



CAPITULO 2. ANTECEDENTES

2.1. LA INDUSTRIA AEROESPACIAL.

Cuando en 1903 Wilbur y Orville Wright efectuaron con éxito su primer vuelo, la construcción de aviones era un oficio que practicaban inventores y aventureros de forma artesanal en pequeños talleres. La aportación, pequeña aunque decisiva, de los primeros aviones militares de la primera Guerra Mundial hizo que la construcción de aviones saliese de los talleres y pasara a la producción en serie. Los aviones de segunda generación permitieron a los operadores de la posguerra adentrarse en el ámbito comercial, principalmente en el transporte de correo y carga urgente. Por aquel entonces, los aviones de línea seguían sin presurizar, sus sistemas de calefacción eran deficientes y no podían volar por encima de condiciones climatológicas adversas. A pesar de estos inconvenientes el tráfico de pasajeros aumenta un 600% entre 1936 y 1941, aunque continuaba siendo un lujo sólo al alcance de unos pocos.

Los significativos avances de la tecnología aeronáutica y la consiguiente utilización de la fuerza aérea durante la segunda Guerra Mundial alentaron el vertiginoso crecimiento de la construcción aeronáutica que tuvo lugar en Estados Unidos, el Reino Unido y la Unión Soviética tras la finalización del conflicto. A partir de la segunda Guerra Mundial, los misiles tácticos y estratégicos, los satélites de navegación y las aeronaves tripuladas fueron ganando protagonismo en el ámbito aeronáutico militar. A finales de la década de 1950, la aparición de los turborreactores comerciales hizo que los viajes en avión fueran más rápidos y cómodos, con lo que se disparó el crecimiento del transporte aéreo comercial. En 1993 la cifra anual de vuelo



rondaba en 1,25 billones de pasajeros / milla y esperándose para el año 2013 triplicarla.

El empleo en las industrias aeroespaciales es muy cíclico. En la Unión Europea, América del Norte y Japón el empleo directo de este sector pasó de un máximo de 1.770.000 en 1989 a 1.300.000 en 1995. La gran industria aeroespacial de la Confederación de Estados Independientes se vio significativamente afectada tras el derrumbe de la Unión Soviética. La construcción de los grandes reactores comerciales, con capacidad para 100 o más pasajeros, se hace en fábricas europeas y de Estados Unidos. La construcción de aparatos regionales con una capacidad inferior a los 100 pasajeros se encuentra mucho más dispersa.

El empleo se encuentra repartido casi por igual entre los sectores constructores de aparatos militares, reactores comerciales, misiles y vehículos espaciales. Por lo que se refiere a las empresas privadas, los puestos de trabajo de la población activa se reparten por igual entre las actividades de ingeniería, construcción y servicios administrativos. Cerca del 80% de los empleados en los sectores aeroespaciales de ingeniería y construcción son hombres.

Las distintas necesidades y prácticas de los clientes, tanto públicos como privados ocasionan la segmentación típica de los constructores aeroespaciales en empresas comerciales o para la defensa. Las células de avión, los motores (o sistema de propulsión sin accesorios) y los equipos de aviónica (como son equipos electrónicos de navegación, comunicaciones y control de vuelo) son suministrados generalmente por fabricantes independientes. La construcción aeroespacial integra el diseño, la fabricación, el montaje, la inspección y la prueba de una infinidad de componentes. Los fabricantes han establecido redes internas y externas de proveedores y subcontratistas para poder satisfacer sus necesidades de componentes.



Los primeros aeroplanos eran construidos con materiales muy ligeros tales como bambú, madera, y tela. Fueron diseñados de manera muy similar a los puentes, con vigas y cerchas. Las alas del Wright Flyer formaban una cercha, utilizaban alambres y barras diagonales para reforzarse y resistir mejor las fuerzas aerodinámicas. A la forma que tienen los cortes transversales de las alas se le conoce como perfil aerodinámico.

Conforme las técnicas de fabricación de metales mejoraban a principios de los años 1900's, barras y piezas de metal comenzaron a reemplazar a los componentes de madera en los aviones. Coberturas de metal muy delgado comenzaron a utilizarse para cubrir las alas porque el mal tiempo las afectaba menos que a las coberturas de tela. Las costillas y los larguerillos de las alas de los aviones eran construidos uniendo varias piezas entre sí. Una vez que se desarrollaron las aleaciones de aluminio al final de los años 20, tanto las costillas como los larguerillos a menudo se construían usando hojas enteras de aluminio.

Cuando un avión vuela, existe tensión o carga en su armazón. Al principio, el armazón de madera o metal soportaba toda la tensión. La tela o la cobertura fina de metal no era lo suficientemente fuerte como para soportar cualquier cantidad de carga. Posteriormente, se comenzó a utilizar una cobertura más gruesa de metal para cubrir el armazón de los aviones. Esta cobertura más gruesa era capaz de compartir la tensión. Las aleaciones de aluminio se han utilizado mucho debido a su ligereza y a su gran resistencia, de esta forma se reduce peso y consumo.

También se utilizan aleaciones de berilo, titanio y magnesio, especialmente en la construcción de aviones de altas prestaciones. Los materiales compuestos modernos, conjuntos de fibras embutidas en matrices de plástico, son unos buenos sustitutos a los componentes metálicos. Estos ofrecen una resistencia igual o superior a los metales actualmente utilizados, además de un peso menor y una resistencia térmica mayor con la ventaja



adicional, para la aviación militar, de que los fuselajes fabricados con materiales compuestos reducen significativamente el perfil radar. Los sistemas de base de resinas epóxicas son los materiales compuestos más utilizados en el sector aeroespacial: suponen cerca del 65% de todos los materiales utilizados. Cuando se requieren unos niveles elevados de resistencia a altas temperaturas se utilizan sistemas basándose en resinas poliimídicas.

Entre las fibras de soporte utilizadas destacan el grafito, el kevlar y la fibra de vidrio. Las imprimaciones, las lacas y los esmaltes protegen de corrosión y de las temperaturas extremas a las superficies más vulnerables. Las capas de imprimación más comunes son las hechas de resinas sintéticas pigmentadas con cromato de zinc y con pigmentos extendidos. Secan con gran rapidez, mejoran la adhesión de las capas superiores y evitan la corrosión del aluminio, el acero y sus aleaciones.

En resumen, la industria aeroespacial utiliza más de 5.000 productos químicos y mezclas de productos químicos en su mayoría procedentes de numerosos proveedores y muchos de los compuestos contienen entre cinco y diez ingredientes. La composición exacta de algunos de estos productos está patentada o es un secreto comercial, lo que añade complejidad a tan heterogéneo grupo.

2.2. LA EMPRESA.

2.2.1. Situación en el mercado

Es un grupo de empresas industriales y de servicios que trabaja fundamentalmente en dos sectores de actividad diferentes: las energías renovables y la aeronáutica.



Inició su proyecto en 1976 si bien su actividad aeronáutica es quizá la menos conocida , el grueso de las ventas del grupo (algo más de dos tercios) se concentra en la actividad de energías renovables, concretamente en la energía eólica (a partir de molinos de viento); no sólo se dedica a la generación y venta de energía a partir de esta tecnología, sino que fundamentalmente fabrica y vende a terceros los aparatos y servicios necesarios para su explotación (esta es la rama de mayor crecimiento en los últimos ejercicios). En la rama aeronáutica la compañía diseña y fabrica piezas para aviones y helicópteros, con clientes como las americanas Boeing y Sikorsky o la brasileña Embraer. Es de notar que en general los clientes a los que sirve no son los finales, es decir, el grueso de su actividad en las dos grandes áreas de negocio va dirigido a empresas eléctricas (en energías renovables) y a fabricantes aeronáuticos, si bien en muchos casos se implica en la evolución de los proyectos para los que colabora (por ejemplo ligando el precio a cobrar a las ventas de un determinado modelo de avión).

En el modelo estratégico que sigue la empresa ocupa un lugar importante la especialización en las actividades de mayor valor añadido, utilizando intensivamente la subcontratación para el resto de procesos; así las compras de materias primas y las subcontrataciones suponen en el entorno del 70% de sus ventas, con lo que da trabajo a un gran número de pequeñas y medianas empresas a su alrededor. Esta fuerte dependencia de una serie de proveedores es resaltada por la propia compañía como uno de los riesgos asociados a su actividad. Además la actividad de esta empresa tiene, como es lógico, características inherentes a la concentración en dos negocios muy específicos.

En el área de Energías Renovables, se trata de una actividad cuya evolución está muy ligada a decisiones gubernamentales y administrativas en general se trata de una actividad fomentada pero sometida a presiones ecologistas (entre otras razones por su distorsión de paisajes naturales), con un rápido desarrollo tecnológico y de la que se espera un importante



crecimiento en detrimento de fuentes de energía competidoras (como el carbón o el petróleo).

En el área de Aeronáutica la actividad está muy ligada a la evolución de la demanda de aeronaves (en este sentido comparte riesgos con otra compañía presente en la bolsa española, EADS), y está sujeta a variabilidad en ingresos por su política de facturación en Dólares americanos y en costes por su dependencia de ciertas materias primas como el aluminio, factores a tener muy en cuenta especialmente por la larga duración de los contratos en que está implicada la compañía (una media de 10 años).

Opera en los dos sectores con un alto potencial de crecimiento, particularmente en cuanto a las energías renovables se refiere; Por ello el grupo está comprometido en la realización de un gran esfuerzo inversor (de más de 100.000 Millones de pesetas en el trienio 2000 - 2002) muy concentrado en el área de generación de energía eólica (acapara más del 80% del total) y con un fuerte peso en actividades de Investigación y Desarrollo, básicas en un entorno de rápido desarrollo tecnológico (en el primer semestre de 2000 el 70% de las inversiones se dedicaron a estas tareas). Esta política explica también la intención de la compañía de no repartir dividendos en los próximos ejercicios, ya que buena parte de las inversiones se financian con fondos generados internamente (especialmente en la división aeronáutica, no así en el caso de las energías renovables que tienen un mayor peso de financiación externa). Su crecimiento se ha producido mediante la creación y desarrollo de los actuales negocios especialmente a partir de 1995.

2.2.2. Sectores en los que trabaja.

Se estructura en cinco núcleos de negocio diferenciados sobre la base de sus respectivas actividades, enmarcándose las distintas compañías dentro de dichos núcleos de actividad.



Cada núcleo dispone de una sociedad cabecera bajo la responsabilidad de un director general. Dos de ellos desarrollan sus actividades en el sector aeronáutico y los tres restantes en el de las energías renovables, mediante la promoción, construcción y explotación de parques eólicos, la fabricación de aerogeneradores y la prestación de servicios especializados

En el sector aeronáutico, comprende la participación en programas para la fabricación de estructuras aeronáuticas, el desarrollo de ingeniería de diseño y fabricación, tanto para su desarrollo en el ámbito interno como para terceros y la fabricación de piezas con materiales compuestos.

2.2.2.1. Sector energético.

Dentro de las distintas actividades que la empresa tiene en el sector energético, a finales de 1995 comenzó la actividad de promoción eólica con el objetivo de situarla como uno de los más importantes promotores de energía eólica en España. Cuenta actualmente con veintinueve parques repartidos por la geografía española, de los cuales nueve están en construcción.

Otra de las actividades del sector energético es el núcleo eólico la cual se encuentra entre los cinco primeros fabricantes mundiales de aerogeneradores. En España, tercer país con mayor potencia eólica instalada, es líder en el sector de fabricación, venta e instalación de turbinas eólicas.

Eólica cuenta con amplia capacidad propia de diseño y desarrollo tecnológico de aerogeneradores, y con la más extensa capacidad integral de producción que comprende la fabricación de palas, raíces de pala, moldes para la fabricación de palas, multiplicadoras y torres, además de realizar el ensamblaje del aerogenerador (12 centros de producción). Asimismo, ofrece una amplia gama de producto con potencias comprendidas entre los 660 KW y los 2,0 MW cuyas características fundamentales son su robustez, adaptabilidad y máximo rendimiento frente a distintos tipos de viento y emplazamientos.



IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA 5S EN UNA EMPRESA DEL
SECTOR AERONÁUTICO

CAPITULO 2: ANTECEDENTES

UBICACIÓN	PARQUE EÓLICO	ESTADO	POTENCIA (MW)
Jaén	Sierra de trigo	Explotación	15.18
Castilla la Mancha	Sierra del romeral	Construcción	23.80
Zamora	Valmediano	Explotación	34.00
	Valmediano	Construcción	34.00
	Labradas	Explotación	23.80
Burgos	Carrasquillo	Construcción	49.30
Soria	El tablado	Explotación	19.80
	La Jimena	Explotación	9.90
	La Jimena	Construcción	9.90
Aragón	La plana I	Explotación	4.15
	La plana II	Explotación	16.50
	La plana III	Explotación	21.00
	Tardienta I	Explotación	49.50
	Tardienta II	Explotación	44.20
	I + D La Plana	Construcción	2.85
Galicia	Muras I	Explotación	24.42
	Muras II	Explotación	24.42
	Carriscada	Explotación	24.00
	Serra do Cando	Explotación	29.23
	Monte Seixo-Cando	Explotación	34.98
	Forgoselo	Explotación	24.42
	Treito	Construcción	30.39
	Magalón-Campo DoCoCo	Explotación	49.50
	As Ameixeiras	Construcción	49.50
	Serra do Panda	Explotación	18.48
	Pedregal	Construcción	30.60
	Pena do Cruz	Explotación	12.75
	Monte Carrio	Explotación	31.45
Viveiro	Construcción	36.55	

Tabla 2- 1 Parques eólicos nacionales pertenecientes a la empresa.

La comercialización, instalación y mantenimiento de estos equipos se realiza a escala mundial. Cuenta con delegaciones comerciales en Francia,



Italia, Grecia, Portugal y Brasil, y con próxima apertura en EEUU y Alemania. Esta red comercial se completa con acuerdos de colaboración con empresas de primer nivel en países como Australia y Japón.

Además dispone de un importante centro de I+D formado por más de 150 profesionales que trabaja en el diseño de nuevos aerogeneradores y en la realización de proyectos de innovación tecnológica tanto en productos como en procesos productivos, a la vez que proporciona soporte técnico a las actividades que realiza la empresa. La actividad del departamento de I+D se estructura en las siguientes áreas: Aerodinámica y emplazamientos; Sistemas mecánicos y estructuras; Sistemas eléctricos y de control, y Soporte e integridad de producto.

2.2.2.2. Sector aeronáutico

La otra actividad desarrollada por la empresa es en el sector aeronáutico. La división aeronáutica fue creada en el año 1993 coincidiendo con la firma del contrato para el desarrollo de componentes del avión ERJ-145 de Embraer.

Por una parte comprende la participación en programas para la fabricación de estructuras aeronáuticas, el desarrollo de ingeniería de diseño y fabricación, tanto para su desarrollo en el ámbito interno como para terceros. Por otro lado cuenta con la fabricación de piezas de materiales compuestos.

Actualmente el núcleo de estructuras aeronáuticas cuenta con plantas de producción y oficinas de ingeniería repartidas por diferentes regiones geográficas. Centraliza todos aquellos servicios comunes mientras que el resto de las empresas están especializadas en los distintos procesos de desarrollo de producto o producción.



En el año 2001 se abre la planta situada en Sevilla la cual participa en distintos programas. Por una parte se centra en la fabricación del estabilizador horizontal y vertical del CRJ700 y el CRJ900 de la empresa canadiense Bombardier, esta se halla como el tercer fabricante de aviones, construyendo mas de 4.400 aeronaves civiles y militares desde 1944.

Por otra parte trabaja con programas de la empresa brasileña Embraer como son el montaje de las alas del ERJ145 y las cuadernas del fuselaje trasero del ERJ170 y ERJ190. A finales de Septiembre de 2003 fabrica las ultimas alas del ERJ145 embarcándose en nuevos proyectos. Así, ese mismo año se abre otra planta en Getafe dedicada a la producción de la estructura metálica de la sección 19 del A380 (fuselaje trasero) con responsabilidad sobre prototipos y certificación.

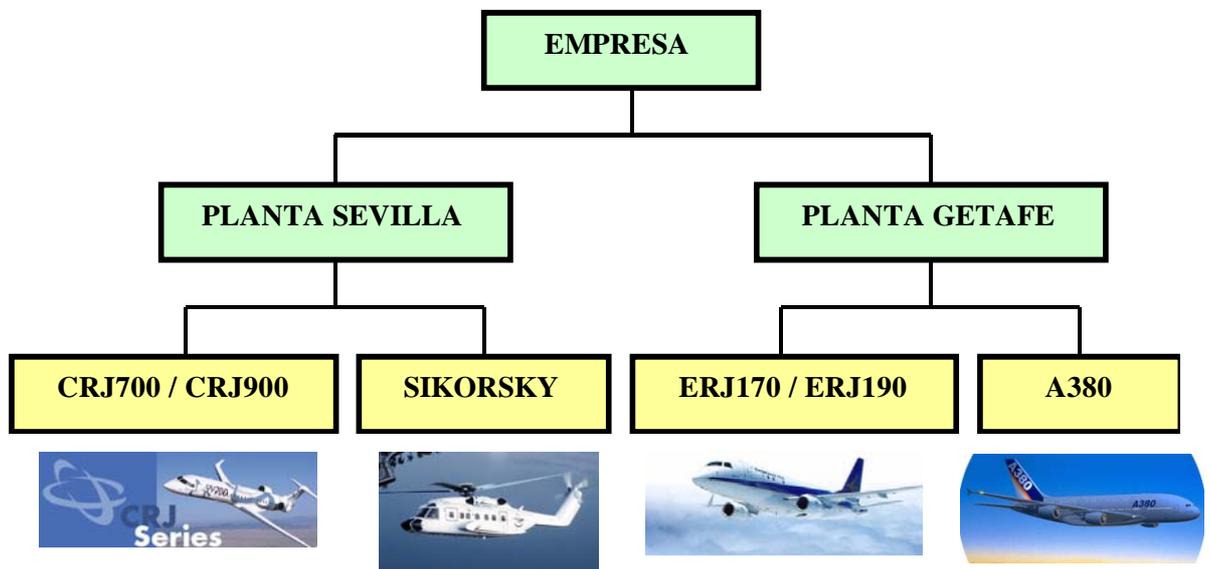


Figura 2 - 1 Participación de programas de EASA del Sur en el año 2004

Traslada la producción de las cuadernas del ERJ170 desde Sevilla a la nueva planta de Getafe para contratar un nuevo programa, el helicóptero S-92 de la empresa americana Sikorsky. La evolución en estos años ha sido ascendente a pesar de las crisis que afectó a todo el sector aeronáutico con el



atentado terrorista del 11 de Septiembre de 2001 y la guerra de Irak en el 2003.

2.3. DESARROLLO DEL TPM.

2.3.1. Introducción.

Después de la Segunda Guerra Mundial las industrias japonesas estaban convencidas que para competir en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos. Por ello incorporaron técnicas de gestión y fabricación procedentes de los Estados Unidos adoptándolas a sus circunstancias particulares. Sus productos llegaron a conocerse a través de todo el mundo por su calidad superior lo que llevó que las industrias de Occidente concentraran su atención en las técnicas de gestión en el estilo japonés.

Japón introdujo el concepto de mantenimiento preventivo (PM) existente en los Estados Unidos pero lo modificó e intensificó para adaptarlo a la industria japonesa dando lugar a lo que hoy se conoce como TPM es decir Mantenimiento Productivo Total. La diferencia entre ambos consiste en que mientras en las compañías americanas existe unos empleados que operan con las máquinas y otros en que las repara, en las industrias japonesas todos los empleados están implicados en el mantenimiento productivo para mejorar los equipos, desde los operadores hasta la alta dirección.

El TPM se introdujo en Japón hace más de 30 años y constituye un soporte esencial del sistema de producción de Toyota siendo igualmente implantado por muchas filiales de ésta. Según su creador Taiichi Ohno, el sistema de producción de Toyota está basado en la eliminación absoluta del



despilfarro, produciendo únicamente los productos necesarios (Just in Time). Es decir el sistema de producción debe de lograr defectos cero y niveles de inventario cero.

El mantenimiento preventivo se introdujo en los años cincuenta alcanzándose un buen grado de implementación del mantenimiento productivo en los años sesenta. El tiempo anterior a los años cincuenta era un periodo de mantenimiento de averías y a partir de los años 70 empieza a desarrollarse en las industrias japonesas el TPM, radicando su éxito en la capacidad de conocer el estado del equipo para predecir fallos. De esta forma el mantenimiento predictivo es parte significativa del TPM pues utiliza técnicas de supervisión para diagnosticar el estado del equipo durante su funcionamiento, identificando señales de deterioro o fallos inminentes.

AÑOS 50	AÑOS 60	AÑOS 70
Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Productivo	Mantenimiento Productivo Total
1.-Establecimiento de funciones de mantenimiento. 2.-20 compañías forman un grupo de investigación del PM	1.-Reconocimiento de la importancia de la fiabilidad, mantenimiento y eficacia económica. 2.-Japón estudia el mantenimiento de equipos en USA	1.-Logro de la eficacia en PM con un sistema comprensivo basado en respeto a las personas y participación total de empleados.

Tabla 2- 2 Historia del PM en Japón.

El TPM tiene dos objetivos: cero averías y cero defectos. Cuando se eliminan las averías y los defectos mejora el índice operativo del equipo, se reducen los costes, se pueden minimizar los inventarios y por consiguiente la productividad aumenta, en general de un 40 al 50%.



Los resultados de la implementación del TPM no son inmediatos sino que se requieren unos tres años para obtener resultados óptimos. Además en las primeras fases del TPM la empresa debe soportar una serie de gastos adicionales de restaurar las condiciones apropiadas de los equipos y formar al personal. El coste real depende de la calidad inicial del equipo, los conocimientos técnicos y la experiencia del personal de mantenimiento.

Los pasos específicos necesarios para desarrollar el TPM deben determinarse individualmente para cada compañía, debe de ajustarse a los requerimientos individuales, debido a que los tipos de industrias, métodos de producción, condición de los equipos, técnicas y niveles de mantenimiento varían de una empresa a otra. Sin embargo existen cinco requerimientos mínimos que podemos resumir brevemente ya que serán tratados posteriormente de forma más detallada:

- Mejora de la eficacia de los equipos.
- Mantenimiento autónomo por los operadores
- Programa planificado de mantenimiento administrado por el propio departamento de mantenimiento.
- Adiestramiento para mejorar las habilidades operativas y de mantenimiento.
- Un programa de gestión de equipos inicial para prevenir problemas que puedan surgir durante la puesta en marcha de una nueva planta o un nuevo equipo.



2.3.2. Eficacia del equipo, pérdidas crónicas y otros conceptos de mejora del TPM.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza de éste pueda ser operada óptimamente y mantenida en ese nivel. El personal y la maquinaria deben de funcionar ambos de una forma estable bajo las condiciones de cero averías y defectos. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requisito importante para el éxito del TPM.

El TPM maximiza la eficacia del equipo pero ¿qué entendemos por eficacia o efectividad de la maquinaria? Pues bien es una medida del valor añadido a la producción , es decir la diferencia entre los ingresos de las ventas y el coste de los recursos, como son el material y la mano de obra empleados en la fabricación del producto. Este valor añadido se reduce considerablemente por los despilfarros y las seis grandes pérdidas relacionadas con el equipo. Por el contrario aumentará cuando sube la disponibilidad y productividad y cuando bajan los defectos en el proceso y las repeticiones de trabajos. Veamos cuales son estas seis pérdidas:

- 1) Pérdidas por avería
- 2) Pérdidas de preparación y ajustes
- 3) Inactividad y pérdidas de paradas menores
- 4) Pérdidas de velocidad reducida.
- 5) Defectos de calidad y repetición de trabajos
- 6) Pérdidas de puesta en marcha

1) *Pérdidas por averías*

Las averías ocasionan principalmente dos tipos de pérdidas: pérdidas de tiempo lo que implica una reducción de la



productividad y pérdidas de cantidad, causadas por productos defectuosos.

Las averías podemos clasificarlas en aquellas que son esporádicas es decir fallos drásticos o inesperados del equipo y las averías crónicas mucho más frecuentes y de menor magnitud que son ignoradas o descuidadas después de repetidos intentos fallidos.

En las averías esporádicas el personal invierte mucho esfuerzo y tiempo en evitarlas ya que corresponde un alto porcentaje de las pérdidas totales sin embargo para maximizar la eficacia del equipo deben de reducirse todas las averías a cero.

Los niveles de la efectividad global difieren dependiendo de cada industria, características del equipo y sistemas de producción implicados. Las compañías que investigó el JIPM (Instituto Japonés para Mantenimiento de Plantas)obtuvieron un promedio de la efectividad de los equipos del 40-60% sin embargo a través de las distintas actividades de mejora del TPM se llega a incrementar al 85-95%.

Si queremos mejorar las condiciones fundamentales del entorno de fabricación es necesario eliminar completamente las pérdidas crónicas. Estas suelen estar causadas por defectos ocultos en la maquinaria, equipo y métodos siendo mucho más difíciles de detectar que las pérdidas esporádicas. Sin embargo las causas pueden ser desveladas y eliminadas cambiando el enfoque del mantenimiento de la fábrica. La clave es la innovación ya que los problemas crónicos tienden a resistirse a los remedios tradicionales al encontrarse la raíz oculta en la estructura del equipo y los métodos utilizados.



Los problemas esporádicos son visibles y tienen causas claras siendo sus acciones correctoras fácilmente definibles mientras que los crónicos ocurren con frecuencia, son de fácil restauración por los operadores y rara vez llegan al conocimiento de los supervisores. Además un problema esporádico puede resultar muy costoso con la incidencia de una pérdida crónica pero debido a su frecuencia el efecto y el coste acumulativo de estas pérdidas menores es considerable. Por estas razones la mayoría de las empresas toman medidas para resolver los problemas esporádicos mientras dejan los crónicos prácticamente innatos.

2) Pérdidas de preparación y ajustes

Al finalizar la producción de un elemento el equipo se ajusta para atender los requerimientos de un nuevo producto, produciéndose pérdidas durante la preparación y el ajuste ya que nos aparece tiempos muertos. El tiempo de preparación puede reducirse considerablemente haciendo un análisis de las distintas operaciones y distinguiéndolas entre operaciones que pueden realizarse mientras la máquina está funcionando (preparación externa) y aquellas que deben llevarse a cabo cuando la máquina se encuentra parada (preparación interna). Existen teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos, es lo que se conoce como SMED.

3) Inactividad y pérdidas de paradas menores

Una parada menor surge cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina se encuentra inactiva, este tipo de parada es distinta a la avería pues la producción normal es restituida moviendo por ejemplo las piezas que obstaculizan la marcha y reajustando el equipo.



Aunque las paradas menores y la inactividad se remedien sin dificultad son difícilmente cuantificables por lo que suelen pasarse por lo alto.

4) Pérdidas de velocidad reducida

Estas pérdidas son debidas a la diferencia entre la velocidad de diseño del equipo y la velocidad real operativa. El equipo puede operar a una velocidad inferior a la ideal por varias razones: problemas mecánicos, calidad defectuosa o temor de abusar del equipo. A veces simplemente se desconoce el valor de la velocidad óptima del equipo. Por otro lado si aumentamos deliberadamente la velocidad operativa contribuye a resolver el problema pues revelará los defectos latentes según el estado del equipo.

5) Defectos de calidad y repetición de trabajos

Los defectos de calidad en los procesos y la repetición de trabajos son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento del equipo.

6) Pérdidas de puesta en marcha

Las pérdidas de puesta en marcha son pérdidas de rendimiento que se originan durante las fases iniciales de producción es decir desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización. En la práctica el volumen de estas pérdidas es elevado dependiendo del grado de estabilidad del proceso, el nivel de mantenimiento del equipo, habilidad técnica del operador, etc.

Podemos decir que existen una serie de factores que nos afectan de forma negativa a la productividad pero debido a apretados plazos de entrega



impiden soluciones a largo plazo y prevalecen los superficiales a corto plazo pues no tratan la causa raíz volviéndose a suceder las pérdidas crónicas.

Frecuentemente se hacen un planteamiento equivocado a este tipo de pérdidas pues a menudo este tipo de información no llega a los altos cargos directivos pues se subestima el alcance de las pérdidas crónicas y en otros casos se ignoran, pues ello supondría un coste considerable. También el trabajo es realizado normalmente por un elevado número de trabajadores inexpertos, los directores suponen incorrectamente que la práctica y la experiencia resolverán el problema no analizando, piensan en la habilidad de los trabajadores experimentados para que pueda ser transmitida a los nuevos.

Las pérdidas crónicas pueden reducirse e incluso eliminarse aumentando la fiabilidad del equipo, estableciendo las condiciones operativas óptimas y eliminando los pequeños defectos que suelen pasarse por lo alto. Una fiabilidad baja en el equipo significa que la probabilidad de que los problemas ocurran en un intervalo de tiempo es alta. Esto incide en los defectos de calidad y las averías debiéndose de considerar dichos problemas como crónicos cuando los intervalos entre las incidencias son cada vez menores. A menudo es debido tanto a los insuficientes conocimientos de cómo operar la máquina como a los conocimientos técnicos para utilizar el equipo a su pleno rendimiento. Es necesario estudiar la tecnología de fabricación para obtener las condiciones necesarias para aumentar la calidad y disponibilidad, es decir tiempo y velocidad de este.

Es necesario conseguir simultáneamente tanto las tecnologías de utilización como la gestión de equipos ya que si los conocimientos técnicos son altos pero los operarios desconocen los requerimientos necesarios o tienen poca habilidad o por el contrario la habilidad operativa es buena pero el equipo es defectuoso es probable que nos surjan estos tipos de problemas.



Resulta difícil diferenciar las condiciones óptimas de los equipos cuando la frontera entre la normalidad y la anomalía es confusa por lo que detectar las pérdidas crónicas no es fácil. Existe una técnica de análisis conocida como P-M para eliminar de forma concienzuda y sistemática todos los defectos que produzcan este tipo de pérdidas. Habitualmente el análisis de los factores se realiza sin una comprensión total de las condiciones físicas o bien se limita el análisis a un grupo limitado de factores de forma que los esfuerzos se centran en las acciones correctoras y las pérdidas crónicas no disminuyen. El procedimiento en un *análisis P-M* podemos clasificarlo en los siguientes pasos:

- 1) *Establecer el problema*, es necesario realizar una investigación cuidadosa del problema comparando sus condiciones y partes afectadas con equipos similares.
- 2) *Análisis físico del problema*, es necesario observar los fenómenos teniendo en cuenta las leyes naturales ya que nos permite obtener una perspectiva única del problema evitando confiar en la intuición y en corazonadas
- 3) *Listar cada condición potencial* relacionada con el problema para que este se produzca pues no podemos llegar a reducir las pérdidas completamente si algunas de ellas son pasadas por alto.
- 4) *Evaluar el equipo, materiales y métodos* de forma que cada condición identificada en el paso 3 se relacione con factores como el equipo, plantillas, herramientas, material y métodos de trabajo.
- 5) *Planificar la investigación* para cada factor el alcance y dirección de esta de forma que se decida lo que hay que medir y cómo hacerlo.



- 6) *Investigar las disfunciones*, no ignorarlas por considerar que son poco significativas y realizar un planteamiento tradicional de análisis de factores.
- 7) *Formular planes de mejora* basándose en investigaciones precedentes e implementarlas.

2.3.3. Eliminación de las seis grandes pérdidas.

2.3.3.1. Acciones contra averías.

Todas las personas reconocen que la mayor parte de las pérdidas en una fabricación es causa de las averías, para tratar de eliminar estas pérdidas es necesario tener una nueva forma de contemplarlas pues muchos asumen que no es responsabilidad del operador realizar la inspección y que todo equipo se avería antes o después.

Según los Estándares Industriales Japoneses (JIS) un fallo o una avería es la pérdida en cierto objeto de una función específica, bien por pérdida de función lo que supone un fallo repentino y drástico y como consecuencia el equipo se para por completo o bien una avería de reducción de función cuya causa es el deterioro del equipo, pero este puede seguir operativo.

Las averías se vuelven crónicas por dos razones. Primero por problemas organizativos ya que tienen una idea tradicional y estricta del trabajo entre producción y el mantenimiento, es decir la dirección no tiene la suficiente conciencia de la importancia del mantenimiento productivo. En segundo lugar por problemas técnicos relacionados con el equipo ya que cada vez hay una mayor dependencia del subcontratista y la falta de tiempo y reducción de coste hacen que cada vez su diseño sea más pobre.



Para descubrir los defectos ocultos y tratarlos correctamente para obtener averías cero necesitamos cinco requerimientos:

- Mantenimiento de unas condiciones básicas de limpieza, lubricación y apretado de tornillos. Con la limpieza concienzuda se proviene las averías, los problemas de calidad y el deterioro acelerado. Una lubricación no apropiada puede ser la causa de diferentes pérdidas esporádicas. El apriete de tornillos tiene especial importancia ya que es una forma común de defecto oculto.
- Mantener las condiciones operativas que requiere el equipo para operar a plena capacidad. A veces estas condiciones son poco claras o incompletas originando defectos ocultos.
- Restaurar el deterioro. No consiste únicamente en reparar la pieza afectada cuando se ha producido una avería. Los equipos se deterioran lentamente y se producen averías a medida que se desgastan, de forma que aunque se restaure y mejore una pieza rota seguirán ocurriendo averías por otras piezas desgastadas.
- Corregir las debilidades de diseño, debe de evitarse las mejoras fáciles ya se suele sacar conclusiones precipitadas o bien confiar estrictamente en los manuales de instrucción sin analizar detenidamente las características de las averías y la estructura del equipo.
- Mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento, es necesario una amplia formación y adiestramiento de los operadores, trabajadores de mantenimiento, diseñadores de equipo y directores para conseguir el objetivo de reducir las averías a cero.

El descuido de una de estas actividades puede llevar a una avería inmediata. La negligencia de más de una nos provoca normalmente un mal funcionamiento del equipo de una forma indirecta u oculta. La causante de



las averías es el factor humano por los supuestos y creencias erróneas de los ingenieros, el personal de mantenimiento y los operarios de los equipos.

La implementación de las cero averías se introduce con mayor eficacia mediante cuatro etapas (ver tabla 2-3):

- 1.- Estabilizar los intervalos de fallos de los equipos (tiempo medio entre fallos __MTBF).
- 2.- Alargar la vida útil del equipo.
- 3.-Restaurar periódicamente los deterioros.
- 4.- Prever la vida útil del equipo.

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Estabilizar tiempo medio entre fallos	Alargar vida del equipo	Restaurar el deterioro periódicamente	Predecir problemas en equipo
Restaurar deterioro no chequeado. Tratar defectos visibles Evitar el deterioro acelerado Establecer condiciones básicas equipo	Corregir debilidades diseño Corregir debilidades en resistencia y precisión. Corregir debilidades para evitar sobrecargas. Eliminar averías esporádicas Mejorar destreza de operación y mantenimiento. Evitar errores reparación.	Restaurar deterioro a intervalos regulares Estimar vida útil del equipo. Fijar estándares para la inspección periódica y test. Mejorar la mantenibilidad. Usar los sentidos para detectar el deterioro interno Identificar deterioro que presenta señales de alarma. Identificar tipos de señales de alarma y aprender a detectarlos	Predecir problemas usando técnicas de diagnóstico Clarificar y adherirse a estándares operacionales. Realizar análisis técnico de fallos catastróficos Analizar roturas superficiales Analizar fatiga del material Tomar medidas para ampliar la vida del equipo

Tabla 2- 3. Cero averías en cuatro fases



Para restablecer la condición original del equipo se deben de estudiar los problemas existentes y preparar un programa de actuación para eliminarlos aunque ello suponga gastos adicionales. El deterioro acelerado es la causa principal de una gran variación en los intervalos de variación de los equipos para prevenirlo se debe de mantener las condiciones básicas del equipo y la adherencia a los estándares operativos.

Para alargar la vida útil del equipo se debe de corregir las debilidades del diseño, eliminar las averías fortuitas pues a menudo supone una sobrecarga para las demás piezas y restaurar el deterioro visible hasta su condición original. Con esto el nivel de averías disminuye pero podemos disminuirlo aún más si restauramos regularmente el deterioro y adiestramos a los trabajadores para que perciban las señales de anomalías causadas por el deterioro como puede ser variaciones de temperatura, vibración, ruidos o el olor. De esta forma el personal de mantenimiento y los operadores deben de analizar las averías para poder apreciar las señales.

Por último debemos de predecir la vida del equipo usando técnicas de diagnóstico de máquinas para aquellos cuyas señales no puedan detectarse o bien no sean fiables. El mantenimiento predictivo se realiza en la última fase pues se emplean medidores, aparatos para analizar la vibración y otras técnicas para medir el deterioro del equipo de forma que si este es un factor de comportamiento del equipo no se obtendrá datos fiables además se deben alargar la vida útil para que estas técnicas tengan éxito.

2.3.3.2. Mejora de preparaciones y ajustes.

El tiempo muerto de la preparación de máquinas y el ajuste comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. La preparación y ajuste deben realizarse con rapidez y exactitud. Esto exige planificación y estudio sistemático de las maneras de reducir el tiempo de preparación y ajuste sin que la precisión disminuya. Con el SMED como la



teoría y técnicas diseñadas para realizar las operaciones de cambio en menos de 10 minutos podemos alcanzarlo.

El sistema SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (Just in Time), una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño.

En contra de los pensamientos tradicionales, el Ingeniero japonés Shigeo Shingo señaló que tradicional y erróneamente las políticas de las empresas en cambios de utillaje se han dirigido hacia la mejora de la habilidad de los operarios y pocos han llevado a cabo estrategias de mejora del propio método de cambio. El éxito de este sistema comenzó en Toyota, consiguiendo una reducción del tiempo de cambios de matrices de un periodo de una hora y cuarenta minutos a tres minutos.

Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de costes. Esta técnica está ampliamente validada y su implantación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales.

Esta técnica permite disminuir el tiempo que se pierde en las máquinas e instalaciones debido al cambio de utillaje necesario para pasar de producir un tipo de producto a otro. Algunos de los beneficios que aporta esta herramienta son:

- reducir el tiempo de preparación y pasarlo a tiempo productivo
- reducir el tamaño del inventario
- reducir el tamaño de los lotes de producción



- producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan sólo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir stocks innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación.

Como caso genérico partiremos de la base de que con esta técnica puede reducirse el tiempo de cambio un 50% sin inversiones importantes. Para ello Shigeo Shingo en 1950 descubrió que había dos tipos de operaciones al estudiar el tiempo de cambio en una prensa de 800 toneladas:

- **Operaciones Internas:** aquellas que deben realizarse con la máquina parada por ejemplo cuando se sustituyen matrices y plantillas. Se reduce el tiempo muerto del equipo eliminando del tiempo de preparación interna todas aquellas actividades que pueden efectuarse con la máquina en funcionamiento.
- **Operaciones Externas:** pueden realizarse con la máquina en marcha. Incluyen preparación de las plantillas, matrices y herramientas así como la preparación del banco de trabajo y del área de almacenaje de los elementos que se van a cambiar. Estas actividades pueden llevarse a cabo con antelación para ahorrar tiempo cuando se pare la máquina.

El objetivo es analizar todas estas operaciones, clasificarlas, y ver la forma de pasar operaciones internas a externas, estudiando también la forma de acortar las operaciones internas con la menor inversión posible.



Muchas tareas de preparación externa se encuentran ocultas en el tiempo de preparación interna como puede ser el tiempo de búsqueda de una herramienta o perno esencial en un cambio de útil. Los operadores consideran estos retrasos como incidencias normales pero siendo objetivo pueden considerarse como retrasos. 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, de tal forma que se vaya perfeccionando el método y forme parte del proceso de mejora continua de la empresa.

La aplicación de sistemas de cambio rápido de utillaje se convierte en unas técnicas de carácter obligado en aquellas empresas que fabriquen series cortas y con gran diversidad de referencias. Para eliminar estas pérdidas debemos de analizar:

1. ¿ Qué preparaciones debemos de realizar con antelación?
2. ¿ Qué herramientas deben tenerse a mano ?
3. ¿ Se encuentran las plantillas que van a ser utilizadas y las herramientas en buen estado de conservación ?
4. ¿ Qué tipo de banco de trabajo necesitan ?
5. ¿ Dónde deben de colocarse las matrices y plantillas después de quitarlas?
6. ¿ Cómo serán transportadas ?
7. ¿ Qué tipos de piezas son necesarias y cuántas ?



Con este tipo de consideraciones y con las preparaciones necesarias se reducen considerablemente el tiempo de preparación. Con el método de las 5'S nos permite mejorar estos tiempos pues con ello evitaremos que los operarios se dediquen a buscar piezas y herramientas, que no se muevan más de lo necesario ya que se establecerá zonas de almacenamiento y banco de trabajos además de no utilizar herramientas y piezas equivocadas que nos supondrían unos costes adicionales por reparación.

UNIDAD DE TRABAJO			
Efectividad de la función de la unidad de trabajo	Efectividad del procedimiento de trabajo	Evaluación del procedimiento de trabajo	Distribución de tareas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Es esta tarea necesaria? ▪ ¿Puede ser eliminada? ▪ ¿Cuál es su redundancia? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿Puntos principales del procedimiento? ▪ ¿Son apropiados los procedimientos actuales? ▪ ¿Es estable? ▪ ¿Grado de dificultad? ▪ ¿Cómo podría mejorarse? ▪ ¿Puede estandarizarse? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿El procedimiento actual es óptimo? ▪ ¿Debería cambiarse el orden de realización de las tareas? ▪ ¿Pueden combinarse algunas taras? ▪ ¿Pueden realizarse algunas conjuntamente? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ¿La distribución de tareas es la mejor? ▪ ¿Es adecuado el numero de personas?

Tabla 2- 4. Análisis en las unidades de trabajo para reducir tiempo de preparación.

Muchas funciones que corrientemente se llevan a cabo durante la preparación interna pueden realizarse durante el tiempo de preparación externa o modificarse para reducir su duración. Así podemos usar los siguientes métodos:

- **Ensamblado previo.** Realización de un preensamblado de piezas durante la preparación externa y después se posiciona el conjunto montado durante la preparación interna.



- **Utilizar plantillas estándares.** Comparar la forma de las plantillas para diferentes productos y considerar la fabricación de una plantilla que sirva para todos, también debe permitir un rápido posicionado.
- **Eliminación de los ajustes.** Evitar realizar ajustes en el tiempo de preparación interna por ejemplo estableciendo valores constantes. Los ajustes son necesarios cuando la precisión en un equipo es deficiente y cuando no hay controles específicos de límite que mantener, los errores empiezan a multiplicarse y deben corregirse periódicamente por medio de ajustes. La rectificación de los errores acumulados ocupa un porcentaje grande del tiempo total de ajuste.
- **Simplificar el mecanismo de anclaje.** Utilizar mecanismos de anclaje más eficientes para la sujeción de las plantillas.
- **Adoptar operaciones paralelas.** Dos personas trabajando juntas simultáneamente pueden realizar la operación más rápida y eficazmente que una sola persona realizando cada paso del procedimiento. De esta forma los tiempos de preparación podemos reducirlos a la mitad con el mismo número de horas de trabajo. De forma que debe de optimizarse el número de trabajadores sobretodo en las preparaciones largas y complicadas.

Se debe eliminar los ajustes en la medida que sea posible para ello es necesario realizar un análisis de las causas y mejorar aquellos ajustes que sean inevitables. Las causas de los ajustes pueden ser debidas:

- **Acumulación de errores.** Los límites de control claramente definidos y el mantenimiento de la precisión evitarán el defecto



de las desviaciones acumuladas y eliminarán totalmente la necesidad de este tipo de ajuste.

- **Falta de rigidez.** Si todo encaja cuando la máquina está parada pero se produce errores cuando ésta se encuentra en funcionamiento el equipo puede estar falta de firmeza.
- **Deficiencias en los estándares.** Los ajustes son necesarios cuando no hay especificado ningún estándar o bien no son los adecuados.
- **Falta de métodos de medición.** Los métodos de medición pueden ser inadecuados bien porque la compañía no dispone de los apropiados o simplemente porque no han sido desarrollados.
- **Ajustes inevitables.** Son aquellos mecanismos de equipos que requieren la intervención humana y ajuste para su correcto funcionamiento.

Debe de realizarse un análisis de la efectividad de las operaciones de ajuste y determinar cuales son esenciales y cuales pueden eliminarse. Los pasos que podemos seguir:

- a) Identificación de los propósitos aparentes de los ajustes como puede ser centrado, posicionado, medición...
- b) Análisis de los detalles de las operaciones de ajuste actuales considerando por ejemplo: orden de los pasos, número de repeticiones, distinción entre ajustes iniciales y ajustes finales, métodos de sujeción, de medición y si las piezas ajustadas son independientes o se encuentran interconectadas.
- c) Clarificar por qué cada procedimiento es actualmente necesario considerando las operaciones individualmente y en grupos



- d) Hacer un análisis de los principios que están detrás de esos procedimientos
- e) Investigación de las causas posibles por las que fue necesario el ajuste ¿ fue debido por una acumulación de errores, falta de rigidez, estandarización insuficiente u otra causa?
- f) Considerar las mejoras que eliminarían la necesidad de cualquier ajuste. En el caso de que no puedan eliminarse se pueden optar por distintas estrategias para mejorarlos. Así podemos utilizar unos valores fijos, establecer un procedimiento estándar asegurando que cada paso de éste sea comprendido por el trabajador además de aumentar la destreza de éstos para evitar errores.

Podemos sistematizar de forma general un programa de mejora de las operaciones de preparación y ajuste como puede verse en la figura 2-2. Cuando los ajustes no se pueden eliminar existen diferentes estrategias para mejorarlos como puede ser utilizar valores fijos para evitar los ajustes cuando esto sea posible, establecer un procedimiento estándar para la realización del ajuste y asegurarse que el resultado obtenido es el correcto y, finalmente para evitar errores, se puede aumentar la destreza de los trabajadores haciéndoles ensayar los procedimientos.

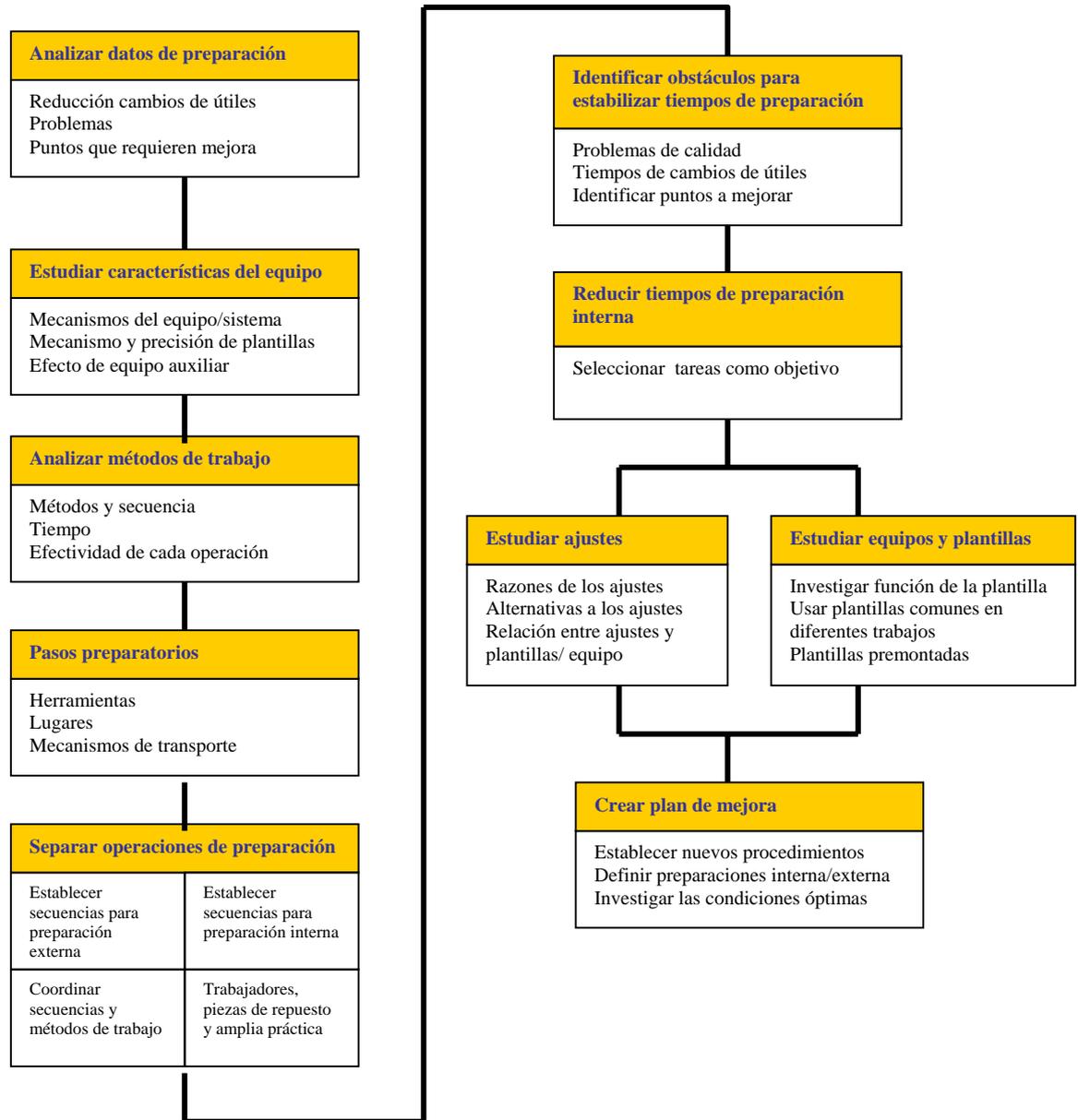


Figura 2 - 2 Mejora de preparación de máquinas y ajustes.

2.3.3.3. Reducción de pérdidas de velocidad.

Una pérdida de velocidad es debida por la diferencia de velocidad entre la de diseño de la máquina y su velocidad operativa real. Esta pérdida puede prevenirse manteniendo la máquina operando a la velocidad fijada. Suele emplearse la velocidad estándar en lugar de la velocidad de diseño para cada



tipo de producto ya que suele haber problemas relacionados con velocidades en la fase de diseño como puede ser que en la práctica la falta de cuidado. Para la reducción de pérdidas de velocidad podemos seguir los siguientes pasos:

- 1.-Lograr la velocidad estándar para cada producto.
- 2.-Aumentar la velocidad estándar
- 3.-Lograr la velocidad de diseño.
- 4.-Sobrepasar la velocidad de diseño.

Los problemas que se presentan relacionados con las pérdidas de velocidad suelen ser una especificación poco clara de la velocidad de diseño normalmente en equipos antiguos o de diseño propio, no se operan a la velocidad especificada debido a problemas de calidad o mecánicos no resueltos, también encontramos que el incremento de velocidad en un equipo hacen que aparezcan los defectos que están latentes a velocidades más bajas. No se investiga la causa únicamente se observan que las averías, defectos y frecuencias de ajustes aumentan y la velocidad operativa se reduce al valor anterior, menor que el óptimo.

Para aumentar la velocidad es necesario detectar los problemas ocultos identificando la causa, con la misma metodología usada para la reducción de averías, tiempos muertos y defectos.

2.3.3.4. Reducción de tiempos muertos y paradas menores.

Los tiempos muertos y paradas menores se ocasiona cuando un equipo no produce, como puede ser el estar funcionando de forma continua sin producir o para como resultado de un problema temporal; por ejemplo una pieza queda atascada en una rampa o un sensor se activa por falta de suministro produciendo la detección de la máquina. La parada puede restablecerse con simples medidas como colocar correctamente la pieza



atascada o volver a poner en marcha sin embargo causa pérdidas pero es esencialmente diferente a una avería.

Esto ocurre con más frecuencia en fábricas con un alto número de máquinas automáticas de forma que los tiempos muertos, paradas menores y defectos relacionados impiden que las máquinas individuales se utilicen en su capacidad total.

Muchas compañías que tienen la automatización total como meta han creado plantas sin operarios, de forma que una parada menor detiene la fábrica, reduciendo a la mitad el efecto de la automatización y las tasas de operación. Podemos distinguir entre:

1. *Paradas por sobrecarga*, son frecuentes en las empaquetadoras y montadoras automáticas cuando las piezas de trabajo colisionan.
2. *Paradas debidas a anomalías de calidad*, por ejemplo cuando las montadoras no logran coger correctamente las piezas y produce fallos en el montaje, disparándose los sensores y parando el equipo.
3. *Tiempo muerto*, surge cuando el flujo de piezas de trabajo para pero sin embargo el equipo sigue funcionando. Por cuestiones económicas algunos equipos no tienen instalados sensores para evitar que la máquina funcione en vacío. Suele aparecer este tipo de defectos en toda maquinaria que presente defectos en el mecanismo de alimentación o transporte del trabajo.

Las paradas menores y tiempos muertos son fáciles de reiniciar de nuevo la actividad por lo que se dedica poco esfuerzo para eliminarlas ya que no suelen considerarse como problemas. Además, aparecen en condiciones variables y rara vez ocurre en el mismo punto de la máquina esto supone una



dificultad en detectar cual es el origen del problema y por ello es inevitable que sean ignoradas con facilidad.

Para comenzar a reducir los tiempos muertos y las paradas menores, se debe seleccionar y corregir todos los pequeños defectos que existen en las plantillas y piezas implicadas en el cambio de trabajo. Se utilizará los métodos de observación amplificada y científica que amplifican el poder de los cinco sentidos. A veces es necesario que se desarrollen nuevos métodos de medición para detectar las pequeñas diferencias. El enfoque típico en los problemas de los equipos debe cambiar ya que no podemos descubrir las raíces de los problemas crónicos y encontrar nuevas soluciones hasta que seamos capaces de ver los detalles que nunca antes se había observado y considerar soluciones innovadoras.

2.3.3.5. Reducción de defectos crónicos de calidad.

Cuando un sistema de producción genera con regularidad productos total o parcialmente defectuosos a pesar de las diferentes medidas de mejora y control usadas, decimos que presenta defectos crónicos de calidad. En los productos parcialmente defectuosos las pérdidas son menos obvias y requieren una inversión adicional en mano de obra y otros recursos para repetición de trabajos o reparaciones.

Para poder reducirlos es preciso que el equipo de mejora aprenda a reconocerlos ya que suelen enfocarse de forma incorrecta pues se identifica la causa con demasiada rapidez y desdichadamente la pérdida crónica suele ser una combinación cambiante de causas.

2.3.3.6. Pérdidas de puesta en marcha.

Las pérdidas de puesta en marcha son pérdidas de rendimiento que se originan durante las fases iniciales de producción es decir desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización. En la práctica el volumen de



estas pérdidas es elevado dependiendo del grado de estabilidad del proceso, el nivel de mantenimiento del equipo, habilidad técnica del operador, etc.

2.3.4. Mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo.

2.3.4.1. Mantenimiento autónomo.

La idea principal es quien opere el equipo debe también mantenerlo. Originalmente estas dos funciones estaban combinadas pero a medida que el equipo se iba sofisticando el negocio iba creciendo, adoptándose por el estilo de mantenimiento americano en el que se separa las funciones de mantenimiento de las de producción.

Las compañías actuales se encuentran constantemente bajo la presión de estimular la competitividad y reducir los costes. Un factor decisivo en la competitividad creciente es la utilización más eficaz de los equipos. Así el mantenimiento del equipo realizado por los operarios o mantenimiento autónomo es la clave de ello.

La relación entre operadores y personal de mantenimiento suele ser normalmente antagónica pues por muy duro que trabaje el personal de mantenimiento poco progreso en la mejora podrá apreciarse si la actitud del operador es “yo opero-tú arreglas”. Si los operadores participan en las funciones de mantenimiento siendo responsables de la prevención del deterioro es más probable que se consigan los objetivos de mantenimiento. Este esfuerzo en conjunto permite que el personal de mantenimiento centre sus energías en aquellas tareas que requieren del conocimiento técnico. Tanto el departamento de mantenimiento como el de producción deben de trabajar conjuntamente de forma que éste no puede esperar milagros cuando el servicio de mantenimiento se encuentra desbordado de trabajo, y por el contrario, mantenimiento no puede estar esperando pasivamente a recibir órdenes por parte de producción.



Para aumentar la efectividad del equipo podemos clasificar las actividades de mantenimiento en:

1. *Actividades de mantenimiento:* previenen las averías y arreglan los equipos averiados en un ciclo determinado, las cuales consisten en una operación normal combinada de mantenimiento preventivo y el mantenimiento corrector.
2. *Actividades de mejora:* alargan la vida útil del equipo, reducen el tiempo necesario para realizar el mantenimiento incluso hacen que el mantenimiento sea innecesario.

Aunque la prevención del deterioro sea la actividad de mantenimiento más básica a menudo es descuidada, favoreciéndose la inspección periódica y los tests de precisión.

El departamento de producción debe de llevar a cabo las siguientes actividades:

1. Prevención del deterioro:

- Operar el equipo correctamente.
- Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, sujeción de pernos)
- Realización de los ajustes necesarios principalmente durante la operación de preparación.
- Anotar datos de averías y otros defectos de funcionamiento así como colaborar con el departamento de mantenimiento para estudiar e implantar mejoras.



2. Verificación del deterioro:

- Realizar inspecciones diarias.
- Realizar algunas inspecciones periódicas.

3. Restauración de equipos:

- Realizar reparaciones menores como puede ser sustitución de piezas.
- Informar inmediatamente de averías y otros fallos de funcionamiento.
- Ayudar en la reparación de averías esporádicas

Las actividades básicas de mantenimiento del equipo como son la limpieza, lubricación y sujeción de pernos además de la inspección diaria ayudan a prevenir el deterioro aumentando la efectividad de los equipos lo que conlleva a una disminución de las pérdidas, entregas a tiempo y un aumento de la calidad en los productos.

El departamento de mantenimiento debe de dedicarse al mantenimiento periódico, el mantenimiento predictivo y la mejora de la mantenibilidad así como también la verificación del deterioro y el restablecimiento de las condiciones de los equipos.

La mejora de la mantenibilidad suele ser descuidada por los departamentos de mantenimiento en lugar de darle una prioridad absoluta de la misma forma que los departamentos de producción intentan eliminar segundos de los tiempos de trabajo. También deben orientar y ayudar a los operarios para llevar a cabo el mantenimiento autónomo. Cuando el mantenimiento autónomo no progresa debe de considerarse si el personal de mantenimiento ha pasado las instrucciones adecuadas para llevar a cabo las



responsabilidades delegadas en los operarios, fijando las inspecciones diarias y procedimientos requeridos.

El departamento de mantenimiento debe dedicarse a la investigación y desarrollo de tecnologías así como a la fijación de estándares y creación de registros de mantenimiento. Con estos registros procederá a la evaluación de resultados para detectar los problemas que se presentan y proceder a la mejora de la mantenibilidad en cooperación con departamentos de ingeniería y diseño de equipos.

En el mantenimiento autónomo una actividad importante es el establecimiento de las condiciones básicas que incluye limpieza, lubricación y sujeción de pernos. La limpieza consiste en eliminar la suciedad, polvo, residuos y todo tipo de sustancia que se adhiere a las máquinas, plantillas, herramientas y todas aquellas piezas de trabajo. Durante esta actividad los operadores buscan los defectos ocultos en sus equipos y toman medidas para solucionarlos. Una limpieza inadecuada provoca:

- Pérdidas de precisión, mal funcionamiento de los equipos y averías ya que la incrustación de partículas extrañas en zonas deslizantes de la máquina, en los sistemas hidráulicos o sistemas eléctricos provoca resistencia por fricción, desgaste, fugas y fallos eléctricos. En los equipos automáticos puede suponer mal funcionamiento, tiempos muertos y paradas menores.
- Pérdidas de calidad, en ocasiones de forma directa como puede ser en máquinas de moldeo de plástico por extrusión; una adherencia a la matriz de una partícula supone una carbonización en el interior del cilindro o pérdidas de resina en la superficie de la matriz, quemándose y volviéndose pegajosa afectando al producto.
- En el ensamblado de relés por ejemplo la suciedad y el polvo que se adhieren a los contactos causan fallos eléctricos.



- En la mecanización de precisión la suciedad en las plantillas y herramientas retrasa las operaciones de centrado y ocasiona excentricidades por lo que los productos son defectuosos.

La limpieza no consiste únicamente que el equipo parezca limpio, aunque tenga este efecto, sino que al tocar y mirar cada pieza de las máquinas los operarios puedan detectar defectos y anomalías ocultos como puede ser exceso de vibración, calor y ruido, etc. Principalmente consiste en una inspección de forma que si no se realiza de esta manera pierde todo el objetivo.

Los operarios forman parte en el mantenimiento de los equipos, con ello adquieren mayor conocimiento y respecto por los equipos al llevar a cabo una limpieza concienzuda, eliminan fuentes de suciedad y contaminación facilitando la revisión periódica y desarrollan sus propios estándares de limpieza y lubricación. Aunque al principio los operadores no tomen esta actividad con agrado, las posteriores reuniones de grupos del TPM y la propia actividad le servirá de estímulo para mantener limpio el equipo aunque solamente sea por el trabajo que le ha supuesto conseguirlo. Poco a poco se irá introduciendo en el fin de la limpieza y se irá preguntando porqué existen pernos o piezas gastadas o en qué afecta al funcionamiento de la máquina si cierta pieza de la máquina no está limpia y cual es la forma más fácil de realizar la limpieza. Los grupos de operarios TPM estudian estas preguntas cuando surgen y cada miembro participa favoreciendo al crecimiento del mantenimiento autónomo.

El adiestramiento del operario del tipo autoritario tiene poco efecto siendo más eficaz si está basado en los descubrimientos que éste va observando. Se debe de acentuar la importancia de las condiciones básicas del equipo y los principales puntos de chequeo además de que la **limpieza es inspección**.



Debe de mejorarse el acceso a todas las áreas que vayan a limpiarse y lubricarse ya que a menudo después de identificar las zonas que deben limpiarse y lubricarse los operarios descubren que no disponen de tanto tiempo para todo y buscan la forma de salvar este obstáculo ya que los estándares de inspección preparados por el personal de ingeniería no tienen en cuenta las condiciones reales de los talleres siendo el personal de planta los que proponen las mejoras basadas en la realidad del taller.

Los supervisores de taller deben promover las ideas de la limpieza, lubricación, orden y organización en el lugar de trabajo. Cuando los operarios no siguen los estándares suele ser debido a que las personas que fijan los estándares no son las mismas que los que tienen que seguirlos. A veces los supervisores contemplan los estándares como reglas que hay que obedecer en lugar de explicar porqué deben de seguirse esos estándares, clarificarlos y proporcionarle el tiempo que necesite para que lo lleven a cabo. Es necesario que exista motivación, habilidad y oportunidad para que se lleven a cabo las actividades relacionadas con el mantenimiento autónomo, evitando que los supervisores intenten imponerlos.

Solamente una cantidad limitada de tiempo puede destinarse a la limpieza, incluyendo el apriete de pernos y defectos menores, y lubricación. Los grupos deben preparar estándares y objetivos individuales de tiempo basándose en los límites establecidos por la dirección. Así puede fijarse objetivos típicos de 10 minutos diarios, 30 minutos al final de semana y 1 hora al final de cada mes. Si no pueden cumplirse los estándares dentro de los tiempos previstos se debe buscar formas, por parte de ingeniería, de reducir los tiempos como pueden ser medidas de lubricación centralizada, mayores intervalos de lubricación, marcas de límite en los indicadores de nivel de aceite, marcas de montaje en pernos y tuercas y diferentes acciones contra las fuentes de contaminación.



Cualquier persona que prepare los procedimientos debe de probarlos personalmente antes que los operadores, con el fin de asegurar que sea posible realizarlos dentro del tiempo especificado. Ya que podemos correr el riesgo de que la lubricación no sea adecuada por no disponer del tiempo suficiente y existan puntos de lubricación que son inaccesibles. Además las personas que realizan la lubricación debe de ser instruidas en los principios básicos.

Para el correcto atornillado son los propios operarios los que se encuentran en la mejor posición para asegurar que están tensados correctamente. La holgura o falta de tuercas y elementos de anclaje pueden causar fracturas en plantillas y herramientas provocando productos defectuosos o también por ejemplo los pernos sueltos en los rebordes de los tubos causan fugas. Un perno suelto causa vibraciones y como consecuencia de lo cual los otros pernos empiezan a soltarse. La vibración alimenta a la vibración, el deterioro se extiende, la precisión del funcionamiento disminuye y puede causar daños a las piezas. También es frecuente que aparezcan problemas cuando las matrices, plantillas y herramientas se anclan durante la preparación pues los operadores a menudo ignora cuál es el orden de atornillado y momento de torsión correctos. Surgen problemas cuando se aprietan demasiados los pernos o de forma desigual.

En un programa de mantenimiento autónomo se adiestra a los operarios para que realicen las inspecciones de rutina. Cuando no se obtienen resultados significativos se debe principalmente por tres razones:

- I. Se exige inspección pero no se estimula a los trabajadores para que prevengan el deterioro de los equipos.
- II. Se exige inspección pero no se concede el tiempo suficiente para llevarla a cabo.



- III. Se exige inspección pero no se realiza el adiestramiento necesario, faltando habilidad.

Es necesario disponer de operadores conocedores de su equipo y una vez instruidos y tengan la práctica necesaria para llevar a cabo las inspecciones generales podrán preparar hojas de chequeo que cubran sus propios requerimientos. Los intervalos y los tiempos de inspección son críticos, debe de limitarse las inspecciones diarias a los pocos elementos necesarios para evitar graves problemas de seguridad y calidad ya que si el chequeo diario debe de realizarse a un elevado número de elementos en un tiempo insuficiente a lo único que nos conlleva es a la irritación de los operadores. El intervalo de tiempo de cada inspección sólo puede determinarse a través de la experiencia. Teniendo en cuenta las restricciones de tiempo, el personal de producción y mantenimiento deberá de ponerse de acuerdo sobre el tiempo adecuado. Al principio la inspección de ciertos elementos puede consumir demasiado tiempo pero estos se reducirán considerablemente cuando los operadores se familiaricen con los procedimientos. Las unidades neumáticas, de vapor, hidráulicas, de mecanismos de transmisión y eléctricas sufren frecuentes averías por lo que hay que prestar especial atención en ellas durante las inspecciones diarias.

Un operario que conoce su equipo no necesita tener la destreza en reparaciones como el personal de mantenimiento. La destreza más importante del operador es más bien la capacidad de detectar anomalías. De esta forma el programa de adiestramiento de inspección se extiende sobre un periodo largo e implican gastos considerables. Deben por tanto planificarse y aprobarse por la alta dirección para no tener interrupciones a mitad de camino. Este proceso de adiestramiento resulta más eficaz utilizando un método de dos pasos. Primero el personal de mantenimiento instruye a los líderes del grupo, los cuales después adoptarán el papel de profesores transmitiendo lo que han aprendido a los miembros de su grupo.



Con este enfoque en grupos no se pretende ahorrar al personal de mantenimiento el trabajo de tener que instruir a todos los operadores sino que el objetivo es fomentar la capacidad de mando de los líderes y el espíritu de equipo dentro de los grupos. Los instructores del departamento de mantenimiento no sólo deben de asegurar que los líderes comprendan el contenido del mantenimiento autónomo sino que además deben de enseñar a éstos cómo deben enseñar, utilizando cuadros u otros tipos de ayuda visual para aclarar los puntos importantes.

La meta de la formación es proporcionar a los grupos de operadores la capacidad de inspeccionar y restablecer las condiciones originales de su equipo. Con los resultados obtenidos se analizan los defectos de funcionamiento descubiertos y desarrollan nuevas formas de realizar la inspección más fácilmente. La práctica de este tipo de actividad permite que con el tiempo aumente la destreza en la inspección de los operarios y mejore la fiabilidad del equipo. En este proceso es fundamental la cooperación del departamento de mantenimiento ya que habrá un periodo de transición en el cual deba de responder a las peticiones que irán surgiendo con el desarrollo del TPM a la vez que cumple con su carga normal de trabajo.

Para la implementación del mantenimiento autónomo podemos diferenciar siete fases de desarrollo, como puede observarse en la tabla 2-5, basadas en la experiencia de muchas compañías que han implementado con éxito el TPM.

Cada fase de la implementación del mantenimiento autónomo acentúa diferentes actividades y metas, y cada una de ellas se basa en un entendimiento completo y la práctica de los pasos anteriores.



IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA 5S EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AERONÁUTICO

CAPITULO 2: ANTECEDENTES

PASO	ACTIVIDAD	OBJETIVO PARA EL EQUIPO
1. Limpieza inicial	Remover a fondo suciedad y contaminantes del equipo procediendo a la retirada de piezas desechadas	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar causas de deterioro como es el polvo y la suciedad, previniendo el deterioro acelerado. Mejorar la calidad de inspección y reparaciones y reducción del tiempo requerido. Descubrir y tratar defectos escondidos.
2.- Eliminación de fuentes de contaminación y areas inaccesibles	Eliminar fuentes de polvo y suciedad de áreas difíciles de limpiar y lubricar. Reducir tiempo requerido para la lubricación	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar fiabilidad del equipo evitando que el polvo y otros contaminantes se adhieran y acumulen al equipo.. Elevar la mantenibilidad del equipo.
3.- Estándares de limpieza y lubricación	Fijar estándares de limpieza, lubricación y apretado de tornillos que puedan mantenerse con facilidad en intervalos cortos, especificándose claramente el tiempo y periodicidad permitido para el trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> Mantener las condiciones básicas del equipo que previenen del deterioro.
4.- Inspección general	Educación sobre las habilidades de inspección de acuerdo a los manuales, encontrar y corregir defectos menores a través de inspecciones periódicas.	<ul style="list-style-type: none"> Inspección visual de las partes principales del equipo Facilitar la inspección mediante métodos innovadores como placas con números de serie, etiquetas de instrucción de colores,...
5.- Inspección autónoma	Desarrollar hoja de chequeo de mantenimiento autónomo	<ul style="list-style-type: none"> Mantener condiciones óptimas del equipo una vez restaurado el deterioro a través de la inspección general. Clarificar condiciones anormales Implementar mejoras para hacer las operaciones más fáciles y en menor tiempo.
6.- Gestión y control del lugar de trabajo.	Mejorar la efectividad del trabajo, calidad del producto y la seguridad del entorno: <ul style="list-style-type: none"> Reducción de tiempos de preparación y ajuste, eliminar trabajo en proceso. Estándares de control y procedimiento para primeras materias, trabajo en curso, repuestos, útiles, plantillas y herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisar y mejorar el Layout de la planta. Implementar sistemas de control visual en el lugar de trabajo.
7.- Implementación plena del programa de mantenimiento autónomo	Comprometer actividades de mejora continua, mejorando el equipo sobre la base de registros.	<ul style="list-style-type: none"> Identificar debilidades del equipo con base en el análisis de datos, implementar planes de mejora para alargar la vida del equipo y ciclos de inspección.

Tabla 2- 5 Fases de desarrollo de actividades en la implementación del mantenimiento autónomo.



2.3.4.2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es una inspección periódica para detectar condiciones de operación que puedan ocasionar averías, detención de la producción o pérdidas que perjudiquen la función, combinado con el mantenimiento está destinado a eliminar, controlar o remediar tales condiciones en sus fases iniciales. Es decir, el mantenimiento preventivo consiste en detectar y tratar anomalías del equipo antes de que causen pérdidas o defectos.

Básicamente el mantenimiento preventivo consta de dos actividades: inspección periódica y restauración planificada del deterioro basada en los resultados de las inspecciones. También el mantenimiento diario destinado a prevenir el deterioro se considera como parte del mantenimiento preventivo.

Las actividades de mantenimiento deben estandarizarse por diferentes razones:

- a) Las diferentes actividades de mantenimiento no pueden realizarse eficazmente si se deja que las personas las realicen de cualquier manera.
- b) Se tarda mucho tiempo en dominar las técnicas de mantenimiento y tener la destreza necesaria. Otras veces cuando solamente los trabajadores experimentados saben aplicarlas, las peticiones que reciben el departamento de mantenimiento sobrepasan su capacidad no alcanzándose las metas propuestas.
- c) Generalmente el trabajo de mantenimiento es menos eficiente que el de producción porque no suele ser repetitivo y requiere una preparación y grandes márgenes de error. Depende en gran medida de la destreza individual.



Con la estandarización se trata cada uno de estos problemas siendo indispensable disponer de estándares y manuales comprensivos que incorporen las experiencias y tecnologías derivadas de la experiencia de la compañía. Tales documentos permiten que un gran número de trabajadores, incluyendo las recientes incorporaciones, realicen trabajos que antes solamente los trabajadores experimentados podrían llevar a cabo.

Podemos clasificar los distintos tipos de estándares en: estándares de diseño de equipos, estándares de rendimiento de equipos, estándares de aprovisionamiento de materiales y, por último, estándares de test de operación y aceptación.

- *Estándares de diseño de equipos* son los estándares de una compañía para los elementos comunes del equipo como son los cojinetes, engranajes , válvulas...
- *Estándares de rendimiento del equipo* se refieren al rendimiento de éste durante la operación. Indican cómo operar el equipo y las condiciones de capacidad, rendimiento, precisión así como las funciones principales, mecanismos y cantidades de energía requerida para poder operar.
- *Estándares de aprovisionamiento de materiales del equipo* cubren la calidad del material y piezas del equipo. Se basan en los estándares de diseño de rendimiento del equipo.
- *Estándares de test de operación y aceptación* indican los test de operación y aceptación a realizar en un equipo nuevo instalado, modificado o reparado.

Los estándares de mantenimiento deben revisarse a medida que el equipo se moderniza y mejora. Cuando el equipo se restaura o se perfecciona



los métodos cambian de forma natural. Los resultados de mantenimiento deben estudiarse y revisarse los estándares por lo menos una vez al año.

Los estándares de mantenimiento sirven de barómetro para el nivel técnico del departamento de mantenimiento. Además los criterios para un mantenimiento efectivo debe ser planificado tanto el rutinario como el periódico basándose en valoraciones correctas de las condiciones del equipo y proyectarse sistemáticamente teniendo en cuenta las prioridades y recursos actuales y futuros. El mantenimiento planificado eficiente y efectivo en cuanto al coste, requiere la estrecha colaboración de todos los departamentos implicados.

Los planes de mantenimiento se clasifican por período o por proyecto. Los planes de mantenimiento anuales deberán garantizar la fiabilidad para toda la vida útil pronosticada del equipo, desde la instalación hasta el desguace. Para ello se requiere coordinación con los planes de producción, subcontratos y aprovisionamiento de piezas de repuesto efectivas en costes. Esta es la razón por lo que se trazan planes de inspección y mantenimiento a largo plazo. Los planes de mantenimiento mensuales se basan en los planes anuales de mantenimiento e incluyen actividades de mejora, así como inspecciones específicas para prevenir averías. Su propósito es distribuir entre los trabajadores de mantenimiento el trabajo requerido y el proceso. Los planes de mantenimiento semanales ayudan a gestionar el trabajo individual del personal de mantenimiento.

Existe otro tipo de planes de mantenimiento que son los planes de proyectos principales, los cuales consisten en reparaciones individuales pero a gran escala o bien revisiones generales de equipos específicos o áreas de planta. Incluyen planes de aprovisionamiento para las piezas de repuesto, equipos y otros materiales de mantenimiento así como acuerdos prudentes para subcontrataciones, adquisición de piezas de repuesto efectiva en costes o equipos de procedencia externa.



Para una planificación efectiva del mantenimiento es necesario conocer a fondo el equipo. Tanto la inspección diaria de rutina como la periódica contribuyen a este esfuerzo. La inspección rutinaria utiliza los sentidos y a través de la observación, escuchando y tocando, detectan las anomalías y previenen las averías antes de que ocurran. Normalmente suele ser realizado por los operadores de los equipos sin embargo son los trabajadores de mantenimiento los que llevan a cabo las inspecciones periódicas. Mientras el equipo está parado usan diferentes instrumentos de medición con los cuales cuantifican el deterioro del equipo, mantienen la precisión y sustituyen las piezas antes de que ocurran los fallos.

Los intervalos para revisiones generales, sustitución de piezas, etc... se determinan basándose en los datos registrados durante la inspección. La inspección de cada elemento del equipo y la sustitución indiscriminada de piezas no conducirán a la eliminación total de averías sino todo lo contrario, el coste de las pérdidas de producción y el coste de la sustitución de piezas será superior a la cantidad ahorrada. Es decir se obtienen unos mejores resultados de mantenimiento y más económicos concentrándose en los elementos más importantes del equipo. Así con los datos recogidos de uno o dos años anteriores, una estimación de la producción y planes de los equipos futuros se hace una planificación de los planes de mantenimiento comenzando por los equipos que producirán unos resultados mejores. Las prioridades determinadas en su momento no necesariamente tienen que permanecer inalteradas sino que irán cambiando en respuesta a los planes de producción, instalación de nuevos equipos y de los resultados de las actividades de mejora. Por lo tanto debe de planificarse una revisión de prioridades cada año o la suma cada dos años.

La documentación de los resultados de mantenimiento es una de las actividades de mantenimiento más importante. El trabajo de mantenimiento de rutina es tan variado que sería extremadamente difícil tener registros de cada una de las tareas diarias realizadas, sin embargo este tipo de



información tan exhaustiva no es necesario. La calidad de mantenimiento de una fábrica se revela por sus registros de mantenimiento. No hay un formato fijo para los registros de mantenimiento; los tipos y contenido pueden disponerse de forma que se ajusten a los estándares de gestión de cada planta. La calidad de mantenimiento y los niveles de rendimiento pueden incrementarse continuamente repitiendo el ciclo de gestión PDCA (Planificar, Ejecutar, Chequear y Actuar)

Con el fin de obtener un funcionamiento consistente del equipo como la construcción de nuevas instalaciones o sustitución de las existentes es típico que los proyectos consistan en revisiones generales. La gestión de proyectos significa realizar el trabajo de manera planificada con un coste eficiente. Para mejorar la gestión de proyectos en la ejecución de los planes mensuales de mantenimiento y planes principales de proyectos debe centrarse principalmente en los siguientes cuatro puntos:

Identificación de problemas.

Para asegurar que el trabajo transcurre de acuerdo con lo programado y sin despilfarro es importante anticipar los problemas que puedan surgir y clarificar cualquier limitación bajo el cual deba realizarse el trabajo como por ejemplo el número de trabajadores experimentados y sin experiencia, si las piezas de repuesto son problemáticas, realización del trabajo en día laboral o festivo, etc...

Confirmar detalles administrativos

La causa más común del incumplimiento de los planes programados son de tipo administrativo. También se pierde tiempo al verificar las especificaciones de las piezas después de su entrega y cuando no se han dispuesto con antelación dónde almacenarlas. Cuando el trabajo es subcontratado debe confirmarse con antelación suficiente y cuidar la organización de equipos de mantenimiento, plantillas y herramientas.



Implementación de proyectos de mantenimiento principales.

Los proyectos principales de mantenimiento requieren la cooperación de los diferentes departamentos como mantenimiento, ingeniería de producción, compras,...Se nombran representantes en cada departamento para supervisar el progreso del proyecto y se organiza reuniones para identificar los problemas y discutir las acciones correctoras que se llevarán a cabo.

Control del progreso.

El trabajo más importante del supervisor de mantenimiento es asegurar que el trabajo transcurra de acuerdo con lo programado. Debe estimarse las horas hombre requeridas y analizar la diferencia entre las horas hombre estimadas y las actuales. Esto sirve para incrementar la precisión de las futuras estimaciones. Cuando los trabajadores actúan en grupos de dos o tres personas deben combinarse los niveles de destreza de forma que los operarios con menos destreza puedan aprender de los que tienen mayor experiencia además para evitar que en caso de averías los trabajadores estén inactivos deben planificarse trabajos de mejora o trabajos en los que puedan realizarse en cualquier momento.

Si aumentamos la mantenibilidad del equipo aumentamos la eficiencia del trabajo de mantenimiento y reducimos los tiempos de reparación. Para mejorar la mantenibilidad debe de recogerse y analizar los datos de las averías de los informes de mantenimiento, identificar los equipos que se averían con frecuencia y considerar las maneras de prevenir la recurrencia. Para ello debe de tenerse unos registros independientes y mediante los cuadros de análisis MTBF nos ayuda a clasificar las distintas incidencias de las averías de una ojeada en cada máquina y pieza (ver figuras 2-3 y 2-4)

Con estos registros nos permite controlar el presupuesto anual de mantenimiento ya que deben anotarse cada gasto por elemento y utilización

	IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA 5S EN UNA EMPRESA DEL SECTOR AERONÁUTICO
	CAPITULO 2: ANTECEDENTES

en el momento que surge. Los costes de mantenimiento incluyen mano de obra, materiales, costes de subcontrataciones, etc.

Fecha de mantenimiento realizado:	Trabajo realizado por:
Equipo y pieza afectado:	
Detalles de la avería:	Acción tomada por mantenimiento:
Horas hombre:	Parada del equipo:

Figura 2 - 3 Tarjeta de trabajo de mantenimiento para cada tipo de trabajo

Duración análisis:				
Comienzo: _____ Fin: _____				
Nombre de la pieza	Trabajo de mantenimiento realizado:			
A-a	<input type="checkbox"/>			
A-b	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
B-a	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
C-a	<input type="checkbox"/>			

Figura 2 - 4 Cuadro de análisis MTBF.

Para mantener un buen registro de averías se debe de describir las condiciones del equipo en el momento de la avería si ha sido por rotura deformación, desprendimiento,... Si ha ido precedido de condiciones anormales como puede ser vibración excesiva o ruido inusual, es importante dejarlo registrar ya que puede ayudar a planificar la acción para prevenirlo. Por último, si se indica la ubicación de la avería por medio de dibujos o



diagramas será más fácil entender el informe que si se intenta describir con palabras.

2.3.4.3.Mantenimiento predictivo.

Cada vez mayor número de fábricas japonesas están comenzando a utilizar estos nuevos métodos. Los métodos constituyen un nuevo tipo de mantenimiento que utiliza mediciones modernas y técnicas de procesamiento de señales para diagnosticar las condiciones del equipo durante la operación y determinar cuando requiere mantenimiento. Ayuda a predecir la fiabilidad y capacidad del equipo, distinguiendo y evaluando las causas y grado de peligro de cualquier funcionamiento defectuoso además de indicar el método de inspección adecuado. El mantenimiento predictivo tiene como finalidad:

- Reducir las averías y accidentes que causan los equipos.
- Incrementar los tiempos operativos y la producción.
- Reducir los tiempos y costes de mantenimiento.
- Mejorar la calidad de los productos y servicios.

No es apto cuando no existen medios para detectar con antelación los defectos de funcionamiento. Tampoco es válido cuando el coste de supervisión sea más elevado que el ahorro en gastos de reparaciones.

Existen distintas técnicas para el diagnóstico de máquinas entre ellas puede destacarse la termografía infrarroja, es una técnica que permite a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar la temperatura de la superficie con precisión.

La física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.



Los ojos humanos no son sensibles a la radiación infrarroja emitida por un objeto, pero las cámaras termográficas, o de termovisión, son capaces de medir la energía con sensores infrarrojos, capacitados para "ver" en estas longitudes de onda.

También tenemos el análisis de vibración de banda estrecha en el que se recogen datos del espectro de vibración. Un espectro de vibración separa la vibración recogida en pequeños rangos de frecuencia. Componentes de máquinas diferentes y los distintos fallos producirán vibraciones diferentes. De esta forma podemos relacionar picos y patrones individuales en el espectro a un componente individual de la máquina y a fallos específicos de ésta. Es una técnica para la detección del deterioro progresivo de las máquinas de fácil uso, precisa, eficiente y económica. Sin embargo como técnica de apoyo para la resolución de problemas es más difícil, a menudo menos preciso dependiendo de la experiencia y conocimientos de la persona que las aplica.

El mantenimiento predictivo consiste en monitorizar la maquinaria bajo condiciones de test repetibles y observar los cambios de forma que mientras la máquina no falle los patrones de vibración no cambiarán. Si por el contrario la máquina falla los patrones cambiarán y según la velocidad de cambio de esos patrones nos va a indicar el grado de severidad del problema y su evolución, permitiéndonos establecer y aplicar planes de acciones correctoras. El análisis de vibraciones es lo suficientemente sensible como para detectar fallos en máquinas un año antes de que sea necesario intervenir.

Para ello es necesario tener información técnica sobre la máquina tal como el número de dientes, velocidades de giro de los ejes, número de álabes, etc. Estos métodos no son una ciencia exacta, simplemente consiste en tomar las lecturas del fenómeno que se está midiendo, como puede ser las vibraciones o la temperatura, y compararlas con un nivel de alarma prefijado.



Existen otros métodos más simples como son la utilización de pintura térmica cuya finalidad es hacer visible el sobrecalentamiento de los motores o el uso de corrientes inducidas o fluidos magnéticos para la detección de grietas.

2.3.5. Las 5 eses.

El plazo de implementación del TPM va de 3 a 5 años aunque las primeras mejoras empiezan a observarse antes. Existen numerosos procesos TPM “light” con bajos resultados, pocas respuestas para la mejora de la productividad, extremadamente simplificados donde la participación de la alta dirección es poca o ninguna, proyectos asignados a un solo responsable TPM y el abandono de los métodos TPM, pilares y pasos sugeridos, lo que demuestra una falta de conocimiento profundo del funcionamiento organizacional del TPM. Con la implementación de las 5 eses podemos gestionar el lugar de trabajo así como la incorporación del mantenimiento autónomo. Son fáciles de promover pero difíciles de llevarlo a la práctica ya que la mayoría de las empresas encuentra complicado infundir los buenos hábitos que estas eses implican. Hacerlo requiere conciencia de la misión de cada uno y los esfuerzos de mejora implacables.

Las 5S son bloques sobre los cuales se pueden instalar la producción en flujo, el control visual y en algunos casos apoyar al Just in Time (Jit). Las 5S vienen de cinco palabras japonesas que se inician con la letra S, las cuales son:

SEIRI: Organización

SEITON: Orden

SEISO: Limpieza

SEIKETSU: Limpieza estandarizada (Estado de limpieza)

SHITSUKE: Disciplina



Estos son los cinco pilares del método los cuales están apoyando un sistema para la mejora de la empresa además de una mayor seguridad en la realización de las tareas tanto para el operario como para la máquina y obviamente para el producto. Los dos pilares más importantes son la organización y el orden.

Es común encontrarnos una fábrica donde los operarios trabajan en un entorno lleno de suciedad, de polvo y aceite .La búsqueda de pieza, útiles y herramientas se considera como parte de su trabajo operativo, idea totalmente errónea ya que dicho tiempo no agrega valor al producto sino que supone una demora en el proceso de fabricación. Es más, se valora positivamente aquellos empleados que saben dónde encontrar los elementos perdidos o que faltan.

En estas condiciones la empresa producirá una gran cantidad de artículos defectuosos además de incumplir los plazos de entrega. Es de esperar que esta empresa tendrá una productividad y moral baja siendo de gran necesidad un proceso de mejoramiento como son la implantación de las 5S para lograr un funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los distintos puestos de trabajo.

Una fábrica ordenada y limpia supone una serie de beneficios entre los cuales podemos destacar:

Produce menos defectos.

Mejor cumplimiento de los plazos de entrega.

Mayor seguridad.

Mayor productividad y calidad.

Es más motivante para trabajar.

Permite una mayor fiabilidad y confianza.



A continuación vamos a hacer una descripción general de los cinco pilares.

El primer pilar: Organización.

La Organización consiste en retirar de cada puesto de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de la producción. También se extiende a la gestión de las oficinas. Consiste en definir y distinguir entre lo que se necesita, y por tanto se guarda en el puesto de trabajo, y aquello que no es necesario y es retirado.



Figura 2 - 5 Desorden general en planta.

Es habitual en las empresas la aptitud de no deshacerse de ningún objeto o herramienta ante el temor de tener que utilizarse en otro trabajo. Mientras tanto esta filosofía va generando:

- 1) Un inventario en exceso que origina gastos extras relacionados con el mismo.



2) Mayor cantidad de espacio para almacenar lo que conlleva también más cantidad de estanterías y archivadores en el caso de las oficinas.

3) Mayor dificultad del flujo de materiales dentro de la propia planta.

Resumiendo, los stocks y equipos tienden a acumularse y a estorbar en las actividades de producción diarias, conduciendo a una masiva acumulación de desperdicios en la fábrica.

El segundo pilar: Orden

Para poder avanzar en el proceso de mejora es fundamental ordenar aquellos elementos (equipos, herramientas, utillaje, etc.)que no han sido desechado en el pilar anterior y son necesarios para la fabricación del producto en dicho puesto de trabajo.

Así el orden es más que una apariencia de orden, es decir consiste en una organización de los elementos necesarios de modo que sean de uso fácil e identificarlos para que se encuentren y retiren por los operarios sin ninguna dificultad. De esta forma se busca no tener un personal imprescindible en el sentido que saben donde está todo localizado sino que cualquier trabajador sabe donde encontrar dicho material.

El tercer pilar: Limpieza.

La limpieza hace referencia a lo que habitualmente conocemos como limpieza doméstica es decir significa limpiar el suelo, la maquinaria y en general asegurar que todo permanece limpio en la



fábrica. Un concepto erróneo por parte de los trabajadores es pensar que dichas tareas es función únicamente del personal asignado.

La limpieza se relaciona estrechamente con la capacidad de producir productos de alta calidad. También en este pilar está incluido buscar y diseñar modos para evitar que la suciedad se acumule en el lugar de trabajo. No consiste únicamente en barrer sino que debe incluirse dentro de las tareas diarias de mantenimiento y es el propio operario el que mejor conoce su máquina y sabe qué limpiar y cómo hacerlo. De esta forma se puede dar cuenta rápidamente de un mal funcionamiento de la máquina debido a la existencia de fugas o recalentamientos.

El cuarto pilar: Limpieza estandarizada.

La limpieza estandarizada difiere de los anteriores pilares (Organización, Orden y Limpieza) pues no es una actividad sino un estado que existe cuando se mantiene los tres pilares mencionados. Así puede decirse que es una etapa donde se diseñan dispositivos y mecanismos que permitan mantener la limpieza dentro del puesto de trabajo. Podría pensarse en situar cubiertas a las máquinas con el fin de evitar que caigan virutas en ellas o bien tener tanques de almacenamiento de lubricantes para evitar que se derrame.

El quinto pilar: Disciplina.

Consiste en convertir en hábito el mantenimiento de los procedimientos empleados. Ello requiere un gran esfuerzo por parte de las directivas para inculcar la disciplina necesaria con el fin de mantener las condiciones de los cinco pilares. Sin disciplina los cinco pilares no durarán mucho tiempo.



2.3.5.1. Beneficios y resistencias en la implementación de las 5S.

Como se ha comentado anteriormente los beneficios que pueden obtenerse implantando un sistema de trabajo bajo 5S nos permite en primer lugar la motivación del personal involucrado en dichas labores de organización además de hacer el lugar de trabajo un sitio más grato y satisfactorio.

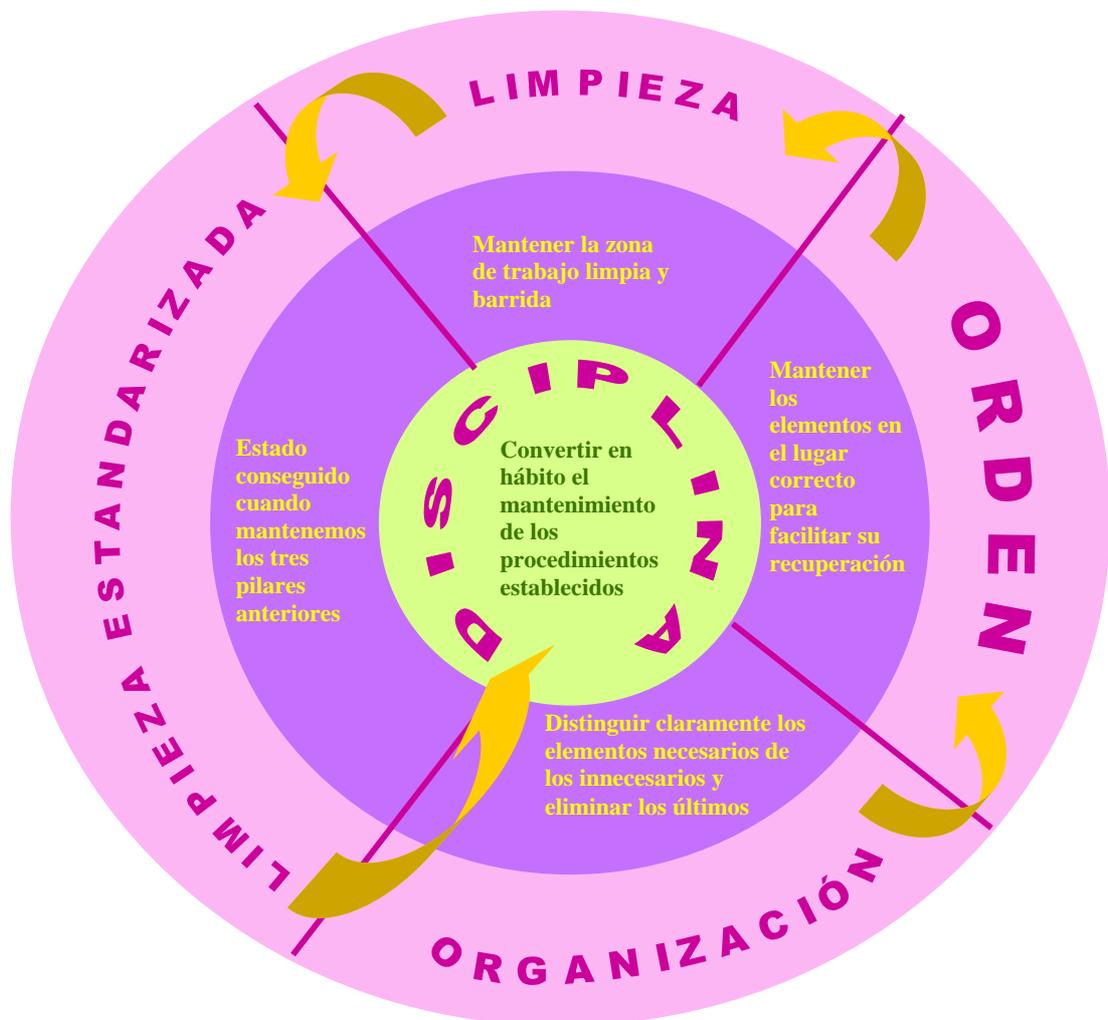


Figura 2 - 6 Esquema de las 5'S.



Desde el punto de vista de la empresa también supone una serie de beneficios en la implantación de los cinco pilares:

1. BENEFICIO: CERO DESPILFARROS REDUCE LOS COSTES

Tanto fábricas como oficinas son almacenes donde se producen despilfarros así la implantación de los cinco pilares nos puede permitir menores costes y un aumento de la capacidad.

Se eliminan los stocks en proceso y almacenes, también aquellos lugares de almacenaje innecesarios como estanterías o armarios. Al tener los elementos adecuados y ordenados nos permite una disminución, e inclusive una eliminación, de acciones que no añaden valor al proceso tales como la búsqueda de herramientas.

Esto nos permite reducir los tiempos de cambio de útiles haciendo a la empresa más adaptativa a la diversificación de la producción y por consiguiente una empresa mejor preparada en el mercado tan competitivo.

2. CERO DEFECTOS PRODUCE UNA CALIDAD MÁS ELEVADA

Los defectos son resultado de una serie de causas en la que se incluye por ejemplo el montaje de piezas erróneas o bien el uso de plantillas equivocadas. La organización y el orden nos ayuda a evitar esta clase de errores.

Con un adecuado almacenaje y manipulación de los instrumentos de medida, control y verificación se obtiene mediciones correctas y menores desviaciones lo que nos lleva a una mejor calidad en las operaciones y por tanto también en el producto.



3. CERO RETRASOS AUMENTA LA FIABILIDAD DE ENTREGAS

Las fábricas que no tienen implantados los cinco pilares tienden a producir mayor número de defectos. Esto implica una serie de personas ocupadas haciendo rectificaciones o rehaciendo los productos defectuosos. Siendo difícil cumplir los plazos de entrega si se tienen excesivos despilfarros de movimientos y demasiados errores. Si estos problemas se eliminan, las entregas adquieren fiabilidad y aumenta la confianza.

4. CERO DAÑOS PROMUEVE LA SEGURIDAD

Cuando el equipo se mantiene limpio es más fácil descubrir fallos mecánicos y riesgos de forma inmediata. Pueden esperarse daños cuando se dejan materiales y artículos en pasillos, cuando los stocks se acumulan en pilas en las zonas de almacenaje o bien el suelo tenga restos de aceite o virutas de corte.

Estas son las ventajas que nos suponen la implantación del método en cualquier tipo de empresa no sin ello encontramos una serie de resistencias comunes. La organización y el orden parecen tan simples que no se le dan la importancia y el poder que tienen.

A veces los operarios aceptan la suciedad como una condición inevitable de su puesto de trabajo ya que se volverá a ensuciar y por tanto para qué limpiar. Está lógica no se sostiene pues una estación sucia tiene un gran efecto negativo sobre la calidad y la eficiencia en el trabajo.



BENEFICIOS

B1.- Cero cambios de útiles facilita la diversificación de productos.

B2.- Cero defectos produce una calidad más elevada.

B3.- Cero despilfarros reduce los costes.

B4.- Cero retrasos aumenta la fiabilidad de las empresas.

B5.- Cero reclamaciones aumenta la confianza y fiabilidad.

B6.- Cero daños promueve la seguridad.

Tabla 2- 6 Beneficios que supone la implantación de las 5'S

Una de las mayores resistencias a la que se enfrenta es la idea de pensar que la organización y el orden no suponen un aumento de la producción, pues los trabajadores asumen que su trabajo consiste en hacer cosas y no dedicar tiempo a organizarlas o limpiarlas. Esta actitud es fácil encontrarla en trabajadores donde estas funciones no han sido nunca incluidas como parte de su trabajo. Es más, en aquellas empresas donde las funciones de organizar y de limpieza son parte de su trabajo nos encontramos que éstas son las primeras que se dejan a un lado cuando hay mucho trabajo de producción. Es cierto que las prioridades de producción presionan tanto que es necesario que otras actividades esperen no sin ello de dejarlas olvidadas. Por lo que podrían dejarse a un lado durante un corto periodo de tiempo debido a una serie de circunstancias pero no abandonarlas.

En muchas fábricas se gasta una gran cantidad de esfuerzo y tiempo en vano en la organización y limpieza porque la empresa le falta disciplina para mantener las condiciones de los cinco pilares para continuar en la implementación de éstos en una base de día a día. Entre las resistencias más comunes que suelen presentarse encontramos que el personal acepta la



suciedad como una condición inevitable de su puesto de trabajo ya que pronto volvería a ensuciarse de nuevo pero sin embargo no tiene en cuenta el efecto negativo que conlleva una estación de trabajo sucia sobre la calidad y la eficiencia en el trabajo. Además la organización y el orden parecen tan simples que es difícil creer en su importancia y poder.

RESISTENCIAS

- R1.-¿Qué hay de bueno en la organización y el orden?**
- R2.-¿Por qué limpiar cuando todo se ensucia de nuevo?**
- R3.-La implementación de la limpieza y el orden no aumentará la producción.**
- R4.-Ya tenemos organización y orden.**
- R5.-Estamos demasiado atareados como para ocuparnos de la organización y el orden.**
- R6.-¿Por qué necesitamos implementar esos cinco pilares?.**

Tabla 2- 7. Resistencias comunes para implementar las 5'S

Los trabajadores de producción asumen que su trabajo es hacer cosas, no organizarlas o limpiarlas. Esta actitud es comprensible en aquellos trabajadores donde la limpieza nunca ha sido una de sus funciones. Incluso piensan que reordenar un poco las cosas y ponerlas en las estanterías bien alineados es todo lo que hay que hacer. Es típico que comenten que se encuentran demasiado atareados como para ocuparse de la organización y el orden, ya que es lo primero que deja de lado cuando hay mucho trabajo de producción.



2.3.5.2. Primer pilar: ORGANIZACIÓN.

La Organización, primer pilar de la fábrica visual corresponde al principio Just in Time de “sólo lo que se necesita en la cantidad que se necesita y sólo cuando se necesita” es decir la Organización significa retirar de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de producción o de oficina. Debe dejarse únicamente lo que es estrictamente necesario de forma que si tiene duda sobre alguna cosa descártela.

Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.

Frecuentemente nos “llenamos” de elementos, herramientas, cajas con productos, carros, útiles y elementos personales y nos cuesta trabajo pensar en la posibilidad de realizar el trabajo sin estos elementos. Buscamos tener alrededor elementos o componentes pensando que nos harán falta para nuestro próximo trabajo. Con este pensamiento creamos verdaderos stocks reducidos que molestan, quitan espacio y estorban. Estos elementos perjudican el control visual del trabajo, impiden la circulación por las áreas de trabajo, inducen a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes en el trabajo.

La primera “S” de esta estrategia aporta métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios.

La implementación del primer pilar crea un entorno de trabajo en el que el espacio, tiempo, dinero, energía y otros recursos pueden gestionarse y usarse más efectivamente. Cuando el primer pilar está bien implementado, se reducen los problemas y molestias en el flujo de trabajo, se mejora la comunicación entre los trabajadores, se incrementa la calidad del producto y se eleva la productividad. En el caso contrario tiende a estar la fábrica crecientemente desordenada, se desperdicia tiempo buscando herramientas y



piezas además de que los equipos y elementos innecesarios dificultan la mejora del flujo de producción.

El primer paso para implementar la Organización es identificar aquellos elementos innecesarios en la fábrica y oficina, para ello la estrategia de las tarjetas rojas es un método simple que nos ayudará a este fin. El objetivo del color rojo de la tarjeta es para atraer la atención de las personas. Cuando una tarjeta roja es adherida a un elemento debemos de cuestionarnos tres cosas:

- 1.- ¿Es necesario este elemento?
- 2.- ¿Si es necesario, es necesario en esa cantidad?
- 3.- ¿Si es necesario debe de estar colocado aquí?

Una vez identificados estos elementos debemos de tomar la decisión de tenerlos durante un periodo de tiempo determinado en un área de mantenimiento de tarjetas rojas para ver si son necesarios o bien desecharlos o cambiarlos de localización o dejarlos donde están. Para ello la dirección de la empresa debe estar implicada en la coordinación del proyecto, estableciendo los grupos de trabajo, horario para la colocación de las tarjetas además de establecer un lugar para el mantenimiento de las tarjetas rojas.

Es necesario identificar los elementos de forma que tendremos stocks en almacenes y stocks de trabajos en curso. También debe de definirse un área más pequeña y evaluarla correctamente en vez de considerar una zona mayor y no ser capaz de analizarla a fondo en el tiempo disponible. Las tarjetas rojas el objetivo es apoyar en el proceso de documentación por lo que debe de diseñarse de forma que recoja la información que necesitamos:

- *Categoría.* Indica el tipo de elemento por ejemplo si es una máquina, plantilla o articulo de almacén.



- *Denominación del elemento.* Si el elemento tiene un código asignado como puede ser el caso de plantillas y máquinas además de indicar la denominación, por ejemplo taladro de pistola de 3300 rpm, se adjunta el código con el que está registrado.
- *Cantidad.* Indica el número de elementos que se encuentran incluidos en la tarjeta, podemos encontrarnos un par de tijeras que no tienen ninguna utilidad por lo que se agruparían conjuntamente.
- *Razón.* Describe las razones por las que se le ha adherido la tarjeta al elemento
- *Fecha.* Incluye la fecha de detección.

La siguiente fase, una vez diseñada el formato de las tarjetas rojas, consiste en asignar dichas tarjetas a todos los elementos cuestionables sin evaluar lo que se hará definitivamente con ellos. Se realizará en el área en cuestión en un corto periodo de tiempo, con unos dos días contemplando la actividad de trabajo es suficiente. Después se pasará a la evaluación de las tarjetas rojas para decidir que hacer con dichos elementos. Así podemos proceder a descartarlos o bien a ubicarlos.

Algunas veces puede resultar costoso mover los grandes equipos o aquellos que se encuentran fijados al suelo, siendo mejor dejar este equipo donde está a menos que interfiera en las actividades diarias de producción.

El siguiente paso consiste en documentar los resultados de las tarjetas rojas, cada empresa tendrá su propio sistema para registrar y supervisar la información necesaria. La documentación de resultados es una parte importante de las tarjetas rojas ya que permite a la empresa medir las mejoras y ahorros producidos como resultado del programa.



IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA 5S EN UNA EMPRESA DEL
SECTOR AERONÁUTICO

CAPITULO 2: ANTECEDENTES

Ubicar		Descartar	
Mantener	Se mantiene el elemento en el área donde ha sido localizado.	Deshacerse	Eliminar aquellos elementos que son inútiles o innecesarios para cualquier propósito
Localización dentro del área	Se decide que permanece en el área de trabajo pero en una ubicación distinta de donde ha sido encontrado	Vender	Vender aquellos elementos que no van a ser necesarios
Localización fuera del área	Se decide que permanece fuera del área de trabajo de donde ha sido encontrado	Devolver	Devolver elementos a suministrador
Localización en área de mantenimiento	El elemento permanece en el área de mantenimiento hasta que su próxima ubicación.	Prestar	Prestar los elementos a otras secciones de la empresa que puedan usarlos o alquilarlos a terceros

Tabla 2- 8 Métodos de descarte o ubicación de elementos

Ciertos tipos de elementos innecesarios tienden a acumularse en los almacenes y lugares de trabajo. Así suele encontrarse brocas desgastadas, plantillas rotas o fuera de uso, medios de limpieza y seguridad viejos... en aquellas zonas que no están asignadas para ningún propósito particular, en esquinas próximas a entradas o salidas, en la parte superior de las estanterías, debajo de las mesas de trabajo y como no, en los cajones y armarios.

Cuando se ha completado esta fase, la Organización, la fábrica dispone de espacios vacíos de forma que la disposición de los equipos y las mesas de trabajo puede cambiarse para obtener ventajas, esto será parte del segundo pilar.



2.3.5.3. Segundo pilar: ORDEN

EL segundo pilar puede implementarse solamente cuando el primer pilar, la Organización se encuentra establecido. El Orden consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad e identificarlos de forma que cualquiera pueda encontrarlos y cogerlos para su uso. Aplicar el Orden o Seiton en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales.

Una vez hemos eliminado los elementos innecesarios, se define el lugar donde se deben ubicar aquellos que necesitamos con frecuencia, identificándolos para eliminar el tiempo de búsqueda y facilitar su retorno al sitio una vez utilizados (es el caso de la herramienta). Con la estandarización conseguimos un modo de realizar tareas y procedimientos, de esta forma cualquier persona puede operar una máquina, realizar las operaciones y encontrar las herramientas necesarias para llevarlo a cabo.

El orden es importante porque elimina muchos tipos de despilfarros en las actividades de producción o de oficinas. Así se consigue eliminar:

- **Despilfarros de movimientos.** La persona enviada a recoger un carro, un instrumento de medida o una plantilla no logra encontrarlo.
- **Despilfarro de búsquedas.** No puede encontrarse la llave para abrir un armario cerrado que contiene las herramientas necesarias.
- **Despilfarro de energía de personas.** Un trabajador frustrado se resigna a no encontrar el material necesario después de buscarlo durante varios minutos.



- **Despilfarro de exceso de stocks.** Los cajones de la mesa o de los bancos de trabajo se encuentran desordenados lo que hace difícil su búsqueda. Además esto también ocurre en almacén con las piezas que deben entregarse a la línea de producción pensando que no hay piezas suficientes produce paradas en línea.
- **Despilfarro de productos defectuosos.** No hay una ubicación clara y única para cada tipo de pieza, esto puede ocasionar el montaje de una pieza equivocada si no ha sido comunicado el cambio de la pieza al operador previamente.

Para la implementación del segundo pilar debe de encontrarse las mejores ubicaciones para las plantillas, herramientas y útiles. Estos elementos se difieren de los materiales y de las piezas ya que tienen que volver a ponerse en su sitio de procedencia después de su utilización. Así se localizan los elementos en el puesto de trabajo en función de la frecuencia de uso, de esta forma los elementos más usados se colocaran cerca del lugar donde se usa y se irán alejando aquellos cuya frecuencia es cada vez menor. Si tenemos una serie de herramientas o máquinas que deben utilizarse conjuntamente se almacenarán juntos y en la secuencia que deben usarse. Además los lugares de almacenamiento de herramientas deben de ser mayores que éstas de modo que al retirarlas y colocarlas sea fácil. También es conveniente un mecanismo de almacenaje tipo “soltar con vuelta” es decir cuando se suelta la herramienta vuelve sin más a su posición de partida.

Para eliminar despilfarros hay que analizar la economía de movimientos de manera que la decisión de las ubicaciones para las máquinas, útiles y herramientas es un punto importante y nos permitirá ahorrar tiempo, energía y esfuerzo. El proceso de eliminar despilfarro de movimientos incluye erradicar los movimientos innecesarios de las operaciones existentes, es lo que se denomina mejora de movimiento. Si se



consigue eliminar la operación en su conjunto estamos hablando de una mejora radical. Para reducir los movimientos que realizan los operarios debemos considerar:

- Ambos brazos deben moverse al mismo tiempo de forma simétrica y en direcciones opuestas.
- Los movimientos del tronco deben de ser mínimos.
- Usar la fuerza de la gravedad en lugar de la muscular.
- Mantener una postura y movimientos confortables.
- Mantener los materiales y las herramientas al frente y organizarlas en función de su uso.
- Usar métodos pocos costosos para alimentar y retirar materiales.

Una vez que se ha decidido cual es la mejor localización de los distintos elementos se necesita un modo para identificarlos de forma que cualquiera sepa dónde están las cosas y cuántas cosas hay en cada sitio. Para ello existen distintas técnicas como pueden ser la estrategia de los indicadores de pintura, de codificación en colores y la estrategia de contornos.

- *Estrategia de indicadores.* Se usan tarjetas para indicar qué, dónde y cuánto. Suele ser de gran utilidad para identificar el stock en almacén.
- *Estrategia de pintura.* Es un método para identificar localizaciones en suelos y pasillos. Se utiliza para crear líneas divisorias entre las distintas áreas de paso y de puestos de trabajo.



- *Estrategia de codificación de colores.* Sirve para indicar de forma clara las piezas, herramientas, plantillas y útiles que deben utilizarse para cada propósito.
- *Estrategia de contornos.* Con el dibujo del contorno del elemento es un buen método para indicar sitios de colocación para almacenaje de plantillas y herramientas. Cuando hay que devolver una herramienta a su sitio el dibujo de su contorno nos facilita dónde hay que colocarla.

2.3.5.4. Tercer pilar: LIMPIEZA

El tercer pilar o Seiso consiste en la limpieza de todos los elementos que forman parte de la estación de trabajo. Pues no obtendríamos todos los beneficios si después de haber implementado la organización y el orden los materiales que se usan se encuentran sucios y los equipos se averían con una elevada frecuencia.

Uno de los propósitos de la limpieza es convertir la estación de trabajo en un lugar limpio donde sea grato el trabajar además de mantener todo en una condición óptima de forma que cuando alguien necesite utilizar alguna herramienta esté lista para su uso en ese instante. La limpieza debe de ser un hábito diario de trabajo de forma que herramientas, equipos y áreas de trabajo estén listos para usarla en todo momento. La limpieza no debe de ser una actividad individual sino al contrario debe de realizarse diariamente.

La falta de limpieza puede provocar deficiencias e inseguridad en el trabajo así puede perjudicar a la moral del empleado. Los defectos son menos obvios en las fábricas sucias y desordenadas además de poder provocar accidentes como puede ser la presencia de charcos de aceite.

Con respecto a la producción encontramos que la falta de limpieza ocasiona retrasos en las entregas pues al no estar las máquinas atendidas



con el suficiente mantenimiento tienden a averiarse con frecuencia y operan de forma incorrecta provocando elementos defectuosos que tendrán que desecharse o bien repararse. Todo esto supone pérdidas económicas además del retraso en la entrega.

La limpieza debe de implementarse tanto en almacén como en equipos y en el espacio de trabajo ya que cada área de trabajo es responsabilidad de todos los que trabajan en ella. Las actividades de limpieza diaria deben incluir la inspección antes del comienzo o al final de cada turno. Es importante establecer en un principio tiempos para la realización de estas actividades hasta que formen parte del trabajo diario. No hace falta dedicarle mucho tiempo simplemente con cinco minutos diarios en cada turno es suficiente.

Pero la limpieza no sólo significa eliminar la suciedad, virutas y grasas que podemos encontrarnos en la estación de trabajo. Va más allá, significa inspección, es decir, las máquinas y herramientas de trabajo requieren del mantenimiento autónomo que los operarios deben de realizar. Así que una vez que la limpieza diaria y las grandes limpiezas periódicas del equipo ya son un hábito podemos empezar a incorporar procedimientos de inspección en este tercer pilar. Aunque el equipo parezca funcionar correctamente puede ser que se esté generando los primeros indicios de averías, generalmente son los operarios y no el personal de mantenimiento los primeros que los detectan.

La inspección diaria nos permite localizar y corregir problemas que pasarían en principio desapercibidas pero que al final ocasionarían una avería, sin olvidar que esto conlleva a una pérdida tanto económica como de calidad. Podemos enumerar:



1. Fugas de aceite del equipo sobre el suelo.
2. Los diales e indicadores se encuentran tan sucios que difícilmente se leen.
3. Pernos u tuercas o bien faltan o se encuentran flojos.
4. Motores sobrecalentados.
5. Máquinas con ruidos anormales.

Cuando se realiza la limpieza con inspección, debe de usarse todos los sentidos para detectar anomalías. La inspección no es simplemente una actividad visual debemos:

1. Observar cuidadosamente el funcionamiento de la máquina y ver si hay pequeños defectos como fugas de aceite, desgastes, oxidaciones...
2. Escuchar los sonidos emitidos por las máquinas durante su funcionamiento.
3. Detectar olores a quemado u otro tipo de olores inusuales.
4. Tocar la máquina para detectar posibles vibraciones, holguras o calentamiento excesivo.

Siempre que sea posible un operario debe reparar o mejorar inmediatamente el que problema que ha observado durante la inspección, para ello es necesario que los operarios tengan un nivel de trabajo de mantenimiento mínimo. En el caso de que el problema detectado sea de mayor dificultad y no pueda el operario solucionarlo debe de proceder a su reparación el departamento de mantenimiento. Puede tenerse un registro donde se recoja las solicitudes de mantenimiento requeridas.



2.3.5.5. Cuarto pilar: LIMPIEZA ESTANDARIZADA

Con la Limpieza Estandarizada o Seiketsu se pretende que una vez implementados los tres primeros pilares es decir Organización, Orden y Limpieza, estos persisten.

La limpieza estandarizada difiere de los otros tres pilares ya que no es una actividad en sí misma sino un estado estandarizado o condición. Así puede definirse este cuarto pilar como el estado que existe cuando la Organización, el Orden y la Limpieza se mantienen adecuadamente. Los resultados no son satisfactorios si las condiciones se deterioran constantemente hasta el nivel anterior a la implementación. Algunos de los problemas que surgen cuando la Limpieza Estandarizada no está bien implementada son los siguientes:

- Se vuelven a los viejos e indeseables niveles, incluso después de haber implementado los cinco pilares.
- Los lugares de almacenaje de herramientas se desorganizan y deben de ponerse en orden al final del día.
- Se dejan pilas de elementos innecesarios utilizados en la producción del día dispersos alrededor del puesto de trabajo.

El objetivo de la Limpieza Estandarizada es evitar retrocesos en los tres primeros pilares de forma que su ejecución sea un hábito diario y asegurar que los tres pilares se mantienen en su estado de implementación inicial.

Para ello es necesario decidir quién es responsable que las actividades, evitar retroceso integrando el mantenimiento de los tres pilares en las actividades diarias y por último es necesario verificar el grado de bondad del mantenimiento.



Para la asignación de responsabilidades de las 3S deben de darse instrucciones claras a las personas relacionadas con el trabajo. Mediante cuadros de ciclo de trabajo podemos establecer las actividades a realizar y la frecuencia de éstas. Si las personas realizan los deberes de mantenimiento de los tres pilares sólo cuando ven que las condiciones de éstos se deterioran, entonces la implementación de los cinco pilares no ha madurado. El mantenimiento de las condiciones debe de ser una parte natural de los trabajos de cada día. Las 5´S Visuales y los Cinco Minutos 5´S son dos conceptos que ayudarán a realizar el trabajo día a día.

Las 5´S Visuales consiste en hacer obvio de una ojeada el nivel de las condiciones de los cinco pilares. Así para indicar el tamaño máximo de un lote puede indicarse con un color distinto, por ejemplo el rojo, la última pieza que compone el lote para enviar al proceso siguiente. Los cinco minutos 5´S son similares a los empleados en la limpieza con la salvedad que cubren a todos los pilares. El tiempo real será al apropiado pero sin olvidar que los cinco minutos 5´S debe de ser breve, eficiente y habitual.

Cuando normalmente las herramientas se encuentran fuera de su ubicación aunque son devueltas a su sitio o nos encontramos gran suciedad en el suelo a pesar de que se limpie, es decir el problema se presenta repetitivamente debemos de llevar la Limpieza Estandarizada a un nivel superior: la prevención.

La Limpieza Estandarizada Irrompible significa hacer irrompible la Organización, Orden y Limpieza así debe de implementarse:

- **Organización Preventiva.** En vez de esperar que los elementos innecesarios se acumulen se determina el modo de evitar su acumulación, incluso debe de evitarse que dichos elementos entren en el área de trabajo.



- **Orden Preventivo.** Impedir que el Orden de deteriore. Así debe de impedirse de algún modo la ineficiencia que resulta de la falta de control del orden de cualquier elemento. Ello se consigue haciendo difícil o imposible que las cosas se coloquen en el lugar equivocado.
- **Limpieza Preventiva.** Evitar que las cosas se ensucien para minimizar la pesada faena de la limpieza debemos de analizar la fuente de contaminación, ver porqué motivos se genera la suciedad y como podemos evitarlos.

2.3.5.6. Quinto pilar: DISCIPLINA

El quinto pilar es la disciplina o Shitsuke la cual hay que entenderla como el hábito de mantener correctamente los procedimientos apropiados. Este pilar es fundamental para el funcionamiento del sistema ya que sin disciplina el mantenimiento de los cuatro pilares tiende a debilitarse. Los problemas que suelen aparecer son:

- Los elementos innecesarios empiezan a acumularse tan pronto como se ha implementado la Organización.
- A pesar de haberse implementado correctamente el Orden las herramientas y plantillas no se devuelven a las ubicaciones designadas. Se permite que los elementos se sitúen en las rutas de paso.
- Aunque los equipos se ensucien se hace poco o nada para limpiarlos. Esto provoca que las máquinas se encuentren poco lubricadas, afectando a su funcionamiento y produciendo productos defectuosos.
- Los lugares sucios y desorganizados afectan negativamente a la moral de los trabajadores.



Una persona se disciplina a sí misma para mantener un determinado curso si los beneficios que le aporta mantener dicho curso son mayores que las ventajas de apartarse de él. Los beneficios que aportan la implementación de los cuatro pilares son hacer más grata su tarea en el puesto de trabajo siendo más eficiente y de mejor calidad, lo que producirá beneficios tanto para los trabajadores como para la empresa.

La Disciplina es importante porque sin ella la implementación de los cuatro pilares anteriores rápidamente se deteriora. Pero si las recompensas que nos aporta son gratificantes es natural asumir la implementación del quinto pilar. Es cierto que la implementación de los cinco pilares lleva tiempo pero esta inversión de tiempo proporciona un gran beneficio para todos.

Todos los empleados, incluido los directivos y mandos de la empresa juegan un papel importante para asegurar el éxito de los cinco pilares, especialmente la dirección debe:

1. Educar a los empleados sobre los conceptos, herramientas y técnicas de los cinco pilares.
2. Asignar tiempo para la práctica de las 5S y crear programas para este trabajo.
3. Estimular la creación creativa de todos los trabajadores escuchando sus ideas y actuando sobre ellas.

Existen diversas técnicas y herramientas para promover la práctica de la Disciplina respecto a la implementación de los cinco pilares: eslóganes 5S, paneles de historias y muestras de fotografías 5S, mapas 5S y meses 5S.

- Eslóganes 5S: medio para comunicar los temas de la campaña de los cinco pilares en su empresa. Son más efectivos cuando se crean por los propios trabajadores.



- Paneles de historias y muestras de fotografías: nos muestran el antes y después de la implementación de los cinco pilares. También sirve para ver el status en el que se encuentra cada puesto de trabajo.
- Mapas 5S: sirve para implicar los empleados en la mejora continua de las actividades. Deben de colocarse en una posición central con tarjetas de sugerencias adheridas de modo que cada uno pueda sugerir cualquier mejora.
- Meses 5S: la empresa debe de asignar dos o tres meses cada año como meses 5S. Durante estos meses pueden realizarse diversas actividades tales como seminarios sobre los cinco pilares y competiciones para promover la implantación de los cinco pilares.