certifica a los black Belts</li> <li>• Incluye a los Master black Belts y a los líderes claves de Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabaja con unidades locales para personalizar los requerimientos de BB y GB para ajustarlos a la necesidad del negocio</li> <li>• Desarrolla e implementa sistemas para certificar BB y GB</li> <li>• Certifica BB</li> </ul>
<b>Núcleo del equipo Six Sigma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo Six Sigma multifuncional</li> <li>• Agentes de cambio a tiempo parcial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee de recursos para las políticas y procedimientos para la implementación de Six Sigma</li> <li>• Facilita actividades Six Sigma: Entrenamiento, testeo BB...</li> </ul>
<b>Master Black Belt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experto en Six Sigma de la empresa</li> <li>• Agente de cambio a tiempo completo permanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altamente competente en la utilización de la metodología Six sigma para lograr resultados tangibles en el negocio</li> <li>• Experto por encima del nivel de conocimiento Black Belt en uno o más aspectos de la mejora de procesos: Análisis estadístico avanzado, dirección de proyectos...</li> <li>• Identifica oportunidades de alto nivel de apalancamiento para la aplicación de Six Sigma</li> <li>• Entrenamiento Black Belt básico</li> <li>• Entrenamiento green belt</li> </ul>
<b>Black Belt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experto en Six Sigma</li> <li>• Líder de proyectos Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lidera proyectos de mejora de procesos en los que está involucrado Six sigma</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente a tiempo parcial de Six Sigma. Continúa ejecutando trabajos a parte de la participación de Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa proyectos de alto impacto para los beneficios de la empresa</li> <li>• Maestría en conocimiento BB</li> <li>• Consultor para la mejora interna de procesos</li> <li>• Recomienda Green belts</li> </ul>
Green Belt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Origina proyectos Six Sigma</li> <li>• Líder de proyectos Six Sigma</li> <li>• Agente a tiempo parcial de Six Sigma. Continúa ejecutando trabajos a parte de la participación de Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maestría en GB</li> <li>• Recomienda proyectos Six Sigma</li> <li>• Participa en equipos de proyectos Six Sigma</li> <li>• Lidera equipos Six Sigma para la mejora local</li> <li>• Trabaja cercano con otros líderes de mejora continua</li> <li>• Educa a equipos locales en Six Sigma</li> <li>• Completa de manera exitosa al menos un proyecto Six sigma cada 12 meses para mantener el certificado Six Sigma</li> </ul>
Equipo de mejora Six Sigma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículo primario para lograr las mejoras Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Completa los proyectos Six sigma trazados que devuelvan resultados tangibles</li> <li>• Identifica proyectos Six Sigma</li> </ul>
Líderes y managers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles champions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planea proyectos de mejora</li> <li>• Identifica equipos i individuos requeridos para facilitar el despliegue Six Sigma</li> <li>• Identifica sponsors</li> <li>• Identifica y elimina barreras para el éxito de Six Sigma</li> <li>• Comunica la visión</li> <li>• Valida los resultados Six Sigma</li> <li>• Recompensa y reconoce a equipos e individuos</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoriza y reporta el progreso Six Sigma</li> </ul>
<b>Sponsor del proyecto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traza y apoya equipos de proyecto Six Sigma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sponsor es el responsable último del éxito de los proyectos esponsorizados</li> <li>• Participa activamente en proyectos</li> <li>• Asegura que los recursos adecuados son designados al proyecto</li> <li>• Revisión personal del progreso</li> <li>• Identifica barreras y problemas</li> </ul>
<b>Project manager</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirige los recursos Six Sigma dedicados a un área particular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee de dirección día a día para el proyecto Six Sigma</li> <li>• Provee de apoyo administrativo local</li> <li>• Conduce revisiones periódicas de los proyectos</li> <li>• Toma e implementa decisiones basadas en las recomendaciones de los Black belts</li> </ul>
<b>Miembro del equipo de mejora Six sigma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprende y aplica herramientas Six Sigma a los proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participa activamente en tareas del equipo</li> <li>• Mantiene una correcta comunicación con otros miembros del equipo</li> <li>• Demuestra conocimiento básico de las herramientas de mejora</li> <li>• Acepta y ejecuta las asignaciones determinadas por el equipo</li> </ul>

Ilustración 43: Six Sigma Roles and Responsibilities Según Pyzdek (22)

Como se puede apreciar Pyzdek realizó una intensiva descripción de la jerarquía de roles y responsabilidades. Este es el objetivo a apuntar para cualquier empresa. Sin embargo, como se ha remarcado anteriormente, las PYMEs pueden no disponer los recursos necesarios para un desglose tan amplio de responsabilidades. Ya sea por la cantidad de personal necesario o bien por la cantidad de tiempo requerido para cada rol y responsabilidad. Es por esto que se va a proponer una estructura basada en los roles y responsabilidades descritos por Pyzdek que permita ser integrada en PYMES que dispongan de medios limitados.

La primera estructura propuesta es la siguiente:

- **Ejecutivo (Director General en PYME):** Son los altos mandos de la empresa. Se encargan del liderazgo estratégico de la empresa y proponen y aprueban proyectos de alto impacto económico. Debe asegurar que los objetivos de la metodología Lean Six Sigma están correctamente alineados con los objetivos de la compañía. Se debe revisar la efectividad de Lean Six Sigma allí donde haya sido aplicado.  
Su labor principal es aportar recursos al proyecto y eliminar o, en su defecto, minimizar barreras formales e informales de la empresa. Es también de suma importancia que lidere el cambio cultural que propone Lean Six Sigma haciendo visible sus beneficios para toda la empresa
- **Champion (Gerente PYME):** Debe reportar los informes al director general. Se debe asegurar de las estrategias de Lean Six Sigma estén vinculadas a través del despliegue de la función de calidad con los planes de negocio. Debe lograr una minimización de defectos y de costes a través de esta metodología.  
Es el encargado de llevar a cabo el despliegue de la metodología y de elegir a los miembros del equipo de mejora.
- **Master Black Belt:** Debido al alto grado de capacitación y a la escasez de personal cualificado de esta manera, es preferible que se realice la actividad del Master Black Belt mediante una consultoría externa. Con esto se puede reducir la barrera de la capacitación y se agiliza el despliegue de Lean Six Sigma.  
Experto en Six Sigma. Es el mentor de los Black y Green Belts de la organización. Puede entrenar a estos cargos en el uso de Six Sigma. Su función principal es enfocarse a tiempo completo en la mejora de procesos analizando y gestionando con herramientas estadísticas avanzadas los datos del proceso.
- **Black Belt (responsable de calidad en PYME):** Tiene la labor de liderar los proyectos en los que esté involucrado Six Sigma. Requiere de aptitudes de liderazgo, gestión de proyecto y alta competencia en comunicación. Se recomienda que sean agentes a tiempo completo para la gestión de Six Sigma, sin embargo, es flexible a otras labores en caso de la empresa lo requiera.  
Deben ser entrenados en el uso de las herramientas y uso de la metodología para coordinarse con el resto del personal y es el encargado de completar proyectos de alto impacto económico para la empresa.
- **Green Belt (Técnicos de calidad):** Trabajan cercanamente al personal de soporte de mejora continua. Son los encargados de aplicar las herramientas de Lean Six Sigma y por ello es fundamental su conocimiento de estas. Lidera y educa a los equipos locales involucrados en Six Sigma
- **Personal de soporte de mejora continua:** Son los miembros de la organización que se encuentren involucrados en proyectos Lean Six Sigma de mejora. Aprende y aplica las herramientas Lean Six Sigma. Debe mantenerse una correcta comunicación con el resto del equipo y debe aceptar y ejecutar las asignaciones determinadas por equipo.

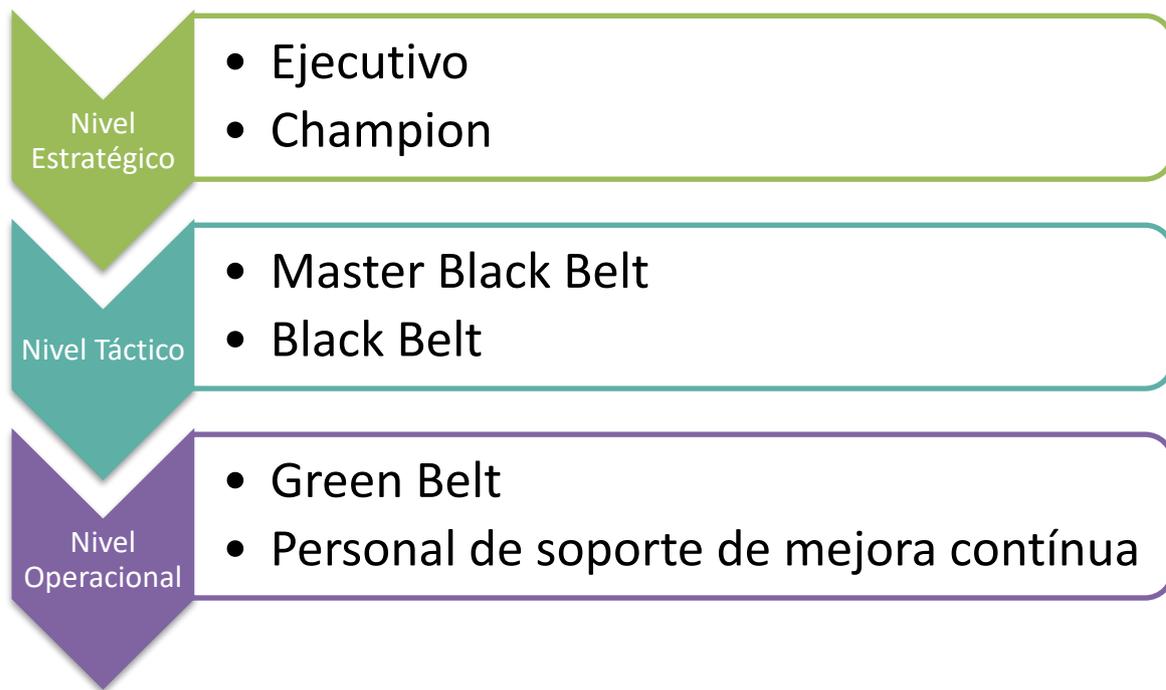


Ilustración 44: Estructura jerárquica de la propuesta principal

En caso de que la PYME en cuestión no disponga de los recursos necesarios para la implementación de la estructura jerárquica de propuesta principal, se propone una alternativa con los recursos limitados, pero manteniendo las funciones principales intactas:

- **Ejecutivo/Champion:** Deberá promover los beneficios del cambio de cultura Lean Six Sigma y asegurarse de que los objetivos de la compañía están alineados con los objetivos estratégicos de la empresa.  
Es el encargado de eliminar o reducir las barreras formales e informales de la implementación de Lean Six Sigma y debe aportar los recursos necesarios para llevar a cabo el despliegue de la metodología
- **Master Black Belt:** Debido al alto grado de capacitación y a la escasez de personal cualificado de esta manera, es preferible que se realice la actividad del Master Black Belt mediante una consultoría externa. Con esto se puede reducir la barrera de la capacitación y se agiliza el despliegue de Lean Six Sigma.  
Experto en Six Sigma. Es el mentor de los Black o Green Belts de la organización. Puede entrenar a estos cargos en el uso de Six Sigma. Su función principal es enfocarse a tiempo completo en la mejora de procesos analizando y gestionando con herramientas estadísticas avanzadas los datos del proceso.
- **Black Belt / Green Belt:** Lideran proyectos de mejora Lean Six Sigma. Utilizan las herramientas de la metodología y deben tener aptitudes de liderazgo y comunicación. Son los encargados de completar los proyectos en los que Lean Six Sigma estén involucrados.  
Deben ser entrenados en el uso de herramientas debido a que necesitan conocimientos de estas. Deben liderar y educar a los equipos involucrados en proyectos Lean Six Sigma
- **Personal de soporte de mejora continua:** Son los miembros de la organización que se encuentren involucrados en proyectos Lean Six Sigma de mejora. Aprende y aplica las herramientas Lean Six

Sigma. Debe mantenerse una correcta comunicación con el resto del equipo y debe aceptar y ejecutar las asignaciones determinadas por equipo.

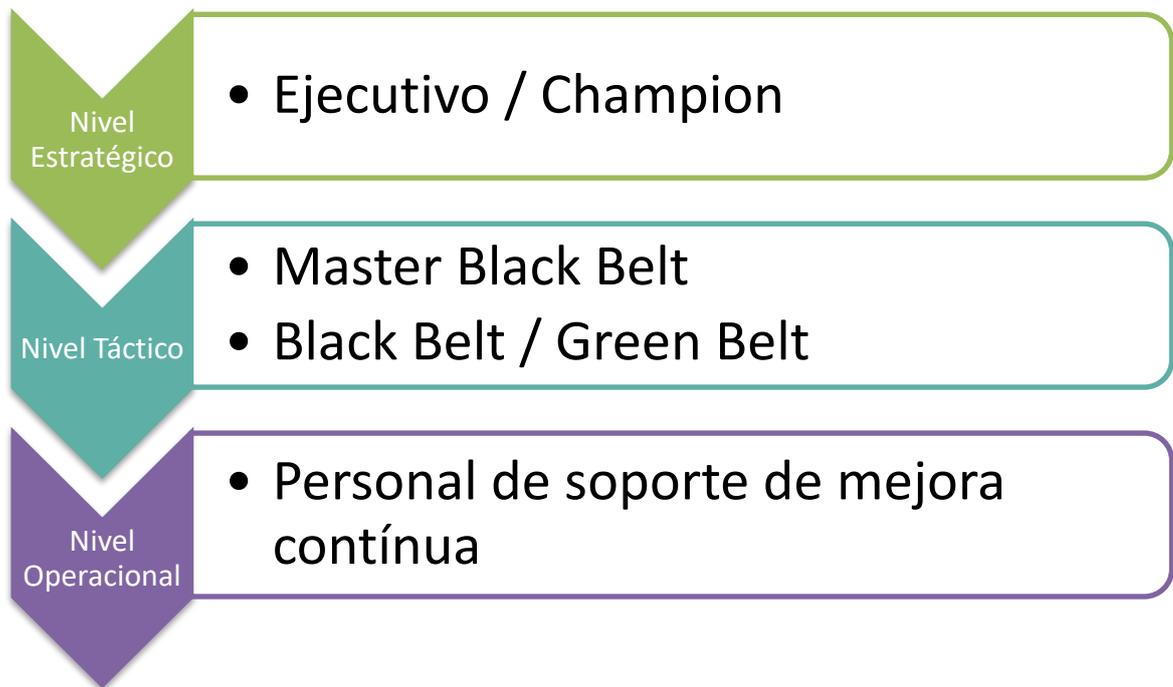


Ilustración 45: Estructura jerárquica de la propuesta alternativa

Con esta propuesta alternativa se reduce el personal cualificado necesario y se reparte la carga de trabajo entre menos cargos. Es menos eficaz debido a la menor dedicación y división de tareas, sin embargo, es útil en caso de no disponer de más recursos.

### 5.3. Despliegue Lean Six Sigma para PYMEs

El despliegue de la metodología Lean Six Sigma adaptado para PYMEs, se va a basar en el despliegue típico de Six Sigma DMAIC (Definición, Medición, Análisis, Mejora y Control). Sin embargo, se va a añadir una fase previa a estas, la cual se llamará Evaluación, en la cual se tratará de recabar información sobre la empresa, el objetivo, la visión, los recursos disponibles... etc. Con esto se denominará EDMIAC al despliegue específico de la metodología Lean Six Sigma para PYMEs.

Se resume el despliegue de la siguiente manera:

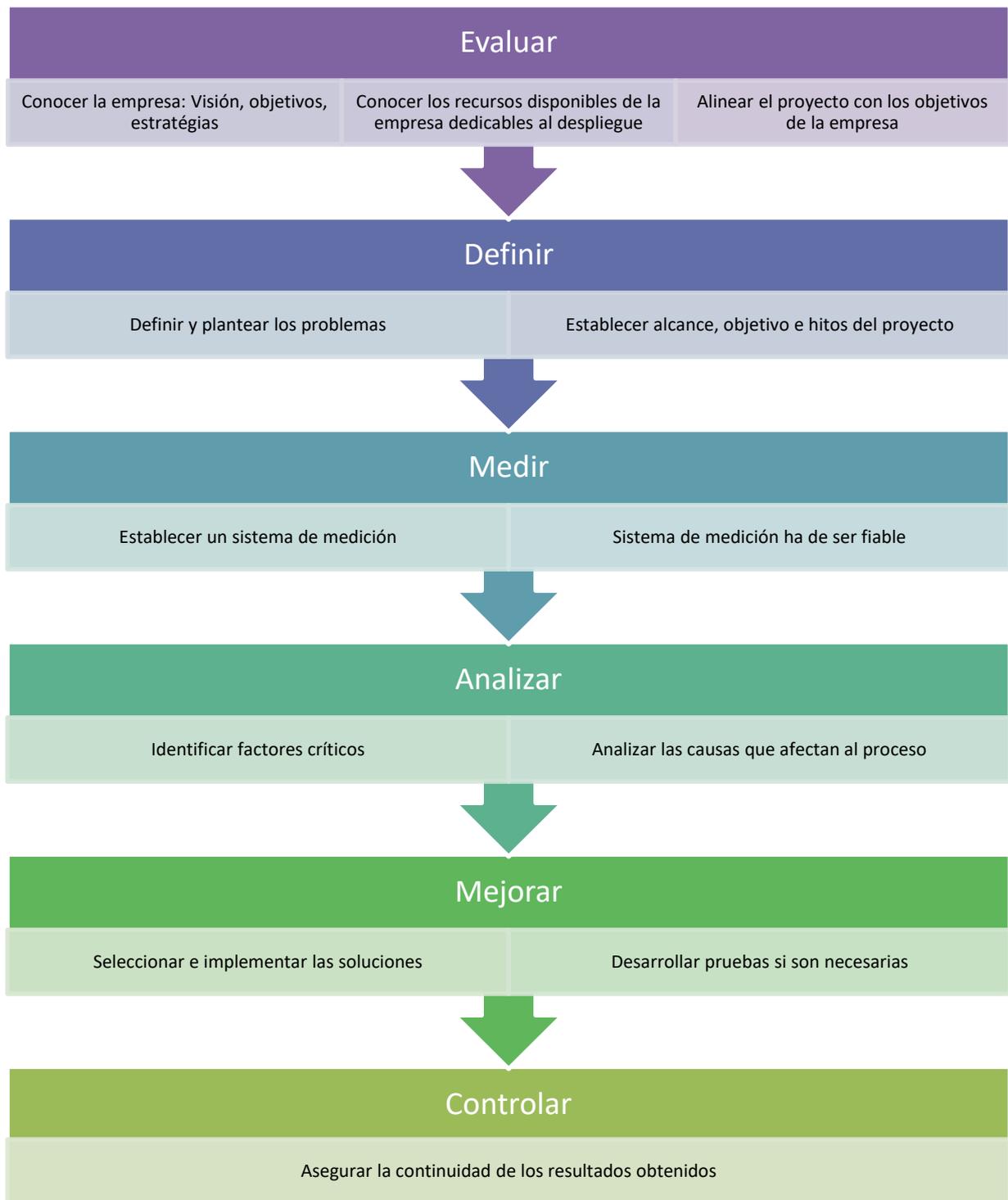


Ilustración 46: Despliegue EDMIAC Six Sigma para PYMEs

### 5.3.1. Evaluar

En esta fase se pretende conocer la situación de la empresa antes de comenzar a aplicar la metodología Lean Six Sigma. Conocer los objetivos de la empresa, la visión, la capacidad de la alta dirección para incentivar un cambio de cultura y la disposición de medios para la implantación de la metodología es de vital importancia para conocer cómo aplicar y que medios dedicar a la implantación.

Se plantean los siguientes procesos para esta etapa:

- **Nivel Estratégico:**
  - **Entrevistas con alta dirección:** Se realizarán entrevistas con las personas encargadas de establecer la estrategia de la empresa. Se determinarán la misión, la visión y los objetivos a corto, medio y largo plazo.
  - **Evaluación de compromiso:** Como se ha observado en la Ilustración 39, una de las barreras para la implantación de la metodología es la falta de compromiso de la dirección. Conocer la realidad de este factor es de alta importancia ya que el ejecutivo o champion pertenecerá a la dirección y su forma de actuar, su nivel de implicación y su capacidad de comunicación y liderazgo son factores clave para el correcto desarrollo de la metodología,
  - **Marco económico:** Se ha de conocer el estado económico de la empresa. Flujo de caja apalancamiento financiero... etc. Conociendo estos datos se podrá determinar el grado de inversión disponible para el despliegue de la metodología
  - **Identificar mejoras:** Una vez conocidos los objetivos de la empresa, se ha de concretar cual es el objetivo del proyecto Lean Six Sigma. También se ha de determinar cuáles son aquellos procesos y áreas sobre los cuales se va a implantar.
  
- **Nivel Táctico:**
  - **Herramientas y conocimientos de calidad:** Se ha de conocer cuáles son las herramientas que están siendo aplicadas por la empresa. Conociendo al personal clave encargado de la calidad e identificando cuales son los métodos y herramientas que se utilizan es posible acelerar el proceso de implementación
  - **Recursos disponibles:** Se ha de conocer cuáles son los recursos dedicados a calidad. La cantidad de personal dedicado, y la cualificación de este, así como los recursos económicos destinados son fundamentales para organizar la implementación de Lean Six Sigma.
  
- **Documentar la fase de evaluación:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de evaluación. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.

### 5.3.2. Definir

La etapa de definición tiene como objetivo definir y plantear el problema del proyecto.

Se proponen los siguientes procesos para esta etapa:

- **Se define y valida el problema:** Se debe definir cuál es el problema y cuál es su área de efecto. Como y cuando se ha detectado y cuál es su importancia e impacto en el proceso. Es importante enfocar esta fase en la sintomatología del problema y no en las posibles causas atribuidas a este.

- **Objetivo y alcance del proyecto:** Se deben definir tanto el objetivo como el alcance del proyecto y controlar su cumplimiento a lo largo del despliegue.
- **Identificar las necesidades del cliente:** Es importante identificar claramente y lo más preciso que sea posible, cuáles son las necesidades del cliente. Esto va a permitir alinear y enfocar los esfuerzos de Lean Six Sigma para cumplir con las necesidades de los clientes.
- **Seleccionar equipo:** Se debe establecer la jerarquía Lean Six Sigma necesaria. Tal y como ha sido propuesto antes, identificando que personal va a ser asignado a cada rol. Es de suma importancia identificar no solo al personal cualificado, sino al personal con mejores aptitudes comunicativas y de liderazgo tal y como se especificó.
- **Marco económico:** Al igual que en la fase de evaluación, se ha de analizar el estado financiero de la empresa. Sin embargo, en este caso se debe enfocar en los recursos destinables a Lean Six Sigma y en el ROI (return of investment) de la inversión en Lean Six Sigma. Un buen análisis de los beneficios económicos aportados por la implementación de esta metodología aportará motivación y aumentará el compromiso de la directiva y de este modo serán capaces de transmitir con mayor ímpetu el cambio de cultura de la empresa.
- **Proyectos adecuados:** Identificar en cuales de los proyectos es más necesaria la implementación de Lean Six Sigma y ordenar aquellos en los cuales se obtendrá mayor beneficio de esta.
- **SIPOC**
- **Documentar la fase de evaluación:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de definición. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.

### 5.3.3. Medir

La etapa de medición tiene como objetivo recabar información sobre el proceso en el que va a actuar Lean Six Sigma. Es de vital importancia que los datos obtenidos sean precisos y estén alineados con el despliegue de la metodología.

Se proponen los siguientes procesos para esta fase:

- **Identificar los parámetros a medir:** Se decide y se comunica al equipo responsable cuales son los parámetros que se van a medir. Es de alta importancia identificar tantas variables de medición como sea posible: Variables de entrada del proceso, variables intrínsecas al proceso y variables de salida del proceso.
- **Establecer un plan de medición:** Se ha de establecer un plan adecuado para cada factor a medir. Las mediciones son esenciales para una visión estadística de los datos y en esto es en lo que Six Sigma es verdaderamente útil. Se ha de establecer la frecuencia y el método de muestreo de la toma de medidas.

- **Calidad de medición:** Se ha de asegurar que los métodos utilizados dan medidas correctas. Para ello, se ha de estandarizar al máximo el protocolo de medición y formar a los encargados de realizar las mismas.
- **Recopilación de datos:** Una vez establecido el marco en el cual se van a realizar las mediciones, se procede a la toma de muestras y a la documentación de estas.
- **Capacidad del proceso:** Con los datos de extraídos del proco se debe pasar a compararlos con los límites de calidad que el cliente necesita. Una vez definidos correctamente cuales son los límites del proceso se ha de calcular la capacidad potencial ( $C_p$ ) y la capacidad real ( $C_{pk}$ ) del proceso. Para calcular  $C_p$  y  $C_{pk}$  es necesario que los valores respondan a una distribución normal. En caso de que los datos extraídos no respondan a una distribución normal se habrá de usar la transformada Box Cox, implementada en minitab, necesaria en cada caso para trabajar con ellos.
- **Value Stream Mapping:** A partir del diagrama SIPOC, de los datos reflejados por el Voice Of Client (VOC) y de los datos recogidos en el proceso de medición se procede a realizar un Value Stream Mapping (VSM) del proceso. Este punto es de vital importancia. Como se ha visto en la “*Ilustración 42: Estructura para el orden de uso de herramientas según la Tesis De Ana Laura Martínez (25)*”, el VSM es una herramienta de nivel 5. Aplicar correctamente esta herramienta facilitará en gran medida la implementación y el uso de gran parte del resto de las herramientas utilizadas en el despliegue de Lean Six Sigma.  
Conceptos como el takt time, WIP, lead times, ciclos de tiempo, colas, stocks y demás, utilizados en el VSM han de quedar claramente identificados para poder obtener una herramienta fiable.
- **Documentar la fase de medición:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de medición. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.

#### 5.3.4. Analizar

En la fase de análisis se trabaja con los datos obtenidos para determinar los factores críticos del proceso. Conociendo los factores críticos se pueden tratar las causas raíz que afectan a este.

Los procesos propuestos para esta etapa son los siguientes:

- **Análisis de datos:** Identificación de los cuellos de botella. Identificar desperdicios y procesos que no añadan valor añadido. Evaluar la repercusión de las posibles mejoras en la satisfacción del cliente.
- **Identificar factores críticos:** Es previsible que la gran mayoría de factores de los que se han tomado muestras sean susceptibles de mejorar. Sin embargo, es de vital importancia centrar los esfuerzos en aquellos factores que afecten de mayor manera al rendimiento del proceso y a los Key Performance Indicators (KPI).
- **Identificación de las causas:** Una vez determinados los factores críticos se ha de proceder a detallar las causas que los provocan.

- **Determinar las causas críticas:** Al igual que a la hora de tratar con los factores que afectan al rendimiento del proceso, se determinarán una gran cantidad de causas que desemboquen en problemas o en disminuciones de rendimientos. Por esto, es de gran importancia describir cuales son las causas de mayor importancia, no solo por el impacto en el proceso, sino también por la capacidad del equipo de mejora en disminuirlas.
- **Validar las causas:** Una vez determinadas las causas, se debe corroborar que su efecto es notable en el problema. Si el cambio de un factor no afecta al desempeño del problema, no es una causa raíz a mejorar mediante Lean Six Sigma.
- **Documentar la fase de Análisis:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de análisis. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.

### 5.3.5. Mejora

La etapa de mejora se enfoca en encontrar, ordenar e implementar las soluciones correctas.

- **Encontrar soluciones:** La búsqueda de soluciones se puede desarrollar con herramientas estadísticas.
- **Seleccionar mejoras:** Se deben seleccionar las mejoras que más repercusión tengan en los problemas identificados y evaluar la dificultad de la implementación de las soluciones. Implementación de las herramientas Lean Manufacturing de Lean Six Sigma.
- **VSM:** Se debe desarrollar el Value Stream Mapping futuro, es decir, aquel que represente la situación a la que se quiera llegar
- **Evaluación de mejoras:** Se ha de determinar si las mejoras han alcanzado los objetivos a los cuales se apuntó en la fase de definición.
- **Documentar la fase de Mejora:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de mejora. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.

### 5.3.6. Controlar

Tras conseguir las mejoras pertinentes, es necesario realizar un esfuerzo por mantenerlas en el tiempo. Es de sobra conocido que implementar mejoras no es de utilidad si estas no son continuistas y no se invierte en el mantenimiento de estas.

- **Estandarizar:** Una vez conseguidas las mejoras, se ha de estandarizar tanto dichas mejoras como los controles para el cumplimiento y mantenimiento de las mismas. Medidas estadísticas continuas para corroborar que se mantienen los objetivos establecidos a lo largo del tiempo.
- **Plan de control:** Se han de desarrollar las herramientas y procesos necesarios para establecer controles rápidos y efectivos en las mejoras involucradas del proceso.

- **Afianzar Lean Six Sigma:** Se ha de realizar un plan para establecer Lean Six Sigma como una nueva filosofía de trabajo. Entrenamientos a largo plazo, integración cultural Kaizen, mejorar los indicadores de calidad... etc.
- **Documentar la fase de Control:** Se debe realizar un documento en el que queden reflejados los datos e información recopilada en la fase de control. Esto permitirá un correcto seguimiento del despliegue y la posibilidad de retrotraer información en caso de que sea necesario.
- **Cerrar el proyecto:** Se da por finalizado el proyecto una vez se han alcanzado todos los objetivos. Se realiza un informe de este, adjuntado los procesos de documentación de todas las fases. Se ha de reflejar la repercusión de Lean Six Sigma en los KPI de la empresa.

## 5.4. Herramientas para el despliegue Lean Six Sigma

A continuación, se va a realizar un listado de las herramientas utilizadas en cada fase del despliegue del método Lean Six Sigma.

Hay una amplia variedad de herramientas utilizadas actualmente en Lean Six Sigma, y sigue aumentando el número de estas debido a la investigación y a los esfuerzos de mejora continua. Sin embargo, como ya se ha descrito, las PYMES pueden no disponer ni del tiempo ni de los recursos necesarios para implementar estas herramientas. Es por esto que se ha realizado una selección de aquellas herramientas que sean pilares fundamentales de la metodología para concentrar los esfuerzos de las PYMES en una mejora lo más rápida y efectiva que sea posible.

### 5.4.1. Herramientas para la fase de evaluación

Se van a presentar las herramientas cuya utilización es recomendada para esta fase:

#### 5.4.1.1. Realizar entrevistas

En esta fase se busca recopilar información empresarial. Para esto se propone realizar entrevistas con todo el personal que sea necesario: Alta dirección, dirección de calidad, operarios... etc. Se debe prestar especial atención a la comunicación llevada a cabo en estas entrevistas.

- **Lugar adecuado:** Se debe asegurar que la entrevista se lleva a cabo en un lugar adecuado en el cual no haya interrupciones y el interlocutor se sienta cómodo. Puede ser un despacho, una sala... etc. Dependiendo de las características del entrevistado.
- **Personas presentes:** Determinar si va a haber más personas presentes es un punto clave. En ocasiones la presencia de personas adicionales puede ayudar a generar ideas, pero también a cohibirlas o a condicionarlas.
- **Planificar las preguntas:** La entrevista ha de estar perfectamente enfocada. Se deben preparar las preguntas enfocando a cuál es la información que se desea obtener. Es importante guiar al entrevistado hacia las preguntas, aunque la información que pueda aportar y que no sea directa respuesta a estas también podrá ser útil.

- **Presentación:** Para una correcta comunicación el entrevistador se ha de presentar. Saber quién es y que busca ayuda a una mayor situación de comodidad y a una comunicación más clara.
- **Afianzar respuestas:** Para poder obtener toda la información que sea posible, se ha de utilizar técnicas de comunicación. Una vez el entrevistado responde a algo, se debe corroborar esa información devolviéndosela, pero con otro punto diferente. PE:

-Entrevistado: *“puedo dedicar más o menos la mitad de mi tiempo a la tarea”*

-Entrevistador: *“¿quiere decir que puede dedicar la mitad de la semana a esta tarea?”*

-Entrevistado: *“Más bien la mitad de cada jornada diaria. No puedo desatender durante media semana las demás tareas”*

Como se puede apreciar, la información sacada de la pregunta realizada es de mucho valor. Específica y afianza la información dada por el entrevistado.

- **Questionar la contraria:** Este es un método habitual utilizado en entrevistas para la obtención de información. Consiste en plantear el caso contrario expuesto por la persona que es entrevistada. PE:

-Entrevistado: *“Creo que podemos destinar dos ingenieros a esa tarea”*

-Entrevistador: *“¿Qué cree que ocurriría si no asignase dos ingenieros?”*

**Comentarios:** Una vez acabada la entrevista planificada, se puede proponer al entrevistado que realice algún comentario adicional que crea que pueda ser de provecho.

#### **5.4.1.2. Brainstorming:**

La lluvia de ideas en conjunto de personas es una herramienta dinámica utilizada habitualmente para obtener información y respuestas rápidas de un grupo de personas. La interacción de las ideas de las personas genera a su vez más ideas y sigue así sucesivamente.

#### **5.4.1.3. Rotación de ideas:**

Para evitar el condicionamiento que trae consigo el brainstorming, este método trata de aunar los beneficios de una generación de ideas individual y los de la generación de ideas grupales y trata de eliminar la falta de dinámica que implica la entrevista individual. Consiste en que cada participante apunte una idea que se le haya ocurrido. Una vez apuntada esta la pasará a la persona que este a su lado. Una vez recibida la idea de la persona de al lado, se debe anotar otra idea en el mismo papel y volver a rotar. De esta manera una persona se va exponiendo a diferentes ideas de sus compañeros, pero de forma individual. Esto origina una gran cantidad de ideas e incluso más variada que en el Brainstorming

#### **5.4.1.4. Análisis DAFO**

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una herramienta utilizada para el estudio de la situación de una empresa.

- **Análisis Interno:** Se estudian diferentes variables como producción, marketing, organización, recursos humanos, fianzas... etc. Para establecer las aptitudes internas de las empresas en dos grupos
  - Fortalezas
  - Debilidades
- **Análisis Externo:** Análisis del entorno empresarial de la compañía. Se incluyen todos aquellos aspectos que no dependan directamente de la empresa pero que afectan a esta. Se estudia el mercado, el sector, la competencia y el entorno.
  - Oportunidades
  - Amenazas

Se establecen cuatro tipos de estrategias a establecer tras haber realizado la Matriz DAFO:

- **Estrategia defensiva:** La compañía está preparada para las amenazas. Se debe reducir la cuota de mercado, maximizar y proteger la rentabilidad de los clientes.
- **Ofensiva:** La empresa está en condiciones de crecer y mejorar su posición en el mercado. Se deben potenciar las fortalezas.
- **Supervivencia:** Si las amenazas externas son cuantiosas, la empresa precisa de organización para afrontarlas. Se recomienda prudencia y paciencia.
- **Reorientación:** Se buscan nuevas oportunidades. Esto incluye cambios de cultura, creación de nuevas políticas.... Etc. (28)



Ilustración 47: Matriz DAFO

## 5.4.2. Herramientas para la fase de definición

Se van a presentar las herramientas a utilizar en esta fase:

### 5.4.2.1. *VOC (Voice Of the Customer)*

Es un método que sirve para interpretar las expectativas y preferencias del cliente con el producto. También permite:

- Medir regularmente las iniciativas de experiencia de cliente
- Retener a los clientes y captar nuevos
- Solucionar los problemas de forma más eficiente
- Maximizar la eficiencia de tu operación
- Priorizar las iniciativas que tengan un mayor impacto
- Proveerte de ideas para ofrecer lo que realmente desean tus clientes

Dispone de las siguientes herramientas:

- Encuestas de evaluación al cliente sobre los servicios recibidos
- Recogida de feedback desde foros, redes sociales...
- Crear grupos de clientes y realizar reuniones periódicas
- Genera eventos en el sector del cliente
- Investigación del mercado
- Abrir un canal de sugerencias
- Control de quejas y reclamaciones
- Los propios empleados son una buena fuente de información

### 5.4.2.2. *SIPOC*

SIPOC es una herramienta de identificación de elementos clave en los procesos. Es de alta utilidad a la hora de asegurar que todo el personal necesario comprendan el proceso. Se realizan las siguientes preguntas:

- ¿Para qué Stakeholder existe este proceso?
- ¿Qué valor crea? ¿Qué salidas produce?
- ¿Quién es el dueño del proceso?
- ¿Quién provee entradas a este proceso?
- ¿Qué son las entradas?
- ¿Qué recursos utiliza este proceso?
- ¿Qué pasos crean el valor?
- ¿Existen subprocesos con puntos de inicio y fin naturales? (22)ç

Se crea de la siguiente manera (22):

- Crear un mapa simple de alto nivel del proceso
- Identificar las salidas del proceso
- Identificar los clientes que reciben las salidas del proceso
- Identificar las entradas necesarias del proceso para obtener las salidas
- Identificar a los proveedores de las entradas
- Limpiar y organizar la lista analizando, replanteando, combinando, moviendo, etc.
- Crear el diagrama SIPOC
- Revisar el diagrama SIPOC con el dueño del proceso y modificarlo si es necesario

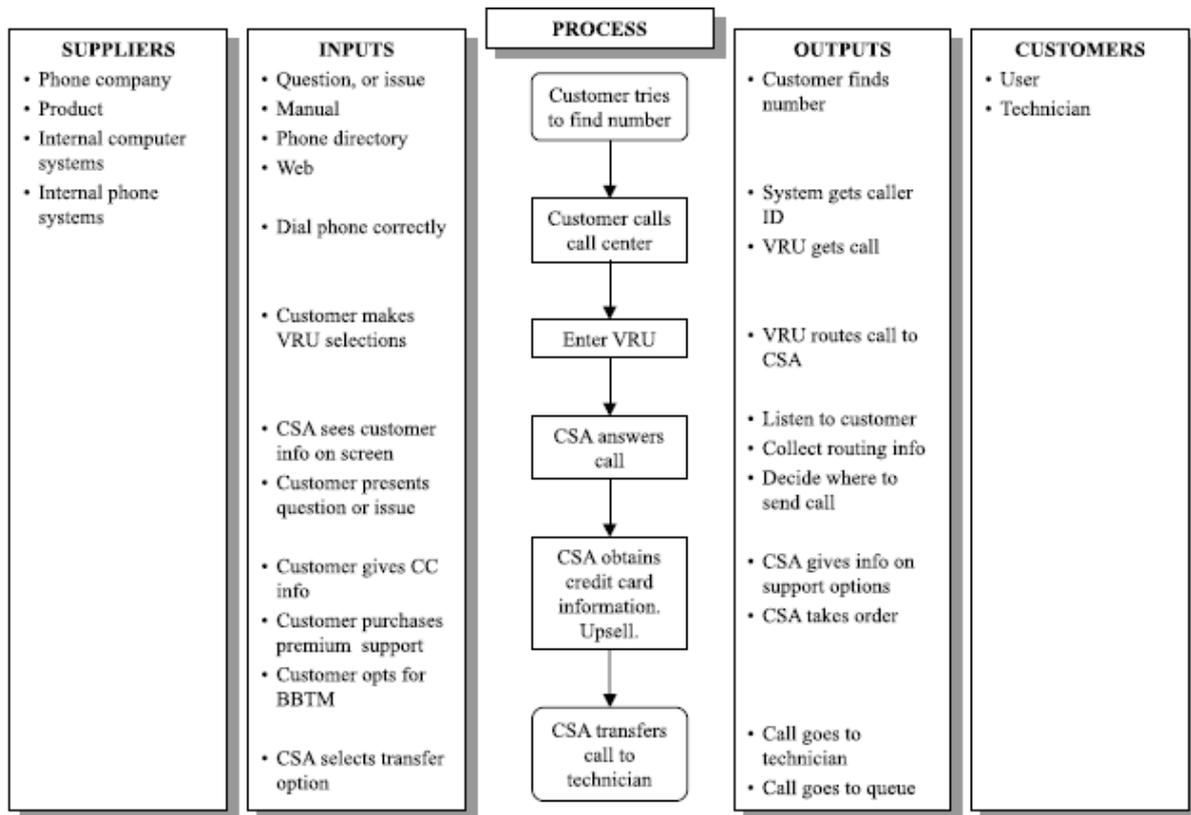


Ilustración 48: Ejemplo diagrama SIPOC (22)

### 5.4.2.3. Modelo de Kano

El modelo de Kano es una teoría de satisfacción del cliente. Se clasifica las preferencias del cliente final en cinco diferentes

- **Calidad atractiva:** Son aquellos que sorprenden al cliente, este los valora pero no castiga su ausencia. Con estos valores la empresa puede sobrepasar las expectativas del cliente. Podría considerarse como calidad atractiva la disponibilidad de WIFI en lugares públicos, en autobuses, en un modelo de coche... etc.
- **Calidad básica:** Son las características mínimas con las que debe de contar el producto. Debe satisfacer las mínimas necesidades que el cliente exige. La ausencia de esta característica produce una alta insatisfacción. Que un teléfono no pueda sacar fotos, o que no reproduzca música, por ejemplo
- **Calidad deseada:** Son conocidos como cualidades de rendimientos. Son aquellos que pueden marcar la diferencia con la competencia. La memoria de un teléfono móvil, la potencia de un automóvil... etc.
- **Calidad indiferente:** Son cualidades que no afectan a la satisfacción del cliente. Por ejemplo, la calidad del envase del brick de leche.
- **Calidad de rechazo:** Se perciben como aspectos negativos por el cliente. Envases poco ergonómicos, cerraduras bajas... etc.

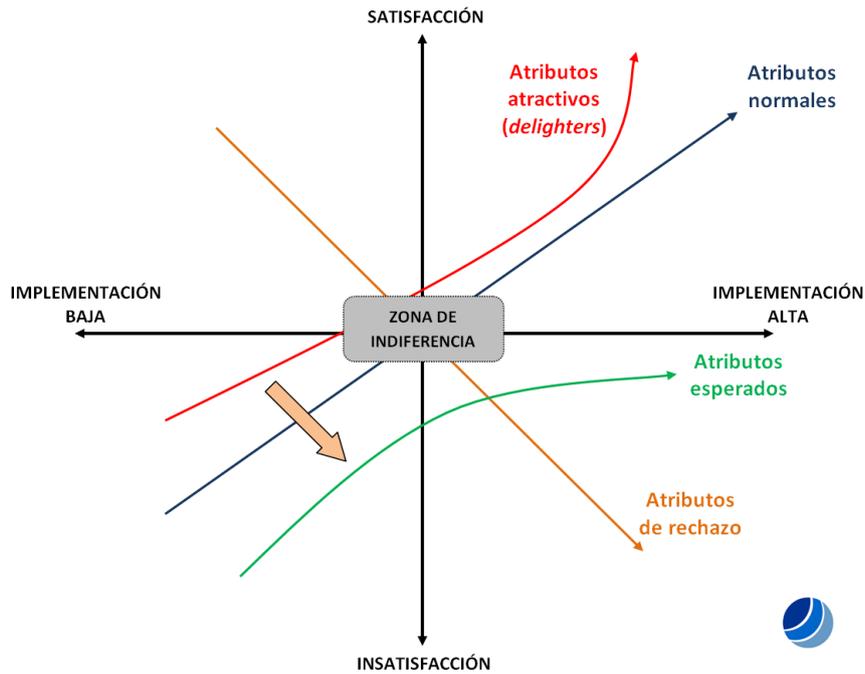


Ilustración 49: Modelo De Kano

#### 5.4.2.4. CTQ (Critical to Quality)

Conocido en castellano como el árbol crítico de la calidad, este diagrama muestra los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto de forma cuantitativa y cualitativa. (29). Es necesario identificar al cliente, las necesidad críticas, los controles de calidad y los requisitos de rendimiento. Se debe jerarquizar prioridades y eliminar rasgos no fundamentales. El árbol CTQ viene trasladado directamente desde el VOC.

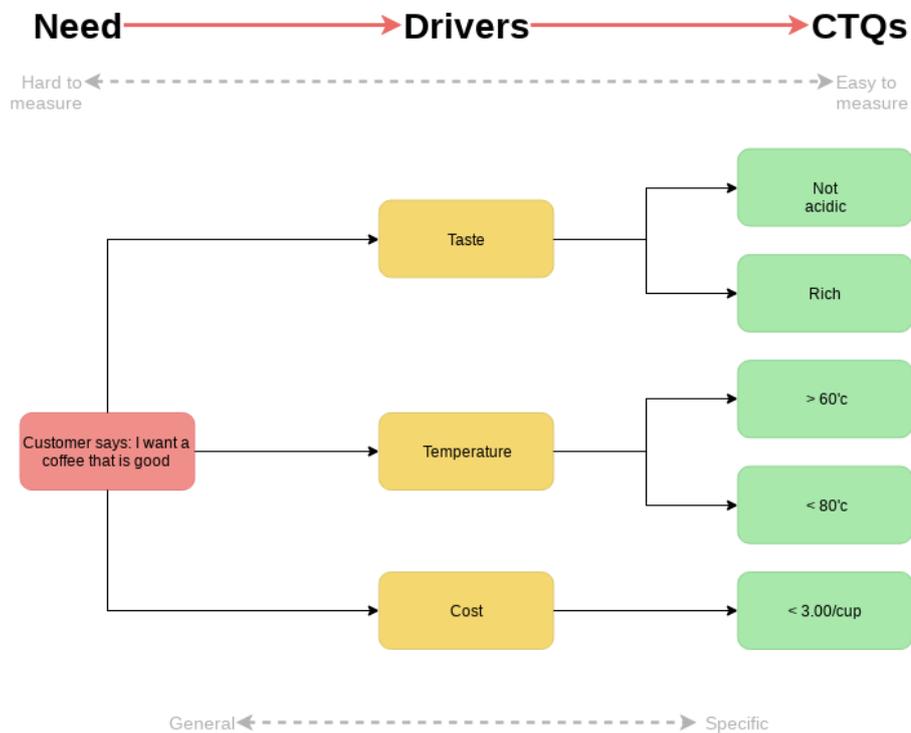


Ilustración 50: Ejemplo árbol CQT

### 5.4.3. Herramientas para la fase de medición

Se van a presentar una serie de técnicas y herramientas para la fase de medición.

#### 5.4.3.1. Gage R&R

A la hora de realizar mediciones para controles de calidad, es necesario estandarizar estas. Gauge R&R se basa en los conceptos de reproducibilidad y repetibilidad para establecer un estándar en las mediciones y poder afianzar que estas son fiables. Gage R&R es una metodología usada para evaluar los sistemas de medición por atributo. Cuantifica el error de medición debido a repetibilidad reproducibilidad y calibración.

- Precisión:
  - Repetibilidad: Cantidad de la variabilidad provocada por el sistema de medición
  - Reproducibilidad: Cantidad de la variabilidad es provocada por los operarios a cargo de medir
- Exactitud: Es la diferencia entre la medición promedio observada y el valor de referencia.
  - Estabilidad: Exactitud en el tiempo
  - Linealidad: exactitud a través del rango de medición
  - Resolución

Se procede en siete pasos:

1. Reunir equipo e introducir los conceptos de R&R por atributos
2. Tomar como mínimo treinta muestras. Quince muestras buenas y quince muestras malas
3. Identificar los inspectores que se planea utilizar para el análisis
4. Calibrar los instrumentos para el estudio: Linealidad, estabilidad y exactitud.
5. Explicar a los inspectores el propósito del análisis, y que el sistema está bajo evaluación, no las personas
6. Cada inspector deberá inspeccionar las muestras en orden aleatorio e independientemente una de otra
7. Repetir el paso cinco una segunda vez y asegurarse de que cada operador inspeccionó cada muestra dos veces. No se debe permitir que los inspectores inspeccionen las muestras consecutivamente. Para cerciorarse, se puede introducir una demora entre la primera y la segunda medición.
8. Utilizar software específico (Excel Attribute Gage R&R, Minitab... etc.) para analizar resultados
9. Elaborar conclusiones y realizar cambios

#### 5.4.3.2. Value Stream Mapping Actual (VSM)

Se va a prestar especial atención a esta herramienta ya que, como se ha analizado anteriormente, es una herramienta clave para agilizar la implementación de otras herramientas utilizadas en Lean Six Sigma.

El Value Stream Mapping es una herramienta gráfica que permite la rápida visualización de un proceso. Permite detallar completamente el flujo de materiales e información desde que un bien sale del proveedor hasta que se procesa y finalmente llega al cliente. Su realización se concreta en los siguientes pasos:

1. **Identificar la familia de productos a dibujar:** Se puede utilizar una matriz de producto-proceso para identificar las familias de productos. “Una familia de productos son aquellos que comparten tiempos y equipos cuando pasan a través de los procesos” (30)

		Etapas del proceso (Flujo ---->)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Productos	A	X	X		X	X		X	X	X
	B	X	X		X	X		X	X	X
	C	X		X		X	X		X	
	D			X		X	X		X	
	E	X		X		X	X		X	
	F	X	X		X	X		X	X	X
	G	X		X		X	X		X	

Ilustración 51: Matriz producto proceso

2. **Realizar un VSM del estado actual:** El objetivo es definir desde el punto de vista del flujo de valor. Se debe obtener información sobre las actividades que añaden y que no añaden valor al producto. Se deben analizar tanto actividades laborales como flujos de información. Se debe obtener esta información de manera autónoma por el equipo asignado a la labor, siendo este el que efectúe las medidas pertinentes.

Se deben recoger los siguientes datos de cada proceso involucrado:

- **Tiempo de ciclo:** Tiempo que transcurre desde que se inicia un producto hasta que está disponible para pasar al proceso siguiente.
- **Takt time:** A que ritmo se debe producir en tiempo dependiendo de los requerimientos y de la frecuencia con la que los clientes compran:

$$Takt(seg/pieza) = \text{Tiempo disponible}(seg/día) / \text{Demanda}(piezas/día)$$

- **Tiempo de valor agregado:** tiempo en el cual el producto está siendo transformado añadiéndole valor
  - **Número de personas:** Número de personas necesarias para realizar el proceso
  - **Tiempo disponible:** Tiempo disponible durante la jornada de trabajo
  - **Tiempo de utilización:** es el tiempo que las máquinas o los operarios están ocupados dentro del tiempo de ciclo
  - **Lead Time:** Tiempo límite que un producto debe pasar como máximo en el proceso para entregarlo al proceso siguiente y que se cumpla el plazo de entrega.
  - **Stock:** Niveles de inventario que hay antes y después de cada proceso
  - **Flujos de información:** Datos sobre el manejo de la información en la fábrica: Como se recibe, como se envía, como se comunica en la planta... etc.
  - **Problema:** Tiempos muertos, falta de información... etc.
3. **Elaboración del mapa:**
- Proveedores, clientes y flujos de información.
  - Medios de transporte
  - Secuencia de la información de tiempo de ciclo, tiempo de cambio, disponibilidad, tiempo disponible e inventarios

- d. La escalera de tiempos con valores agregados (escalones bajos) y sin valor agregado (escalones altos). Los inventarios en espera son parte de los tiempos sin valor.
- e. Se calcula el tiempo takt en relación a los escalones bajos y el lead time.

La simbología del VSM trata de la siguiente:



Ilustración 52: Simbología VSM 1



Ilustración 53: Simbología VSM 2



Ilustración 54: Simbología VSM 3

La estructura gráfica final del VSM actual quedaría tal que:

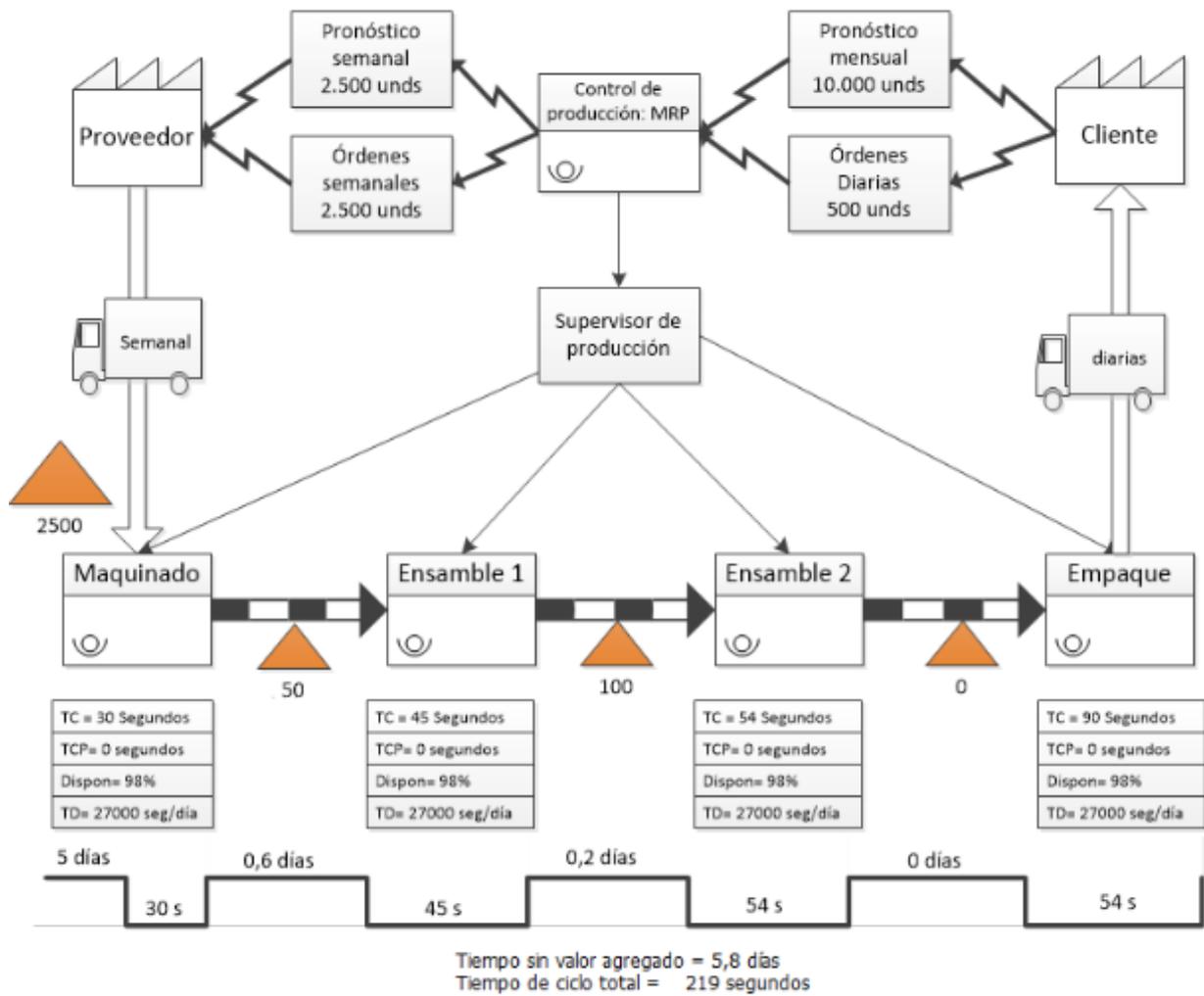


Ilustración 55: Ejemplo VSM actual

Aunque la elaboración del VSM contiene más pasos, estos van a ser los que se efectúen en la fase de medición.

### 5.4.3.3. Identificación de Key Performance Indicators (KPIs)

Los Key Performance Indicators son medidas del rendimiento de los procesos. Deben de tener las siguientes características:

- Específicos: Necesita estar acotado
  - ¿Qué se desea conseguir?
  - ¿Qué motivos o beneficios específicos se tiene para ello?
  - ¿Quién lo va a conseguir?
  - ¿Dónde se va a hacer?
  - ¿Qué se necesita para hacerlo?
- Medibles: Se debe poder medir y establecer medidas de cálculo. Como bien es sabido, aquello que no se puede medir no se puede mejorar
- Alcanzables: Los KPI deben ser asequibles, se deben de tener en cuenta los recursos de los que se dispone, tanto en recurso como en tiempo.
- Relevantes: Se debe hacer énfasis en aquellos KPI que sean más relevantes para el rendimiento del proceso
- Relacionados al tiempo: Se debe establecer una planificación temporal para ellos.

A estas especificaciones para los KPI se la conoce como SMART



Ilustración 56: SMART KPI

## 5.4.4. Herramientas para la fase de análisis

Se van a presentar una serie de herramientas para la fase de análisis del despliegue Lean Six Sigma para PYMES.

### 5.4.4.1. Diagrama Ishikawa

Es una herramienta que busca relacionar visualmente las variables causa-efecto.

1. Identificar el problema o el efecto
2. Establecer las causas
3. Jerarquizar esas causas, por categorías
4. Categorizar causas principales
5. Ubicar causas secundarias y terciarias

Se puede tomar como base para comenzar el diagrama las 6M de procesos productivos, pero sin olvidar que es una base, y que puede limitar la utilidad real del diagrama.

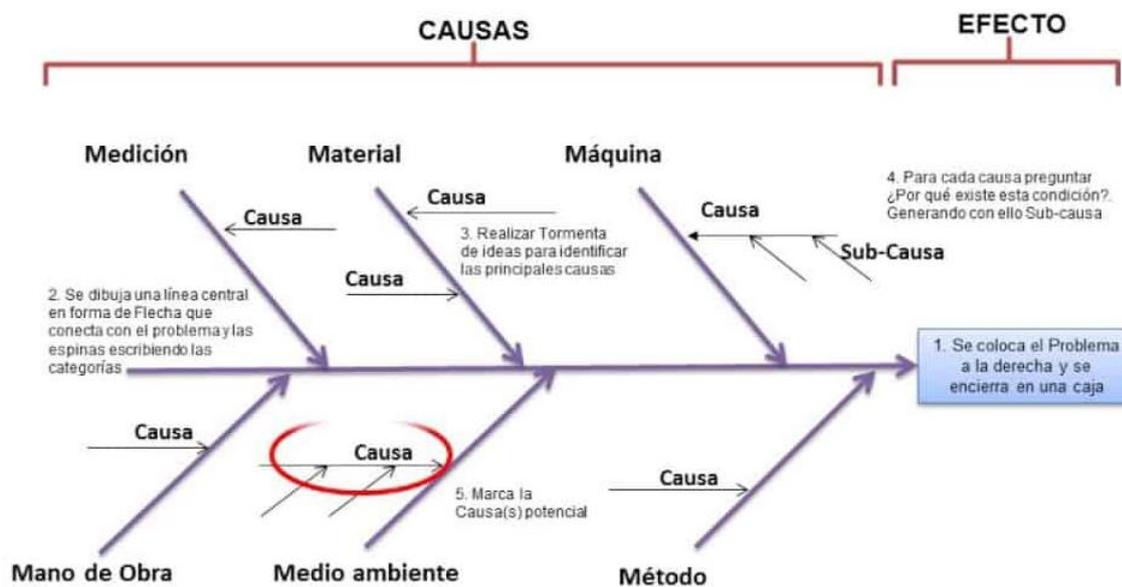


Ilustración 57: Diagrama Ishikawa

### 5.4.4.2. Diagrama de Pareto

La regla de Pareto explica que el 80% de las consecuencias de un fenómeno está provocado por el 20% de las causas.

El diagrama de Pareto permite

- Mejora continua
- Analizar cambios
- Analizar y priorizar problemas

Se debe hacer:

1. Definir que se desea hacer, cual es la situación o problema a analizar
2. Definir cuáles son las causas o factores que se van a analizar
3. Recolectar todos los datos
4. Ordenar los datos recolectados de mayor a menor
5. Graficar en cuanto al valor acumulado

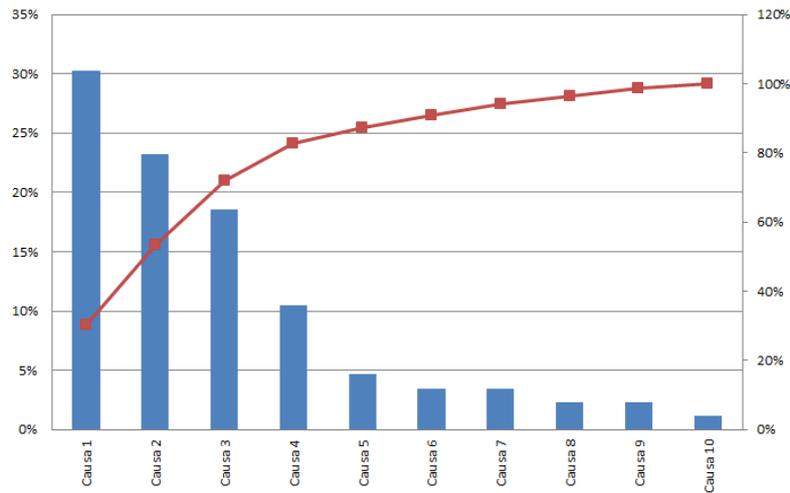


Ilustración 58: Diagrama de Pareto

De esta manera, es más sencillo optimizar esfuerzos en aquellas causas que afectan más al problema.

#### 5.4.4.3. 5 Why's

Como se ha explicado anteriormente en el contexto, la técnica de los cinco porqués ayuda a llegar a la causa raíz de un problema. Planteando una y otra vez, de forma repetitiva, de donde surge el problema, se podrá hallar una causa primaria y así actuar sobre ella pudiendo solventar el problema de una manera más eficaz

#### 5.4.4.4. AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos)

Es una herramienta que consiste en sistematizar el estudio de un proceso o producto, identificar los puntos de fallo potenciales y elaborar planes de acción.

Tendrá los siguientes puntos:

##### Operación o función

Se determina la operación o función sobre la que se quiere implantar el AMFE

##### Nº fallo

Se numeran las causas del modo de fallo para identificarlos

##### Modo de fallo

Se determinan los tipos de fallo que se pueden dar: Fallo de soldadura, fallo de montaje, exceso de contaminación...

##### Efecto

Se determina cual puede ser el efecto provocado por el modo de fallo: Retraso en la producción, problemas de salud, ruidos...

##### Causas del modo de fallo

Se abstrae el problema y se trata de hallar la causa raíz del modo de fallo (las causas del modo de fallo son las que se enumeran para identificarlas fácilmente)

## Medidas de ensayo y control previstas

Se suele añadir este apartado para reflejar las medidas de control y verificación existentes.

## Gravedad

Se determina la importancia del efecto del modo de fallo sobre el cliente. Se puede valorar de 1-10 o de 1-5

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Ilustración 59: Sistema de evaluación de gravedad

## Frecuencia

Se determina la frecuencia en la cual puede aparecer una causa potencial de fallo.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Ilustración 60: Sistema de evaluación de la frecuencia

## Detectabilidad

Indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo sea detectado con antelación suficiente para evitar daños

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente . Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Ilustración 61: Sistema de evaluación de la Detectabilidad

### IPR (Índice de prioridad de riesgo)

Es el producto de Gravedad\*Frecuencia\*Detectabilidad. Se debe calcular para todas las causas de fallo. Un IPR menor que 100 (Cogiendo como espectro de valor e 1-10) no requerirá de acción correctora. Ofrece una primera impresión de la importancia del modo de fallo

### Acción correctora

Se describe la acción correctora propuesta

### Responsable y plazo

Se determina el responsable y el plazo

### Acciones implantadas

Apartado opcional que facilita el seguimiento y el control

ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.)																		
AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>		DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE		Hoja:								
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:				COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN		FECHA INICIO:		FECHA REVISIÓN:						
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL			ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA								
		MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G			D	IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR		
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para gar antizar geometría	Proyectos / Antiproyecto							
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, giretas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.7			Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Antiproyecto							
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Antiproyecto							

Ilustración 62: Análisis AMFE

#### *5.4.4.5. Análisis de Capacidad*

Como se ha explicado anteriormente, el análisis de capacidad e un sistema, es una herramienta aportada por Six Sigma que nos permite conocer el rango de aceptabilidad y de precisión que tiene la empresa al producir. Se establecen los límites aceptables, las tolerancias que el cliente requiere y se determina cuantas de las piezas producidas cumplen esos requisitos.

#### *5.4.4.6. ANOVA (Analysis Of Variance)*

Técnica estadística utilizada para comparar grupos de medidas, se suele emplear para establecer semejanzas y diferencias entre grupos. Es de gran utilidad a la hora de analizar la viabilidad de alternativas.

#### *5.4.4.7. Contraste de hipótesis*

El contraste de hipótesis es una herramienta que, tal y como se ha explicado en el contexto, permite realizar un análisis estadístico sobre las probabilidades de que una determinada hipótesis sea cierta. Determinando errores tipo I y tipo II se puede realizar un estudio matemático sobre las probabilidades de acierto.

#### *5.4.4.8. DOE (Design Of Experiments)*

Una utilización de la metodología DOE, tal y como se ha explicado anteriormente, conduce a obtener un modelo de predicción eficaz. De esta manera se podrán planificar los cambios y entender las variaciones de una manera más precisa.

Herramientas para la fase de mejora

Se van a presentar las herramientas propuestas para la fase de mejora. Estas han de ser aplicadas tal y como haya sido decidido anteriormente.

#### *5.4.4.9. Método 5s*

Esta herramienta tiene el objetivo de generar lugares de trabajo más ordenados y más limpios para lograr mayor productividad.

1. Seiri – Despejar: Separar necesarios de innecesarios. Cabe destacar la dificultad de definir como innecesario algo que no se está utilizando pero que se cree que se podría llegar a utilizar
2. Seiton – Ordenar: Situar necesarios, asignar y repartir de forma que sea fácil y rápido de acceder. Identificación de los útiles
3. Seiso – Suprimir suciedad: La suciedad da lugar a incomodidad para trabajar, se debe evitar las generaciones de suciedad y planificar limpiezas. La actividad de no ensuciar debe estar en la lista de todo trabajador.
4. Seiketsu – Señalar anomalías: Ser capaz de identificar visualmente y de una manera rápida las actividades y los funcionamientos.
5. Shitsuke – Seguir mejorando: Crear estándares y mantenerlos. Comparar el antes y después y señalar las mejoras.

#### *5.4.4.10. Kanban*

El sistema de gestión de procesos que ofrece Kanban es una manera altamente eficaz de mejorar el sistema de trabajo de las empresas. Invirtiendo tiempo en la implementación de esta herramienta se ahorrarán desperdicios en los movimientos y en el requerimiento de piezas o trabajos en el ámbito interno de la empresa.

#### *5.4.4.11. Poka-Yoke*

La filosofía Poka-Yoke ofrece una manera fiable de evitar errores humanos en los procesos de la empresa y esto se traduce en evitar despilfarros.

#### *5.4.4.12. SMED*

El ahorro de tiempo que propone la filosofía SMED se traduce directamente en los beneficios de la empresa. Es una herramienta beneficiosa y sus efectos repercuten rápidamente en la empresa.

#### *5.4.4.13. Modelo 3M*

La aplicación del modelo 3M representa un cambio en la cultura de trabajo, identificando los desperdicios en la empresa y así estableciendo una filosofía de mejora que repercute directamente en los beneficios de la empresa.

#### *5.4.4.14. 8D (8 disciplinas)*

La metodología 8D ayuda a identificar y eliminar dificultades o errores dentro de un sistema operativo. (31)

- Disciplina 1: Forma un equipo de trabajo.
  - Miembros pertenecientes: producto, producción y datos.
  - Utilizar enfoques basados en datos reales sobre el problema
  - Lluvias de ideas para la observación
  - Asignar un líder
  - Determinar a quien se encargará de aprobar los avances y las soluciones
- Disciplina 2: Determinar el problema
  - 5 ¿Why?
  - Plantear el problema

- Diagrama de afinidad
- Diagrama Ishikawa
- Determinarlo que “es” lo que “no es”
- Descripción del problema
- Disciplina 3: Solución provisional, contención de acción
  - Se debe aplicar una acción de contención la cual se deberá retirar una vez se implemente la solución definitiva
- Disciplina 4: Análisis de las causas
  - Crear una lluvia de ideas con las posibles causas
  - Recopilar datos para determinar la causa exacta
  - Emplear un diagrama de flujo para evaluar cada uno de los procesos y determinar cuellos de botella o áreas de oportunidad
- Disciplina 5: Acciones correctivas permanentes
  - Establecer estándares óptimos que se deberán cumplir
  - Realizar un análisis de tipos de problema
  - Seleccionar la mejora permanente
  - Evaluar la eficacia de la mejora
- Disciplina 6: Implementar y dar seguimiento a la acción correctiva permanente
  - Desarrollar el plan de proyección y ejecución
  - Comunicar el plan a aplicar a las áreas involucradas
  - Validar las mejoras
- Disciplina 7: Prevención de problemas
  - Verificar los procesos y productos similares
  - Desarrollar procedimientos para detectar problemas de forma preventiva
  - Establecer estándares de trabajo, implementación y desarrollo de las soluciones permanentes
  - Asegurar que los procesos de control de calidad estén actualizados
- Disciplina 8: Cierre y reconocimiento de esfuerzo a todos los involucrados
  - Resguardar los documentos y el historial para futuras referencias
  - Documentar las lecciones aprendidas
  - Comparación del antes y el después
  - Celebrar el éxito y reconocer el esfuerzo de todos

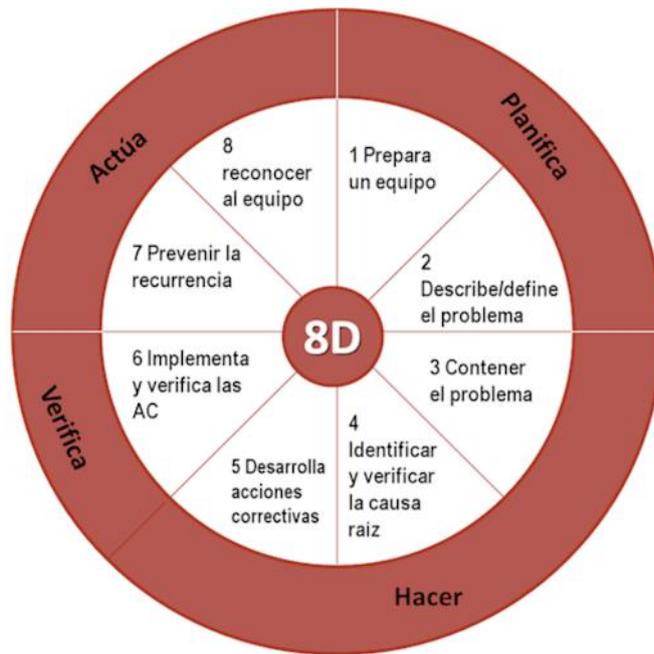


Ilustración 63: Las 8D's

#### 5.4.4.15. A3 Report

A3 report es una herramienta de resolución de problemas utilizada en Lean Manufacturing. Facilita el aprendizaje organizativo y cataliza la implantación de acciones de mejora. (32). Tendrá las siguientes secciones:

- Antecedentes: Clarifica el problema y agrega contexto
- Situación actual: Muestra una visión general del proceso y cuantifica la dimensión del problema
- Objetivos de mejora: Establecer los objetivos concretos de mejora
- Análisis de las causas: Se emplea el diagrama de causa-efecto y los 5 ¿Why?
- Acciones de mejora: Se diseñan acciones específicas y se miden los resultados a nivel cuantitativo
- Plan de acción: Desarrollar el plan de acción con las acciones muy detalladas, determinando responsables únicos, que se espera obtener con cada medida y la fecha prevista de inicio y fin.
- Seguimiento de resultados: Determinar de los indicadores adecuados para verificar los efectos de las medidas adoptadas.

#### 5.4.4.16. Sistema Pull

El sistema pull tiene como objetivo principal el reparto uniforme de las órdenes de producción a lo largo de un periodo dado de tiempo. Requiere de la información de la demanda del cliente a corto, medio y largo plazo (15).

Fue introducido por TOYOTA. La empresa no produce un producto hasta que el cliente lo demande, de esta manera se optimizan y se regulan los inventarios. Se trata de alinear la producción real con la demanda

PUSH	PULL
▪ Lotes grandes (tamaño fijo o variable)	▪ Lotes Pequeños (tamaño fijo)
▪ Etapas de proceso desconectadas	▪ Etapas de procesos conectadas por bucles de abastecimiento
▪ Stocks Altos	▪ Stocks Bajos (ajustados a demanda)
▪ Lead Time largo	▪ Lead Time corto
▪ Flexibilidad baja	▪ Flexibilidad alta
▪ Demanda y órdenes de producción bajo pedido.	▪ Análisis y Previsión de la demanda vs. gestión de stocks
▪ Planificación sobre cada etapa de proceso	▪ Planificación única sobre Secuenciador

Ilustración 64: Push vs Pull

#### 5.4.4.17. Ocho desperdicios

Se deben reducir los desperdicios de los que dispone la empresa. Para esto, se puede enfocar esfuerzos de una manera más efectiva si se toman los desperdicios clasificados en los ocho grupos: Talento no utilizado, Inventario, Movimientos, Esperas, Transportes, Defectos, Sobreproducción y Sobre procesamientos.



Ilustración 65: 8 Wastes

#### 5.4.4.18. JIT (Just In Time)

### 5.4.5. Herramientas para la fase de control

#### 5.4.5.1. SPC (Statistic Process Control)

Se pretende controlar los procesos mediante métodos estadísticos

- Muestreo aleatorio
  - Simple: Seleccionar elementos que tengan la misma posibilidad de ser seleccionados: Sortear los números de serie de las piezas



1. Realizar la tarea
2. Anotar todos los aspectos de la tarea
3. Crear un video de la realización de la tarea
4. Crear una forma sencilla de acceder a ello
5. Compartir con los miembros de equipo

## 6. Mejora del despliegue Lean Six Sigma para PYMES

Para finalizar el proyecto, se pretende aplicar la metodología Lean Six Sigma para esta descripción de la solución. Es decir, comprobar que la solución descrita es funcional, tratar de implementar mejoras a esta solución y finalmente controlar las mejoras del despliegue propuesto. Para esto se pretende realizar encuestas allí donde se haya realizado la implementación de Lean Six Sigma para PYMES.

Se pretende en primer lugar recabar información sobre la empresa en la que se ha desplegado la metodología. La alta dirección deberá contestar las siguientes preguntas:

¿Número de trabajadores de la empresa?	
Ámbito en el que trabaja la empresa	
País en el que trabaja la empresa	

Tabla 1: Datos a rellenar

Con esta información se podrá clasificar la empresa para posteriormente analizar correctamente los datos reflejados en las siguientes encuestas.

Se va a comenzar a analizar la metodología de asignación de roles que se propone en este proyecto. Para este propósito se deberá rellenar, siendo 1 muy sencillo y 5 muy complicado, la siguiente tabla:

Pregunta	Puntuación				
¿La estructura jerárquica adoptada ha sido la principal (1) o la alternativa (5)?	1	2	3	4	5
Dificultad para establecer el ejecutivo	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del ejecutivo	1	2	3	4	5
Dificultad para establecer el champion	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del champion	1	2	3	4	5
Dificultad para escoger el Master Black Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para escoger el Black Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del Black Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para escoger el Green Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del Green Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del personal de mejora continua	1	2	3	4	5

Tabla 2: Encuesta de jerarquía

Con esto, se podrá determinar si la metodología está bien enfocada a la hora de establecer la jerarquía. Se puede conocer si hace falta hacer hincapié en algunos roles. Junto con esto, también se va a especificar el desempeño de los roles a lo largo de la implementación de la metodología. Se hará de la siguiente manera:

Pregunta	Puntuación				
Dificultad para desarrollar las tareas del ejecutivo	1	2	3	4	5
Dificultad para desarrollar las tareas del Champion	1	2	3	4	5
Dificultad para desarrollar las tareas del Black Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para desarrollar las tareas del Green Belt	1	2	3	4	5
Dificultad para desarrollar las tareas del personal de mejora continua	1	2	3	4	5
Dificultad para asimilar las tareas del personal de mejora continua	1	2	3	4	5

Tabla 3: Encuesta de las tareas a realizar

El siguiente paso es evaluar el despliegue Lean Six Sigma. Para ello se deberá rellenar la siguiente tabla:

Pregunta	Puntuación				
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de evaluación?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la evaluación?	1	2	3	4	5
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de definición?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la definición?	1	2	3	4	5
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de medición?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la medición?	1	2	3	4	5
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de análisis?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la fase de análisis?	1	2	3	4	5
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de mejora?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la mejora?	1	2	3	4	5
¿Ha sido sencillo enfocar la fase de control?	1	2	3	4	5
¿Cuál ha sido la dificultad de llevar a cabo la fase de control?	1	2	3	4	5

Tabla 4: Encuesta de fases

Con estos datos se podrá determinar en qué fases ha encontrado la empresa sus mayores dificultades y de esta manera será posible afinar el enfoque para siguientes implementaciones.

Por último, se procederá a contestar a las siguientes preguntas siendo 1 muy poco y 5 mucho:

Pregunta	Puntuación				
¿Ha sido aceptada la cultura Lean Six Sigma?	1	2	3	4	5
Impacto de la implantación Lean Six Sigma en la filosofía de trabajo	1	2	3	4	5
Repercusión económica de Lean Six Sigma	1	2	3	4	5
Utilidad de Lean Six Sigma	1	2	3	4	5

Tabla 5: Encuesta de resultados

Los datos recabados por estas encuestas son de gran utilidad si se propone mejorar no solo la implementación sino también el funcionamiento de la metodología. El valor de la información reside en poder identificar de manera clara cuales son los puntos más débiles de esta implementación de Lean Six Sigma para PYMES. Conociendo estos puntos se puede flexibilizar el diseño de la solución adaptando este a las necesidades de cada organización. En caso de observar una excesiva dificultad en ciertas fases y una facilidad en otras, una reasignación de recursos ayudará al correcto funcionamiento de esta implementación.

Por otro lado, analizando las encuestas rellenadas por cada empresa, se podrán obtener datos de diferentes implementaciones en empresas de diferente tamaño y ámbito. Esto será de gran utilidad para perfeccionar el método propuesto. Si las encuestas reflejan tendencias como por ejemplo dificultades en la fase de análisis, se puede reenfocar la solución para adaptarla al feedback ofrecido por las empresas.

En cualquiera de los dos casos, la información de las encuestas permite mejorar los resultados del despliegue Lean Six Sigma y por eso es un elemento a tener en cuenta.

## 7. Conclusiones

---

La metodología Lean Six Sigma es un conjunto de técnicas y herramientas muy extensas. La cantidad de conocimientos que aporta abarca tanto herramientas sencillas como complejas y además está en continua evolución. Es por esto que ha sido necesario realizar un trabajo de síntesis para conocer y asimilar las bases tanto de Lean Manufacturing como de Six Sigma, ambas por separado, para posteriormente comprender el funcionamiento de Lean Six Sigma.

Lean Six Sigma comparte la filosofía de mejora continua de Lean Manufacturing y la cultura de trabajo alrededor de los datos obtenidos que aporta Six Sigma. Es por esto que una correcta implementación de Lean Six Sigma puede realizarse de una manera que las técnicas lean ayuden y agilicen las técnicas de Six Sigma y que estas respalden con datos las mejoras que Lean Manufacturing consigue alcanzar.

Los beneficios que aporta esta metodología es tal que está en constante cambio, buscando mejorándola. Asignando más recursos y de manera más dedicada, invirtiendo en métodos de cálculo más detallados, formando al personal... etc. Tanto es así que la magnitud de Lean Six Sigma solo es limitada por los recursos que son asignados a ella. Es por esto que, siendo los recursos un factor crítico a la hora de implementar Lean Six Sigma, se considera necesario establecer diferentes alternativas de implementación.

En este caso, siendo las PYMES las que representan la mayor cantidad de empresas en España y disponiendo estas de una mayor limitación de recursos, ajustar una implementación Lean Six Sigma para este tipo de empresas puede ayudar no solo a una implementación más satisfactoria, sino a una mayor propensión a implementarla.

Las herramientas y los roles aportados por Six Sigma, en mayor manera que Lean Manufacturing, requieren de una gran cantidad de conocimientos y recursos. Sin ir más lejos, conseguir un empleado con un certificado Master Black Belt requiere una cantidad de recursos elevada. Adaptando la necesidad de un Master Black Belt a una PYME, se ha propuesto subcontratar a una consultoría sus servicios. Este tipo de adaptación es un buen ejemplo de la propuesta del proyecto.

Se ha cribado las herramientas disponibles para obtener aquellas más útiles, aquellas de las que, aportando ciertos recursos, se pueda obtener una mayor mejora. Para ello ha sido clave la tesis de Ana Laura Martínez *“Metodología de despliegue Lean Six Sigma Basada en sistemas suaves”* (26). De esta tesis se ha obtenido una clasificación de las herramientas que faciliten la implantación de otras. Ha sido de gran utilidad para optimizar la implementación, sabiendo que el VSM es la herramienta pilar que ayuda a la implementación de las demás tal y como se ha descrito.

Si a la condición diferenciadora de las PYMES le añadimos la actual situación de alerta por COVID, se hace aún más acusada la necesidad de adaptación y evolución empresarial. Se han creado nuevas situaciones, el teletrabajo se ha convertido en una nueva realidad para muchos empleados, la necesidad de horarios flexibles ha requerido que la empresa adapte sus necesidades a las de sus empleados, la precaución para evitar contagios ha modificado la forma de trabajo de una cantidad importante del personal empleado. Estas nuevas condiciones requieren de flexibilidad y de adaptación a cambios que una correcta implementación de Lean Six Sigma puede ayudar a efectuar.

Si bien las PYMES disponen de una limitación de recursos que reducen la capacidad de aplicación de Lean Six Sigma, también disponen de una ventaja frente a empresas con mayor tamaño. Al disponer de una menor cantidad de recursos, son también menor cantidad de estos los que hay que adaptar al cambio de cultura. Con una correcta organización del despliegue Lean Six Sigma, su implementación es más ágil y sencilla en las pequeñas y medianas empresas.

Se ha recabado información sobre gran parte del abanico que propone Lean Six Sigma y se ha sintetizado en aquellos conceptos que más pueden aportar al funcionamiento de una PYME. Si bien una vez implementado el despliegue propuesto, se puede seguir añadiendo nuevas herramientas, nuevos métodos de trabajo, se puede ampliar la jerarquía propuesta... etc., la síntesis propuesta es un punto de partida que resume los beneficios de Lean Six Sigma para una primera toma de contacto. Es de gran importancia que, ante los retos que ya afrontan las pequeñas y medianas empresas, no se le añada como otro gran reto la implementación de Lean Six Sigma. Es por esto que se ha tratado de desplegar como una metodología sencilla y de resultados rápidos y tangibles. De esta manera no será la implementación en si no será un objetivo, sino que será un paso para conseguir los objetivos que se propone la empresa.

## 8. Presupuesto

Se va a presentar el presupuesto del proyecto. Si bien el trabajo ha sido de investigación, de recopilación de información y de síntesis, ha de tenerse en cuenta las amortizaciones de los bienes:

<b>Amortizaciones</b>				
	<b>Precio</b>	<b>Vida útil (Año)</b>	<b>Tiempo utilizado (Año)</b>	<b>Amortización</b>
<b>Equipo Informático</b>	<b>1.000 €</b>	<b>5</b>	<b>0,2</b>	<b>40 €</b>
<b>Software</b>	<b>300 €</b>	<b>1</b>	<b>0,2</b>	<b>60 €</b>

Tabla 6: Amortización

A continuación, se presentan las horas internas referentes al trabajo del personal involucrado. Un ingeniero senior ha supervisado el trabajo de un ingeniero junior. De esta manera, la as horas internas quedan de la siguiente manera:

<b>Horas Internas</b>			
	<b>Precio/Hora</b>	<b>Horas</b>	<b>Total</b>
<b>Ingeniero Junior</b>	<b>10 €</b>	<b>350</b>	<b>3.500 €</b>
<b>Ingeniero Senior</b>	<b>20 €</b>	<b>50</b>	<b>1.000 €</b>

Tabla 7: Horas internas

Se presentan los gastos de material de oficina junto con el consumo eléctrico generado por la elaboración del proyecto:

<b>Gastos</b>	
<b>Material de oficina</b>	<b>50 €</b>
<b>Consumo eléctrico</b>	<b>25 €</b>

Tabla 8: Gastos

Finalmente se calcula el total y se añade un 10% de imprevistos para solventar posibles variaciones:

<b>Subtotal</b>	<b>4.675 €</b>
<b>Imprevistos</b>	<b>10%</b>
<b>Total</b>	<b>5.142€</b>

Tabla 9: Total

Cabe decir que difícil estimar el impacto económico de la implementación de Lean Six Sigma en una empresa. Si bien es seguro que los beneficios aumentan, la cantidad de estos depende en gran medida de cada empresa, de la situación en la que se encontraba y de la situación a la que consigan llegar. Como ejemplo del impacto económico se ha tomado un paper el cual analiza el aspecto económico de la implementación de Six Sigma en una compañía seleccionada (33). La conclusión y tesis final de este paper aporta datos útiles a la hora de estimar impactos económicos. Según el estudio antes de la implementación del Six Sigma, la empresa definía un ratio de error entorno al 17% aproximadamente. Es un ratio de error es muy elevado, pero se desconoce cual es el ámbito en el que trabaja la empresa por lo que no se pueden sacar conclusiones al respecto. Tras la implementación del proyecto Six Sigma, se consigue alcanzar un ratio de error del 9.4% en el total de productos manufacturados. También señala que, como cabía esperar, los procesos se han visto ralentizados debido a los métodos de control implementados por Six Sigma. Sin embargo, se desprecia el efecto de esta ralentización debido a que supone en torno a un 0.1% de la producción anual. Tras esto, se calcula que los costes debido tan solo a piezas defectuosas han disminuido un 28.4%. Teniendo en cuenta que la empresa solo ha alcanzado a un 9.4% de errores y que no se ha

aplicado la metodología Lean Six Sigma, sino que solamente se ha aplicado Six Sigma, el ahorro en costes es sustancial y un aliciente para invertir en Lean Six Sigma. (33).

# Bibliografía

---

1. **Stortini, Matías.** Evaluando Software.com. [En línea] <https://recursos.evaluandosoftware.com/opinion/las-pymes-los-problemas-la-implementacion-erp/>.
2. **RTVE.** RTVE. [En línea] 16 de 03 de 2020. <https://www.rtve.es/noticias/20200316/coronavirus-pone-riesgo-supervivencia-28-millones-empresas-mas-10-millones-empleos/2010145.shtml>.
3. **EAE Programas.** EAE Business School. [En línea] [Citado el: 2020 de 06 de 15.] <https://www.eaprogramas.es/empresa-familiar/como-son-las-pymes-en-espana>.
4. **Ministerio de Industria, comercio y turismo.** *Cifras PyME.* [En línea] Mayo de 2020. [Citado el: 15 de 06 de 2020.] <http://www.ipyme.org/es-ES/ApWeb/EstadisticasPYME/Documents/CifrasPYME-mayo2020.pdf>.
5. **Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.** *Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.* [En línea] 1 de enero de 2019. [Citado el: 15 de 06 de 2020.] <http://www.ipyme.org/Publicaciones/Retrato-PYME-DIRCE-1-enero-2019.pdf>.
6. **Empresa Actual.** *Empresa Actual.* [En línea] 25 de noviembre de 2016. [Citado el: 2020 de 06 de 15.] <https://www.empresaactual.com/crisis-empresas-espanolas/>.
7. **Bernal, Iratxe.** *El correo.* [En línea] 8 de mayo de 2020. [Citado el: 15 de 06 de 2020.] <https://www.elcorreo.com/economia/tu-economia/falta-liquidez-principal-20200507181836-nt.html?ref=https:%2F%2Fwww.elcorreo.com%2Feconomia%2Ftu-economia%2Ffalta-liquidez-principal-20200507181836-nt.html>.
8. [https://www.youtube.com/watch?v=vcG\\_Pmt\\_Ny4#:~:text=On%20June%2024%2C%201980%2C%20Americans,Paper%20series%2C%20prominently%20featured%20Dr.&text=This%20compelling%20documentary%2C%20about%20the,Deming%20to%20Americans.](https://www.youtube.com/watch?v=vcG_Pmt_Ny4#:~:text=On%20June%2024%2C%201980%2C%20Americans,Paper%20series%2C%20prominently%20featured%20Dr.&text=This%20compelling%20documentary%2C%20about%20the,Deming%20to%20Americans.) “If Japan Can... Why Can't We.”. NBC, 1980.
9. **James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Ross.** *The Machine That Changed The World.* 1990.
10. **VVAA.** VVAA. [En línea] [Citado el: 15 de 6 de 2020.] [https://es.wikipedia.org/wiki/Lean\\_manufacturing#Origen](https://es.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing#Origen).
11. **Lean Box.** LeanBox. [En línea] [Citado el: 15 de 6 de 2020.] <https://leanbox.es/la-casa-del-lean-manufacturing/>.
12. **Herrero, Pablo.** Sage. [En línea] <https://www.sage.com/es-es/blog/gestion-visual-para-trabajar-de-manera-mas-eficiente/#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20visual%20es%20una,los%20procesos%20de%20una%20organizaci%C3%B3n..>
13. **Calidad Total.** [En línea] <http://ctcalidad.blogspot.com/2016/08/genchi-genbutsu-y-el-circulo-de-ohno.html>.
14. **VVAA.** Método Just In Time. [En línea] [Citado el: 15 de 6 de 2020.] [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_justo\\_a\\_tiempo](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_justo_a_tiempo).

15. Infaimon. Infaimon. [En línea] 20 de 02 de 2018. <https://blog.infaimon.com/sistema-pull-ventajas-desventajas/#:~:text=El%20principal%20objetivo%20del%20sistema,corto%2C%20medio%20y%20largo%20plazo..>
16. Kanbanize. [En línea] <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban>.
17. VV.AA. *Walter A. Shewhart*. [En línea] 04 de junio de 2020. [https://es.wikipedia.org/wiki/Walter\\_A.\\_Shewhart](https://es.wikipedia.org/wiki/Walter_A._Shewhart).
18. Piqueras, Victor Yepes. Universidad politécnica de Valencia. [En línea] <https://riunet.upv.es/handle/10251/30562>.
19. Hospital Universitario Ramón y Cajal. *Salud Madrid*. [En línea] [Citado el: 16 de 06 de 2020.] [http://www.hrc.es/bioest/Introduccion\\_ch.html](http://www.hrc.es/bioest/Introduccion_ch.html).
20. Calatec. *Calatec*. [En línea] [Citado el: 16 de 06 de 2020.] <https://www.caletec.com/6sigma/organizacion-6-sigma-2/>.
21. Barbara Wheat, Chuck Mills, Mike Carnell. *Leaning into Six Sigma: The Path to Integration of Lean Enterprise and Six Sigma*. 2001.
22. Pyzdek, Thomas. *The Six Sigma Handbook*.
23. *Six sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners*. Antony, Jiju. 2, s.l. : Emerald, 2010, Vol. 60.
24. *The Integration of lean management and Six Sigma*. Edward D. Arnheiter, John Maleyeff. 1, s.l. : Emerald, 2005, Vol. 17.
25. George, Michael L. *The Lean Six Sigma Pocket Toolbox*. s.l. : McGraw-Hill Education, 2005. 9789352603527.
26. Martínez, Ana Laura Martínez. *Metodología de despliegue Lean Six Sigma Basada en la metodología de sistemas suaves*. s.l. : Tecnológico de Monterrey, 2008.
27. Arana, David. Forbes México. [En línea] 31 de 1 de 2018. [Citado el: 24 de 06 de 2020.] <https://www.forbes.com.mx/pymes-mexicanas-un-panorama-para-2018/>.
28. Martín, Juan. Cerem. [En línea] 10 de 06 de 2019. [Citado el: 08 de 07 de 2020.] <https://www.cerem.es/blog/claves-para-hacer-un-buen-dafo-o-foda>.
29. Global trust association. *Global Trust Association*. [En línea] [Citado el: 06 de 07 de 2020.] <https://blog.globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>.
30. Lean Solutions. Lean Solutions. [En línea] [Citado el: 07 de 07 de 2020.] <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/>.
31. Lean Manufacturing 10. [En línea] 06 de 06 de 2020. <https://leanmanufacturing10.com/8ds-las-8-disciplinas>.
32. Progresá Lean. [En línea] 06 de 06 de 2020. <https://www.progressalean.com/a3-report-herramienta-lean-manufacturing-de-resolucion-de-problemas/>.

33. Marek Andrejkovic, Zuzana Hajduová, Stela Beslerová. *Economic aspects of implementing Six Sigma project in selected company*. Slovakia : International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2014. 2213-8753.

34. Navarro, Javier. [En línea] 2016. <https://www.definicionabc.com/economia/anova.php>.