



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE MÁSTER EN LOGÍSTICA

**INDICADORES DE EVALUACIÓN
DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL
LEAN MANUFACTURING EN LA
INDUSTRIA**

Autor: D. Javier Martín Vázquez

Tutor: D. Manuel Mateo Prieto

Valladolid, 13 de Septiembre de 2013

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido a la realización de este Proyecto Fin de Máster.

Inicialmente, y de manera muy especial, a mi familia por todo el apoyo prestado. No quiero olvidarme de mi Director de Proyecto, D. Manuel Mateo Prieto, sin su inestimable ayuda no habría sido posible el desarrollo del mismo.

Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Introducción	11
1.2. Objetivos del proyecto	12
CAPÍTULO 2. LEAN MANUFACTURING	13
2.1. Introducción	13
2.2. Definición de Lean Manufacturing	14
2.3. Tipos de desperdicios	15
2.4. Aplicación de Lean Manufacturing	17
2.5. Herramientas Lean	20
2.5.1. Justo a Tiempo (JIT)	21
2.5.1.1. Cambio rápido de molde (SMED)	25
2.5.2. Control autónomo de los defectos. Jidoka.....	28
2.5.2.1. Sistema Andon. Control visual.....	29
2.5.2.2. Sistema Poka-yoke	31
2.6. Técnica de las 5 S's	32
2.7. Mejora continua. Kaizen.....	34
2.8. Beneficios de aplicar la metodología Lean Manufacturing	34
CAPÍTULO 3. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO	37
3.1. Indicadores clave de desempeño (KPI's).....	37
3.2. Selección de indicadores	38
3.3. Características de los indicadores	38
3.4. Atributos de los indicadores.....	39
3.5. Elementos para el diseño de indicadores.....	40
3.6. Principales funciones de los indicadores.....	49
3.7. Tipo de indicadores	50
3.8. Categoría de los indicadores	50
3.9. Beneficios de los indicadores	51
3.10. Principales indicadores.....	51
3.11. Ciclo de mejora continua PDCA.....	57

CAPÍTULO 4. INDICADORES LEAN MÁS UTILIZADOS	59
4.1. Introducción	59
4.2. Principales indicadores Lean	59
4.2.1. Índice de Frecuencia de Accidentes (IFA).....	60
4.2.2. Índice de Gravedad de accidentes (IGA)	61
4.2.3. Calidad a la primera (FTT).....	64
4.2.4. Eficiencia Global de los Equipos (OEE).....	65
4.2.5. Cumplimiento de la secuencia de fabricación (BTS)	70
4.2.6. Lead Time Interno (DTD)	73
4.2.7. Ratio de Valor añadido (RVA).....	76
4.2.8. Pedidos Entregados a Tiempo (OTD).....	77
4.2.9. Pedidos Entregados Completos (FLT).....	78
4.2.10. Rotación de inventario (ITO)	79
4.2.11. Defectos por unidad (DPU).....	81
4.2.12. Defectos por Oportunidad (DPO).....	81
4.2.13. Defectos por millón de oportunidades (DPMO)	81
CAPÍTULO 5. CUADRO DE MANDO INTEGRAL	85
5.1. Introducción	85
5.2. Cuadro de Mando Integral (CMI)	86
5.3. Perspectivas del CMI	87
5.4. Indicadores basados en las 4 perspectivas.....	88
CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO	91
6.1. Introducción	91
6.2. Estudio económico	91
6.2.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias del personal.....	91
6.2.2. Calculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado	93
6.2.3. Coste del material consumible.....	94
6.2.4. Costes indirectos	95
6.2.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto	95
6.3. Coste asignados a cada fase del proyecto.....	96
6.3.1. Fase 1: Decisión de elaboración de proyecto.....	96

6.3.2. Fase 2: Presentación y difusión del proyecto.....	97
6.3.3. Fase 3: Recopilación de información.....	98
6.3.4. Fase 4: Análisis, búsqueda y selección.....	98
6.3.5. Fase 5: Escritura, difusión e implantación.....	99
6.4. Calculo del coste total.....	100
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y POSIBLES LÍNEAS FUTURAS.....	101
7.1. Conclusiones.....	101
7.2. Posibles líneas futuras.....	102
CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Presidente de Toyota, Eijy Toyoda	13
Figura 2.2. Los siete desperdicios.....	16
Figura 2.3. Casa del sistema de producción Toyota	21
Figura 2.4. Analogía del río de las existencias.....	22
Figura 2.5. Teoría de los cinco ceros	24
Figura 2.6. Distribución del tiempo en un cambio de molde	27
Figura 2.7. Fases para la reducción del cambio de molde	28
Figura 2.8. Sistemas Andon	30
Figura 2.9. Ejemplo de sistema Poka-yoke.....	32
Figura 3.1. Atributos de los indicadores, SMART	40
Figura 3.2. Ciclo de mejora continua PDCA.....	58
Figura 4.1. Ejemplo de una línea de producción	64
Figura 4.2. Lead time interno en planta	74
Figura 4.3. Representación del mapa de flujo de valor de una empresa	75
Figura 5.1. Robert Kaplan y David Norton	85
Figura 5.2. Ejemplo de un Cuadro de Mando Integral (CMI).	87
Figura 4.8. Perspectivas del cuadro de mando integral (CMI).	88
Figura 4.9. Aplicación del CMI para dispositivos electrónicos	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Problemas y soluciones Just in Time	23
Tabla 2.2. Técnica de las 5S's.....	33
Tabla 3.1. Información del indicador: Pedidos Entregados a tiempo	44
Tabla 3.2. Información del indicador: Rendimiento de la máquina	45
Tabla 3.3. Información del indicador: Absentismo laboral	47
Tabla 3.4. Causas del absentismo laboral	48
Tabla 3.5. Indicadores de abastecimiento.....	57
Tabla 3.6. Indicadores de inventario	57
Tabla 3.7. Indicadores de almacenamiento.	57
Tabla 3.8. Indicadores de transporte.	57
Tabla 3.9. Indicadores de servicio al cliente.....	57
Tabla 4.1. Tipo y número de accidentes.....	61
Tabla 4.2. Baremo de los diferentes tipos de incapacidades.....	62
Tabla 4.3. Tipo de incapacidad, Nº de accidentes y días perdidos.	63
Tabla 4.4. Clasificación del indicador OEE.....	67
Tabla 4.5. Planificación prevista y real.....	72
Tabla 4.6. Número total de piezas previstas y reales para cada producto.	72
Tabla 4.7. Orden de fabricación de piezas.	73
Tabla 4.8. Cantidad de unidades solicitadas y entregadas	78
Tabla 4.9. Costes de inventario a fin de mes.....	80
Tabla 4.10. Datos obtenidos del proceso de producción.....	82
Tabla 4.11. Conversión a Seis Sigma.	83
Tabla 5.1. Ejemplos de indicadores financieros.....	88
Tabla 5.2. Ejemplos de indicadores de clientes.	89
Tabla 5.3. Ejemplos de indicadores de proceso interno.	89
Tabla 5.4. Ejemplos de indicadores de aprendizaje y crecimiento.	89
Tabla 6.1. Días efectivos anuales.....	92
Tabla 6.2. Semanas efectivas anuales.....	92
Tabla 6.3. Costes del equipo de profesionales.....	93

Tabla 6.4. Costes del equipo de desarrollo	93
Tabla 6.5. Amortización del equipo de desarrollo	94
Tabla 6.6. Costes del equipo de edición.....	94
Tabla 6.7. Amortización del equipo de edición.....	94
Tabla 6.8. Costes del material consumible.....	95
Tabla 6.9. Costes indirectos.....	95
Tabla 6.10. Horas dedicadas por persona al proyecto	96
Tabla 6.11. Costes correspondientes a la Fase 1.....	97
Tabla 6.12. Costes correspondientes a la Fase 2.....	97
Tabla 6.13. Costes correspondientes a la Fase 3.....	98
Tabla 6.14. Costes correspondientes a la Fase 4.....	99
Tabla 6.15. Costes correspondientes a la Fase 5.....	99
Tabla 6.16. Coste total de la realización del proyecto	100

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Indicador: Pedidos entregados a tiempo.....	44
Gráfica 3.2. Indicador: Rendimiento de la máquina de producción	46
Gráfica 3.3. Indicador: Absentismo laboral	48
Gráfica 3.4. Distribución de las causas del absentismo laboral	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1. Cálculo del índice de frecuencia de accidentes	60
Ecuación 4.2. Cálculo del Nº total de horas trabajadas.	60
Ecuación 4.3. Cálculo del índice de gravedad de accidentes	61
Ecuación 4.4. Cálculo de calidad a la primera	64
Ecuación 4.5. Cálculo de disponibilidad	65
Ecuación 4.6. Cálculo del rendimiento	65
Ecuación 4.7. Cálculo de calidad	66
Ecuación 4.8. Cálculo de la eficiencia global de los equipos (OEE).....	66
Ecuación 4.9. Cálculo del cumplimiento de la secuencia de fabricación (BTS).....	70
Ecuación 4.10. Cálculo del rendimiento de volumen	70
Ecuación 4.11. Cálculo del rendimiento del mix	71
Ecuación 4.12. Cálculo del rendimiento de secuencia	71
Ecuación 4.13. Cálculo del Lead time interno (DTD).....	74
Ecuación 4.14. Cálculo del tiempo de Tack	74
Ecuación 4.15. Cálculo del ratio de valor añadido	76
Ecuación 4.16. Cálculo de pedidos entregados a tiempo	77
Ecuación 4.17. Cálculo de pedidos entregados completos	78
Ecuación 4.18. Cálculo de rotación de inventario	79
Ecuación 4.19. Cálculo de inventario promedio.....	79
Ecuación 4.20. Cálculo de días de suministro	79
Ecuación 4.21. Cálculo de defectos por unidad.	81
Ecuación 4.22. Cálculo de defectos por oportunidad	81
Ecuación 4.23. Cálculo de defectos por millón de oportunidades.....	81

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la actualidad, las empresas se enfrentan a retos y dificultades que deben superar para permanecer competitivas en el mercado actual, en el que es común la aplicación de estrategias encaminadas a disminuir costes y alcanzar la expansión en nuevos mercados; a la vez que se les exige mantener altos estándares de calidad y procesos flexibles para que puedan responder a cambios en la demanda y requerimientos de los clientes.

En los últimos años, diversas herramientas de producción han sido empleadas para hacer más eficientes las empresas, una de estas herramientas es la filosofía "Lean Manufacturing" (Manufactura Delgada o Manufactura Esbelta), la cual busca eliminar todo tipo de desperdicios y actividades que absorben recursos y no crean valor obteniendo beneficios en la productividad, competitividad y rentabilidad de la empresa, de allí la palabra esbelta que hace referencia, precisamente, a esa empresa o proceso libre de ineficiencias o desperdicios y que funciona con el mínimo de recursos que posee la empresa.

En este sentido, son el talento humano, la maquinaria, los sistemas de información existentes, entre otros, los recursos aprovechados para tal fin, así, el proceso de mejoramiento no contempla la inversión en equipos costosos o contratación de personal adicional.

Por otro lado, se necesita cada vez con mayor urgencia el disponer de la información útil, relevante y fiable para facilitar la toma de decisiones acertadas en el control y seguimiento de los procesos o actividades mediante el uso de indicadores. De ahí, que los últimos años se esté utilizando con gran insistencia por las empresas herramientas de control de gestión como es el cuadro de mando integral (CMI) ó Balanced Scorecard (BSC). Esta herramienta traduce la estrategia de la empresa en un conjunto de indicadores que informa de la consecución de los objetivos fijados y de las causas que provocan los resultados obtenidos, permitiendo la identificación y previsión de las posibles desviaciones que se puedan producir, con el fin de tomar las medidas previsoras o correctoras.

1.2. Objetivos del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio de Lean Manufacturing y las principales herramientas Lean orientadas a identificar, corregir y optimizar los procesos de producción. Además de apreciar las ventajas que supone implantar esta filosofía de trabajo en las empresas.

Otro de los objetivos principales es dar a conocer la importancia de los indicadores claves de desempeño ó KPI's (Key Performance Indicators), para ello se realizará un estudio sobre las característica, atributos, tipos de indicadores, formas de cálculo y representación, responsables de medición y gestión, etc.

Además se explicará los principales indicadores más utilizados en las empresas manufactureras, para entender con mayor claridad estos indicadores se proporcionará las formas de cálculo y ejemplos para cada indicador.

Se hablará también sobre el Cuadro de Mando Integral (CMI) o Balanced Scorecard (BSC) estructurado en torno a cuatro perspectivas, las cuáles permiten un equilibrio entre los objetivos a corto y largo plazo.

A continuación, se desarrollará un estudio económico de la realización del proyecto. Para ello, se calculará los costes para cada una de las fases del proyecto, teniendo en cuenta las horas que cada persona dedica a cada etapa, las tasas horarias de salarios y la amortización del equipo empleado, así como los costes estimados para el material consumible y los costes indirectos.

Finalmente se comentarán algunas conclusiones y futuras líneas de investigación que se pueden tomar como base para el estudio o realización de otros proyectos relacionados con los indicadores de evaluación.

CAPÍTULO 2. LEAN MANUFACTURING

2.1. Introducción

Lean Manufacturing es un concepto creado por Toyota hacia mitad del siglo XX como observación de los modelos productivos americanos y su comparación con el mercado japonés. Tuvo sus orígenes en Japón, el cual, completamente destruido a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, buscaba en nuevas y revolucionarias prácticas de producción, la única forma de revivir su industria. Con la ayuda del norteamericano Edward Deming y los japoneses Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda dan origen a Lean Manufacturing encarnada en el modelo de sistema de producción Toyota (TPS).



Figura 2.1. Presidente de Toyota, Eijy Toyoda.

Desarrollaron un sistema integral de producción y gestión que se basa en la optimización de los procesos productivos mediante la eliminación de desperdicios y el análisis de la cadena de valor, para conseguir un flujo de material estable, en la cantidad adecuada, en el momento necesario y con la calidad asegurada. Este sistema llevó a Toyota a ser una empresa de gran eficiencia y competitividad. Después sirvió de modelo de producción para las empresas estadounidenses que se vieron obligadas, en orden de sobrevivir, a adoptar este sistema. Por ello, en los años 80 y 90, este sistema fue popularizado en América y muchas organizaciones decidieron transformar su sistema de producción, lo que les llevó a ser mucho más eficientes. Actualmente es un sistema seguido por muchas empresas en todo el mundo y de todos los sectores.

2.2. Definición de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing puede ser traducido como Manufactura Esbelta o Producción ajustada. Es una metodología de trabajo enfocada en el mejoramiento de procesos de producción, basado en la eliminación o reducción de desperdicios o actividades que no agregan valor al producto.

El término Lean se traduce como delgado, esbelto, flaco, magro o sin grasa; éste se aplica a todos los métodos que contribuyen a lograr operaciones, con un coste mínimo y cero desperdicios o ineficiencias.

Lean Manufacturing consta de varias herramientas, las cuales buscan eliminar todas aquellas operaciones que no le agregan valor al producto de la empresa. De esta manera, cada actividad realizada será ampliamente más efectiva que antes. Todo esto, bajo un marco de respeto a los derechos del trabajador y la búsqueda constante de su satisfacción en el puesto de trabajo.

Estas herramientas de mejoramiento permiten a las organizaciones eliminar paulatinamente sus despilfarros de una manera sencilla y con ello conseguir importantes beneficios a nivel de plazos de entrega, inventarios, productividad, uso de superficies y espacios, calidad de producto, rentabilidad, competitividad, etc.

El pensamiento Lean proporciona un método para crear valor a los procesos productivos; alinea las acciones productivas de acuerdo con una secuencia lógica y óptima; lleva a cabo las actividades productivas de manera ininterrumpida; siempre busca la mejora continua de todo el proceso.

Los principios clave de lean manufacturing son conseguir:

- Calidad perfecta a la primera: Búsqueda de cero defectos, detección y solución de los problemas en su origen.
- Minimización del despilfarro: Eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido y optimización del uso de los recursos (capital, personal y espacio).
- Mejora continua: Reducción de costes, mejora de la calidad, aumento de la productividad y compartir la información.
- Procesos "pull": Los productos son tirados (en el sentido de solicitados) por el cliente final y no empujados por el final de la producción.
- Flexibilidad: Producir rápidamente diferentes mezclas de gran variedad de productos, sin sacrificar la eficiencia debido a volúmenes menores de producción.
- Construcción y mantenimiento de una relación a largo plazo con los proveedores tomando acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información.

2.3. Tipos de desperdicios

La eliminación continua y sostenible de desperdicios o despilfarros es el principal objetivo de Lean Manufacturing. Dentro del concepto de Lean se identifican siete tipos de desperdicios, estos ocurren en cualquier clase de empresa y se presentan desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto. Adicionalmente, se considera un octavo tipo de desperdicio especial. A continuación se explica cada uno de ellos:

1. Sobreproducción: Fabricación de productos antes de que sean requeridos o invertir en equipos con mayor capacidad de la necesaria. Origina un mal flujo de información y productos e inventarios. Se considera como el principal despilfarro y la causa de la mayoría de los otros despilfarros. Puede estar causada por:

- Fabricación anticipada para cubrir posibles ineficiencias como averías.
- Falta de fiabilidad en programas de fabricación y aprovisionamiento.
- Exceso de capacidad que provoca más fabricación de lo necesario sin tener en cuenta la demanda real del cliente.

2. Tiempos de espera: Tiempos sin producir valor donde las personas y/o las máquinas están paradas esperando a poder realizar una actividad. Disminuye la productividad y aumenta el tiempo de fabricación (lead time). Se deben, entre otras cosas a:

- Espera por averías o preparaciones de equipos.
- Espera por falta de materiales o trabajadores.
- Espera a ciclos automáticos.
- Espera a información (debido, por ejemplo a modificaciones).

3. Transporte: Tiempo invertido en transportar piezas de un lugar a otro. Aumenta el coste y el ciclo de fabricación. Corresponde a todos aquellos movimientos innecesarios para apilar, acumular, desplazar materiales, etc.

4. Sobreprocesamiento: Aplicación de medios o recursos por encima de lo necesario para llevar a cabo un proceso. Es decir, son procesos ineficientes que originan la necesidad de realizar tareas sin valor añadido. Repercute en una menor productividad. Pueden producirse por:

- Ajustes de los procesos por encima de lo requerido.
- Embalajes que se desembalan en procesos posteriores.
- Uso de herramientas inadecuadas.
- Tareas duplicadas.
- Secuencia inadecuada de operaciones de montaje.

5. Inventarios: Acumulación de materias primas, productos en curso o productos terminados sin una necesidad inmediata. Repercute en un mayor coste y un mal servicio al cliente. Se debe a que hay un stock mayor al mínimo requerido.

El inventario da lugar a una serie de tareas que no aportan valor como por ejemplo el transporte, almacenaje, búsqueda, contabilidad, clasificación, trazabilidad, etc. El principal problema con el exceso de inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa.

6. Movimientos: Cualquier movimiento que no es necesario para completar una operación de valor añadido. Repercute en una menor productividad. Al hablar de movimientos nos referimos, entre otros a:

- Desplazamientos y búsqueda de herramientas.
- Movimientos de alcanzar, agacharse, inclinarse, girarse, etc.
- Doble manipulación de piezas o componentes.

7. Defectos: Utilizar, generar o suministrar productos que no cumplan las especificaciones. Repercute en un mayor coste, retrasos, mala calidad y un mayor tiempo de fabricación.

Este desperdicio requiere de operaciones como la inspección y el reproceso. Puede generar notables problemas al enviar productos defectuosos a la siguiente operación e informaciones erróneas.

Para evitar estos defectos se propone la estandarización de operaciones y la automatización de los equipos, de forma que éstos puedan detectar los defectos y tengan capacidad de parada y aviso.



Figura 2.2. Los siete desperdicios.

8. Talento humano: Este es el octavo desperdicio y se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de los empleados para eliminar desperdicios. Cuando los empleados

no se han capacitado en los siete despilfarros se pierde su aporte en ideas, sugerencias y oportunidades de mejoramiento, etc.

Para la filosofía Lean, eliminar estos desperdicios suponen una reducción del coste total de producción, una reducción del ciclo de fabricación (lead time), un aumento de la productividad y competitividad entre otros.

2.4. Aplicación de Lean Manufacturing

La aplicación de Lean Manufacturing es un tema que no se encuentra normalizado y no existe una única forma de aplicar las herramientas de Lean. Cada empresa posee sus propias características culturales dentro de las cuales se encuentran su personal, recursos, maquinarias, espacios físicos, desarrollo gerencial, visión, misión, etc. lo cual las hace únicas e inimitables.

El objetivo de la transformación del proceso a los principios lean es conseguir:

1. Eliminar de los procesos las actividades que no aporten valor añadido (desperdicios en forma de producción excesiva, stocks, etc.).
2. Introducir la flexibilidad necesaria para adaptar la producción a una demanda fluctuante.

Para su aplicación práctica se propone los siguientes pasos:

Fase 1. Formación:

Se basa, en realizar seminarios destinados al equipo humano de la empresa involucrado en la transformación del sistema productivo. Se incidirá especialmente en los conceptos, métricas y herramientas del Lean Manufacturing.

Fase 2. Recogida de datos:

Se basa, en realizar registros actuales de los distintos procesos operacionales involucrados en el sistema productivo.

- **Ritmo de trabajo.** Análisis del tiempo real disponible en los almacenes, ajustado a distintas situaciones de demanda de los clientes en tipo de producto y volúmenes de producción y obtención de los correspondientes ritmos idóneos de trabajo.
- **Toma de datos de las operaciones.** Este punto es de especial importancia, dado que el éxito de la implementación dependerá, en gran medida, de la fiabilidad de estos datos. Los datos se referirán a operaciones, equipamientos productivos, tiempos, flujos y recursos utilizados.

Fase 3. Análisis de los datos:

En esta fase se analizan los datos recopilados:

- **Análisis de las operaciones.** Basado en la determinación de las operaciones de los procesos para los distintos componentes de los productos. Se incluirán todos los aspectos operativos, de calidad, de mantenimiento y de recursos humanos.
- **Diagrama de precedencias.** Se identificarán exigencias de secuenciación de operaciones en los procesos, obteniendo las secuencias posibles y las atribuciones de valor de las operaciones.
- **Diagrama de flujo.** Incluirá las secuencias de operaciones de productos y componentes, agrupados por familias en un flujo que ha de conducir al cliente de la forma más regular y constante posible.
- **Mapa de la cadena de valor.** Cuyo objetivo es crear una fuente de información global, visualizada a través del flujo de producto, materiales e información.
- **Identificación de los desperdicios.** Como conclusión del análisis de los datos y las operaciones y apoyándose en el mapa de la cadena de valor, se identificarán los focos de desperdicio en las actividades de los procesos y un plan para su eliminación o minimización. Ello permitirá asimismo, establecer las prioridades en la mejora continua.

Fase 4. Fase de estudio:

- **Análisis del nivel de calidad asegurada tras la eliminación de los desperdicios.** Se desarrolla un plan para el aseguramiento de la calidad en los procesos.
- **Análisis de la disponibilidad, fiabilidad y eficiencia de los equipos productivos.** Se desarrolla un plan para garantizar el correcto funcionamiento y mejora el tiempo de parada.
- **Definición y diseño de la distribución en planta (layout).** Se efectuará constituyendo tres niveles: layout general, layout de cada proceso y layout de cada operación de cada proceso. Se determinarán las posiciones de las estaciones de trabajo, la posición de trabajo de los operarios y el recorrido de materiales y personas.
- **Descripción de las tareas por puesto de trabajo.** Con la asignación de las tareas a cada trabajador y la determinación de las actividades con valor añadido y sin él, las esperas y los desplazamientos.
- **Balanceo de operaciones.** Basado en el análisis de las capacidades de operación para cada etapa de cada proceso. Se tratará de ajustar la capacidad productiva a la demanda, determinando los recursos necesarios. Se priorizará la mejora en los cuellos de botella y en operaciones con más desperdicios.
- **Balance de puestos de trabajo.** Basado en el análisis de la capacidad de cada puesto, de acuerdo con las tareas asignadas, tratándose de ajustar los recursos

necesarios para que pueda operar. Se priorizará la mejora de los puestos con tareas que incluyan más esperas, desplazamientos y desperdicios en general.

Fase 5. Fase de evaluación de los resultados esperados:

- **Definición de las condiciones de trabajo.** Determinación de las opciones de desarrollo de los procesos para distintos niveles de producción, de acuerdo con la cantidad de trabajadores, los lotes de producción, transportes, materiales en proceso, tiempo de proceso total o lead time, espacio ocupado y, desde luego, productividad. Es indispensable que se den las condiciones que aseguren el flujo regular y los tiempos (calidad, mantenimiento y formación del personal).
- **Flujos de materiales, trabajadores, elementos de transporte e información.** Determinación gráfica de las distintas soluciones a través de los correspondientes flujos, con aplicación de soluciones visuales tales como: etiquetas kanban, contenedores de los procesos, señalización visual de etapas y proceso en planta. Se asignarán espacios para stock, almacenes, entradas y salidas de material y rutas de reaprovisionamiento. Se definirán, asimismo, las cantidades y capacidades de los medios de transporte de materiales y productos; y los tiempos de materiales detenidos.

Fase 6. Fase de optimización:

En la medida de lo necesario, en esta etapa se optimizará el diseño global de la planta, su implantación y el desarrollo de la producción, por medio de un simulador informático estándar. La simulación de procesos permitirá un análisis técnico de la globalidad del conjunto de procesos de la planta. Como resultado se obtendrán los valores optimizados de los parámetros del sistema productivo, para las distintas opciones de su implementación; asimismo, se obtendrán vídeos del desarrollo (simulado) de la producción, que permitirán observar, de forma visual, la ejecución de los procesos.

El uso de la herramienta de simulación, permitirá comprobar cada una de las opciones a implementar y una mejor comprensión del sistema a estudiar. La simulación será especialmente indicada para procesos con un elevado número de recursos (trabajadores, máquinas, mesas de trabajo, grúas y elementos de transporte y mantención, etc.) que deberán ser compartidos.

Asimismo, la simulación estará indicada cuando el número de productos y/o referencias sea elevado y compartan los mismos recursos y espacios.

Fase 7. Fase de puesta en marcha: introducción por medio de reuniones de trabajo :

La nueva implementación se someterá fase a fase mediante grupos de trabajo, del equipo de proyecto con los responsables de las áreas involucradas de la empresa.

En cada reunión este grupo se planteará la propuesta derivada del estudio anterior para una fase de la implementación, se expondrá y se debatirá en grupo, para acordar la forma en que se llevará a cabo la implementación definitiva.

Finalmente, y sin apartarse de los principios lean, se propone validar el nuevo proceso mejorado con herramientas de simulación.

2.5. Herramientas Lean

Con el objetivo de alcanzar el cumplimiento de los principios de Lean Manufacturing se han desarrollado diferentes herramientas Lean orientadas a identificar, corregir y optimizar el proceso de producción, entre las más conocidas se encuentran:

- Las 5 S's
- Just in Time (Justo a Tiempo)
- Cambio rápido de molde (SMED)
- Control autónomo de los defectos : Jidoka
- Control visual (Sistema Andon)
- Dispositivos para prevenir errores : Poka Yoke
- Kaizen (Mejora continua).
- Sistema Kanban.
- Estandarización de las operaciones.
- Mantenimiento productivo total (TPM).
- Mapa de la Cadena de valor (VSM).

El sistema de producción Toyota (TPS) se representa mediante una casa en la que se debe construir desde sus cimientos. Se ha venido utilizando no solo para visualizar algunas de las herramientas para su aplicación, sino también la filosofía que se encierra detrás de ella.

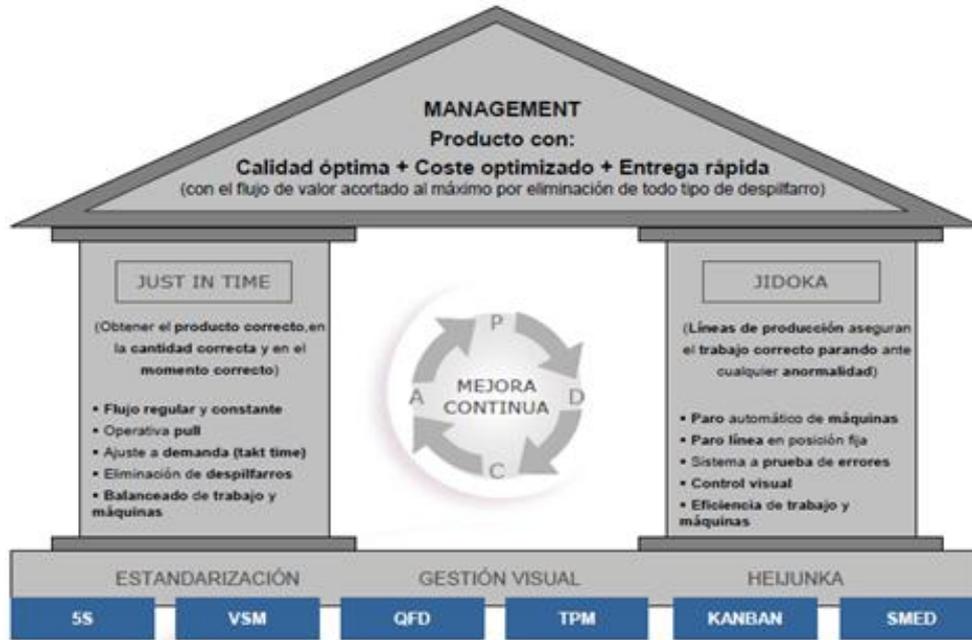


Figura 2.3. Casa del sistema de producción Toyota.

Los cimientos de la casa dan la estabilidad a partir de una cultura de empresa orientada al largo plazo, una gestión que permite que todos los implicados tengan la información adecuada, unos procesos capaces y realizados según el mejor estándar conocido, y una producción nivelada tanto en volumen como en variedad (heijunka).

En los dos pilares se concentran la mayoría de las herramientas más conocidas del Lean:

- Just in Time: Significa producir el artículo indicado en el momento requerido en la cantidad exacta y con la máxima calidad.
- Jidoka: Permite dar a las máquinas y trabajadores la habilidad para detectar cuando una condición anormal ha ocurrido e inmediatamente detener el proceso, esto permite detectar las causas de los problemas y eliminarlas de raíz, así los defectos no pasan a las estaciones siguientes.

Y por último, el techo de la casa refleja los resultados: Alta calidad, bajos costes, tiempos de entrega cortos, alta seguridad y alta moral (motivación).

2.5.1. Justo a Tiempo (JIT)

Justo a tiempo en inglés Just In Time (JIT) es uno de los pilares fundamentales para implantar el Lean Manufacturing. Es una filosofía de trabajo que define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción.

La idea es producir los artículos, en el plazo de tiempo y en las cantidades que es requerida con la máxima calidad para que sean vendidos o utilizados por la siguiente estación de trabajo en un proceso de fabricación.

El sistema Just-in-Time tiene cuatro objetivos esenciales que son:

1. Atacar los problemas fundamentales.
2. Eliminar despilfarros.
3. Buscar la simplicidad.
4. Diseñar sistemas para identificar problemas.

El primer objetivo se puede describir como un fundamento de la buena gestión ya que, en vez de enmascarar los problemas, el JIT ataca sus causas fundamentales. Una manera de verlo es a través de la analogía del río de las existencias.

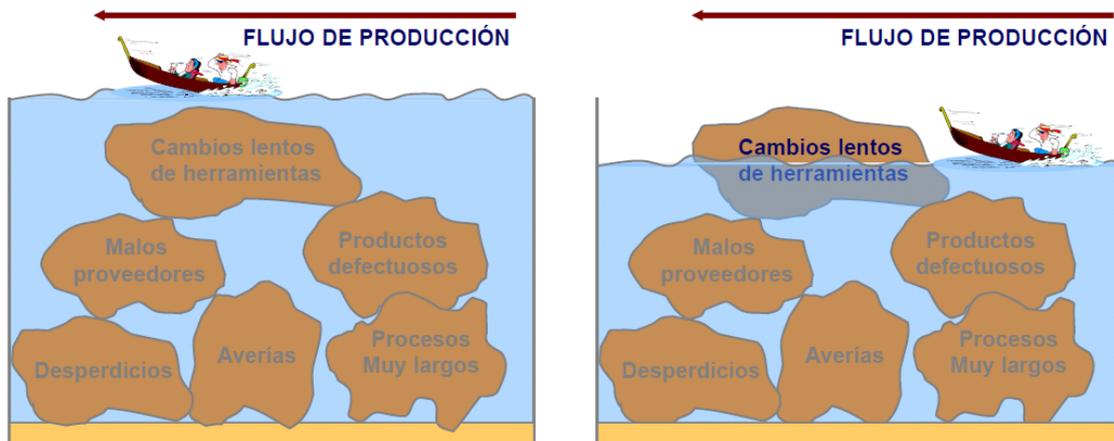


Figura 2.4. Analogía del río de las existencias.

El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco que navega por el mismo. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río (reducir el nivel de existencias) descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en las empresas de los países occidentales, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema. En cambio, la filosofía JIT indica que cuando aparecen problemas se debe enfrentarse a ellos y resolverlos (las rocas deben eliminarse del lecho del río). El nivel de existencias puede reducirse entonces gradualmente hasta descubrir otro problema; este problema también se resolvería y así sucesivamente. En la tabla 2.1 se muestran algunos de los problemas (rocas) y las soluciones JIT.

PROBLEMAS (ROCAS)	SOLUCIONES JIT
Máquina poco fiable	Mejorar la fiabilidad (Mantenimiento preventivo)
Zona con cuellos de botella	Aumentar la capacidad, subcontratar, etc.
Tamaño de lote grandes	Reducir el tiempo de preparación
Plazos largos de fabricación	Reducir colas, etc. (mediante un sistema de arrastre)
Calidad deficiente	Mejorar los procesos y/o el proveedor

Tabla 2.1. Problemas y soluciones Just in Time.

El segundo objetivo de la filosofía JIT, eliminar los despilfarros, significa eliminar todo aquello que no añada valor al producto. Ejemplos de operaciones que no añaden valor son la inspección, el almacenaje, el transporte, la preparación de las máquinas, etc. Eliminar todas las actividades que no añadan valor al producto reduce costes, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio a los clientes. Indirectamente, por supuesto, también puede aumentar las ventas.

El tercer objetivo principal del JIT, la búsqueda de la simplicidad, pone énfasis en la necesidad de simplificar el funcionamiento del sistema de producción, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz. El primer tramo del camino hacia la simplicidad cubre 2 zonas: El flujo de material y el control de estas líneas de flujo. Por ejemplo, reorganizando los complejos flujos de piezas y de productos de una fábrica en simples flujos unidireccionales.

Antes de poder resolver los problemas fundamentales, hay que poder identificarlos y éste es otro objetivo del JIT: Diseñar sistemas para identificar problemas. Los sistemas diseñados con la aplicación del JIT deben pensarse de manera que accionen algún tipo de aviso cuando surja un problema.

Los objetivos del Just in Time suelen resumirse en la denominada "Teoría de los Cinco Ceros", siendo estos:

- Cero defectos.
- Cero averías
- Cero stocks.
- Cero tiempo ocioso.
- Cero papel (o cero burocracia).

1. Cero defectos: Las empresas japonesas parten de un concepto de la calidad total, incorporando ésta desde la etapa de diseño del producto y continuando en su proceso de fabricación, de modo que se aplica en todos los ámbitos de actuación empresarial.

Se utilizan máquinas que producen piezas de calidad uniforme, se concierta una calidad 100% con los proveedores, se crean programas participativos con incentivos que promueven mejoras de la calidad, se emplean programas permanentes de mantenimiento preventivo y se lleva a cabo una comprobación continua de la línea de producción mediante sistemas automáticos y por el propio personal de la factoría

2. Cero averías: Cualquier avería puede provocar el incumplimiento de los objetivos. Se lucha contra ellas mediante una correcta distribución en planta, con programas de mantenimiento preventivo y con personal polivalente. La finalidad es evitar cualquier retraso por fallo de los equipos durante las horas de trabajo.

3. Cero stock: Los stocks son considerados perjudiciales para la empresa, no sólo por el coste que implican, sino también porque vienen a ocultar ciertos problemas de producción y de calidad, como incertidumbre en las entregas de los proveedores, paradas de máquinas, falta de calidad, demanda incierta, etc.

4. Cero tiempo ocioso: Para reducir al máximo los ciclos de fabricación de los productos (lead time), es necesario eliminar en la mayor medida posible todos los tiempos no directamente indispensables, en particular los tiempos de espera, de preparaciones y de tránsito.

5. Cero papel: El justo a tiempo (JIT) insiste en la búsqueda de la simplicidad. Intenta eliminar en la medida de lo posible cualquier burocracia. Captar y distribuir la información a través de medios informáticos, lo cual ayuda a simplificar notablemente las tareas administrativas.

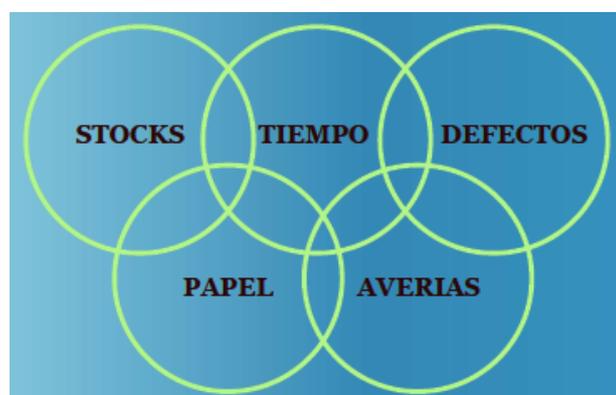


Figura 2.5. Teoría de los cinco ceros.

Las ideas fundamentales en torno del cual gira el Just in Time como filosofía de producción son:

- La flexibilidad en el trabajo, que en japonés se denomina Shojinka, y que implica adecuar el número y funciones del personal a las variaciones de la demanda.
- El fomento de ideas innovadoras (Soifuku) por parte del personal, a los efectos de lograr la mejora continua en los procesos productivos.
- Y el Jidoka, que implica el autocontrol de los defectos por parte de los propios procesos productivos para impedir la entrada de unidades defectuosas en los flujos de producción.

Las técnicas principales de Justo a tiempo son:

- SMED.
- Kanban.
- Estandarización de operaciones.
- Células de producción.
- Flujo por pieza (OPF).

2.5.1.1. Cambio rápido de molde (SMED)

Las siglas SMED (Single Minute Exchange of Die) significa "Cambio de molde en minutos de un sólo dígito"; es decir en menos de 10 minutos. Son una serie de técnicas dirigidas a disminuir el tiempo de cambio de molde de las máquinas que intervienen en el proceso productivo. Se entiende por cambio de molde el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida del producto A hasta la obtención de la primera pieza correcta del producto B. El sistema SMED nació por necesidad para lograr la producción Justo a Tiempo (JIT). Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, posibilitando hacer lotes de un tamaño menor. Los procedimientos de cambio de molde se simplificaron usando elementos más comunes o similares a los usados habitualmente.

Se identifican 2 tipos de actividades en el proceso de producción:

- **Actividades Internas:** Son operaciones que se realizan a máquina parada, fuera de las horas de producción (ajustes, fijación de útiles a la máquina, etc.).
- **Actividades Externas:** Son operaciones que pueden realizarse con la máquina en marcha mientras produce.

Sus objetivos son:

- **Flexibilidad:** Al disminuir el tiempo de cambio es más fácil fabricar series cortas, por tanto el tiempo de reacción a cambios en la planificación es menor; aparte, al poder fabricar mayor número de referencias en menor tiempo se consigue un mejor ajuste a la demanda.

- **Productividad:** Al eliminar tiempos de cambio el coste de mano de obra es menor y aumenta la producción aún usando menos recursos.
- **Calidad:** Al disminuir el tamaño de las series disminuye también el coste de no calidad ante la detección de algún defecto.
- **Capacidad:** Al disminuir el tiempo de cambio la disponibilidad de la máquina aumenta y con ello la capacidad de producción.

SMED se debe utilizar cuando una empresa tiene tamaños excesivos de lotes, tiempos muy largos de cambio de molde, máquinas paradas durante mucho tiempo, cambios frecuentes de programación, necesidad de almacén muy grandes, etc.

Utilizar SMED trae muchos beneficios a la empresa como son:

- Tiempos de entrega más cortos.
- Producir en lotes pequeños.
- Mayor flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda.
- Reducción de inventarios.
- Incrementa la competitividad.
- Mayor control de calidad.
- Mayor productividad.
- Reducción de lead time (Tiempo de fabricación).
- Reducción de costes.
- Tiempos de cambio más fiables.
- Carga más equilibrada en la producción diaria.
- Mejor disponibilidad de las máquinas.

El tiempo empleado en un cambio de molde se distribuye de la siguiente forma:

- A: Decremento de velocidad hasta parada de la máquina.
- B: Tiempo de cambio con máquina parada.
- C: Tiempo de arranque hasta conseguir velocidad de trabajo, incluyendo pruebas de verificación de piezas.

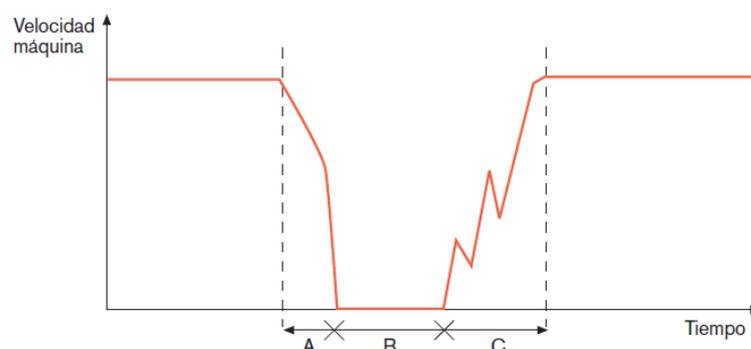


Figura 2.6. Distribución del tiempo en un cambio de molde.

La implantación del método SMED consta de cuatro etapas.

- Fase 0. Análisis de la situación actual
- Fase 1. Separar operaciones internas y externas
- Fase 2. Convertir operaciones internas en externas
- Fase 3. Reducir los tiempos de preparación internos y externos.

Fase 0. Análisis de la situación actual

Esta es la primera etapa, y se considera una fase preliminar. Se debe realizar un análisis de la situación actual, identificando las operaciones en que se divide el cambio de molde, definiendo actividades internas y externas, midiendo tiempos y estudiando las condiciones del cambio.

Fase 1. Separar operaciones internas y externas

El primer paso para mejorar el tiempo de preparación es distinguir las actividades que se llevan a cabo: Preparaciones externas y preparaciones internas. Preparación interna son todas las operaciones que precisan que se pare la máquina y externas las que pueden hacerse con la máquina funcionando.

Una vez parada la máquina, el operario no debe apartarse de ella para hacer operaciones externas. El objetivo es estandarizar las operaciones de modo que con la menor cantidad de movimientos se puedan hacer rápidamente los cambios, esto permite disminuir el tamaño de los lotes. Se pueden conseguir reducciones de tiempo de hasta 50% sin casi nada de inversión.

Fase 2. Convertir operaciones internas en externas

En esta segunda etapa, la idea es hacer todo lo necesario en preparar – troqueles, matrices, punzones, etc- fuera de la máquina en funcionamiento para que cuando ésta se pare, rápidamente se haga el cambio necesario, de modo de que se pueda comenzar a funcionar rápidamente. Se puede reducir el tiempo de preparación en un 30-50%.

Fase 3. Reducir los tiempos de preparación internos y externos.

Las operaciones de ajuste suelen representar del 50 al 70% del tiempo de preparación interna. Es muy importante reducir este tiempo de ajuste para acortar el tiempo total de preparación. Esto significa que se tarda un tiempo en poner en marcha el proceso de acuerdo a la nueva especificación requerida.

En otras palabras los ajustes normalmente se asocian con la posición relativa de piezas y troqueles, pero una vez hecho el cambio se demora un tiempo en lograr que el primer producto bueno salga bien – se llama ajuste en realidad a las no conformidades que a

base de prueba y error van llegando hasta hacer el producto de acuerdo a las especificaciones –. Además se emplea una cantidad extra de material.

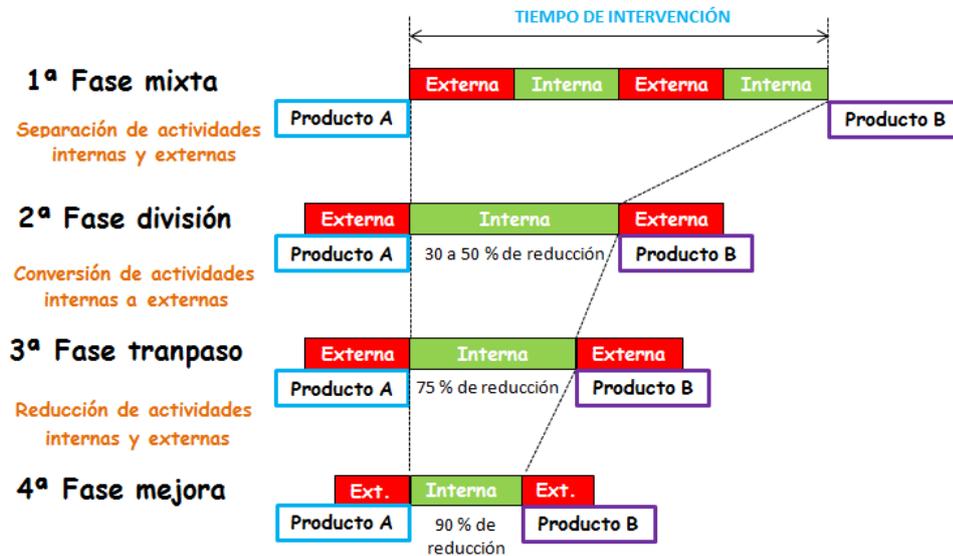


Figura 2.7. Fases para la reducción del cambio de molde.

Después de pasar por estas fases de mejora en la aplicación del SMED, es seguro que el tiempo de preparación de máquinas se debe de haber reducido a un punto en el cual las líneas de producción tendrán mayor disponibilidad, podrán trabajar con lotes más pequeños y los tiempos de entregas de producto habrá mejorado, necesitándose para ello, menos inventario, haciendo que la empresa sea más flexible y más rápida.

2.5.2. Control autónomo de los defectos. Jidoka

La palabra Jidoka es un término japonés que significa “automatización con un toque humano”. Permite que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad.

Así, por ejemplo, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá ya sea automática o manualmente, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Todo lo contrario a los sistemas tradicionales de calidad, en los cuales las piezas son inspeccionadas al final de su proceso productivo.

Jidoka mejora la calidad en el proceso ya que solo se producirán piezas con cero defectos. Una buena ejecución de Jidoka consta de cuatro pasos:

- Detectar la anomalía.
- Detener la línea de producción.
- Fijar o corregir la condición anormal.
- Investigar la causa raíz e implementar las medidas correctivas.

Los dos primeros pasos pueden ser automatizados. A diferencia que el tercer y cuarto paso, los cuales son de total dominio de personas, ya que requieren de un diagnóstico, de un análisis, y de una resolución de problemas.

- Detectar ó localizar la anormalidad: Se logran detectar tanto en los procesos intervenidos por máquinas o personas. En las máquinas principalmente se deben implantar mecanismos que detecten los obstáculos para instantáneamente parar la producción hasta que se arregle el inconveniente.
- Detener la línea de producción: Este el paso que pocas personas comprenden ya que piensan que toda la producción va parar, pero en realidad esta se puede distribuir en secciones de forma que cuando se detecte un problema la línea sigue produciendo mientras que se resuelve definitivamente el defecto u obstáculo.
- Fijar o corregir la condición anormal: Para continuar con la producción se utilizan diferentes opciones como:
 - Implementar un sistema de señal por tarjetas (método Kanban).
 - Insertar una unidad de estación de re-trabajo.
 - Detener la producción hasta que una herramienta averiada sea corregida
- Investigar la causa raíz e implementar las medidas correctivas.: Para esto se tiene que disminuir el personal para así encontrar el origen del problema. Una vez que se encuentra se podrá establecer una solución para que este impedimento no vuelva a ocurrir.

Algunos de los beneficios de Jidoka son:

- Incrementa la calidad de la producción.
- Reduce desperdicio.
- Incrementa productividad.
- Asegura las entregas a tiempo.

Dos de los elementos esenciales para Jidoka funcione son sistemas Andon y Poka-yoke.

2.5.2.1. Sistema Andon. Control visual

Es un término japonés para alarma, indicador visual o señal, utilizado para mostrar el estado de producción. Es un despliegue de luces o señales luminosas en un tablero que indican las condiciones de trabajo dentro del área de producción. El color de las luces indica el tipo de problema o condiciones de trabajo.

El tablero de alarmas será activado vía tirón de una cuerda o al apretar un botón por el operador para una línea productiva, también se puede activar automáticamente y se colocará lo suficientemente alto para poder ser visto por todos.

Si un problema ocurre, el tablero de Andon se iluminará para señalar al supervisor que la estación de trabajo está en problema. A veces se incorpora señales de audio junto con la tabla de Andon para ayudar al supervisor a comprender que hay un problema en su área.

Las variantes para los sistemas Andon son ilimitadas y el diseño depende del tipo de proceso y cantidad de líneas o máquinas que se deseen controlar.

Los sistemas Andon utilizan las luces de colores rojo, azul, blanco, amarillo, verde o ausencia de luz (producción normal), aunque en algunos casos se reducen según el número de indicaciones que se quieran transmitir. Un ejemplo de distribución de luces puede ser el siguiente:

- Luces apagadas: Sistema operando normal.
- Rojo: Máquina con averías.
- Amarillo: Esperando para cambio de modelo.
- Verde: Falta de Material.
- Azul: Pieza defectuosa.
- Blanco: Fin de lote de producción.



Figura 2.8. Sistemas Andon.

Los objetivos de un sistema Andon son:

- Hacer visibles los problemas.
- Ayudar tanto a los trabajadores como supervisores a permanecer en contacto directo con la realidad del lugar de trabajo.
- Motivar al personal a resolver los problemas sobre la marcha.

Entre los múltiples beneficios que genera la implantación de un sistema Andon se destacan los siguientes:

- Disminución del tiempo de respuesta ante dificultades.
- Incremento de la calidad de los productos.
- Facilita la ubicación e identificación de anomalías.
- Disminución de tiempos y esfuerzos en labores de supervisión.
- Solución de problemas sobre la marcha.

- Elimina el hábito de la corrección tardía.
- Son simples y fáciles entender.

2.5.2.2. Sistema Poka-yoke

Es una técnica de calidad desarrollada por Shigeo Shingo en los años 60 para prevenir los errores humanos que se producen en la línea de producción. El término Poka Yoke significa "a prueba de errores" y viene de las palabras japonesas "poka" (error inadvertido) y "yoke" (prevenir).

Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que se incorporan en el diseño de los productos y procesos para ayudar a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo.

Los sistemas Poka-yoke, o libre de errores, son métodos para prevenir que los errores humanos se conviertan en defectos del producto final. Además enriquecen la calidad de los productos previniendo errores en la línea de producción y tiene como misión apoyar al trabajador en sus funciones.

Con los sistemas Poka yoke no se permite que los errores se presenten en la línea de producción por lo tanto, la calidad será alta y el reproceso bajo. Generando por consiguiente una mayor satisfacción del cliente y un coste total más bajo.

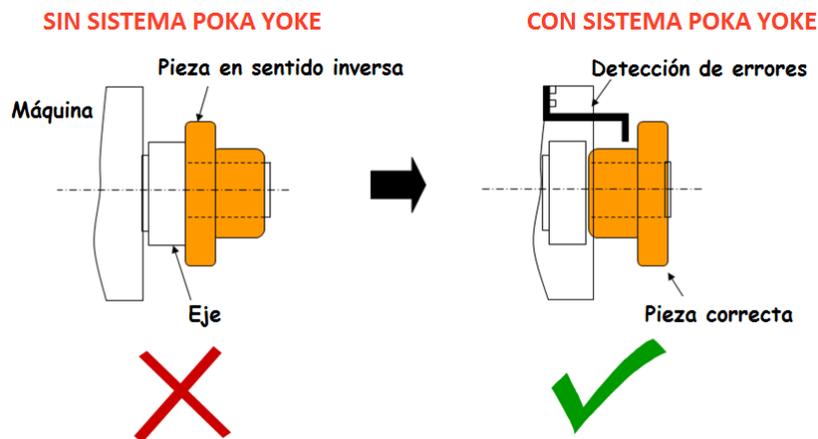


Figura 2.9. Ejemplo de sistema Poka-yoke.

Las ventajas de los sistemas Poka-Yoke son las siguientes:

- Se minimiza el riesgo de cometer errores y generar defectos.
- El operario puede centrarse en operaciones que añaden valor, en lugar de dedicar esfuerzo a comprobaciones para la prevención y corrección de errores.

- Mejora la calidad actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de sobre controles posteriores.
- Se caracterizan por ser simples y económicos.

2.6. Técnica de las 5 S's

Las 5S es una metodología creada por Toyota que enfoca el trabajo en la efectividad, organización y estandarización. Busca establecer un ambiente de trabajo agradable y eficiente, en un clima de seguridad, orden, limpieza y constancia que permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando así los estándares de calidad de los servicios requeridos.

Con la aplicación de las 5S's se mejora el ambiente de trabajo al reducir los desperdicios y las actividades que no agregan valor al producto y además aumentar la seguridad de las personas.

Las 5S's son las iniciales de cinco palabras de origen japonés de cada una de sus cinco etapas y es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples:

1. **Seiri – Clasificar:** Consiste en la organización de todo lo que se encuentre dentro del lugar del trabajo; separar lo que sirve de lo que no sirve y clasificar esto último. Clasificar implica retirar, donar, transferir o eliminar todos los elementos que no son necesarios para las operaciones del lugar del trabajo, así como mantener los elementos que si son necesarios cerca de la acción.
2. **Seiton - Ordenar:** Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales pertenecientes al área de trabajo, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos, en otras palabras, significa poner todo en su lugar. Si el material no es tan importante para etiquetarlo, codificarlo o asignarle un lugar, entonces no es lo suficientemente importante para estar dentro del área de trabajo.
3. **Seiso - Limpiar:** Consiste en la identificación y eliminación de las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentren siempre en perfecto estado. Se realizara una limpieza inicial con el fin de que el operador se familiarice con su puesto de trabajo antes de comenzar sus labores. De la misma manera, al final de cada turno las herramientas y el material deberán estar ordenados y limpios.
4. **Seiketsu - Estandarizar:** Consiste en distinguir, mediante normas sencillas y visibles, una situación normal de la otra anormal. Esto se lleva a cabo a través de

gamas y controles. En esta parte se establecen estándares de limpieza aplicando y manteniendo el nivel de referencia alcanzado.

5. **Shitsuke – Disciplina:** Consiste en trabajar permanentemente con las normas establecidas. En esta etapa se realiza una auto-inspección de manera cotidiana. En definitiva, ser rigurosos y responsables para mantener el nivel de disciplina logrado, entrenando y capacitando a todos para continuar la acción con autonomía.

En la siguiente tabla se resume cada una de las 5S's:

JAPONÉS	ESPAÑOL	OBJETIVO	DIRIGIDO A :
Seiri	Clasificar	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea necesario	Los objetos y lugares
Seiton	Ordenar	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz	
Seiso	Limpiar	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares de trabajo	
Seiketsu	Estandarizar	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden	Las personas
shitsuke	Disciplina	Fomentar los esfuerzos en este sentido	

Tabla 2.2. Técnica de las 5S's.

Aunque son conceptualmente sencillas y no requieren de una formación compleja, pueden resultar difíciles de mantener en el tiempo, por lo que es fundamental implantarlas mediante una metodología rigurosa y disciplinada.

La técnica de las 5S's proporciona los siguientes beneficios con su aplicación:

- Mejora la calidad.
- Mejora la productividad.
- Mejora la seguridad.
- Mejora el ambiente de trabajo.
- Favorece el desarrollo de la comunicación.
- Desarrolla la creatividad.
- Permite el crecimiento.
- Desarrolla la autoestima.
- Desarrolla el aprendizaje organizacional.

2.7. Mejora continua. Kaizen

Kaisen se define a partir de dos palabras japonesas "Kai" que significa cambio y "Zen" que quiere decir para mejorar, así, podemos decir que Kaizen es "cambio para mejorar" o "mejoramiento continuo o progresivo", como comúnmente se le conoce.

Kaisen es más que una metodología para mejorar procesos, es una cultura, de mejorar día a día e involucra a todos en la organización incluyendo tanto a la alta administración, gerentes y trabajadores.

Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de producción mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad, y de los métodos de trabajo por operación. Además, Kaizen también se enfoca en la eliminación de desperdicio.

Algunas de estas mejoras podrían ser un nuevo diseño de línea, reducción SMED, mejora de la velocidad, la reducción de tiempo de ciclo, reducción de residuos, etc.

El mejoramiento puede definirse como Kaizen e innovación, en donde una estrategia Kaizen mantiene y mejora el estándar de trabajo mediante mejoras pequeñas y graduales, y la innovación produce mejoras radicales como resultado de grandes inversiones en tecnología y/o equipos. La forma más razonable de llevar a cabo las mejoras es combinando adecuadamente pequeñas mejoras e innovación.

2.8. Beneficios de aplicar la metodología Lean Manufacturing

Algunos de los beneficios de aplicar la metodología Lean son los siguientes:

- **Reducción de los costes de producción:** Al ejecutar nivelados de producción, ésta se puede ajustar a través de la programación en forma más eficiente, evitando los cuellos de botella, tiempos muertos de maquinaria sin utilizarla al máximo rendimiento permitido y mano de obra ociosa.
- **Reducción de inventarios:** Comprar las materias primas en la cantidad que se necesita por cada orden de producción, además, de tener proveedores estratégicos que entregan los pedidos de material en la medida que se va utilizando en producción, permite mantener inventarios bajos.
- **Reducción de tiempos de entrega:** Se reducen los tiempos de entrega ya que se produce a pedido y al estar mejor planificada la producción permite cumplir con los tiempos comprometidos.

- **Mejor calidad:** Se disminuye considerablemente la merma y el producto va siendo controlado en línea y no al final del proceso. Cada operario es un control de calidad, con lo cual se tiene la certeza que el producto que se fabrica cumple con las especificaciones técnicas requeridas.
- **Menor mano de obra:** Permite tener dotaciones de personal polivalente, es decir; personal capacitado en más de una función como por ejemplo un empleado participando en las actividades de mantención, producción y calidad.
- **Mayor eficiencia de equipo:** El control que se desarrolla a las máquinas y equipos en cuanto a rendimiento, mantenimiento y tasas de calidad, permiten mantener un alto nivel de eficiencia productiva.
- **Disminución de los desperdicios:** La aplicación de Lean permite visualizar todos los puntos de la empresa donde existen ineficiencias lo cual permite detectar costos y gastos ocultos.
- **Disminución de la sobreproducción:** Se produce solo lo que los clientes necesitan y en las cantidades que ellos los requieren.
- **Optimización del transporte y de los movimientos:** Al existir una producción planificada permite que las actividades de distribución y despacho actúen en forma coordinada, optimando los despachos y las rutas de transporte.

CAPÍTULO 3. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

3.1. Indicadores clave de desempeño (KPI's)

Los Indicadores Clave de Desempeño también llamados KPI's (Key Performance Indicators), son métricas financieras o no financieras que miden el comportamiento de un proceso o actividad de manera que sirva como guía para alcanzar los objetivos y metas fijados en el plan estratégico de la organización.

Los indicadores o KPI's permiten el seguimiento y evaluación periódica de las variables clave de la organización, y la comparación en el tiempo con los correspondientes referentes internos (metas), y externos (estándares a través de benchmarking, comparación con las mejores prácticas).

Los KPI's son herramientas indispensables para dirigir una organización, un equipo o un proceso. Disponer de los indicadores adecuados permite anticiparse a los problemas y que todo el personal de la empresa esté alineado con los objetivos y estrategias de la misma.

Los indicadores son necesarios para poder mejorar. "Lo que no se mide no se puede controlar, y lo que no se controla no se puede gestionar".

Los indicadores cumplen con dos funciones:

- **Función descriptiva:** Consiste en la aportación de información sobre el estado real del proceso o actividad.
- **Función valorativa:** Consiste en añadir a dicha información un juicio de valor lo más objetivo posible, sobre si el desempeño en dicho proceso o actividad está siendo o no el adecuado.

Algunos ejemplos de indicadores son: el tanto por ciento de absentismo laboral, el cumplimiento de la secuencia de fabricación, la rotación de inventario, la rentabilidad, pedidos entregados a tiempo, la calidad de los pedidos generados, la frecuencia de accidentes, etc.

El objetivo de los indicadores, o KPIs, es mejorar la gestión y los resultados de la empresa. Por tanto son herramientas de evaluación, diagnóstico, comunicación, información, motivación y de mejora continua.

En una organización se debe contar con el mínimo número posible de indicadores que garanticen contar con información constante, real y precisa sobre aspectos tales como: efectividad, eficiencia, eficacia, productividad, calidad etc., todos los cuales constituyen el conjunto de indicadores de la organización. El conjunto de indicadores a gestionar dependen totalmente del objetivo de la empresa, por tanto, cada empresa tiene y gestiona sus propios KPI's.

3.2. Selección de indicadores

Para priorizar los indicadores a desarrollar se pueden utilizar los siguientes criterios relativos a las áreas a valorar:

- Grado de cumplimiento de los objetivos asignados y de las acciones derivadas.
- Evolución de los factores críticos de éxito de la organización o del área evaluada.
- Evolución de las áreas, procesos o parámetros conflictivos o con problemas reales o potenciales.

Así mismo pueden considerarse los siguientes criterios:

- La información sobre el coste y los recursos necesarios para establecer el sistema de indicadores: forma de obtener la información, tratamiento, documentación, etc.
- La fiabilidad del proceso de captación de la información y su explotación, así como la capacidad en plazo y nivel de motivación del personal involucrado para desarrollar la actividad.

3.3. Características de los indicadores

Los indicadores tienen por objetivo proporcionar información sobre los parámetros ligados a las actividades o los procesos implantados. Las características de los indicadores son las siguientes:

- Deben encontrarse ligados a la misión y visión de la empresa. Simbolizan una actividad importante o crítica.

- Debe proveer información útil que permita conocer el grado de cumplimiento de los objetivos y tomar decisiones con respecto al proceso que se mida.
- Los datos de los indicadores son cuantificables y sus valores se expresan normalmente a través de un dato numérico o de un valor de clasificación.
- Los beneficios que se obtiene del uso de los indicadores supera la inversión de recoger y tratar los datos necesarios para su desarrollo.
- Deben ser fiables, es decir proporcionan confianza a los usuarios sobre la validez de las sucesivas medidas. La información no puede estar sujeta a manipulación.
- Deben ser fáciles de establecer, medir, utilizar y mantener.
- Deben encontrarse integrados con otros procesos y tareas funcionales de la empresa y atados a otros sistemas de evaluación organizacional.
- Deben ser comparables con los otros indicadores del sistema implantados, y por tanto permitir la comparación y el análisis.
- Deben ser sencillos y claros: permitir a todos los trabajadores la identificación rápida de los resultados alcanzados.

3.4. Atributos de los indicadores

Los indicadores tienen que tener las siguientes cualidades, que son denominadas SMART (inteligente) por sus siglas en inglés. Las iniciales de estas cinco cualidades forman la palabra SMART y son las siguientes:

- **Específicos (Specific):** Al definir un indicador, no debe dar lugar a interpretaciones dudosas. Cuanto más detallado sea el indicador, mejor será su comprensión y mayores las probabilidades de que sea alcanzado.
- **Medibles (Measurable):** El indicador debe ser medible. Puede ser medible cuantitativamente o cualitativamente. Los indicadores cuantitativos se refieren a números, tamaño, porcentajes, frecuencia, etc. Estos indicadores son precisos y permiten posteriores análisis estadísticos de los datos. Sin embargo, los indicadores cualitativos se refieren a diferencias de calidad, opiniones, encuestas, etc. Los indicadores cualitativos resultan muchas veces de entrevistas, observación directa, etc. y son mejores para captar aquellos cambios complejos que son difíciles de poner en términos cuantitativos.
- **Alcanzables (Achievable):** Se debe conocer bien la situación actual y establecer un plan para lograr el objetivo del indicador, de forma que aun siendo ambicioso sea posible de alcanzar.
- **Realista (Realistic):** Algunos indicadores son más apropiados que otros para medir un objetivo específico. Los indicadores deben ser realistas y relacionados con respecto al resultado que miden.

- **A Tiempo (Timely):** Se debe definir un periodo de tiempo concreto de inicio y fin durante el cual el indicador puede ser medido. Es importante fijar un periodo de tiempo para valorar si se han cumplido los objetivos. La información del indicador tiene que recopilarse y presentarse a su debido tiempo, para que puedan ayudar en las toma de decisiones. Este periodo de tiempo no debe ser ni tan corto que haga imposible conseguirlo, ni tan largo que cause una dispersión de la iniciativa.

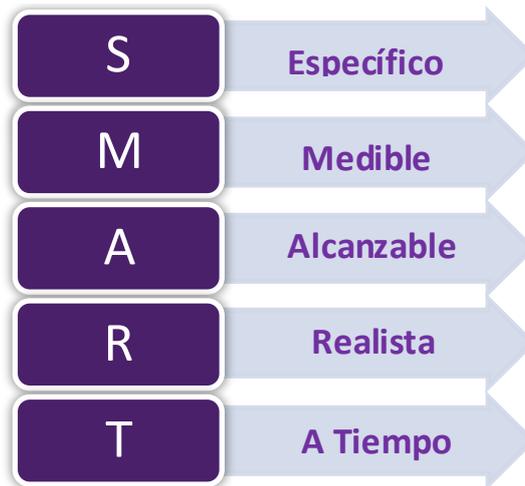


Figura 3.1. Atributos de los indicadores. SMART.

3.5. Elementos para el diseño de indicadores

Un indicador no debe dar lugar a interpretaciones diferentes. Por ello, para conseguir el objetivo, es necesario tener en consideración los siguientes elementos, a la hora de definir un indicador:

- **Nombre del indicador:** La identificación y la diferenciación de un indicador es vital, y su nombre, además de concreto debe describir claramente su utilidad.
- **Forma de cálculo:** Se debe tener muy claro la fórmula matemática para el cálculo de de lo que se quiere medir, lo cual indica la identificación exacta de los factores y la manera como ellos se relacionan.
- **Periodicidad:** Cada cuánto tiempo se llevará a cabo la medición del indicador (periodo entre mediciones): diaria, semanal, mensual, etc.
- **Responsable de la recogida de datos:** Quién se encargará de recoger los datos para el cálculo del indicador.
- **Responsable de actuación:** Es la persona que se encarga de tomar medidas en función de los valores que presente el indicador.

- **Valor del objetivo:** Es el valor que se pretende que tome el indicador. Si no se consigue este valor, el responsable de actuación debe llevar a cabo acciones de mejora.
- **Forma de representación:** Define la forma de presentar los datos obtenidos a través de graficas, tablas, etc.
- **Fuente de información:** Conviene especificar cuáles son las fuentes empleadas para obtener los datos utilizados en el cálculo del indicador.

A continuación se describe más detalladamente los elementos para el diseño de los indicadores:

- **Nombre del indicador:** La identificación del indicador es primordial, debe definir claramente su utilidad, de forma que no pueda generar malas interpretaciones. En este sentido se debe definir con detalle el concepto que se quiere valorar. Con objeto de alcanzar un indicador fiable y comparable en el tiempo, es muy importante definir todos aquellos conceptos que puedan ser interpretados de diferente forma. En ocasiones ayuda mucho a interpretar el indicador, el hecho de añadirle un apartado de definiciones.
- **Forma de cálculo:** Cuando se trata de indicadores cuantitativos, se debe tener muy claro la fórmula matemática para el cálculo de su valor, lo cual implica la identificación exacta de los factores o variables que lo conforman y la manera como ellos se relacionan. La manera de expresa el valor del indicador viene dada por las unidades, las cuales varían de acuerdo con los valores que se relacionan, como por ejemplo: porcentajes, días, horas, ratios, etc.
- **Periodicidad:** Se debe definir la periodicidad con la que se desea obtener la información: diaria, semanal, mensual, semestral, etc. Dependiendo del tipo de actividad y del destinatario de la información, los indicadores tendrán una u otra frecuencia temporal en cuanto a su presentación.
- **Definir responsabilidades:** Conviene definir las responsabilidades para:
 - La recogida de información. Ello permite integrar fácilmente las tareas de esta recogida en sus actividades habituales.
 - El análisis de los indicadores para la toma de decisiones.
 - La comunicación de los resultados a los responsables y personal autorizados.
- **Valor del objetivo:** Con objeto de facilitar el uso de los indicadores ligados a la gestión y al control, es muy común la representación de los objetivos a alcanzar o los umbrales a considerar junto a los indicadores relacionados.

En este sentido los objetivos a conseguir pueden llevar a definir umbrales para ciertos indicadores como, por ejemplo, los siguientes:

- Mínimo y/o máximo a respetar sin modificar el proceso.
- Valor a conseguir
- Consecución sucesiva de valores en el tiempo.

Es necesario determinar para cada indicador, el estado, el umbral o el rango de gestión:

- Estado: Valor inicial o actual del indicador.
 - Umbral: Es el valor del indicador que se requiere lograr o mantener.
 - Rango de gestión: Es el espacio comprendido entre los valores mínimo y máximo que el indicador puede tomar.
- **Forma de representación:** Los indicadores se suelen representar en gráficos para observar la evolución del objetivo y mostrar de forma expresa al personal involucrado los resultados alcanzados. De esta forma se puede conseguir un mayor grado de implicación en la actividad y una mayor rapidez a la hora de modificar una evolución negativa.

La información se puede representar de diferentes formas tales como:

- Diagramas: Histogramas, sectores, radial, curvas, barras, etc.
- Tablas.
- Parámetros de semaforización: Para evidenciar cambios de estado, tendencias y situación respecto a un umbral, como por ejemplo: Aceptable (verde), con riesgo (amarillo) y crítico (rojo).
- Símbolos, dibujos, etc.

Para seleccionar si una gráfica debe mostrar la mejora de forma ascendente o descendente es recomendable seguir el lema “los problemas disminuyen, las mejoras aumentan”. Es decir, todo indicador positivo (por ejemplo cumplimiento de los plazos de entrega) representa la mejora mediante un gráfico (curva, barra, etc.) ascendente, mientras que todo indicador negativo (por ejemplo, pérdidas o roturas de la mercancía) muestra su mejora en gráficas que descienden.

- **Fuente de información:** En los casos en los que pueda existir diferencia de criterios con relación a las fuentes de información, conviene especificar cuáles son las fuentes empleadas para obtener los datos utilizados en el cálculo del indicador.

Una vez definidos todos los elementos para el diseño del indicador es conveniente recogerlos en fichas de indicadores. Estas fichas son un resumen de todos los aspectos

que conlleva el indicador. A continuación se muestra tres ejemplos de fichas de indicadores formalizados:

Ejemplo 1:

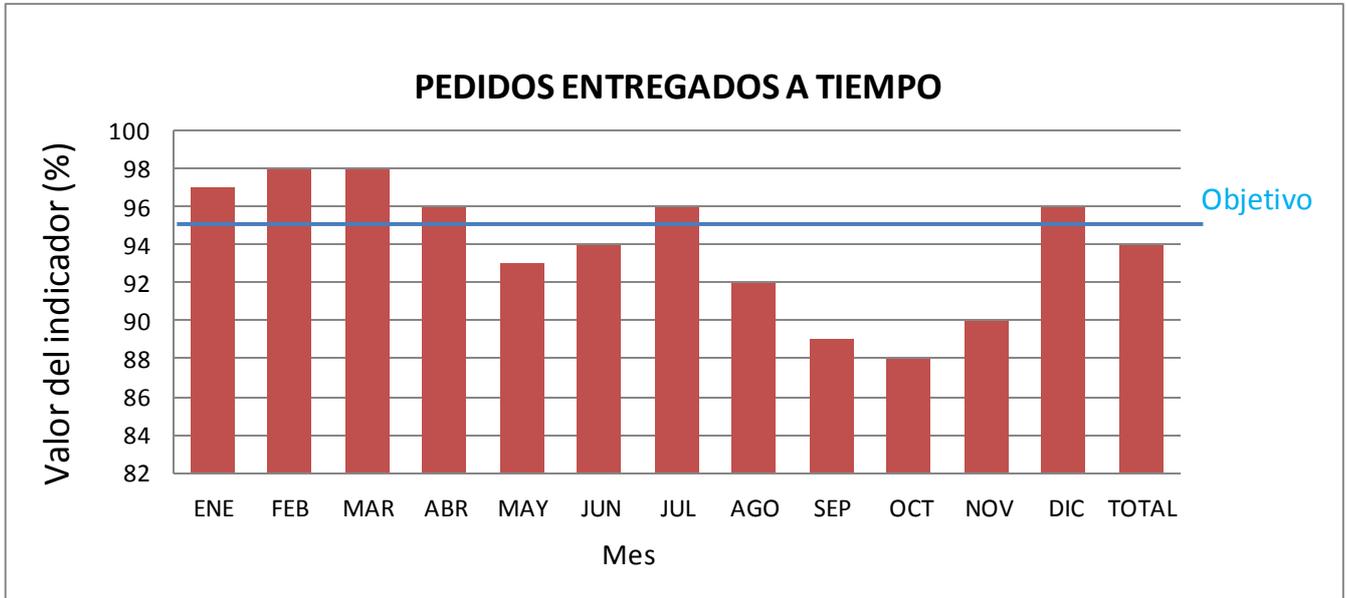
- **Nombre del Indicador:** Pedidos entregados a tiempo (%).
- **Descripción :** Medir el nivel de cumplimiento de la empresa para realizar la entrega de pedidos en la fecha pactada con el cliente durante el 2012.
- **Fórmula de cálculo:**

$$\text{Pedidos entregados a tiempo (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pedidos entregados a tiempo}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de pedidos entregados}} \cdot 100$$
- **Periodicidad de recogida de datos:** Mensual
- **Responsable de la recogida de datos y actuación:** El responsable es el jefe del centro de distribución.
- **Valor del objetivo:** Conseguir un 95% de cumplimiento.
- **Fuente de información:** Se debe solicitar la información al área de logística de distribución
- **Gráfico del indicador:** En la tabla 3.1. se muestra la información obtenida para poder elaborar la gráfica del indicador de pedidos entregados a tiempo.

AÑO 2012			
MES	PEDIDOS ENTREGADOS A TIEMPO	TOTAL DE PEDIDOS ENTREGADOS	VALOR DEL INDICADOR
Enero	24.735	25.500	97 %
Febrero	24.708	25.100	98 %
Marzo	24.696	25.200	98 %
Abril	24.780	25.900	96 %
Mayo	25.017	26.900	93 %
Junio	25.192	26.800	94 %
Julio	24.600	25.500	96 %
Agosto	25.016	27.100	92 %
Septiembre	24.475	27.500	89 %
Octubre	24.552	27.900	88 %
Noviembre	24.570	27.300	90 %
Diciembre	24.576	25.600	96 %
TOTAL	296.917	316.300	94 %

Tabla 3.1. Información del indicador: Pedidos Entregados a tiempo.

En la gráfica 3.1. se muestra la evolución del indicador de los pedidos entregados a tiempo durante el año.



Gráfica 3.1. Indicador: Pedidos entregados a tiempo.

- **Observaciones:** Se puede ver que el objetivo establecido para este indicador no se ha alcanzado, obteniendo un total del 94% de cumplimiento de entregas a tiempo durante el año.

El indicador obtuvo durante los meses de mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre está por debajo del objetivo fijado, se puede ver que cuando aumenta el número total de pedidos disminuye el número de pedidos entregados a tiempo. El responsable de este indicador debe encargarse de tomar decisiones de mejoras para alcanzar el objetivo y así ofrecer un mejor servicio a los clientes. A continuación se muestran varios motivos, por los cuales no se ha conseguido alcanzar el 95% de cumplimiento:

- Falta de transporte adecuado a tiempo para la carga.
- Falta de producto a tiempo para la carga.
- Incumplimiento en los horarios del transporte.
- Condiciones de orden público: problemas de tráfico, avería, huelgas, etc.
- Otros.

Ejemplo 2 :

- **Nombre del Indicador:** Rendimiento de la máquina de producción (%)
- **Descripción:** Controlar la productividad de una máquina de producción con respecto a la capacidad máxima de utilización posible durante el 2012.
- **Forma de cálculo:**

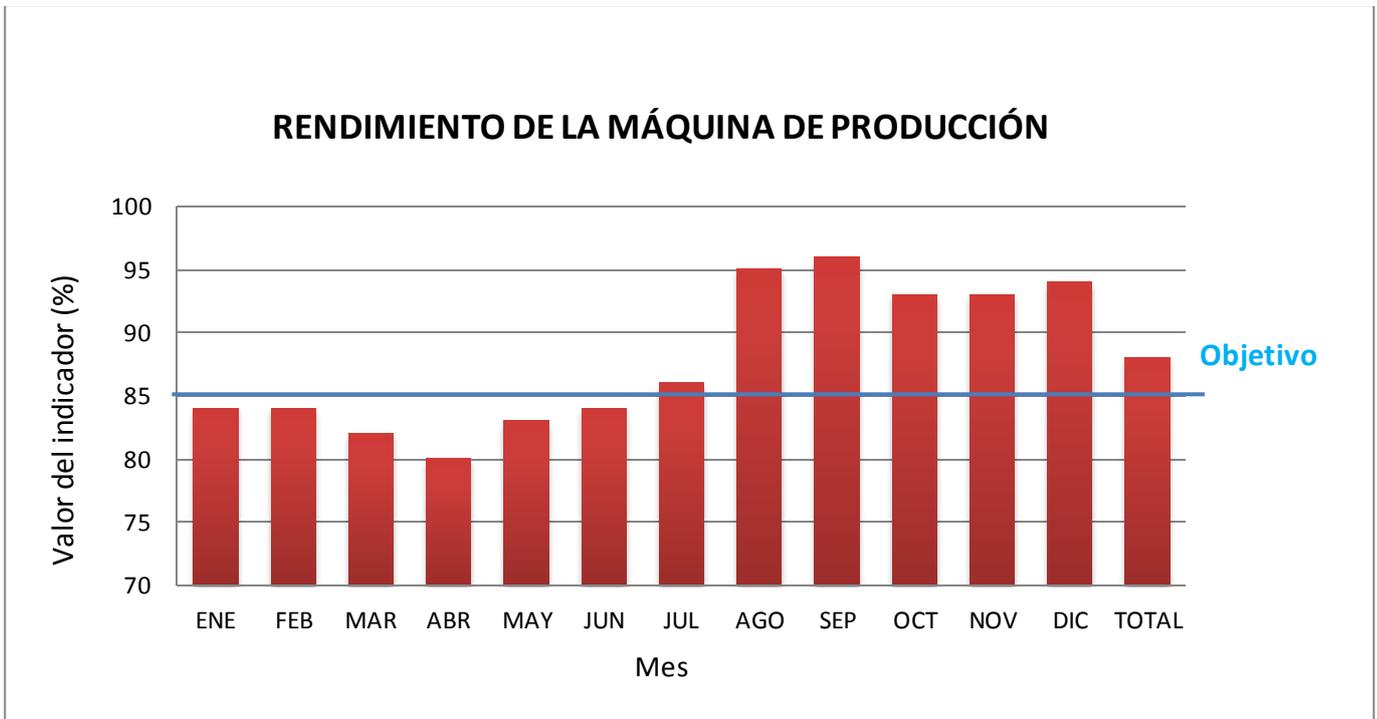
$$\text{Rendimiento de la máquina (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades producidas}}{\text{Capacidad máxima}} \cdot 100$$

- **Periodicidad de recogida:** Mensual
- **Responsable de la recogida de datos y actuación:** El responsable es el jefe de operaciones (o el director que esta a cargo de la producción).
- **Valor del objetivo:** Conseguir un rendimiento del 85%.
- **Fuente de información:** Los datos necesarios para el cálculo son suministrados por el departamento de producción.
- **Gráfico del indicador:** En tabla 3.2. se muestra la información obtenida para poder elaborar la gráfica del indicador de rendimiento de la máquina de producción.

2012			
MES	UNIDADES PRODUCIDAS	CAPACIDAD MÁXIMA	VALOR DEL INDICADOR
Enero	10.080	12.000	84 %
Febrero	10.128	12.000	84 %
Marzo	9.876	12.000	82 %
Abril	9.624	12.000	80 %
Mayo	9.996	12.000	83 %
Junio	10.128	12.000	84 %
Julio	10.347	12.000	86 %
Agosto	11.400	12.000	95 %
Septiembre	11.520	12.000	96 %
Octubre	11.184	12.000	93 %
Noviembre	11.215	12.000	93 %
Diciembre	11.280	12.000	94 %
TOTAL	126.778	144.000	88 %

Tabla 3.2. Información del indicador: Rendimiento de la máquina.

En la gráfica 3.2 se puede observar la evolución del indicador del rendimiento de la máquina durante el año.



Gráfica 3.2. Indicador: Rendimiento de la máquina de producción.

- **Observaciones:** Se ha logrado cumplir con el objetivo establecido para de este indicador, obteniendo un rendimiento total del 88% en la máquina de producción durante el 2012.

El indicador obtenido durante los meses de enero hasta julio esta por debajo del 85% de rendimiento y desde los meses de agosto hasta diciembre se ha conseguido ese objetivo. Esto es debido a que el responsable ha realizado mejoras para alcanzar la meta establecida, como por ejemplo:

- Realizar un mantenimiento preventivo de la máquina.
- Evitar la falta de materia prima y operarios.
- Disponer de las herramientas y utillajes necesarios, en la cual; no se requiere la intervención del personal de mantenimiento.
- Otros.

Ejemplo 3 :

- **Indicador:** Absentismo laboral (%)
- **Descripción:** Controlar la ausencia o abandono del puesto de trabajo de 300 trabajadores en los meses de abril, mayo y junio del 2013.

- **Forma de cálculo:**

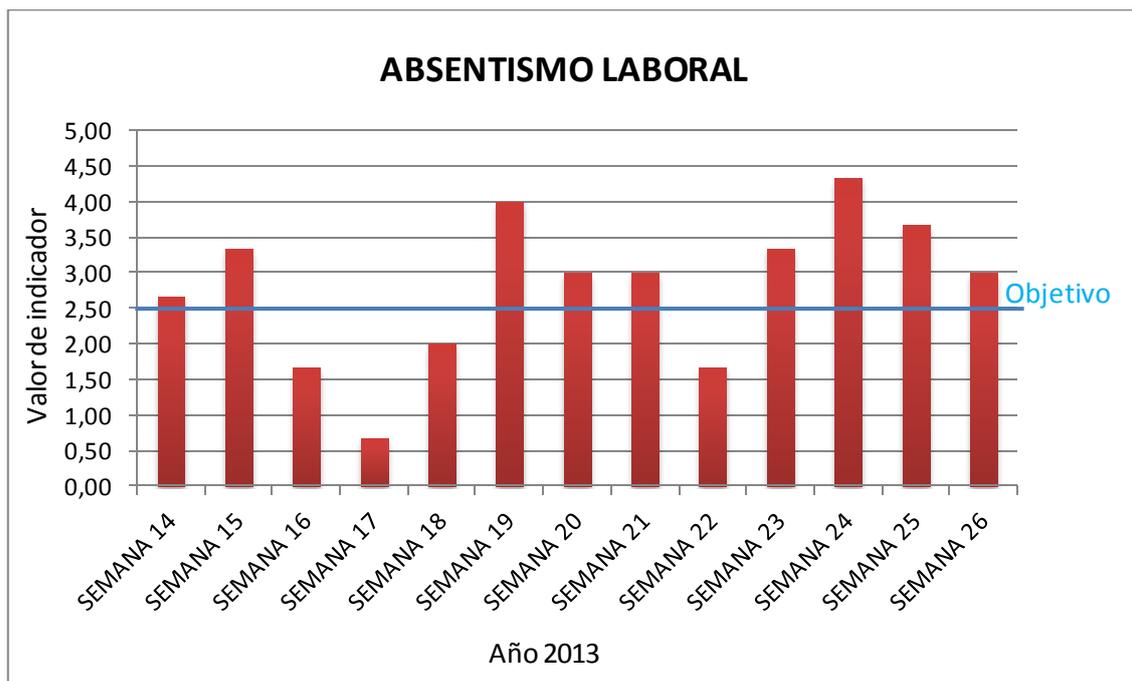
$$\text{Absentismo laboral (\%)} = \frac{\text{Horas – hombre ausentes}}{\text{Hora – hombre trabajadas}} \cdot 100$$

- **Periodicidad de recogida:** Semanal.
- **Responsable de la recogida de datos y actuación:** El responsable es el jefe de RRHH.
- **Valor del objetivo:** Mantener un absentismo laboral menor del 2,5%.
- **Fuente de información:** Los datos necesarios para el calculo son suministrados por el departamento de RRHH.
- **Gráfico del indicador:** En la tabla 3.3 se muestra la información obtenida para poder elaborar la gráfica del indicador de absentismo.

SEMANA	HORAS –HOMBRE AUSENTES	HORAS-HOMBRE TRABAJADAS	VALOR DEL INDICADOR
Semana 14	64	2400	2,67 %
Semana 15	80	2400	3,33 %
Semana 16	40	2400	1,67 %
Semana 17	16	2400	0,67 %
Semana 18	48	2400	2 %
Semana 19	96	2400	4 %
Semana 20	72	2400	3 %
Semana 21	72	2400	3 %
Semana 22	40	2400	1,67 %
Semana 23	80	2400	3,33 %
Semana 24	104	2400	4,33 %
Semana 25	88	2400	3,67 %
Semana 26	72	2400	3,%
TOTAL	872	31200	2,79 %

Tabla 3.3. Información del indicador: Absentismo laboral.

Acontinuacion, se muestra la evolución del indicador del absentismo laboral durante los meses de abril, mayo y junio.(ver gráfica 3.3).



Gráfica 3.3. Indicador: Absentismo laboral.

- **Observaciones:** Se puede observar que el objetivo establecido para de este indicador no se ha alcanzado, obteniendo un absentismo laboral del 2,79 % durante los tres meses.

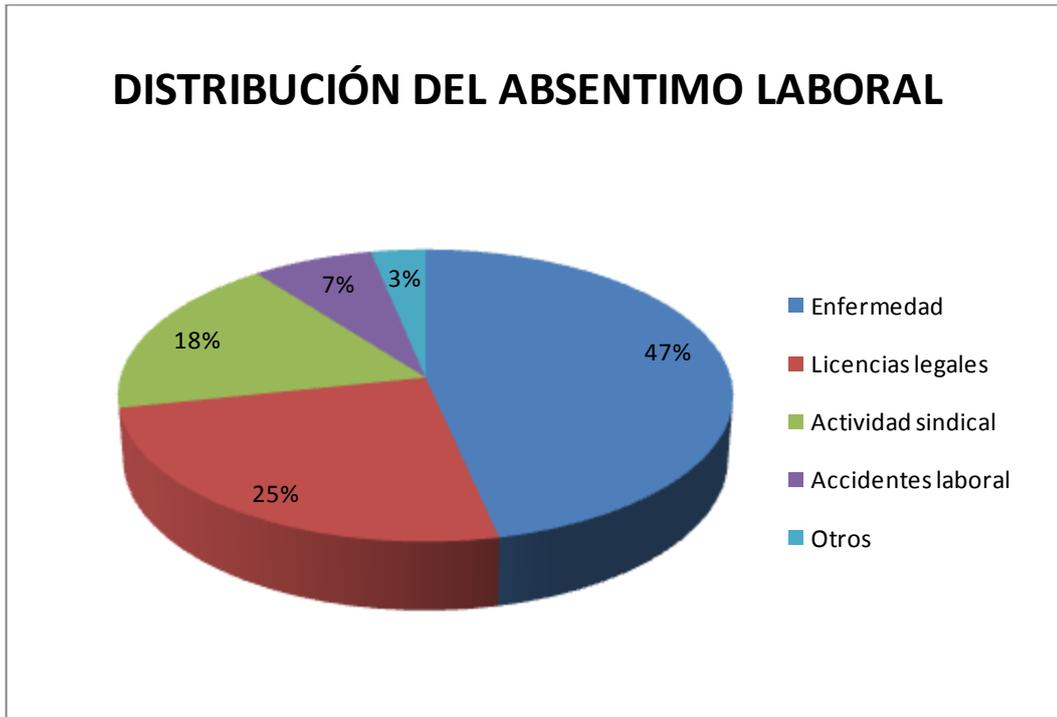
El absentismo laboral es uno de los principales problemas ya que influye a una menor productividad y por tanto, afecta a la competitividad de la empresa por lo que es conveniente conseguir el objetivo marcado para el indicador.

En la siguiente tabla (tabla 3.4) se muestran las causas del absentismo laboral de la empresa y el tanto por ciento correspondiente a cada una de ellas.

CAUSAS DEL ABSENTISMO LABORAL	VALOR DEL INDICADOR
Enfermedad	1,30 %
Licencias legales (fallecimiento, matrimonio, embarazo, etc.)	0,70 %
Actividad sindical	0,5%
Accidente laboral	0,2 %
Otros	0,09 %
TOTAL	2,79 %

Tabla 3.4. Causas del absentismo laboral.

A continuación, se muestra la distribución de las causas del absentismo laboral sobre el 100% (ver gráfica 3.4).



Gráfica 3.4. Distribución de las causas del absentismo laboral.

3.6. Principales funciones de los indicadores

La función fundamental del uso de indicadores es la reducción drástica de la incertidumbre, de la angustia y la subjetividad, con el consecuente incremento de la efectividad de la organización y el bienestar de todos los trabajadores. Las principales funciones de los indicadores son las siguientes:

- Apoyar y facilitar a los procesos la toma de decisiones
- Controlar la evolución en el tiempo de los principales procesos y variables.
- Racionalizar el uso de la información.
- Adoptar normas y patrones efectivos y útiles para la organización.
- Planificación y la prospección de la organización
- Desarrollar sistemas de remuneración e incentivos.
- Comprensión de la evolución, situación actual y futura de la organización.
- Favorecer la participación de las personas en la gestión de la organización.

3.7. Tipo de indicadores

Los indicadores se pueden clasificar en temporales y permanentes:

- **Temporales:** Son indicadores que cuya validez tiene un periodo finito. Cuando se asocian al logro de un objetivo en la ejecución de un proyecto, al lograrse el objetivo o cuando éste pierde interés para la organización, los indicadores asociados deberán desaparecer.
- **Permanentes:** Son indicadores que se asocian a variables o factores que están presentes siempre en la organización y se asocian por lo regular a procesos. Este indicador debe ser objeto de constante revisión y comparación con las características cambiantes del entorno y de la organización.

3.8. Categoría de los indicadores

Se debe distinguir entre indicadores de cumplimiento, de evaluación, de eficacia, eficiencia y de gestión:

- **Indicadores de cumplimiento:** Con base en que el cumplimiento tiene que ver con la conclusión de la tarea. Los indicadores de cumplimiento están relacionados con las razones que indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Cumplimiento de la secuencia de fabricación.
- **Indicadores de evaluación:** La evaluación tiene que ver con el rendimiento que se obtiene del proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con los métodos que ayudan a identificar las fortalezas, debilidades u oportunidades de mejora. Ejemplo: Evaluación del proceso e gestión de pedidos.
- **Indicadores de eficiencia:** Teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo con el mínimo de recursos. Los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas. Ejemplo: Tiempo de fabricación de un producto, rotación de inventario, etc.
- **Indicadores de eficacia:** Eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con las razones que indican capacidad o acierto en la secuencia de tareas y/o trabajos. Ejemplo: Grado de satisfacción de los clientes con relación a los pedidos.
- **Indicadores de gestión:** Teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar /o establecer acciones concretas para hacer realidad los trabajos programados y planificación. Los indicadores de gestión están relacionados con las razones que permiten administrar realmente un proceso. Ejemplo: Administración y/o gestión de los almacenes de productos en proceso de fabricación.

3.9. Beneficios de los indicadores

Podría decirse que el objetivo de los indicadores es aportar a la empresa un camino correcto para que ésta logre cumplir con las metas establecidas. Los indicadores deben satisfacer los siguientes objetivos:

- Comunicar la estrategia y metas.
- Identificar problemas y oportunidades.
- Entender procesos.
- Definir responsabilidades.
- Mejorar el control de la empresa.
- Identificar iniciativas y acciones necesarias.
- Medir comportamientos.
- Facilitar la delegación en las personas.
- Integrar la compensación con la actuación.

3.10. Principales indicadores

En este apartado se representa los principales indicadores de gestión relacionados al abastecimiento, inventario, almacenamiento transporte y servicio al cliente.

1- ABASTECIMIENTO			
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
Calidad de los Pedidos Generados	Número y porcentaje de pedidos de compras generadas sin retraso, o sin necesidad de información adicional.	$\frac{\text{Productos Generados sin Problemas} \times 100}{\text{Total de pedidos generados}}$	Cortes de los problemas inherentes a la generación errática de pedidos, como: costo del lanzamiento de pedidos rectificadores, esfuerzo del personal de compras para identificar y resolver problemas, incremento del costo de mantenimiento de inventarios y pérdida de ventas, entre otros.
Entregas perfectamente recibidas	Número y porcentaje de pedidos que no cumplen las especificaciones de calidad y servicio definidas, con desglose por proveedor	$\frac{\text{Pedidos Rechazados} \times 100}{\text{Total de Órdenes de Compra Recibidas}}$	Costos de recibir pedidos sin cumplir las especificaciones de calidad y servicio, como: costo de retorno, coste de volver a realizar pedidos, retrasos en la producción, coste de inspecciones adicionales de calidad, etc.
Nivel de cumplimiento de Proveedores	Consiste en calcular el nivel de efectividad en las entregas de mercancía de los proveedores en la bodega de producto terminado	$\frac{\text{Pedidos Recibidos Fuera de Tiempo} \times 100}{\text{Total Pedidos Recibidos}}$	Identifica el nivel de efectividad de los proveedores de la empresa y que están afectando el nivel de recepción oportuna de mercancía en la bodega de almacenamiento, así como su disponibilidad para despachar a los clientes

Tabla 3.5. Indicadores de abastecimiento.

2. INVENTARIOS			
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
Índice de Rotación de Mercancías	Proporción entre las ventas y las existencias promedio. Indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.	$\frac{\text{Ventas Acumuladas} \times 100}{\text{Inventario Promedio}}$	Las políticas de inventario, en general, deben mantener un elevado índice de rotación, por eso, se requiere diseñar políticas de entregas muy frecuentes, con tamaños muy pequeños. Para poder trabajar con este principio es fundamental mantener una excelente comunicación entre cliente y proveedor.
Índice de duración de Mercancías	Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período. Indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.	$\frac{\text{Inventario Final} \times 30 \text{ días}}{\text{Ventas Promedio}}$	Altos niveles en ese indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una materialización inmediata y que está corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia.
Exactitud del Inventario	Se determina midiendo el costo de las referencias que en promedio presentan irregularidades con respecto al inventario lógico valorizado cuando se realiza el inventario físico	$\frac{\text{Valor Diferencia}}{\text{Valor Total de Inventarios}}$	Se toma la diferencia en costos del inventario teórico versus el físico inventariado, para determinar el nivel de confiabilidad en un determinado centro de distribución. Se puede hacer también para exactitud en el número de referencias y unidades almacenadas

Tabla 3.6. Indicadores de inventario.

3. ALMACENAMIENTO			
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
Costo de Almacenamiento por Unidad	Consiste en relacionar el costo del almacenamiento y el número de unidades almacenadas en un período determinado	$\frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Número de unidades almacenadas}}$	Sirve para comparar el costo por unidad almacenada y así decidir si es más rentable subcontratar el servicio de almacenamiento o tenerlo propiamente.
Costo por Unidad Despachada	Porcentaje de manejo por unidad sobre las gastos operativos del centro de distribución.	$\frac{\text{Costo Total Operativo Bodega}}{\text{Unidades Despachadas}}$	Sirve para costear el porcentaje del costo de manipular una unidad de carga en la bodega o centro distribución.
Nivel de Cumplimiento Del Despacho	Consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de mercancías a los clientes en cuanto a los pedidos enviados en un período determinado.	$\frac{\text{Número de despachos cumplidos} \times 100}{\text{Número total de despachos requeridos}}$	Sirve para medir el nivel de cumplimiento de los pedidos solicitados al centro de distribución y conocer el nivel de agotados que maneja la bodega.
Costo por Metro Cuadrado	Consiste en conocer el valor de mantener un metro cuadrado de bodega	$\frac{\text{Costo Total Operativo Bodega} \times 100}{\text{Área de almacenamiento}}$	Sirve para costear el valor unitario de metro cuadrado y así poder negociar valores de arrendamiento y comparar con otras cifras de bodegas similares.

Tabla 3.7. Indicadores de almacenamiento.

4.TRANSPORTE			
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
Comparativo del Transporte (Rentabilidad Vs Gasto)	Medir el costo unitario de transportar una unidad respecto al ofrecido por los transportadores del medio.	$\frac{\text{Costo Transporte propio por unidad}}{\text{Costo de contratar transporte por unidad}}$	Sirve para tomar la decisión acerca de contratar el transporte de mercancías o asumir la distribución directa del mismo.
Nivel de Utilización de los Camiones	Consiste en determinar la capacidad real de los camiones respecto a su capacidad instalada en volumen y peso	$\frac{\text{Capacidad Real Utilizada}}{\text{Capacidad Real Camión (kg, mt3)}}$	Sirve para conocer el nivel de utilización real de los camiones y así determinar la necesidad de optimizar la capacidad instalada y/o evaluar la necesidad de contratar transporte contratado

Tabla 3.8. Indicadores de transporte.

5. SERVICIO AL CLIENTE			
INDICADOR	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	IMPACTO (COMENTARIO)
Nivel de cumplimiento entregas a clientes	Consiste en calcular el porcentaje real de las entregas oportunas y efectivas a los clientes	$\frac{\text{Total de Pedidos no Entregados a Tiempo}}{\text{Total de Pedidos Despachados}}$	Sirve para controlar los errores que se presentan en la empresa y que no permiten entregar los pedidos a los clientes. Sin duda, esta situación impacta fuertemente al servicio al cliente y el recaudo de la cartera.
Calidad de la Facturación	Número y porcentaje de facturas con error por cliente, y agregación de los mismos.	$\frac{\text{Facturas Emitidas con Errores}}{\text{Total de Facturas Emitidas}}$	Generación de retrasos en los cobros, e imagen de mal servicio al cliente, con la consiguiente pérdida de ventas.
Causales de Notas Crédito	Consiste en calcular el porcentaje real de las facturas con problemas	$\frac{\text{Total Notas Crédito}}{\text{Total de Facturas Generadas}}$	Sirve para controlar los errores que se presentan en la empresa por errores en la generación de la facturación de la empresa y que inciden negativamente en las finanzas y la reputación de la misma.
Pendientes por Facturar	Consiste en calcular el número de pedidos no facturados dentro del total de facturas	$\frac{\text{Total Pedidos Pendientes por Facturar}}{\text{Total Pedidos Facturados}}$	Se utiliza para medir el impacto del valor de los pendientes por facturar y su incidencia en las finanzas de la empresa

Tabla 3.9. Indicadores de servicio al cliente.

3.11. Ciclo de mejora continua PDCA

La metodología a seguir en cada momento del proceso al implantar un sistema de indicadores, es mediante el ciclo de mejora continua PDCA (siglas del inglés **Plan, Do, Check, Act**). Las cuatro fases del ciclo de Deming o PDCA empleadas para la implantación de indicadores son: planificar, hacer, verificar y actuar (ver figura 3.2).

- **Planificar (P):** Esta es la fase más importante, consiste en:
 - Establecer los objetivos para los indicadores (conocer previamente la situación de la organización mediante la recopilación de todos los datos e información es fundamental para establecer los objetivos).
 - Determinar los métodos, recursos y organización para alcanzar los objetivos propuestos.
 - Identificar, agrupar y seleccionar los indicadores para medir el comportamiento de los procesos.
 - Documentar los indicadores.
- **Hacer (D):** Corresponde a esta fase la sensibilización, formación y educación de las personas y empleados para que adquieran un aprendizaje en las actividades y actitudes que han de llevar a cabo. Ejecución de las tareas exactamente de la forma prevista en el plan y en la recolección de datos para la verificación del proceso.
- **Verificar (C):** Se evalúan los resultados obtenidos durante la ejecución y se comparan con los objetivos establecidos en la planificación. En esta fase se comunica los resultados a los grupos de interés.
- **Actuar (A):** En esta última fase, una vez comparados los objetivos previstos con los resultados reales, si se alcanzó lo planificado, los cambios son sistematizados y documentados, es decir, normalizados. En caso de no haberse logrado los objetivos establecidos en la planificación, se analizan las causas de las desviaciones y se realizan las modificaciones necesarias para eliminar las causas—raíz de esos errores mejorando el proceso establecido. Una vez realizada esta tarea, se vuelve al punto inicial del ciclo.

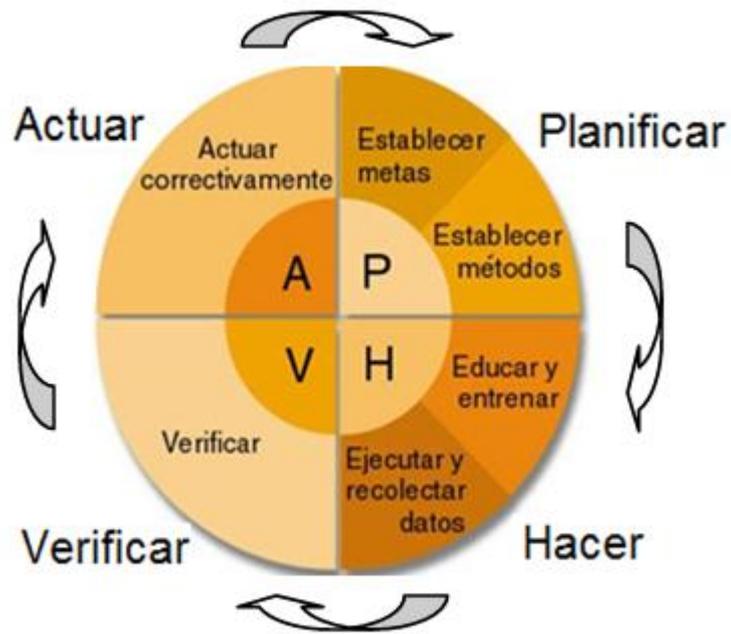


Figura 3.2. Ciclo de mejora continua PDCA.

CAPÍTULO 4. INDICADORES LEAN MÁS UTILIZADOS

4.1. Introducción

En este capítulo se van a presentar los principales indicadores productivos que se utilizan en empresas de fabricación (manufactureras) importantes para la toma de decisiones. Para cualquier empresa, poder medir es importante, ya que aquello que no se mide no se puede mejorar. Además se ha presentado el modo de cálculo y ejemplos para cada uno de ellos.

Estos indicadores son los más utilizados por empresas productivas y necesarios para cualquier empresa que quiera introducir o haya introducido sistemas producción como el Toyota Production System (TPS).

4.2. Principales indicadores Lean

A continuación se describe los indicadores más utilizados para la toma de decisiones. Su uso es altamente recomendable para poder evaluar el nivel lean de una organización:

- Índice de frecuencia de accidentes (IFA).
- Índice de gravedad de accidentes (IGA).
- Calidad a la primera (FTT).
- Eficiencia Global de los Equipos (OEE).
- Cumplimiento de la secuencia de fabricación (BTS).
- Lead time interno (DTD).
- Ratio de valor añadido (RVA).
- Pedidos entregados a tiempo (OTD).
- Pedidos entregados completos.
- Rotación de inventario(ITO).

- Defectos por unidad (DPU).
- Defectos por oportunidad (DPO).
- Defectos por millón de oportunidades (DPMO).

4.2.1. Índice de Frecuencia de Accidentes (IFA)

El índice de frecuencia de accidentes representa el número de accidentes con bajas ocurridos durante la jornada de trabajo y registrados en un período de tiempo por cada millón de horas trabajadas por los trabajadores expuestos al riesgo en dicho período.

Se obtiene como un cociente donde el numerador corresponde al número de accidentes durante la jornada de trabajo con baja, multiplicado por un millón de horas hombre trabajadas y en el denominador el número total de horas trabajadas de exposición al riesgo.

$$\text{IFA} = \frac{\text{Nº total de accidentes}}{\text{Nº total de horas trabajadas}} \cdot 10^6$$

Ecuación 4.1. Cálculo del índice de frecuencia de accidentes.

Donde, el número total de accidentes corresponde al número total de accidentes con incapacidad y mortales por cada millón de horas hombre trabajadas. Se entiende por accidente con incapacidad, aquel cuya lesión hace perder al trabajador una o más jornadas de trabajo.

El número total de horas trabajadas se calcula según la siguiente expresión:

$$\text{Nº total de horas trabajadas} = \text{Nº de trabajadores} \cdot \text{Horas trabajadas al día} \cdot \text{Días laborables}$$

Ecuación 4.2. Cálculo del Nº total de horas trabajadas.

En su cálculo se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Solo se deberán incluir los accidentes ocurridos dentro de las horas de trabajo, excluyendo los accidentes in itinere.
- Solo se deberán contabilizar las horas reales de exposición al riesgo, descartando por consiguiente toda ausencia en el trabajo por permisos, vacaciones, baja por enfermedad, etc.

Se recomienda calcular este indicador para cada una de las diferentes secciones o ámbitos de trabajo, dado que el personal administrativo, comercial, oficina técnica, etc., no está expuesto a los mismos riesgos que el personal de fabricación, por ejemplo.

La medición de este indicador pueden ser: mensuales, semestrales o anuales.

Ejemplo

En una fábrica trabajan 1000 trabajadores en una jornada de 8 horas; en un mes ocurrieron 150 accidentes que se descomponen de la siguiente forma:

TIPO DE ACCIDENTES	Nº DE ACCIDENTES
Accidentes con incapacidad permanente total	1
Accidentes con incapacidad permanente parcial	9
Accidentes con incapacidad temporal	56
Accidentes que no se computan (sin incapacidad o leves)	84

Tabla 4.1. Tipo y número de accidentes.

El número total de accidentes con incapacidad son de 66 accidentes.

Para un mes con 25 días laborales se tendrá que el número total de horas trabajadas de exposición al riesgo son:

$$N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas} = 1000 \cdot 8 \cdot 25 = 200.000 \text{ horas} - \text{hombre al mes}$$

$$IFA = \frac{N^{\circ} \text{ total de accidentes}}{N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas}} \cdot 10^6 = \frac{66}{200.000} \cdot 10^6 = 330$$

Lo que significa que por cada millón de horas-hombre de exposición al riesgo se producen 330 accidentes con incapacidad.

4.2.2. Índice de Gravedad de accidentes (IGA)

El Índice de Gravedad relaciona el número de jornadas perdidas por accidentes durante un periodo de tiempo y el total de horas trabajadas durante dicho periodo.

Dicho Índice se calcula con la siguiente expresión:

$$IGA = \frac{N^{\circ} \text{ de jornadas perdidas por accidente}}{N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas}} \cdot 10^3$$

Ecuación 4.3. Cálculo del índice de gravedad de accidentes.

Este índice representa el número de jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas. Para su cálculo se han utilizado el número total de horas trabajadas calculadas para el índice anterior.

Para el número de jornadas perdidas por accidente se incluyen:

- Las jornadas perdidas por los accidentes que dieron lugar a incapacidades temporales (bajas), contando los días naturales y sin incluir el día del accidente y el día de la incorporación
- Las correspondientes a los diferentes tipos de incapacidades que se fijan en el baremo de equivalencia por la Orden del Ministerio de Trabajo recogido en el Boletín Oficial del Estado.

Naturaleza de la lesión	% de incapacidades	Jornadas perdidas
Muerte	100	6000
Incapacidad permanente absoluta	100	6000
Incapacidad permanente total	75	4500
Perdida de un brazo por encima de codo	75	4500
Perdida de un brazo por el codo o debajo	60	3600
Perdida de la mano	50	3000
Perdida o invalidez permanente del pulgar	10	600
Perdida o invalidez permanente de un dedo cualquiera	5	300
Perdida o invalidez permanente de dos dedos	12,5	750
Perdida o invalidez permanente de tres dedos	20	1200
Perdida o invalidez permanente de cuatro dedos	30	1800
Perdida o invalidez permanente del pulgar y un dedos	20	1200
Perdida o invalidez permanente del pulgar y dos dedos	25	1500
Perdida o invalidez permanente del pulgar y tres dedos	33,5	2200
Perdida o invalidez permanente del pulgar y cuatro dedos	40	2400
Perdida de una pierna por encima de la rodilla	75	4500
Perdida de una pierna por la rodilla o debajo	50	3000
Perdida de pie	40	2400
Perdida del pie o invalidez permanente del dedo gordo o de dos dedos o mas dedos del pie	5	300
Perdida de la vista (un ojo)	30	1800
Ceguera total	100	6000
Perdida del oído (solo uno)	10	600
Sordera total	50	3000

Tabla 4.2. Baremo de los diferentes tipos de incapacidades.

Ejemplo

En una industria de 1500 trabajadores con jornada de trabajo de 8 horas, se produjeron en un mes 50 accidentes. En la siguiente tabla se detalla la información acerca del número de accidentes, tipo de incapacidad (Permanente, parcial o total) y días perdidos (De acuerdo a una tabla de días-cargo).

TIPO DE INCAPACIDAD	Nº DE ACCIDENTES	DÍAS PERDIDOS
Incapacidad permanente total	1	6.000
Incapacidad permanente parcial	6	500
Incapacidad temporal	43	500
TOTAL		7.000

Tabla 4.3. Tipo de incapacidad, Nº de accidentes y días perdidos.

Para un mes con 25 días laborales se tendrá que el número total de horas trabajadas de exposición al riesgo son:

$$N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas} = 1.500 \cdot 8 \cdot 25 = 300.000 \text{ horas} - \text{hombre al mes}$$

El índice de gravedad se calculará de la siguiente manera:

$$IGA = \frac{N^{\circ} \text{ de jornadas perdidas por accidente}}{N^{\circ} \text{ total de horas trabajadas}} \cdot 10^3 = \frac{7.000}{300.000} \cdot 10^3 = 23,33$$

Lo que quiere decir que por cada 1.000 de horas trabajadas se perdieron 23.33 días de trabajo.

El índice de gravedad de este ejemplo es alto debido a la evaluación de la incapacidad permanente total y su equivalencia en días perdidos.

4.2.3. Calidad a la primera (FTT)

El indicador Calidad a la primera ó en inglés First Time Through (FTT) es un indicador básico para conocer la calidad de un proceso, que como su nombre indica muestra el porcentaje de piezas fabricadas bien hechas a la primera en las instalaciones, para las que no ha sido necesario el reproceso, la reparación o el chatarreo. Además, este indicador permite conocer la efectividad de la estandarización del trabajo en la instalación.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$FTT = \frac{\text{Nº total de piezas producidas} - \text{Rechazos o Reproceso o Reparaciones}}{\text{Nº total de piezas producidas}}$$

Ecuación 4.4. Cálculo de calidad a la primera.

En caso de que existan varios procesos en línea el ratio de calidad de los procesos en conjunto se calcula como el producto de los ratios de calidad de cada uno de los procesos.

La medición del indicador FTT puede realizarse: diaria, semanal o mensual.

Ejemplo

En la siguiente figura se muestra la línea de producción que siguen las piezas de una empresa. En ella se muestran el número de piezas que son rechazadas, reprocesadas y reparadas en cada proceso. La línea comienza con 20.000 piezas (ver figura 4.1).

Para calcular el porcentaje de piezas buenas a la primera se calculará de la siguiente forma:

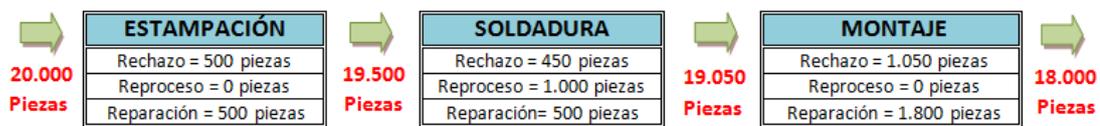


Figura 4.1. Ejemplo de una línea de producción.

El FTT del primer subproceso de la línea es:

$$FTT_{\text{ESTAMPACIÓN}} = \frac{20.000 - 500 - 500}{20.000} = \frac{19.000}{20.000} = 95\%$$

El FTT del subproceso de soldadura es:

$$FTT_{\text{SOLDADURA}} = \frac{19.500 - 450 - 1.000 - 500}{19.500} = \frac{17.550}{19.500} = 90\%$$

El FTT del tercer subproceso de la línea es:

$$FTT_{\text{MONTAJE}} = \frac{19.050 - 1.050 - 1.800}{19.050} = \frac{16.200}{19.050} = 85\%$$

Por tanto, el porcentaje de piezas bien a la primera de todo el proceso será:

$$FTT_{\text{TOTAL}} = 95\% \cdot 90\% \cdot 85\% = 73\%$$

4.2.4. Eficiencia Global de los Equipos (OEE)

El indicador Eficiencia Global de los Equipos, también conocido en inglés como Overall Equipment Effectiveness (OEE) es un indicador clave de mejora de la eficiencia, aplicable a todas las empresas. El OEE indica cuántas piezas han salido como producto correcto funcionando la máquina a la velocidad nominal y sin averiarse. En este concepto están incluidas todas las fuentes de ineficiencia, estén o no programadas, ya que la única manera de mejorar es identificar las pérdidas para trabajar después sobre lo que es susceptible de mejora.

Para poder determinar el OEE, es necesario recoger alguna información previamente. Se calcula en base a tres indicadores que determinan la productividad de las máquinas: disponibilidad, rendimiento y calidad.

1. Disponibilidad: Informa del tiempo que el proceso productivo ha estado produciendo, es decir; en modo “Producción”. Se obtiene de dividir el tiempo que la máquina o equipo ha estado produciendo entre el tiempo que la máquina podría haber estado produciendo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo planificado}} = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Paradas no planificadas}}{\text{Tiempo planificado}}$$

Ecuación 4.5. Cálculo de disponibilidad.

2. Rendimiento: Informa de la eficacia obtenida mientras el proceso productivo ha estado produciendo, es decir; informa de las pequeñas paradas y de la velocidad reducida. Se obtiene de dividir las piezas producidas (buenas y malas) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal entre el tiempo que ha estado produciendo la máquina.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Piezas producidas (buenas y malas)} \cdot \text{Tiempo de ciclo ideal}}{\text{Tiempo disponible}}$$

Ecuación 4.6. Cálculo del rendimiento.

El tiempo de ciclo es el tiempo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas. En caso de que pueda haber varios tiempos de ciclo (tiempo para

que fue diseñada la máquina, tiempo mantenido durante un periodo de tiempo, tiempo programado, etc.) se debe coger el más rápido de todos ellos, es decir el tiempo ideal.

3. Calidad: Informa del ratio obtenido entre unidades producidas buenas (dentro de especificaciones) a la primera, frente al total de unidades producidas (incluyendo las rechazadas y re-trabajadas).

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Piezas producidas (buenas y malas)}}$$

Ecuación 4.7. Cálculo de calidad.

Por tanto, el indicador OEE resulta de multiplicar estos tres elementos:

$$\text{OEE}(\%) = \text{Disponibilidad} \cdot \text{Rendimiento} \cdot \text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas} \cdot \text{Tiempo de ciclo ideal}}{\text{Tiempo planificado}}$$

Ecuación 4.8. Cálculo de la eficiencia global de los equipos (OEE).

Las condiciones a obtener con estos tres elementos deberán ser:

- Disponibilidad del equipo 90%.
- Rendimiento 95%.
- Calidad 99%.

De donde, la eficiencia mínima a lograr será:

$$\text{OEE}(\%) = \text{Disponibilidad}(\%) \cdot \text{Rendimiento}(\%) \cdot \text{Calidad}(\%) = 0,90 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 85\%$$

El valor del OEE permite clasificar un equipo, con respecto a los mejores de su clase, de esta manera se tiene la siguiente clasificación:

VALOR DE OEE	NIVEL	SITUACIÓN	SIGNIFICADO	COMPETITIVIDAD
OEE < 65%	Malo	Inaceptable	Grandes pérdidas económicas.	Muy Baja
65% ≤ OEE < 75%	Regular	Aceptable solo si está en proceso de mejora	Grandes pérdidas económicas	Baja
75% ≤ OEE < 85%	Buena	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas.	Ligeramente Baja o media
85% ≤ OEE < 95%	Muy buena	Aceptable	Se acerca a la excelencia. Liderazgo en el Mercado	Buena
OEE ≥ 95%	Excelente	Excelente	Objetivo general de todas las empresas manufactureras	Excelente

Tabla 4.4. Clasificación del indicador OEE.

Un valor OEE del 100% en la práctica es inalcanzable, la única forma de conseguir un elevado % OEE es trabajar en la mejora continua.

Este indicador permite comparar entre sí máquinas, células productivas, líneas de producción, turnos de trabajo, plantas productivas e incluso permite comparar respecto a las mejores del sector industrial.

En la operación de una máquina se consideran 6 grandes pérdidas ya que conducen a disminuir la eficacia de la máquina o equipo.

1. Paradas/Averías.
2. Preparación y ajustes.
3. Pequeñas paradas.
4. Velocidad reducida.
5. Rechazos por arranque.
6. Rechazos de producción.

Las dos primeras, paradas/averías y preparación y ajustes afectan a la disponibilidad. Las dos siguientes, pequeñas paradas y velocidad reducida afectan al rendimiento y las dos últimas rechazos por puesta en marcha y rechazos de producción afectan a la calidad.

Pérdida de disponibilidad:

- Por paradas/averías: Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta pérdida puede ser técnica u organizativa, por ejemplo: fallos de utillajes, mantenimiento no planificado, avería general de equipos, etc.
- Por preparación y ajustes: El tiempo de producción se reducirá también cuando la máquina está en espera. La máquina podría quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo: Falta de materiales, falta de operarios, tiempo de calentamiento de la máquina, cambio de maquinas. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tendrá que apagarse durante algún tiempo para cambiar herramientas, útiles u otras partes. Esta pérdida es normalmente tratada con técnicas de reducción de tiempo de cambio de molde (SMED- Single Minute Exchange of Dies).

Pérdida de rendimiento:

- Por pequeñas paradas: Una pequeña parada se da cuando la producción se interrumpe por una falla temporal o cuando la máquina está inactiva. Esto podría darse por el atascamiento de algún material, el bloqueo de sensores, los que provocarán el paro de la producción normal, la misma que podrá ser continuada con el desbloqueo de los materiales y el ajuste de las piezas del equipo; estos tipos de paradas son diferentes a las pérdidas por averías. Normalmente se incluyen las paradas de menor de cinco minutos y que no requiere la intervención del personal de mantenimiento.
- Por velocidad reducida: Estas pérdidas se refieren a la diferencia entre la velocidad teórica de fabricación de un producto y la velocidad real de operación. La velocidad teórica es previamente analizada y aplicada por el Departamento de Ingeniería Industrial, quien realiza el estudio de Tiempos y Movimientos para la fabricación del producto en las distintas máquinas.
Por ejemplo, un funcionamiento áspero, debajo de la capacidad diseñada o estándar, desgaste de máquina, ineficacia del operador, etc. Cualquier cosa que evite que el proceso funcione a su velocidad estándar (Ej.: Ritmo ideal de producción).

Pérdida de calidad:

- Por rechazo por arranque: Ocurren cuando la producción no está estable durante el arranque del equipo y por lo tanto no cumple el producto con las

especificaciones establecidos por el departamento de Calidad. El objetivo es fabricar siempre productos buenos a la primera (cero defectos). Por ejemplo, rechazos por ajuste, re-trabajos, re-procesado, daños internos del proceso, caducidad del proceso, montaje incorrecto, etc.

Los rechazos durante el calentamiento, cambio o cualquier otro durante el inicio de producción pueden ser debidos a alistamiento incorrecto, parámetros incorrectos de calentamiento, etc.

- Por rechazos de producción: Son por ejemplo, reparaciones, re-trabajos, re-procesado, daños internos del proceso, caducidad del proceso, montaje incorrecto, etc.

Los productos re-trabajados (reworks) son también productos que no cumplen los requisitos de calidad a la primera, pero que podrán ser reprocesados y convertidos en productos buenos. El OEE sólo considera productos buenos los que se salen conformes la primera vez, no los reprocesados y supone por tanto un tipo de pérdida de calidad.

Es importante medir el OEE porque:

- Ayudar a hacer visible los problemas de manera que puedan resolverse trabajando en la mejora continua.
- Permite detectar las pérdidas productivas y conseguir que la empresa sea más competitiva.
- Las empresas realizan grandes inversiones en maquinaria y necesitan obtener el máximo retorno de su inversión en el menor tiempo posible.
- Permite comparar con los mejores del mismo sector.

Ejemplo

En la línea de producción se trabaja en 3 turnos durante jornadas de 8 horas. El tiempo planificado es de 1.440 minutos, se realizan paradas programadas con un total de 135 minutos. Por tanto el tiempo planificado real es de 1.305 minutos. También se producen pérdidas por paradas no programadas en total de 250 minutos debidas a:

- Roturas : 100 minutos
- Puesta a punto: 100 minutos
- Ajustes: 50 minutos

En total se producen 2.004 piezas de las cuales 78 son defectuosas. El tiempo de ciclo es de 0,5 minutos.

Para calcular el indicador OEE se determinan primero los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad} &= \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo planificado}} = \frac{\text{Tiempo planificado} - \text{Paradas no planificadas}}{\text{Tiempo planificado}} = \\ &= \frac{1.305 - 250}{1.305} = 0,80 \cdot 100 = 80\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento} &= \frac{\text{Piezas producidas (buenas y malas)} \cdot \text{Tiempo ciclo teorico}}{\text{Tiempo disponible}} = \frac{2004 \cdot 0,5}{1305 - 250} \\ &= 0,95 \cdot 100 = 95\% \end{aligned}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Piezas producidas(buenas y malas)}} = \frac{2.004 - 78}{2.004} = 0,96 \cdot 100 = 96\%$$

$$\text{OEE}(\%) = \text{Disponibilidad}(\%) \cdot \text{Rendimiento}(\%) \cdot \text{Calidad}(\%) = 0,96 \cdot 0,80 \cdot 0,95 = 73\%$$

Al calcular el indicador OEE se obtiene un 73%, es decir, hay un margen de mejora productiva en la línea del 27%. La línea de producción tiene un nivel regular. Se encuentra en una situación aceptable sólo si se está en proceso de mejora ya que sufre pérdidas económicas y la competitividad es baja.

4.2.5. Cumplimiento de la secuencia de fabricación (BTS)

Es un indicador fundamental para conocer el grado de ajuste a la programación, en inglés Building To Schedule (BTS). Mide la corrección con la que una planta ejecuta los planes de producción para producir los volúmenes correctos de producto, en el día correcto con la mezcla y secuencia correcta. La forma de cálculo se muestra en la ecuación 4.9.

$$\text{BTS} = \text{Rto volumen} \cdot \text{Rto mix} \cdot \text{Rto secuencia}$$

Ecuación 4.9. Cálculo del cumplimiento de la secuencia de fabricación (BTS).

El rendimiento de volumen se calcula como:

$$\text{Rto Volumen} = \frac{\text{Nº de piezas reales}}{\text{Nº de piezas programadas}}$$

Ecuación 4.10. Cálculo del rendimiento de volumen.

Las piezas programadas son las piezas que según la programación del día debería sacar la máquina. Para este valor no se debe tener en cuenta ni el modelo, ni el orden,

únicamente la cantidad de piezas que debería haber sacado. Las piezas reales son las piezas que realmente ha sacado la máquina (sin importar el orden ni modelo).

En caso de que el valor resultante fuera superior a 1 (la máquina ha sacado más piezas que las que debería según programa), para calcular el BTS se reducirá a 1.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{Rto Mix} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de piezas producidas para el mix}}{\text{N}^{\circ} \text{ de piezas reales}}$$

Ecuación 4.11. Cálculo del rendimiento del mix.

Para calcular las piezas producidas para el mix se deben comparar la cantidad de piezas que según programa debería sacar de cada modelo con la cantidad de piezas que se han sacado de cada modelo. La comparación se debe hacer modelo a modelo. Se debe sumar las piezas de cada modelo que se han fabricado pero sin contar la sobreproducción (es decir, en caso de que se hayan fabricado más piezas que las programas se cogerá el número de piezas programadas para sumarlas al resto).

$$\text{Rto secuencia} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de piezas producidas en secuencia}}{\text{N}^{\circ} \text{ de piezas producidas para el mix}}$$

Ecuación 4.12. Cálculo del rendimiento de secuencia.

Para calcular las piezas producidas en secuencia se contarán únicamente aquellas piezas pertenecientes a órdenes de producción que se han fabricado en el orden previsto, descontando aquellas piezas pertenecientes a órdenes de producción que se han retrasado.

Ejemplo

En la tabla 4.5 se recoge en número de piezas para la planificación prevista y real de una empresa:

PLANIFICACION PREVISTA		PLANIFICACION REAL	
PRODUCTOS	Nº DE PIEZAS	PRODUCTOS	Nº DE PIEZAS
C	300	B	225
B	200	C	250
A	150	A	125
B	127	C	125
A	175	A	175
C	300	B	250
TOTAL	1.250	TOTAL	1.150

Tabla 4.5. Planificación prevista y real.

El rendimiento del volumen será:

$$\text{Rto Volumen} = \frac{\text{Nº de piezas reales}}{\text{Nº de piezas programadas}} = \frac{1.150}{1.250} = 92\%$$

Por tanto, el resultado obtenido indica que se ha producido menos de piezas de las que se había previsto. Para calcular el rendimiento del mix en la tabla 4.2 se muestra el número total de piezas previstas y reales de cada producto.

	PLANIFICACION PREVISTA	PLANIFICACION REAL
PRODUCTOS	Nº TOTAL DE PIEZAS	Nº TOTAL DE PIEZAS
C	600	375
B	325	475
A	325	300

Tabla 4.6. Número total de piezas previstas y reales para cada producto.

Para el producto B se puede ver en la tabla 4.6 que se han producido más piezas de las que se había previsto en la planificación, por lo que ha habido sobreproducción. Por tanto, se cuentan el número de piezas previstas.

El cálculo del rendimiento del mix será:

$$\text{Rto Mix} = \frac{\text{Nº de piezas producidas para el mix}}{\text{Nº de piezas reales}} = \frac{375 + 325 + 300}{1150} = \frac{1000}{1150} = 86\%$$

A continuación, en la tabla 4.7 se refleja el orden de fabricación para calcular el rendimiento de la secuencia.

PLANIFICACION PREVISTA			PLANIFICACION REAL		
PRODUCTOS	ORDEN	Nº DE PIEZAS	PRODUCTOS	ORDEN	Nº DE PIEZAS
C	1º	300	B	2º	225
B	2º	200	C	1º	250
A	3º	150	A	3º	125
B	4º	127	C	6º	125
A	5º	175	A	5º	175
C	6º	300	B	4º	250
TOTAL		1.250	TOTAL		1.150

Tabla 4.7. Orden de fabricación de piezas.

En la planificación real, la 2º orden esta adelantada por lo que el número de piezas producidas en secuencia se obtiene del número de piezas reales sin sobreproducción en este caso son 200 piezas. Para la 3º y 6º orden son 125 piezas Se descuenta aquellas piezas pertenecientes a órdenes de producción que se han retrasado con son la 1º, 5º y 4º.

$$\text{Rto secuencia} = \frac{\text{Nº de piezas producidas en secuencia}}{\text{Nº de piezas producidas para el mix}} = \frac{200 + 125 + 125}{1.000} = 45\%$$

Por tanto, el grado de ajuste de programación será:

$$\text{BTS} = \text{Rto volumen} \cdot \text{Rto mix} \cdot \text{Rto secuencia} = 0,96 \cdot 0,86 \cdot 0,45 = 36\%$$

Se obtiene un ajuste de programación bajo debido principalmente a que la secuencia no se realiza de forma correcta.

4.2.6. Lead Time Interno (DTD)

El Lead Time Interno es el tiempo de fabricación total interno, también llamado tiempo de muelle a muelle en inglés Dock-to-dock (DTD) es el tiempo transcurrido desde la descarga de la materia prima en la planta hasta el embarque de productos terminados para su envío.

El objetivo de este indicador es que el tiempo de fabricación total interno de la planta sea los más reducido posible ya que las ventajas que ofrece son: una mayor flexibilidad,

mayor capacidad de respuesta, reducción de inventarios, reducción de costes, tiempos de entregas más cortos y un aumento de la competitividad.

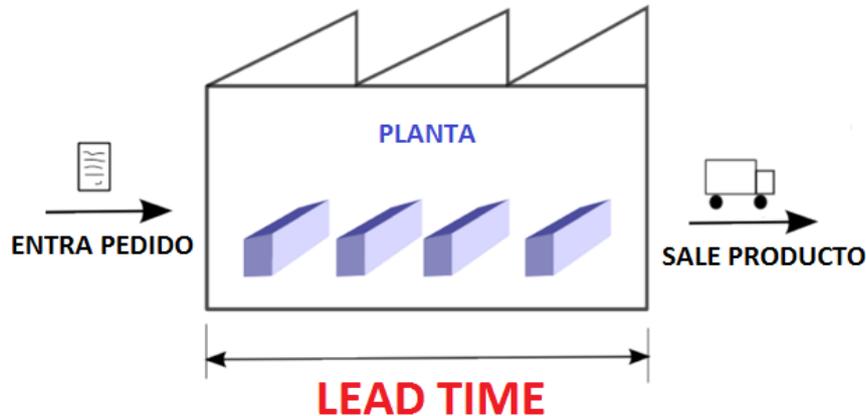


Figura 4.2. Lead time interno en planta.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{DTD} = \text{Inventario de Materia Prima} + \text{Inventario de Obra en Curso} \\ + \text{Tiempo de Producción} + \text{Inventario de Producto Terminado}$$

Ecuación 4.13. Cálculo del Lead time interno (DTD).

Donde:

- El tiempo producción es la suma de los tiempos de operación realizados sobre la pieza en todas las estaciones de trabajo que ha atravesado. Una buena estimación es hacer la suma del tiempo de ciclo de cada una de las operaciones realizadas sobre la pieza.
- Piezas de materias primas: Piezas que está esperando antes de pasar al proceso productivo (no ha sido procesado por ninguna máquina ni línea de ensamblado)
- Piezas en proceso: Unidades de la pieza de control que están siendo transformadas en algún proceso del sistema de producción (por lo menos ha entrado en uno de los procesos y todavía no ha salido del último)
- Piezas de productos terminados: Han completado todos procesos y están esperando a ser despachadas a los clientes.
- El inventario de Materia Prima, obra en curso y Producto Terminado es la cantidad de inventario en días de producción. Para pasar del número de piezas a días de producción, se multiplica el número de piezas por el tiempo de takt.

El tiempo takt se traduce del alemán como ritmo, velocidad. Es el tiempo que necesario para la producción de una pieza. Se obtiene de la relación entre el tiempo disponible para producir y la cantidad de piezas demandadas por los clientes a producir en ese periodo de tiempo. El tiempo takt sirve para nivelar la producción e igualar la tasa de consumo con la tasa de producción.

El tiempo de takt se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo de Takt} = \frac{\text{Tiempo Disponible (por turno, mes o día)}}{\text{Unidades demandadas por los clientes (en el turno, mes o día)}}$$

Ecuación 4.14. Cálculo del Tiempo Takt.

Ejemplo

En la figura 4.3 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) de una empresa de estampación, en él se puede visualizar la secuencia de actividades necesarias para la transformación del producto.

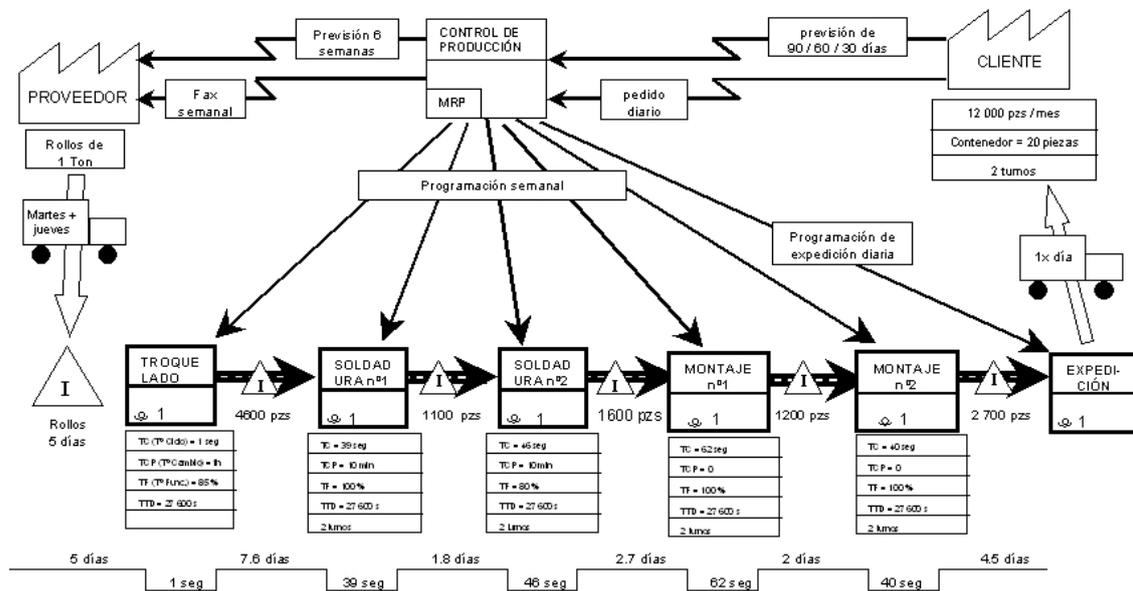


Figura 4.3. Representación del mapa de flujo de valor de una empresa.

Para calcular el indicador DTD se debe de expresar en las mismas unidades.

$$DTD = \left(\frac{188 \text{ seg}}{60} \right) + 23,6 \text{ días} \cdot 24 \cdot 60 = 33.987 \text{ min.} \approx 23,6 \text{ días}$$

Por tanto, son 23,6 días el tiempo que transcurre desde la descarga de la materia prima hasta el embarque de productos terminados para su envío.

4.2.7. Ratio de Valor añadido (RVA)

El ratio de valor añadido (RVA) nos da una proporción sobre el tiempo que realmente se le está dando valor al producto. Este indicador se obtiene como la relación entre el tiempo de valor no añadido, en el cual no se aporta valor al producto (ya sea almacenado, transportando, inspeccionando, etc.) y el tiempo de valor añadido, es decir; el tiempo en que se hace una operación que el cliente si valora (pintado, dar forma, ensamblado, etc.).

El tiempo de valor añadido suele ser la suma de los tiempos de ciclo de las máquinas o procesos manuales. La forma de cálculo se muestra a continuación:

$$RVA = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

Ecuación 4.15. Cálculo del ratio de valor añadido.

Ambas cifras deben expresarse en las mismas unidades para realizar el cálculo.

Ejemplo

En el figura 4.3 se muestra el mapa de flujo de valor (VSM) de una empresa de estampación, en él se puede visualizar la secuencia de actividades necesarias para la transformación del producto.

Para calcular el ratio de valor añadido (RVA), lo primero que hay que hacer es obtener los tiempos de valor añadido y no añadido y expresarlos en las mismas medidas:

- Tiempo de valor añadido: $1+39+56+62+40 = 188$ segundos.
- Tiempo de valor no añadido: $5+7,6+1,8+2,7+2+4,5 = 23,6$ días.

Por tanto el ratio de valor añadido es:

$$RVA = \frac{188 \text{ seg}/60}{23,6 \text{ días} \cdot 24 \cdot 60} = 0,00009$$

Como se puede observar pasa mucho tiempo sin añadir valor a la pieza unos 23.6 días, el objetivo del indicador es maximizar el ratio de valor añadido a través de minimizar el tiempo de valor no añadido (almacenes, transportes, etc.) a través de mejoras.

4.2.8. Pedidos Entregados a Tiempo (OTD)

Los pedidos entregados a tiempo o en inglés On Time Delivery (OTD) mide el nivel de cumplimiento de la empresa para realizar la entrega de los pedidos, en la fecha o periodo de tiempo pactado con el cliente.

La forma de calcularlo es la siguiente:

$$\text{Pedidos entregados a tiempo (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de pedidos entregados a tiempo}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de pedidos solicitados}} \cdot 100$$

Ecuación 4.16. Cálculo de pedidos entregados a tiempo.

Las entregas de pedidos a tiempo son aquellas realizadas en la fecha acordada y a la hora acordada con un margen de +/- 15 minutos. Se busca que el valor de este indicador este siempre sobre el 95% de cumplimiento.

Por otro lado, se recomienda que la empresa indique las incidencias de las distintas causas por las cuales los pedidos no han sido entregados a tiempo al cliente, por ejemplo:

- Falta de transporte adecuado a tiempo para la carga.
- Falta de producto a tiempo para la carga.
- Incumplimiento en los horarios del transporte.
- Condiciones de orden público: problemas de tráfico, avería, huelgas, etc.

El indicador OTD va a servir para controlar los errores que se presentan en la empresa y que no permiten entregar los pedidos a los clientes. Sin duda, esta situación impacta fuertemente al servicio al cliente. La frecuencia de medición de este indicador suele realizarse mensualmente.

Ejemplo

La empresa PINTURAS BASF S.A. recibió durante el periodo de enero a diciembre del año anterior, un total de 150.000 órdenes de compra de pintura. De ese total de pedidos, llegaron a las instalaciones de sus clientes, en el periodo acordado o en las fechas establecidas, 115.500 pedidos.

Por tanto, el % de pedidos entregados a tiempo será:

$$\text{Pedidos entregados a tiempo (\%)} = \frac{115.000}{150.000} \cdot 100 = 77\%$$

El nivel de cumplimiento de este indicador es del 77%, por lo que se debe seguir mejorando para ofrecer un mejor servicio al cliente.

4.2.9. Pedidos Entregados Completos (FLT)

Este indicador mide el nivel de cumplimiento de la empresa en la entrega de pedidos completos al cliente (Fill Rate), es decir, establece la relación entre lo solicitado y lo realmente entregado al cliente. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{Pedidos entregados completos (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pedidos entregados completos}}{\text{N}^\circ \text{ total de pedidos solicitados}} \cdot 100$$

Ecuación 4.17. Cálculo de pedidos entregados completos.

Para el cálculo del indicador se considera un pedido como entregado completo, aquel que contiene todas las unidades solicitadas, de cada una de las referencias contenidas en el pedido.

La frecuencia de medición de este indicador suele realizarse mensualmente.

Por otro lado, se recomienda que la empresa indique la incidencia de las distintas causas de los pedidos no entregados completos, por ejemplo:

- Mermas, pérdidas o averías causadas durante el transporte
- Faltantes en el inventario del proveedor
- Demanda de promociones diferente a la pactada
- Otros

Ejemplo 1

La compañía proveedora NABER S.A, recibió el mes anterior 5 pedidos, cada uno de ellos con la siguiente cantidad de unidades:

Nº DE PEDIDOS	1	2	3	4	5	TOTAL
UNIDADES SOLICITADAS	1.000	2.000	1.500	2.200	1.000	7.700
UNIDADES ENTREGADAS DE CADA PEDIDO	990	2.000	1.400	2.100	990	7.480

Figura 4.8. Cantidad de unidades solicitadas y entregadas.

La compañía NABER S.A. recibió pedidos por un total de 7.700 unidades. Las unidades entregadas en respuesta a estos pedidos fueron 7.480.

$$\text{Unidades de productos entregados completos (\%)} = \frac{7.480}{7.700} \cdot 100 = 97\%$$

Es decir, el nivel de cumplimiento de pedidos entregados completos en unidades de producto es del 97%.

4.2.10. Rotación de inventario (ITO)

Es uno de los indicadores empleados para el control de gestión de la función logística de una empresa. La rotación del inventario expresa el número de veces en que el inventario ha sido repuesto (de artículos, de materia primas, de productos terminados, de todas las existencias que se tienen en stock, etc.) durante un período (habitualmente se toma un año).

Este indicador constituye un buen índice sobre la calidad de la gestión del suministro por parte de los proveedores, de la gestión del stock y sus políticas y de las prácticas de ventas (o de suministro interno) de una empresa.

La rotación de inventario se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Coste de los productos vendidos}}{\text{Inventario promedio del periodo}}$$

Ecuación 4.18. Cálculo de rotación de inventario.

Donde,

$$\text{Inventario promedio} = \frac{\text{Inventario inicial (Coste)} + \text{Inventario final (Coste)}}{2}$$

Ecuación 4.19. Cálculo de inventario promedio.

El coste de los productos vendidos: Son las unidades vendidas durante el periodo, pueden expresarse en unidades físicas o en unidades monetarias; en este último caso, la cifra debe reflejar el coste de las ventas, no los ingresos por ventas, pues distorsionaría el resultado.

El inventario promedio durante el periodo: Son las unidades almacenadas por término medio durante el periodo, igualmente pueden expresarse en unidades físicas o en unidades monetarias, a su valor en el almacén. Debe ser lo más representativo posible, cuando el periodo evaluado incluye varios meses, el coste promedio del inventario corresponde al promedio de los saldos de inventario de los meses evaluados, aunque el promedio de sumar inventario inicial con inventario final, no invalida su resultado.

Las dos cifras deben expresarse en la misma unidad. Además, las empresas generalmente expresan su inventario en días o semanas de suministro.

$$\text{Días de suministro} = \frac{\text{Inventario promedio}}{\text{Coste de los productos vendidos}} \cdot \text{Periodo}$$

Ecuación 4.20. Cálculo de días de suministro.

Se debe efectuar la rotación de inventario por separado para cada categoría de productos (materia prima, productos en proceso, productos terminados, mercancía para la venta, repuestos, etc.) que se maneje. Además, no puede establecerse un valor óptimo del indicador ya que varía de un sector a otro.

La rotación de inventario es una de las métricas de eficiencia de la cadena suministro más comúnmente utilizadas.

- La rotación de inventario baja se asocia a menudo al exceso de inventario, a un mantenimiento excesivo de existencias y a la presencia de un inventario muerto (un inventario sin movimientos). La baja rotación también conlleva problemas de liquidez, lo que genera una presión en aumento sobre el capital de trabajo.
- La rotación de inventario alta es generalmente positiva, ya que indica que los productos se están vendiendo rápidamente. Puede ser el resultado de una buena gestión de inventario, pero también podría ser indicio de una situación de insuficiencia de existencias de seguridad.

Las decisiones estratégicas de abastecimiento, como la elección de proveedores cercanos o lejanos, tienen un significativo impacto en la rotación, ya que esta está generalmente muy relacionada con el tiempo de entrega.

Ejemplo

Durante el período de enero a marzo del año anterior, la compañía registró un coste de ventas del orden de 1.200.000 € de su categoría principal de producto. Mensualmente se presentaron los siguientes costes de inventario a fin de mes.

	Enero (31 días)	Febrero (28 días)	Marzo (31 días)	Inventario promedio
Coste de Inventario	300.000 €	350.000 €	325.000 €	325.000 €

Figura 4.9. Costes de inventario a fin de mes.

El número de veces que se realiza rotación del inventario:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{1.200.000}{325.000} = 3,7 \text{ veces}$$

El número de días de suministros son:

$$\text{Días de suministro} = \frac{325.000}{1.200.000} \cdot 90 = 24,38 \text{ días}$$

Es decir la compañía mantiene 24,38 días de inventario.

4.2.11. Defectos por unidad (DPU)

Este indicador mide el nivel de defectos de un proceso. Relaciona el número de unidades producidas que tiene uno o más defectos y el número total de unidades producidas.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{DPU (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de defectos observados}}{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades producidas}} \cdot 100$$

Ecuación 4.21. Cálculo de defectos por unidad.

4.2.12. Defectos por oportunidad (DPO)

Se utiliza para tomar en cuenta la complejidad de la unidad o producto y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{DPO} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de defectos observados}}{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades producidas} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de oportunidades de errores}}$$

Ecuación 4.22. Cálculo de defectos por oportunidad.

Donde:

- Número de defectos observados, es la cantidad de unidades o no conformidades fuera de especificación encontradas en una cierta cantidad de unidades tomadas como muestra.
- Número de unidades, es la cantidad de piezas o elementos de muestra producidos.
- Número de oportunidades, es la cantidad de defectos posible dentro de una misma pieza o unidad.

4.2.13. Defectos Por Millón de Oportunidades (DPMO)

Este indicador mide los defectos esperados en un millón de oportunidades de error y se calcula de la siguiente forma:

$$\text{DPMO} = \text{DPO} \cdot 1.000.000$$

Ecuación 4.23. Cálculo de defectos por millón de oportunidades.

Es, además, un indicador muy utilizado en Seis Sigma ya que permite conocer la eficiencia de un proceso con base a su nivel de sigma:

- 1 sigma= 690.000 DPMO = 31% de eficiencia.
- 2 sigma= 308.538 DPMO = 69% de eficiencia.
- 3 sigma= 66.807 DPMO = 93,3% de eficiencia.
- 4 sigma= 6.210 DPMO = 99,38% de eficiencia.
- 5 sigma= 233 DPMO = 99,977% de eficiencia.
- 6 sigma= 3,4 DPMO = 99,99966% de eficiencia.

Obtener un máximo de 3,4 defectos en un millón de oportunidad es la meta de Seis Sigma y se considera un nivel de eficiencia excelente y por tanto, un objetivo de estrategia a alcanzar si la empresa pretende la satisfacción del cliente.

Ejemplo

NEODA es una empresa fabricante de mesas. El proceso de producción de mesas está compuesto por cuatro subprocesos: fabricación de patas, bastidor, cubierta y pintura. Se toman los datos de 1.510 mesas fabricadas y se observa la siguiente información.

SUPROCESO	DEFECTOS	OPORTUNIDAD/UNIDAD
Patas	212	17
Bastidor	545	5
Cubierta	71	9
Pintura	54	1
TOTAL	882	32

Tabla 4.10. Datos obtenidos del proceso de producción.

Se calcula el número de defectos por unidad será:

$$DPU = \frac{882}{1.510} \cdot 100 = 58 \%$$

Los defectos por oportunidad:

$$DPO = \frac{882}{1.510 \cdot 32} = 0,018253$$

Los defectos por millón de oportunidades:

$$DPMO = 0,018253 \cdot 1.000.000 = 18.253$$

De la tabla de conversión (ver tabla 4.11) se determina el valor que más se acerque a 18.253 siendo este sigma (σ) = 3,6 con un 98,22% de eficiencia, obtenido un nivel alto. Por

tanto de cada millón de mesas que se fabrique, 18.253 mesas no cumplen con las especificaciones establecidas (piezas defectuosas).

Rendimiento (%)	Sigma	DPMO	Rendimiento (%)	Sigma	DPMO
99,9997	6	3.4	93,32	3	66.800
99,9995	5,92	5	91,92	2,9	80.800
99,9992	5,81	8	90,32	2,8	96.800
99,999	5,76	10	88,5	2,7	115.000
99,998	5,61	20	86,5	2,6	135.000
99,997	5,51	30	84,2	2,5	158.000
99,996	5,44	40	81,6	2,4	184.000
99,993	5,31	70	78,8	2,3	212.000
99,99	5,22	100	75,8	2,2	242.000
99,985	5,12	150	72,6	2,1	274.000
99,977	5	230	69,2	2	308.000
99,967	4,91	330	65,6	1,9	344.000
99,952	4,8	480	61,8	1,8	382.000
99,932	4,7	680	58	1,7	420.000
99,904	4,6	960	54	1,6	460.000
99,865	4,5	1.350	50	1,5	500.000
99,814	4,4	1.860	46	1,4	540.000
99,745	4,3	2.550	43	1,32	570.000
99,654	4,2	3.460	39	1,22	610.000
99,534	4,1	4.660	35	1,11	650.000
99,379	4	6.210	31	1	690.000
99,181	3,9	8.190	28	0,92	720.000
98,93	3,8	10.700	25	0,83	750.000
98,61	3,7	13.900	22	0,73	780.000
98,22	3,6	17.800	19	0,62	810.000
97,73	3,5	22.700	16	0,51	840.000
97,13	3,4	28.700	14	0,42	860.000
96,41	3,3	35.900	12	0,33	880.000
95,54	3,2	44.600	10	0,22	900.000
94,52	3,1	54.800	8	0,09	920.000

Tabla 4.11. Conversión de rendimiento y DPMO a nivel sigma.

CAPÍTULO 5. CUADRO DE MANDO INTEGRAL

5.1. Introducción

El Cuadro de Mando Integral (CMI) también conocido en inglés como Balanced Scorecard (BSC) fue desarrollado por los economistas norteamericanos Robert Kaplan (profesor de contabilidad de la Escuela de Negocios de Harvard) y David Norton (Consultor especializado en gerencias de intangibles y estrategias), en febrero del año 1992 en la publicación de la revista Harvard Business Review.



Figura 5.1. Robert Kaplan y David Norton.

Para Robert Kaplan y David Norton la contabilidad financiera no contempla la inclusión y valoración de los activos intangibles autogenerados, como la tramitación de un nuevo producto; las capacidades del proceso; las habilidades, motivación y flexibilidad de los empleados; la fidelidad de los clientes; las bases de datos y los sistemas, por no poder asignarles valores financieros fiables. Sin embargo, estos son los activos y capacidades críticas para alcanzar el éxito en el entorno competitivo actual y futuro.

En consecuencia a la falta de indicadores que reflejen gran parte del valor que ha sido creado o destruido por las acciones de los directivos de las organizaciones, Kaplan y Norton desarrollaron el cuadro de mando integral.

El cuadro de mando integral surge así, en un principio, como sistema de medición mejorado, pero que con el tiempo ha evolucionado hasta convertirse en el pilar básico

de cualquier sistema de gestión estratégico de una organización, siendo una herramienta excelente para comunicar a toda la organización la visión de la misma.

5.2. Cuadro de Mando Integral (CMI)

El Cuadro de Mandos Integral (CMI) es un instrumento o metodología de gestión que facilita la implantación de la estrategia de una manera eficiente, ya que proporciona el marco, la estructura y el lenguaje adecuado para comunicar o transmitir a toda la organización la misión y la estrategia mediante objetivos, medidos a través de indicadores (KPI's). Dichos objetivos e indicadores se organizan en cuatro perspectivas:

- Finanzas.
- Clientes.
- Procesos internos.
- Formación y crecimiento.

El cuadro de mando integral es un sistema que informa de la evolución de los parámetros fundamentales de la empresa y recoge los principales indicadores (KPI's) relacionados con el plan estratégico presentados mediante la utilización de gráficos, tablas, curvas, etc.

En el cuadro de mando integral ha de presentar sólo aquella información que sean imprescindible, de una forma sencilla y por supuesto, clara y resumida. Además, permite identificar y prevenir las posibles desviaciones que se puedan producir, con el fin de tomar las medidas previsoras o correctoras que permitan una mejora cualitativa y cuantitativa de la actividad de una unidad de trabajo o área considerada.

Entre las principales aportaciones del CMI cabe destacar las siguientes:

- Pretende traducir la estrategia de una organización en un conjunto de indicadores que informan de la consecución de los objetivos y de las causas que provocan los resultados obtenidos.
- Establece un sistema de comunicación de arriba-abajo y de abajo –arriba.
- Constituye un instrumento de aprendizaje individual, al permitir que cada responsable tenga una visión más rica de su situación interna y externa de la empresa.
- Proporciona una visión global de la situación actual y futura de la empresa.
- Ofrece rapidez al accenso de información entre los distintos niveles de responsabilidad.

El CMI es por tanto un sistema de información y control, pero además es un sistema de comunicación, de motivación y de formación.

En la actualidad es una de las herramientas de control de gestión más utilizadas en las grandes multinacionales dentro de una gran variedad de sectores como sector industrial, energético, etc.

En la figura 5.2 se puede ver un ejemplo de CMI:

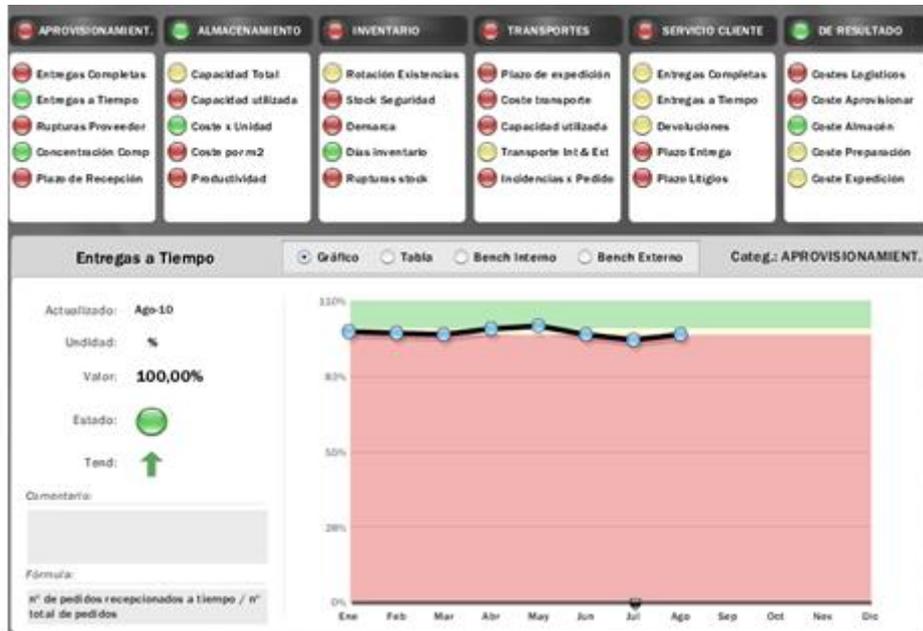


Figura 5.2. Ejemplo de un Cuadro de Mando Integral (CMI).

5.3. Perspectivas del CMI

El CMI sugiere ver la organización desde cuatro perspectivas relacionadas entre sí mediante relaciones causa-efecto. Estas perspectivas permiten un equilibrio entre los objetivos a corto y largo plazo y son las siguientes:

- **Perspectiva financiera:** Incorpora la visión de los propietarios, y mide la creación de valor por parte de la empresa; se busca enfatizar la medición del éxito financiero y monitorear los presupuestos y gastos.
- **La perspectiva del cliente:** Se orienta a medir la forma en que la empresa debe ser vista por los clientes y los mercados objetivos; generalmente el grado de satisfacción de los clientes forma parte de los indicadores de esta perspectiva.
- **La perspectiva de los procesos internos:** Se refiere a identificar las actividades y procesos del negocio que permiten operar con excelencia para satisfacer a los clientes.
- **La perspectiva de aprendizaje y crecimiento:** Se refiere a la importancia de invertir en investigación y desarrollo, permitiendo encontrar el nivel en que logran su mejor desempeño las habilidades de los empleados y los sistemas de información.



Figura 5.3. Perspectivas del cuadro de mando integral (CMI).

Las cuatro perspectivas que plantea el cuadro de mando integral han demostrado ser válidas en una amplia variedad de empresas y sectores. No obstante, dependiendo de la estrategia y de las necesidades o especialidades de la organización, puede necesitar una o más perspectivas adicionales.

El cuadro de mando integral (CMI) suele constar aproximadamente de unos 20 a 24 indicadores, el número de indicadores para cada perspectiva no debe superar los siete indicadores. La razón es que demasiados indicadores difuminan el mensaje que comunica el CMI y como resultado, los esfuerzos se dispersan intentando perseguir demasiados objetivos al mismo tiempo.

5.4. Indicadores basados en las 4 perspectivas

Si tenemos en cuenta estas cuatro perspectivas (no exclusivas) de: finanzas, clientes, procesos internos y aprendizaje y crecimiento, podemos ver algunos indicadores en cada caso:

Indicadores financieros: La estrategia de las empresas suele valorar conceptos tales como la rentabilidad, el crecimiento, la estabilidad y la creación de valor para los accionistas. Los indicadores más corrientemente utilizados son:

Beneficio neto	Beneficio por empleado	Rentabilidad del activo
Cash Flow	ROE (Rentabilidad sobre recursos propios)	Ingresos/productos nuevos
Calificación crediticia	ROI (Rentabilidad de la inversión)	Índice de liquidez
Facturación	Índice de solvencia	Deuda total
Capital circulante	Beneficio por acción	Rotación de inventario

Tabla 5.1. Ejemplos de indicadores financieros.

Indicadores de clientes: Reflejan la situación de la empresa con relación al mercado y a la competencia. Suelen utilizarse los siguientes indicadores:

Nº de clientes	Productos nuevos/año	Precio con la competencia
Fidelización de clientes	Cuota de mercado	Nº de quejas y reclamaciones
Clientes perdidos	Satisfacción de clientes	Coste asistencia técnica
Auditorías de producto	Beneficio por cliente	Nuevos clientes
Ventas por cliente	Nº de delegaciones	Visitas por cliente
Contratos fijos	Ranking en el mercado	Nº distribuidores

Tabla 5.2. Ejemplos de Indicadores de clientes.

Indicadores de proceso interno: Con estos indicadores mediremos como transforma la organización las expectativas del cliente en productos terminados:

Producción neta	Índice de frecuencia	Índice cambios útiles
Índices de mantenimiento	Porcentaje de rechazos	Índice de gravedad
Nº patentes/año	Edad media de máquinas	Coste por producto
Sistema certificado	Nº suministradores	Valor de stocks
Evaluación desperdicios	Productos certificados	Rechazos a proveedores
Tiempos muertos	Coste de transporte	Cumplimiento auditorías

Tabla 5.3. Ejemplos de indicadores de proceso interno.

Indicadores de aprendizaje y crecimiento: Las personas es el mayor capital de la empresa, por tanto los indicadores medirán el liderazgo, la capacidad participativa y el crecimiento del personal en responsabilidad e iniciativa:

Absentismo	Índices calidad	Valoración de las mejoras
Satisfacción de empleados	Nº sugerencias/empleado	Índices de comunicación
Coste de la formación	Índices de polivalencia	Horas extraordinarias
Tasa de abandonos	Edad del personal	Índice de huelgas
Coste de las ayudas	Expedientes laborales	Actas de la Inspección
Empleados accionistas	Índice de incentivos	Mandos por empleado

Tabla 5.4. Ejemplos de indicadores de aprendizaje y crecimiento.

CAPÍTULO 6.

ESTUDIO

ECONÓMICO

6.1. Introducción

En este capítulo se va a desarrollar el estudio económico de la realización del proyecto. Para ello, se ha calculado los costes para cada fase del proyecto, teniendo en cuenta las horas que cada persona dedica a cada etapa, las tasas horarias de salarios y la amortización del equipo empleado, así como los costes estimados para el material consumible y los costes indirectos. Además, se expondrán los puntos fundamentales de la gestión del proyecto, con una breve exposición del personal involucrado en el desarrollo del estudio.

6.2. Estudio económico

Para realizar el desarrollo del estudio económico, se procederá de la siguiente manera:

- Cálculo de las horas efectivas anuales y de las tasas por hora de los salarios del personal.
- Cálculo de las amortizaciones del equipo informático utilizado.
- Coste por hora y por persona de los materiales calificados como consumibles.
- Coste por hora y por persona de los costes indirectos.
- Horas de personal dedicadas a cada una de las etapas.

6.2.1. Horas efectivas anuales y tasas horarias del personal

En la siguiente tabla se reflejan los días efectivos anuales:

CONCEPTO	DÍAS
Año medio	365
Sábados y domingos	-104
Días efectivos de vacaciones	-20
Días festivos reconocidos	-12
Media de días perdidos por enfermedad	-12
Cursillo de formación, etc.	-5
TOTAL	212

Tabla 6.1. Días efectivos anuales.

Se obtiene un total de 212 días efectivo anuales en la tabla 6.1 durante jornadas de 8 horas/ días da lugar a un total de 1.696 horas anuales. A continuación, en la tabla 6.2 se reflejan las semanas efectivas anuales.

CONCEPTO	SEMANAS
Año medio	52
Vacaciones y festivos	-7
Enfermedad	-2
Curso de formación	-1
TOTAL	42

Tabla 6.2. Semanas efectivas anuales.

Para la realización del proyecto se considera el siguiente personal:

- Director: Responsable de la idea del proyecto. Encargado de la planificación del proyecto y del presupuesto económico. Además, se encarga de coordinar a las diferentes personas que intervienen en la realización del mismo.
- Ingeniero de Organización: Se encarga de definir las especificaciones concretas que debe cumplir la distribución en planta que se va a diseñar.
- Ingeniero Industrial: Se encarga de la recopilación de información y elaboración junto con el responsable de Organización del diseño de la distribución.
- Responsable del Departamento: Encargado de informar sobre todas las circunstancias específicas de su departamento que afectan al diseño de la distribución.
- Auxiliar Administrativo: Se encarga de generar los informes correspondientes y ayudar en el desarrollo de la documentación.

El coste horario y semanal de cada uno de estos profesionales queda reflejado en la siguiente tabla:

Concepto	Director	Ingeniero Organización	Ingeniero Industrial	Resp. Dpto.	Aux. Administrativo
Sueldos	52.166,20 €	23.618,28 €	23.618,28€	19.111,60 €	11.286,80 €
Seguridad social (35%)	18.258,17 €	8.266,40 €	8.266,40€	6.689,06 €	3.950,38 €
TOTAL	70.424,37 €	31.884,68 €	31.884,68€	25.800,66 €	15.237,18 €
COSTE HORARIO	41,52 €	18,80 €	18,80€	15,21 €	8,98 €
COSTE SEMANAL	1.676,77 €	759,16 €	759,16€	614,30€	362,79 €

Tabla 6.3. Costes del equipo de profesionales.

6.2.2. Cálculo de las amortizaciones para el equipo informático utilizado

Para el equipo informático se considera un período de amortización de 4 años, con cuota lineal. El equipo se puede separar en dos grupos diferentes:

- Equipo de desarrollo: Destinado a realizar las tareas de recopilación de información y diseño de la distribución propiamente dicho.
- Equipo de edición: Destinado a gestionar los documentos una vez definidos los mismos.

En las siguientes tablas se muestra los costes del equipo de desarrollo y la amortización (ver tabla 6.4 y 6.5).

CONCEPTO		COSTE	CANTIDAD	COSTE TOTAL
Portátil HP DV6-7301SS Intel® Core™ i7-3630QM de 2,4 Ghz, 6 Gb de RAM		699 €	1	699 €
Software de desarrollo	Microsoft Windows 7	160 €	1	160 €
	Microsoft Office Word 2007	120 €	1	120 €
	Microsoft Office Excel 2007	120 €	1	120 €
TOTAL A AMORTIZAR				1.099 €

Tabla 6.4. Costes del equipo de desarrollo.

TIPO	AMORTIZACIÓN EN 1 AÑO	AMORTIZACIÓN EN 4 AÑOS
Diaria	3,01 €	0,75 €
Semanal	21,13 €	5,28 €
Horaria	0,38 €	0,09 €

Tabla 6.5. Amortización del equipo de desarrollo.

A continuación, se muestran los costes del equipo de edición y la amortización en la tabla 6.6 y 6.7.

CONCEPTO		COSTE	CANTIDAD	COSTE TOTAL
Portátil Packard Bell 5470 HD Intel® Core™ i3-330M de 2,13Ghz, 512Mb de RAM		599 €	1	499 €
Impresora Epson WF-7525 A3		349 €	1	249 €
Impresora/Escaner HP Officejet Pro 8600 Plus, 128Mb		229 €	1	229 €
Software de desarrollo	Microsoft Windows 7	180 €	1	160 €
	Microsoft Office Word 2007	120 €	1	120 €
	Microsoft Office Excel 2007	120 €	1	120 €
TOTAL A AMORTIZAR				1.377 €

Tabla 6.6. Costes del equipo de edición.

TIPO	AMORTIZACIÓN EN 1 AÑO	AMORTIZACIÓN EN 4 AÑOS
Diaria	3,77 €	0,94 €
Semanal	26,48 €	6,62 €
Horaria	0,47 €	0,12 €

Tabla 6.7. Amortización del equipo de edición.

6.2.3. Coste del material consumible

Los costes de los materiales calificados como consumibles (papel y cartuchos para las impresoras, CD's, etc.), se ha calculado su consumo medio por persona y hora de trabajo para cada uno de los equipos. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6.8.

CONCEPTO	COSTE
Papeles de impresora	50 €
Cartuchos para las impresoras	245 €
USB's y CD's	60 €
Otros	270 €
COSTE ANUAL TOTAL POR PERSONA	625 €
COSTE HORARIO POR PERSONA	0,21 €

Tabla 6.8. Costes del material consumible.

6.2.4. Costes indirectos

Los costes indirectos reflejan los gastos que hacen referencia a consumos de electricidad, teléfono, calefacción, alquiler, etc. Las tasas de coste calculadas por persona y hora para cada uno de estos conceptos se muestran en la tabla 6.9.

CONCEPTO	COSTE
Teléfono	75 €
Alquiler	350 €
Electricidad	90 €
Calefacción	82 €
Otros	250 €
COSTE ANUAL TOTAL POR PERSONA	847 €
COSTE HORARIO POR PERSONA	0,29 €

Tabla 6.9. Costes indirectos.

6.2.5. Horas de personal dedicadas a cada fase del proyecto

Mediante la realización de un estudio de tiempos y la revisión de otros estudios de tiempos para proyectos realizados en el departamento con características similares al presente, se determinó que la dedicación del personal en cada una de las etapas fue como se refleja en la tabla 6.10.

PERSONAL	ETAPAS				
	1	2	3	4	5
Director	15	15	3	15	32
Ingeniero Organización	10	15	15	51	40
Ingeniero Industrial	0	7	90	60	16
Responsable de Departamento	0	3	90	20	32
Auxiliar administrativo	3	5	25	42	55
TOTAL	28	45	223	188	175

Tabla 6.10. Horas dedicadas por persona al proyecto.

6.3. Coste asignados a cada fase del proyecto

Para asignar los costes calculados para los recursos a cada fase del proyecto, se tendrán en cuenta las horas que cada persona dedica a cada etapa, las tasas horarias de salarios y la amortización, así como los costes estimados para el material consumible y los costes indirectos.

6.3.1. Fase 1: Decisión de elaboración de proyecto

En la primera fase del proyecto intervienen el Director, el Responsable de Organización y el auxiliar administrativo.

El director concreta cuáles son los objetivos que se desean alcanzar. El director, en colaboración con el Ingeniero de Organización define las líneas de actuación y orienta la actuación de los departamentos colaboradores durante el desarrollo del proyecto y al auxiliar administrativo encargado de las tareas de redacción de documentos y mecanografía requeridas en esta etapa.

El tiempo empleado se detalla en la tabla 6.10, resultando un total de 28 horas. En base a esto, los costes en esta fase se reparten según se indica en la tabla 6.11.

CONCEPTO		HORAS	C.H.	COSTE
Personal	Director	15	41,52 €	622,86 €
	Ingeniero Organización	10	18,80 €	188,00 €
	Ingeniero Industrial	-	-	-
	Resp. Dpto.	-	-	-
	Aux. Administrativo	3	8,98 €	26,95 €
Amortización	Equipo de desarrollo	-	-	-
	Equipo de edición	3	0,12 €	0,35 €
Material consumible	Varios	28	0,21 €	5,99 €
Coste indirectos		28	0,29 €	8,12 €
COSTE TOTAL				852,28 €

Tabla 6.11. Costes correspondientes a la Fase 1.

6.3.2. Fase 2: Presentación y difusión del proyecto

En la segunda fase se realiza una presentación a los responsables de los departamentos, solicitando su colaboración en el presente diseño de la distribución en planta. Se da a conocer el equipo que trabajará con los departamentos en el diseño de la distribución. Los costes en esta etapa se resumen en la tabla 6.12.

CONCEPTO		HORAS	C.H.	COSTE
Personal	Director	15	41,52 €	622,86 €
	Ingeniero Organización	15	18,80 €	282,00 €
	Ingeniero Industrial	7	18,80 €	131,60 €
	Resp. Dpto.	3	15,21 €	45,64 €
	Aux. Administrativo	5	8,98 €	44,92 €
Amortización	Equipo de desarrollo	7	0,09 €	0,66 €
	Equipo de edición	5	0,12 €	0,59 €
Material consumible	Varios	45	0,21 €	9,63 €
Coste indirectos		45	0,29 €	13,05 €
COSTE TOTAL				1.150,95 €

Tabla 6.12. Costes correspondientes a la Fase 2.

6.3.3. Fase 3: Recopilación de información

En esta etapa el ingeniero industrial encargado de diseñar la distribución recopila toda la información. El coste de sus honorarios y el del responsable del departamento representan la mayor parte del total del coste.

En base al estudio de tiempos de la tabla 6.10. y a las tasas horarias de personal, amortización, material consumible y resto de costes indirectos, los costes de esta fase se establecen y quedan como se muestra en la tabla 6.13.

CONCEPTO		HORAS	C.H.	COSTE
Personal	Director	3	41,52 €	124,57 €
	Ingeniero Organización	15	18,80 €	282,00 €
	Ingeniero Industrial	90	18,80 €	1.691,99 €
	Resp. Dpto.	90	15,21 €	1.369,14 €
	Aux. Administrativo	25	8,98 €	224,60 €
Amortización	Equipo de desarrollo	90	0,09 €	8,47 €
	Equipo de edición	25	0,12 €	2,97 €
Material consumible	Varios	223	0,21 €	47,73 €
Coste indirectos		223	0,29 €	64,69 €
COSTE TOTAL				3.816,14 €

Tabla 6.13. Costes correspondientes a la Fase 3.

6.3.4. Fase 4: Análisis, búsqueda y selección

Es la etapa más crítica, en la que se toman las decisiones de localización y circulación de los distintos elementos, y por tanto, es imprescindible la colaboración de todo el personal involucrado en el desarrollo de este proyecto. Los costes asignados a esta fase se muestran en la tabla 6.14.

CONCEPTO		HORAS	C.H.	COSTE
Personal	Director	15	41,52 €	622,86 €
	Ingeniero Organización	51	18,80 €	958,80 €
	Ingeniero Industrial	60	18,80 €	1.128,00 €
	Resp. Dpto.	20	15,21 €	304,25 €
	Aux. Administrativo	42	8,98 €	377,34 €
Amortización	Equipo de desarrollo	60	0,09 €	5,65 €
	Equipo de edición	42	0,12 €	4,95 €
Material consumible	Varios	188	0,21 €	40,24 €
Coste indirectos		188	0,29 €	54,53€
COSTE TOTAL				3.496,61 €

Tabla 6.14. Costes correspondientes a la Fase 4.

6.3.5. Fase 5: Escritura, difusión e implantación

En esta etapa se procede a la escritura de la memoria, labor encomendada al encargado de diseñar el proyecto con ayuda del Auxiliar Administrativo. Una vez escritos se procederá a la revisión y aprobación final de los documentos. Esta tarea la realizarán el responsable de organización y el director respectivamente.

A continuación se muestran los costes asignados en esta fase:

CONCEPTO		HORAS	C.H.	COSTE
Personal	Director	32	41,52 €	1.328,76 €
	Ingeniero Organización	40	18,80 €	752,00 €
	Ingeniero Industrial	16	18,80 €	300,08 €
	Resp. Dpto.	32	15,21 €	486,80 €
	Aux. Administrativo	55	8,98 €	494,13 €
Amortización	Equipo de desarrollo	16	0,09 €	1,51 €
	Equipo de edición	55	0,12 €	6,48 €
Material consumible	Varios	175	0,21 €	37,46 €
Coste indirectos		175	0,29 €	50,76 €
COSTE TOTAL				3.458,70 €

Tabla 6.15. Costes correspondientes a la Fase 5.

6.4. Calculo del coste total

El coste total de la realización del proyecto asciende a 15.618,32 €. Se obtiene como la suma de los costes totales de cada una de las cinco fases del proyecto, que se detallaron anteriormente, al que se le aplica el 6% beneficio industrial y a la suma de estos dos costes se le añade el 21% del impuesto sobre el valor añadido (IVA). A continuación se muestra el coste total desglosados (ver tabla 6.16).

FASES	HORAS	COSTE
Fase1 :Decisión de elaboración del proyecto	28	852,28 €
Fase2 : Presentación y difusión	45	1.150,95 €
Fase3 : Recopilación de información	223	3.816,14 €
Fase 4: Análisis, búsqueda y selección	188	3.496,61 €
Fase 5 :Escritura, difusión e implantación de la distribución	175	3.458,70 €
TOTAL	659	12.774,67 €
(6%) Beneficio industrial		766,48€
(21%) IVA		2.843,64 €
COSTE TOTAL		15.618,32 €

Tabla 6.16. Coste total de la realización del proyecto.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y POSIBLES LÍNEAS FUTURAS

7.1. Conclusiones

Tras el desarrollo del proyecto, se han extraen las siguientes conclusiones:

- Lean Manufacturing es un conjunto de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar los desperdicios y establecer un sistema de producción eficiente, con el fin producir sólo lo necesario, en el momento justo, en la cantidad y secuencia necesaria con la máxima calidad y a un precio competitivo. Basado en la valorización del trabajo estándar, la mejora continua y el respeto por las personas.
- La lectura de los indicadores y del cuadro de mando permite visualizar la diferencia entre los resultados deseados y los resultados reales, así como la evolución de un proceso según sus objetivos, por ello facilita la toma de decisiones además del control y seguimiento de los procesos o actividades, fomentado así la mejora continua de la organización.
- El Cuadro de Mando Integral es la herramienta de gestión más completa utilizada internacionalmente, permite canalizar las habilidades, conocimientos, tecnología y esfuerzos de toda la empresa hacia el logro de la visión, misión y objetivos estratégicos, proporcionando una visión global de la gestión de la empresa.
- Los indicadores y los cuadros de mando integral son pues herramientas indispensables para dirigir una organización, un equipo o un proceso y alcanzar los objetivos previstos para ser más eficientes y competitivos.
- El CMI es un sistema de información y control, pero además es un sistema de comunicación, de motivación y de formación. Finalmente, es importante llevar a cabo evaluaciones periódicas del sistema de indicadores y cuadros de mando integral para asegurarse de que siguen cumpliendo con los objetivos definidos.

7.2. Posibles líneas futuras

Con la realización del presente proyecto, queda abierto un abanico de futuras líneas de investigación, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Diseño e implementación de un software para confeccionar un cuadro de mando integral (CMI) para una empresa dedicada a la fabricación y transporte de productos. En el que permita visualizar, comparar y analizar la evolución de los indicadores seleccionados, con la finalidad de mejorar la gestión estratégica de la empresa, y proporcionar una base fiable para la toma de decisiones y el control de los procesos.
- Desarrollo de una aplicación para dispositivos electrónicos (smartphones, PDA's, tabletas, etc.) que permita el control y seguimiento de los indicadores recogidos en el cuadro de mando integral (CMI). Las ventajas que proporciona tener un cuadro de mando en los dispositivos electrónicos, es sin duda la movilidad, permitiendo conocer la situación de la empresa en cualquier lugar y momento del día. Otra ventaja es la inmediatez que proporciona al usuario, al acceso de información de los indicadores y objetivos estratégicos de la empresa.
- En la futura aplicación a diseñar incluir nuevos servicios que enriquezcan y mejoren la experiencia de uso del CMI, como incluir una alarma para avisar al usuario cuando un indicador se encuentre en situación crítica del valor de umbral establecido.



Figura 7.1. Aplicación del CMI para dispositivos electrónicos.

CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía utilizada en el desarrollo del proyecto es la siguiente:

CAPÍTULO 2. LEAN MANUFACTURING

<http://www.mizarlean.com/lean-manufacturing/> (Abril 2013).

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Manufactura-Esbelta-Lean-Manufacturing/1579173.html> (Abril 2013).

<http://es.wikipedia.org> (Abril 2013).

<http://cursosgratis.aulafacil.com/lean-manufacturing/curso/LeanManufacturing-Temario.htm> (Abril 2013).

<http://lean-esp.blogspot.com.es/2008/09/71-tipos-de-desperdicios.html> (Abril 2013).

<http://www.monografias.com/trabajos82/lean-manufacturing-manufactura-esbelta/lean-manufacturing-manufactura-esbelta2.shtml> (Abril 2013).

<http://www.monografias.com> (Abril 2013).

<http://www.improven.com/lean-manufacturing-como-gestionar-eficazmente-la-organizacion/> (Abril 2013).

<http://www.leansolutions.co/conceptos> (Abril 2013).

<http://www.controltech.co/index.php/es/homepage/84-articulos/83-leanmanufacturing> (Mayo 2013).

<http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/040913102430-1.html> (Mayo 2013).

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/manufacturajitoyota/default2.asp (Mayo 2013).

<http://mercado.unex.es/operaciones/descargas/EE%20%28LE%29/Cap%C3%ADtulo%2012.pdf> (Mayo 2013).

- <http://ingenieriametodos.blogspot.com.es/2008/06/qu-es-justo-tiempo-jit.html> (Mayo 2013).
- <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/17827/Capitulo3.pdf> (Mayo 2013).
- <http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/jit-justo-a-tiwmpo-presentation> (Mayo 2013).
- <http://logisticayudimar.blogspot.com.es/> (Mayo 2013).
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/SMED/ (Mayo 2013).
- <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/55/40/a40.pdf> (Mayo 2013).
- <http://www.monografias.com/trabajos57/single-minute-exchange-die/single-minute-exchange-die2.shtml#xmetodo1> (Mayo 2013).
- <http://unitecupv2011dlzc.wordpress.com/2011/06/29/smed/> (Mayo 2013).
- http://www.galgano.es/lmbinaries/pdf5716_pdf.pdf (Mayo 2013).
- <http://www.nocturnar.com/forum/economia/297470-metodo-jidoka-y-sistema-de-produccion-japonesa.html> (Mayo 2013).
- <http://www.slideshare.net/luisperona/presentacion-lean-vi-jidoka> (Mayo 2013).
- <http://lean.mty.itesm.mx/PDF/Jidoka.pdf> (Mayo 2013).
- <http://oeejourney.optimumfx.com/the-xl800-system/> (Mayo 2013).
- <http://www.leanroots.com/poka-yoke.html> (Mayo 2013).
- <http://translate.google.es/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.reliableplant.com/Read/10818/kaizen-lean-manufacturing&prev=/search%3Fq%3Dkaizen%2Ben%2Blean%2Bmanufacturing%26client%3Dfirefox-a%26sa%3DX%26hl%3Des%26rls%3Dorg.mozilla:es-ES:official%26biw%3D1138%26bih%3D554> (Mayo 2013).
- <http://www.lean-sigma.es/kaizen-mejora-continua.php> (Mayo 2013).
- http://www.tlalpan.uvmnet.edu/ooid/download/Kaizen%20y%20logistica_04_ING_IIS_PII_E%20E.pdf (Mayo 2013).
- <http://www.monografias.com/trabajos14/manufact-esbelta/manufact-esbelta2.shtml>
- http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/castro_r_cr/capitulo3.pdf (Junio 2013).
- http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/5s_cap1.pdf (Junio 2013).

CAPÍTULO 3. INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO

<http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/9134D724-43C8-43F9-98D1-2E6817A99E1B/19427/IVA6.pdf> (Junio 2013).

<http://www.gestion-calidad.com/indicadores.html> (Junio 2013).

<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4575/1/TesisRodrigoMora.pdf> (Junio 2013).

http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.eclac.cl%2Ffiles%2Fnoticias%2Fpaginas%2F7%2F32927%2FINDICADORES_MEXICO_08.ppt&ei=AMryUfKrAqOL7AbciYCoCg&usg=AFQjCNHmeYnUVYO5F4fhdujHvUZtQOOHjg&bvm=bv.49784469,d.ZGU (Junio 2013).

<http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf> (Junio 2013).

<http://es.scribd.com/doc/19726385/15/Caracteristicas-de-los-Indicadores-de-Gestion> (Junio 2013).

<http://www.buenastareas.com/ensayos/Metodologia-Smart/2732609.html> (Junio 2013).

<http://www.ofsbc.gob.mx/Eventos/MANUAL%20MATRIZ%20DE%20INDICADORES.pdf> (Junio 2013).

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.utn.edu.ar%2Fdownload.aspx%3FidFile%3D19198&ei=EMXyUeO2OtGP7Aalh4HgAw&usg=AFQjCNGuSzqL9c4bdv1oRqTaGGOjthScEw&bvm=bv.49784469,d.ZGU> (Julio 2013).

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Ffactrav.itcilo.org%2Flibrary%2Fspanish%2Fmanuales09%2Fcooperacion-sindical%2Fm6-formulacion-del-proyecto.pdf&ei=osXyUbnnOcGO7QaS74HYBw&usg=AFQjCNGZfAGOYokvgDiBGcY-LULFaNsHg&bvm=bv.49784469,d.ZGU> (Julio 2013).

<http://www.webpicking.com/hojas/indicadores.htm> (Junio 2013).

http://www.fesc.edu.co/portal/archivos/e_libros/logistica/ind_logistica.pdf (Junio 2013).

<http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fprincipiosdemantenimiento.usb.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2F2>

[.%2BConceptos%2Bbasicos%2Bindicadores..doc&ei=kcbYUbl8FctG7AaLvYFY&usg=AFQjCNHBjg0ilUacqMoer7kGm6oZS6pCLA&bvm=bv.49784469,d.ZGU](#) (Junio 2013).

<http://www.aiteco.com/ciclo-pdca-de-mejora-continua/> (julio 2013).

http://www.unalmed.edu.co/josemaya/Ing_prod/Control%20de%20Proceso-%20Metodo.pdf (Julio 2013).

http://www.indicadores sociales.org/Archivos/Documentos/Secciones/63_es-ES_INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20GESTI%C3%93N%20DE%20LOS%20INDICADOR ES.pdf (Julio 2013).

CAPÍTULO 4. INDICADORES LEAN MÁS UTILIZADOS

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16050/indicadores.pdf?sequence=3> (Junio 2013).

http://www.ainia.es/html/archivos/Presentacion_ainia_teoría.pdf (Junio 2013).

<http://www.euskadinnova.net/documentos/313.aspx> (Junio 2013).

http://www.aec.es/c/document_library/get_file?p_l_id=32315&folderId=211152&name=DLE-6130.pdf (Junio 2013).

<http://norma-ohsas18001.blogspot.com.es/2012/10/indicadores-sobre-accidentes.html> (Junio 2013).

http://www.crea.es/prevencion/prevengo/gestion/2_3_3_accidentabilidad.htm (Junio 2013).

<http://seguridadindustrialapuntas.blogspot.com.es/2009/05/ejemplo-de-calculo-del-indice-de.html> (Junio 2013).

http://www.crea.es/prevencion/audito/pag_int/ejemplos/4_1_4_indices.pdf (Junio 2013)

<http://kpilibrary.com/> (Junio 2013).

http://seguridadindustrialapuntas.blogspot.com.es/2009/05/ejemplo-de-calculo-del-indice-de_29.html (Junio 2013).

<http://www.visionindustrial.com.mx/industria/operacion-industrial/oee-factor-de-exito.html> (Junio 2013).

http://books.google.es/books?id=W5f4zsqoMkkC&pg=PA102&lpg=PA102&dq=porque+m edir+oee&source=bl&ots=7IOhP81eRX&sig=tU_UysOZ4J0hC4sILPTDZbH_f6w&hl=es&sa=X

[&ei=bqtyUcSzOMi7AaAhoHQDw&ved=0CGYQ6AEwCA#v=onepage&q=porque%20medir%20oee&f=false](#) (Junio 2013).

<http://www.anovacalidad.es/One%20Point%20Lessons/OPL%20OEE.pdf> (Junio 2013).

<http://www.slideshare.net/ingenierolean/calculo-del-oeo> (Junio 2013).

http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/972/7/Capitulo_3.pdf (Junio 2013).

<http://www.sistemasooe.com/index.php/oeo/ejemplo-de-calculo-del-oeo> (Junio 2013).

<http://grupotrput.com/2012/10/14/es-correcta-la-rotacin-de-mis-inventarios/> (Junio 2013).

<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/indicadores-de-producci%C3%B3n/> (Junio 2013).

<http://es.wikihow.com/calcular-los-d%C3%ADas-en-inventario> (Junio 2013).

<http://www.lokad.com/es/definicion-rotacion-del-inventario> (Junio 2013).

<http://aulaweb.upes.edu.sv/claroline/backends/download.php?url=L1VOSURBRF9WSUkvVEVPUKIBX0IOREIDQURPUkVTX0xPROITVEIDT1MucGRm&cidReset=true&cidReq=TEV224> (Junio 2013).

<http://es.scribd.com/doc/14126359/Textos-de-Los-Indicadores-cos> (Junio 2013).

[http://sede.aecoc.es/web/Logistica.nsf/b06c0678fca61ecac12568b6003979a9/e1c3cafb4eaecbd7c1256d960040e9d2/\\$FILE/RAL%20Indicadores%20Def%20200703.pdf](http://sede.aecoc.es/web/Logistica.nsf/b06c0678fca61ecac12568b6003979a9/e1c3cafb4eaecbd7c1256d960040e9d2/$FILE/RAL%20Indicadores%20Def%20200703.pdf) (Junio 2013).

<http://www.portallogistico.com/files/INDICADORES2011.pdf> (Junio 2013).

<http://altacunta.wordpress.com/2011/11/05/la-importancia-del-lead-time/> (Julio 2013).

http://www.google.es/imgres?imgurl=http://www.human.es/photos/images/2010/06/10/vsm.jpg&imgrefurl=http://www.human.es/es/lean-management/vsm-value-stream-mapping&h=505&w=929&sz=191&tbnid=DTyzWyqyLK25eM:&tbnh=71&tbnw=131&zoom=1&usq=__8uOntLnBMg6XMFRRVq8_xuByeVY=&docid=mTT-h72KXfaGzM&sa=X&ei=FK_yUZXfleqd7Qaxu4HQAg&ved=0CDMQ9QEwAA&dur=166 (Junio 2013).

<http://www.mantenimientoplanificado.com/eproductiva.com/6sigma/metricass.pdf> (Junio 2013).

<http://es.scribd.com/doc/56015610/6-SIGMA-MedicionesSS> (Junio 2013).

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/elizondo_c_a/capitulo2.pdf

(Junio 2013).

CAPÍTULO 5. CUADRO DE MANDO INTEGRAL (CMI)

[http://www.uax.es/fileadmin/templates/fundacion/docs/Cuadro de Mando Integral.pdf](http://www.uax.es/fileadmin/templates/fundacion/docs/Cuadro_de_Mando_Integral.pdf) (Julio 2013).

http://www.factorhuma.org/attachments_secure/article/8312/UC_QCI_cast.pdf (Julio 2013).

http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria_descargas_idepa/mando_integral.pdf (Julio 2013).

[http://www.fcecon.unr.edu.ar/web/sites/default/files/u16/Decimocuartas/Malgioglio,%20Carazay,%20Suardi los%20distintos%20enfoces%20del%20capital%20intelectual.pdf](http://www.fcecon.unr.edu.ar/web/sites/default/files/u16/Decimocuartas/Malgioglio,%20Carazay,%20Suardi%20los%20distintos%20enfoces%20del%20capital%20intelectual.pdf) (Julio 2013).

http://prezi.com/ku_zigfsxajs/reporting-y-cmi/ (Julio 2013).

<http://www.centrem.cat/ecomu/upfiles/publicacions/publica7.pdf> (Julio 2013).

http://www.uca.es/area/auditoria/articulos-publicados/el_cuadro_de_mando_integral_cmi_y_los_indicadores_de_gestion.pdf

[http://www.pas-personal.ehu.es/p263-content/es/contenidos/noticia/indicadores_une_66175/es_i_66175/adjuntos/INDICADO RES%20UNE%2066175.pdf](http://www.pas-personal.ehu.es/p263-content/es/contenidos/noticia/indicadores_une_66175/es_i_66175/adjuntos/INDICADO_RES%20UNE%2066175.pdf) (Julio 2013)

<http://queaprendemoshoy.com/que-es-y-para-que-sirve-el-cuadro-de-mando-integral/> (Julio 2013).

<http://www.e-visualreport.com/files/Cuadro-Logistica.html> (Julio2013).

CAPÍTULO 6. ESTUDIO ECONÓMICO

http://www.fesugt.es/documentos/pdf/seguros-oficinas/convenios/ingenierias/convenio_ingenierias_2012_2013.pdf (Julio 2013).

http://www.uclm.es/area/ing_rural/asignaturaproyectos/tema%208.pdf (Julio2013).

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y POSIBLES LÍNEAS FURTURAS

<http://www.swgreenhouse.com/especializacion/business-intelligence/business-intelligence-hi-spins/hi-spins-mobile-smartphones-y-tablets> (Julio2013).

<http://aplicaciones-moviles.blogspot.com.es/> (Julio2013).

<http://kpistandard.com> (Julio2013).

