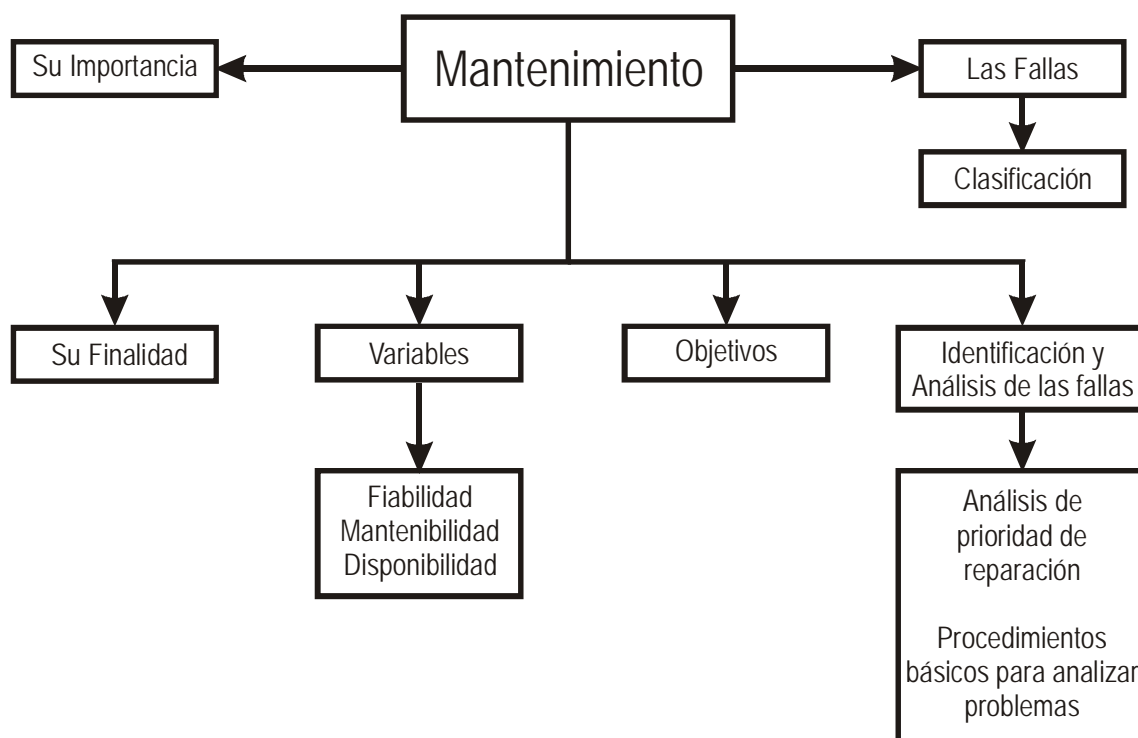


Conceptos de Mantenimiento

1.0. Esquema conceptual de la unidad



En esta unidad estudiaremos:

- La importancia del mantenimiento
- La finalidad del mantenimiento
- Variables del mantenimiento:
 - Fiabilidad
 - Mantenibilidad
 - Disponibilidad
- Objetivos del mantenimiento
- Las fallas
 - Clasificación
- Identificación y análisis de las fallas
 - Análisis de la prioridad de reparación
 - Procedimientos básicos para analizar los problemas

1.1. La Importancia del Mantenimiento

El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación, sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, etc.

Deberá coordinar con recursos humanos un plan para la capacitación continua del personal ya que es importante mantener al personal actualizado.

1.2. La Finalidad del Mantenimiento

Tal como encontramos hoy a las industrias, bajo una creciente presión de la competencia, estas se encuentran obligadas a alcanzar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad cumpliendo con los plazos de entrega. Radica justamente aquí la importancia del mantenimiento.

La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

Lo que implica: conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

El mantenimiento debe seguir las líneas generales determinadas con anterioridad, de forma tal que la producción no se vea afectada por las roturas o imprevistos que pudieran surgir.

1.3. Variables del Mantenimiento

Para que usted pueda interpretar la forma en la que actúa el mantenimiento, se hace necesario que veamos y analicemos distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas.

Así, les puedo mencionar:

- Fiabilidad.
- Disponibilidad.
- Mantenibilidad.
- Calidad.
- Seguridad.

- Costo.
- Entrega / Plazo.

Veamos a que se refiere cada una de estas variables mencionadas.

La Fiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.

Recordemos que la probabilidad puede variar entre 0 (indica la certeza de falla) y 1 (indica la certeza de buen desempeño).

Por lo tanto la probabilidad de falla está necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominados la tasa de falla, que es el cociente del número de fallas sobre el total de horas de operación del equipo.

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

Vemos entonces que la disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas.
- El tiempo que nos demande reanudar el servicio.

Por supuesto que no están comprendidos en el tiempo de paradas aquellas que se producen por problemas de huelgas, o suspensión de la producción por caída en la demanda.

La mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad a realizarle mantenimiento, depende del diseño y pueden ser expresados en términos de frecuencia, duración y costo.

Debemos destacar el lugar primordial que ocupa **la calidad**. El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, **reestablecer el sistema lo más rápido posible**, dejándolo **en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida**.

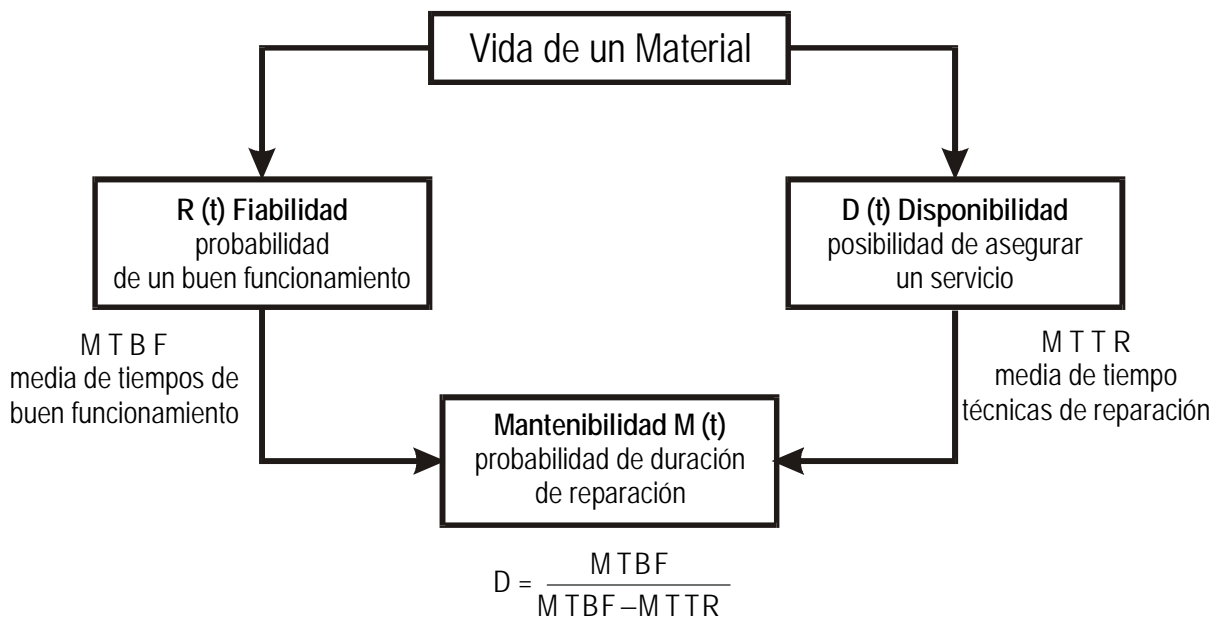
La seguridad, está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento a demandas pactadas.

La competencia nos obliga a bajar permanentemente los precios, por lo que se deben optimizar los procesos.

*El tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, en el mantenimiento, **el tiempo es un factor preeminente.***

1.3.1. Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad

En el siguiente esquema se muestra la relación entre estas variables



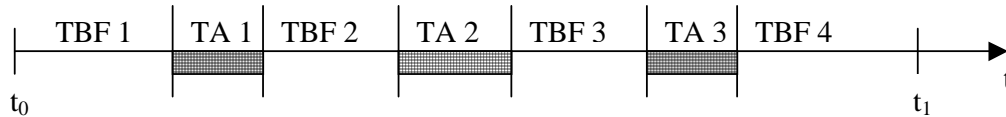
$\lambda(t)$	tasa de fallo instantáneo (a veces notadas $Z(t)$ o $h(t)$)
λ	tasa de fallo constante
M.T.B.F.	Media de los tiempos de buen funcionamiento
M.T.T.R.	Media de los tiempos técnicos de reparación (t: media aritmética de los tiempos de intervención)
M.T.A.	Media de los tiempos de paro T.A N.T.
$M(t)$	función “mantenibilidad”
$\mu(t)$	tasa de reparación

Estos tres conceptos se pueden enfocar de forma provisional (antes del uso) o de manera operacional (durante o después del uso).

Las tres funciones precedentes, llamadas respectivamente $R(t)$, $M(t)$, $D(t)$, son funciones de tiempo. En mantenimiento es indispensable precisar la noción de tiempo de acuerdo con la norma X 60-015.

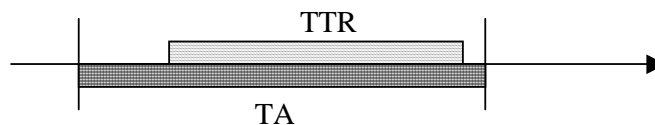
A) La vida de una Máquina

Comprende una alternativa de paros y de “buen funcionamiento”, durante su duración potencial de utilización (= tiempo requerido = $t_0, t_1 = T O$)



Estas duraciones pueden ser observadas o estimadas

Una parte variable de los TA (tiempos de paro) está constituida por los TTR (tiempos técnicos de reparación)



b) Indicador de disponibilidad

$$D = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

TO = Tiempo requerido

c) MTBF Y MTTR

La MTBF, o media de los tiempos de buen funcionamiento, es el valor medio entre paros consecutivos, para un período dado de la vida de un dispositivo:

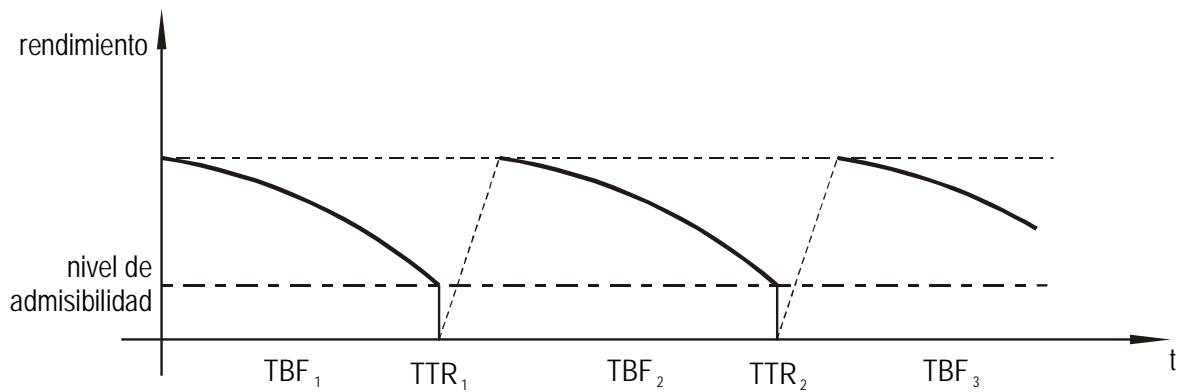
$$MTBF = \frac{\sum_{i=0}^n TBF_i}{n}$$

De la misma forma, la MTTR (o media de los tiempos técnicos de reparación) será:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=0}^n TTR_i}{n}$$

Estos valores pueden ser calculados (después de observaciones), estimados, prefijados o extrapolados.

El siguiente gráfico relaciona los tiempos de buen funcionamiento con los tiempos técnicos de reparación.



1.4. Objetivos del Mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación:

Máxima producción:

Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.

Reparar las averías en el menor tiempo posible.

Mínimo costo:

Reducir a su mínima expresión las fallas.

Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.

Manejo óptimo de stock.

Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Calidad requerida:

Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.

Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.

Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

Conservación de la energía:

Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.

Eliminar paros y puestas de marcha continuos.

Controlar el rendimiento de los equipos

Conservación del medio ambiente:

Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.

Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad:

Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.

Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.

Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal:

Obtener la participación del personal para poder implementar el TPM.

Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad.

1.5. Las Fallas

Toda instalación destinada a producir un bien o un servicio, debe ser mantenida en condiciones que le permitan seguir en funcionamiento, logrando un producto de determinada calidad, y a un costo lo más bajo posible. Quien se dedique al mantenimiento de cualquier tipo de instalación debe ofrecer la reparación de los desperfectos que surjan y las modificaciones necesarias para que estos no aparezcan.

Para lanzar un nuevo producto se hacen los estudios de mercado (clientes y sus preferencias) y también se estudia el proceso productivo más adecuado. Mantenimiento debe conocer las posibles averías que se pueden producir en las instalaciones, máquinas o equipos y estudiar los procesos para evitarlas o, si es necesario, repararlas.

No podemos conformarnos con detectar una falla y repararla, lo importante es descubrir el origen del desperfecto y prever que no se repita en el futuro. Es una tarea de aprendizaje, utilizando la experiencia propia y ajena, que nos va permitiendo predecir cualquier inconveniente en la producción.

Definimos **Falla** como:

El deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

La experiencia nos demuestra que no existen instalaciones, máquinas o equipos que estén libres de fallas a lo largo de su vida útil, y que con una adecuada gestión de mantenimiento es posible reducir a un mínimo los perjuicios que ocasiona algún desperfecto.

En la industria se suele considerar como “avería” a cualquier anomalía que impida mantener los niveles de producción. Pero el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental.

Las instalaciones, máquinas o equipos son diseñados para alcanzar ciertos niveles de producción, y también deben entregar un producto con una calidad esperada. Cualquier circunstancia que haga descender el nivel de calidad debe ser considerada también una “avería”.

Es importante tener en cuenta que si el estado de algún equipo pone en riesgo la seguridad de personas o el buen funcionamiento de la instalación, también estamos ante una falla.

El ambiente es esencial para cualquier actividad humana, y mantenerlo descontaminado debe ser un objetivo que en un proceso de fabricación no se puede perder de vista.

Es por ello que consideraremos también una avería a cualquier polución que de alguna manera ponga en peligro el normal desarrollo de la vida humana. Es responsabilidad de quien realice el mantenimiento de una instalación asegurar que éstas cumplan con las normativas vigentes destinadas a proteger el ambiente.

Todo lo dicho anteriormente completa y ayuda a comprender mejor la definición de una avería o falla. El normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

1.5.1. Clasificación

Los distintos aspectos que una actividad productiva implica, nos permiten clasificar las fallas de la siguiente manera:

- 1) Fallas que afectan a la **producción**.
- 2) Fallas que afectan a la **calidad del producto**.
- 3) Fallas que comprometen **la seguridad de las personas**.
- 4) Fallas que **degradan el ambiente**.

Las dos primeras afectan directamente al producto sea en su cantidad y/o calidad, las otras dos afectan al entorno.

En la realidad se producen fallas que combinan algunos de los casos de ésta primera clasificación, y también se pueden hacer muchas otras clasificaciones si tomamos diferentes conceptos como parámetro.

Para comenzar trataremos de **analizar el origen de las fallas**:

- a) Mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos: Se dan casos en que el propio fabricante, por desconocer las condiciones en que trabajará, realiza un diseño no adecuado de estas máquinas o equipos. Se puede estimar éste error en un 12 % del total de las fallas. Este tipo de situación es muy difícil de revertir, y es probable que tengamos que asumir un alto índice de desperfectos.
- b) Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos: Si en la fabricación se descuida el control de la calidad de los materiales, o de los procesos de fabricación de las piezas componentes, las máquinas e instalaciones pueden poseer defectos que se subsanan reemplazando la pieza defectuosa. Este tipo de error se puede encontrar en un 10, 45 % del total de las fallas.
- c) Mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos: Es la más frecuente de los casos de fallas, y se producen por falta de conocimiento del modo de operarlas, o por usarlas para realizar trabajos para los cuales no fueron diseñadas. Alcanzan al 40 % del total de las fallas.

- d) Desgaste natural o envejecimiento por el uso: Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos estos alcanzan niveles de desgaste, de abrasión, de corrosión, etc. A este tipo de falla la estimamos en el 10,45 %.
- e) Fenómenos naturales y otras causas: Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de fallas pueden ocasionar roturas y paradas espurias de la producción. Las suponemos en un 27 % de las fallas totales.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la producción, desde la perspectiva del mantenimiento, pueden ser interesantes otros tipos de clasificaciones.

Una de esas clasificaciones son aquellas que se hacen:

- en **función de la capacidad de trabajo** de la instalación
- en **función de la forma de aparecer** la falla.

En **función de la capacidad de trabajo**, podemos distinguir, a su vez, **averías totales** y **fallas parciales**. Las totales son aquellas que ponen fuera de servicio a todo el equipo y las parciales sólo a una parte de él. Dependiendo, la aparición de una o de otra, de la organización de la producción (en paralelo o en serie), y del grado de complejidad de la instalación.

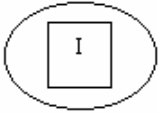
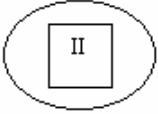

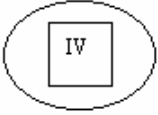
Cuando en un motor encendido por chispa se avería la bobina encargada de elevar la tensión que alimenta a la bujía, estamos ante una falla total, porque el motor no puede seguir funcionando y es imprescindible reemplazar el elemento para que el sistema pueda seguir operando. Si la falla fuera sólo en una bujía, el motor podría seguir entregando energía, aunque no con la potencia normal, porque los otros cilindros que funcionan en paralelo, siguen en marcha, en este caso estamos ante una falla parcial.

Según **la forma en que aparece el problema** se pueden encontrar **fallas repentinas** y **fallas progresivas**.

Las repentinas aparecen sin mediar un evento que pudiera anunciar la aparición de una falla, están asociadas a roturas de piezas o componentes de la instalación antes de lo previsto, o a una suma de circunstancias que no se pueden predecir. Las progresivas tienen generalmente su origen en el desgaste paulatino de algún elemento, en la abrasión, en la falta de ajuste, etc. Este tipo de falla da muchas señales antes de producirse, avisan la proximidad de una avería, y con un seguimiento se puede determinar con mucha exactitud el momento en que se producirá el desperfecto.

Siguiendo con el ejemplo del motor de combustión interna una falla repentina sería la rotura de la tapa del distribuidor, y una falla progresiva cuando se desgasta el platino. Esta es una falla que se puede detectar mucho antes de que se produzca inspeccionando el desgaste que presenta el platino, además se puede estimar la duración del elemento y programar su recambio antes de que su estado pueda ocasionar algún inconveniente.

En un diagrama de cuatro cuadrantes podemos combinar estas dos clasificaciones.

		Capacidad de trabajo	
		Parcial	Total
Forma de aparecer	progresiva		
	repentina		

En el primer cuadrante ubicamos aquellas fallas que aparecen progresivamente y que no afectan a la línea de producción completa. En principio este tipo de avería es la más leve, porque con un seguimiento se puede detectar y corregir el problema antes de que se extienda a otros sectores de la instalación. Por las características del desperfecto contamos con un cierto tiempo para encontrar la solución, pero este tiempo no se debe extender mucho porque las consecuencias pueden ser cada vez peores.

En el segundo cuadrante colocamos las fallas que si bien son progresivas afectan a la instalación entera. Son más serias que las anteriores y requieren un tratamiento más urgente. En los cuadrantes siguientes, el III y el IV, va creciendo el grado de dificultad para detectar y remediar el desperfecto, como así también la urgencia con que debe ser abordado y terminado el problema.

Son muy útiles también otros tipos de clasificación de las fallas, como por ejemplo:

- aquella que las distingue según la técnica que debemos aplicar para subsanarla, eléctrica, mecánica, instrumental, electrónica, etc.
- la que toma en cuenta si la originó otro fallo o no, distinguiendo así fallas dependientes o independientes.
- o bien según el tiempo que dura la falla, se clasifica en continua, intermitente o errática.

1.6. Identificación y Análisis de las Fallas

Es importante identificar las fallas para luego poder encarar su análisis y en base a esto solucionar los problemas, no siempre es fácil realizar ésta tarea por lo que se han desarrollado numerosas técnicas para identificar y analizar las fallas. Estas técnicas no sólo se aplican en mantenimiento, son también de utilidad para los diversos aspectos donde se implementa el mejoramiento continuo: calidad de procesos, diseño y desarrollo de productos, control de inventarios, etc. Por la facilidad de uso y funcionalidad, las técnicas gráficas son las más difundidas.

Normalmente el estudio de las fallas requiere de la identificación y análisis del problema. A continuación se desarrollan los métodos que pueden ser utilizados para tal fin.

1.6.1. Análisis de la Prioridad de Reparación

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada máquina, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al conjunto de instalaciones con que cuenta la empresa.

Este análisis conviene realizarlo según los siguientes factores:

- producción,
- calidad,
- mantenimiento,
- medio ambiente y
- seguridad.

Influencia sobre Producción:

- Porcentaje de tiempo de uso del equipo.
- Equipo duplicado o posibilidad de recuperar la producción con otro equipo.
- Influencia sobre los otros elementos productivos.

Para ponderar la importancia se presentan las tablas que serán estudiadas y adaptadas a cada planta en particular.

Porcentaje de Uso

PONDER	% USO
4	80 %
2	Entre 50 y 80 %
1	50 %

Instalación Alternativa

PONDER	ALTERNATIVA
5	Sin Posibilidad
4	Recurso Externo
2	Recurso en Stock
1	Equipo Duplicado

Influencia en el Resto de la Planta

PONDER	INFLUENCIA
5	Sobre toda la planta
4	Importante
2	Relativa
1	Sólo el equipo

Importancia sobre la Calidad:

- Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad.
- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

Para ponderar la importancia sobre la calidad se presenta una tabla que será ajustada para cada planta.

Importancia sobre la Calidad del Producto Final

PONDER	IMPORTANCIA
5	Decisiva
4	Importante Retrabajo
2	Relativa dentro de la tolerancia
1	Nula

Influencia sobre el Mantenimiento:

- Frecuencia o costo de las averías.
- Número de horas paradas por mes.
- Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo.

Importancia sobre Costos de Mantenimiento

Estos valores dependerán del tipo de maquinaria de la planta.

Número de Horas de Parada por Avería

PONDER	HORAS PARADA
5	3 Horas
2	1 a 3 Horas
1	1 Hora

Según Medio Ambiente:

- Influencia importante.

- Influencia relativa.

Importancia sobre el Medio Ambiente

PONDER	IMPORTANCIA
5	Grave
2	Relativa
1	Nula

Según la seguridad:

- Riesgo de las personas.
- Riesgo de los equipos.

Importancia sobre la Seguridad

PONDER	IMPORTANCIA
5	Riesgo del Operario
2	Riesgo del Equipo
1	Relativo

Se insiste sobre la necesidad que cada empresa ajuste los valores que se encuentran en las tablas para adaptarlas a casos concretos.

Con la suma de las puntuaciones se establecen grupos de equipos, por ejemplo, los que superan los 30 puntos, entre 10 y 30 y los que tienen menos de 10 puntos.

Esta ponderación será importante para diseñar el sistema de mantenimiento y la planificación, las prioridades en los mantenimientos preventivos y los stocks de repuestos.

1.6.2. Procedimientos para Analizar los Problemas

Antes de investigar un problema, es fundamental asegurarse de que se lo comprende perfectamente. Esto supone definir los síntomas del problema y comprender el proceso que lo provoca, así se evita desperdiciar esfuerzos innecesariamente. Cuando se comprende y define un problema se ha avanzado bastante en su resolución.

El Diagrama de Pareto

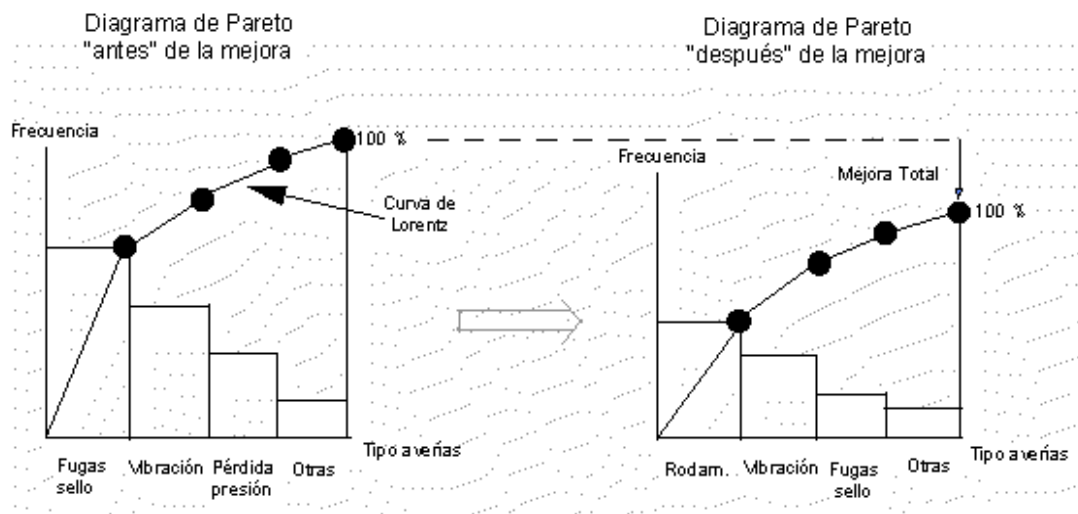
Frecuentemente el personal técnico de mantenimiento y producción debe enfrentarse a problemas que tienen varias causas o son la suma de varios problemas. El Diagrama de Pareto permite

seleccionar por orden de importancia y magnitud, las causas o problemas que se deben investigar hasta llegar a conclusiones que permitan eliminarlos de raíz.

La mayoría de los problemas son producidos por un número pequeño de causas, y estas son las que interesan descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora. A estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se las conoce como causas vitales. Las causas que no aportan en magnitud o en valor al problema, se las conoce como causas triviales.

Las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significa que se deban dejar de lado o descuidarlas. Se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales. Una vez eliminadas éstas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales. Ver figura siguiente.



Para construir el diagrama de Pareto se pueden seguir los siguientes pasos:

Paso 1

En el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán necesarios y la forma de clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

Paso 2

Preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las búsquedas y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

Paso 3

Clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A,B,C,...) los temas que se han ordenado.

Paso 4

Dibujar dos ejes verticales (izquierdo y derecho) y otro horizontal.

(1) Eje vertical.

- En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde 0 hasta el total acumulado.
- En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde 0 hasta 100%.

(2) Eje horizontal.

Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar. Es allí donde se escribirá el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.

Paso 5

Construir el diagrama de barras.

Paso 6

Marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.

Paso 7

Escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, período comprendido y número total de datos.

Resumiendo

Un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente.
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora.

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas, las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada basta para detectar cuales son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La

experiencia demuestra que es más fácil reducir a la mitad una barra alta, que reducir una barra de poca altura a cero.

Para mayor claridad se examina un caso como ejemplo.

Se supone que en un departamento de montaje en una industria se producen determinadas fallas. Se aplicará el diagrama de Pareto con las siguientes fases.

*** Paso 1:** Decidir cómo clasificar los datos

Se pueden clasificar por tipo de problema, por cadena de montaje, por turno de trabajo, por fase de trabajo, etc. Se establece por tipo de problema.

*** Paso 2:** Elegir el período de observación.

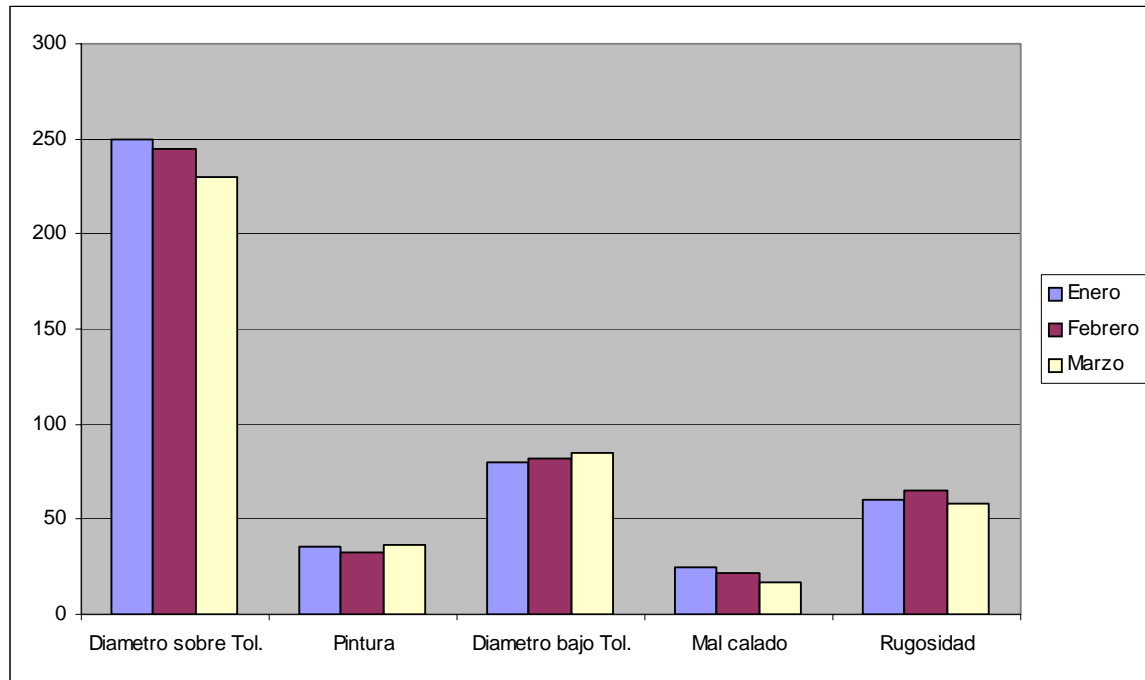
En el caso del ejemplo dependerá de la cantidad de productos fabricados. Si la cantidad diaria es elevada, será suficiente un período breve, por el contrario, cuando la producción es reducida será necesario un período más prolongado.

Se decide realizar el relevamiento por 3 meses.

*** Paso 3:** Obtener los datos y ordenarlos.

En ésta fase se tendrá que preparar una hoja para recoger los datos según las pautas establecidas en las fases precedentes: tipo de problema y un período de 3 meses.

TABLA					
Num.	Defecto	Meses			Total
		Enero	Febrero	Marzo	
1	Diámetro sobre Tol.	250	245	230	725
2	Pintura	36	33	37	106
3	Diámetro bajo Tol.	80	82	85	247
4	Mal calado	25	22	17	64
5	Rugosidad	60	65	58	183
TOTAL					1325

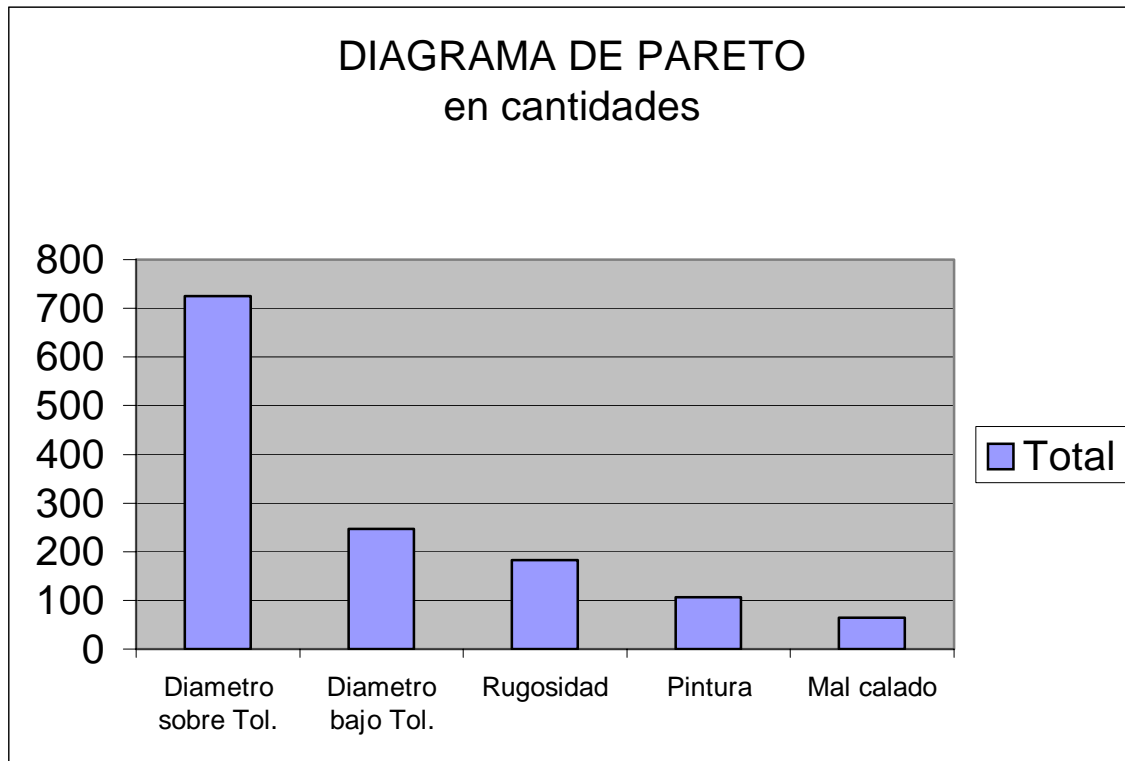


A **continuación** se procede a ordenar los conceptos por orden de importancia en una tabla como se muestra en la figura, el defecto más numeroso se dispone en primer lugar, en segundo lugar el defecto que le sigue por orden de frecuencia, y así sucesivamente, etc. En la última columna se indica la cantidad total de problemas.

TABLA		
Num.	Defecto	Total
1	Diámetro sobre Tol.	725
3	Diámetro bajo Tol.	247
5	Rugosidad	183
2	Pintura	106
4	Mal calado	64
TOTAL		1325

*** Paso 4:** Preparar los ejes cartesianos para el diagrama.

En el eje **X** se dispondrán los tipos de defectos y en el **Y** las cantidades de defectos. Se pueden graficar los problemas según las cantidades o en función de los porcentajes con respecto al total de problemas.



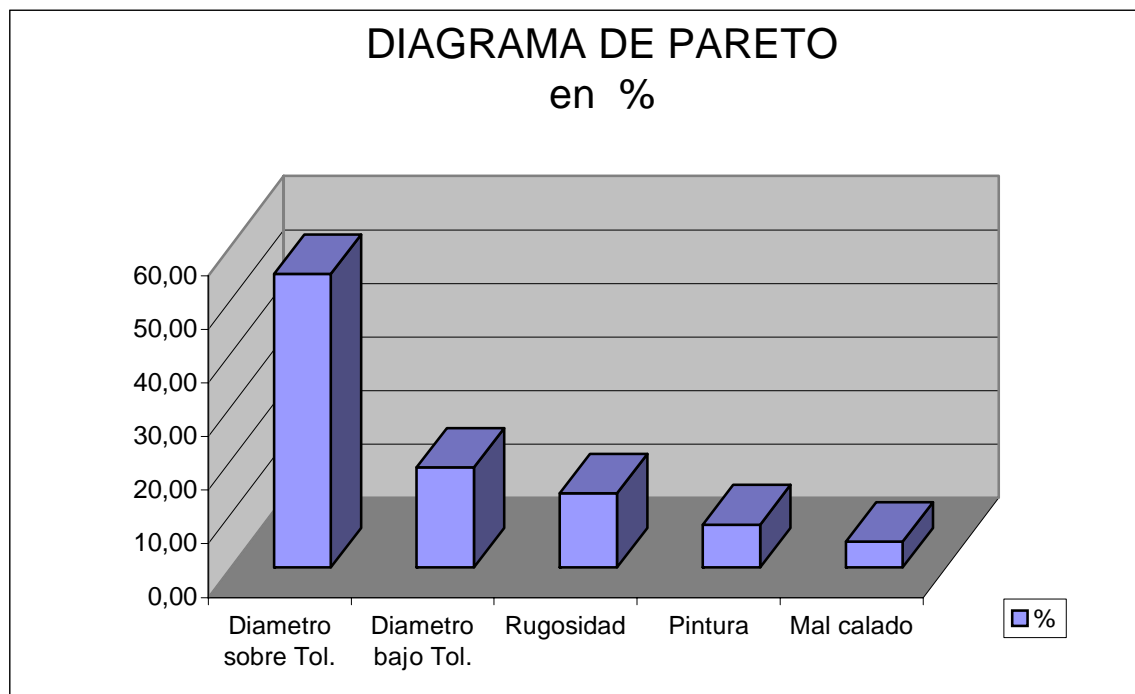
Los defectos se ordenan en forma similar a la tabla, en orden de mayor a menor frecuencia. Para definir la escala del eje Y, se tiene que considerar que el valor más grande corresponde al primer defecto, según lo determinado, y será la base para la escala de valores absolutos o porcentual. El eje X se divide proporcionalmente según la cantidad de grupos de problemas a graficar, en el ejemplo son 5 grupos.

Paso 5: Diseñar el diagrama.

Se procede a representar en escala, con bastones los valores absolutos y/o porcentuales que se han determinado en la tabla.

Otra forma de visualizar los problemas es proceder a ordenar también los conceptos por orden de importancia en una tabla y en la última columna se indica la cantidad en porcentaje.

TABLA		
Num.	Defecto	%
1	Diámetro sobre Tol.	54,72
3	Diámetro bajo Tol.	18,64
5	Rugosidad	13,81
2	Pintura	8,00
4	Mal calado	4,83
TOTAL		100



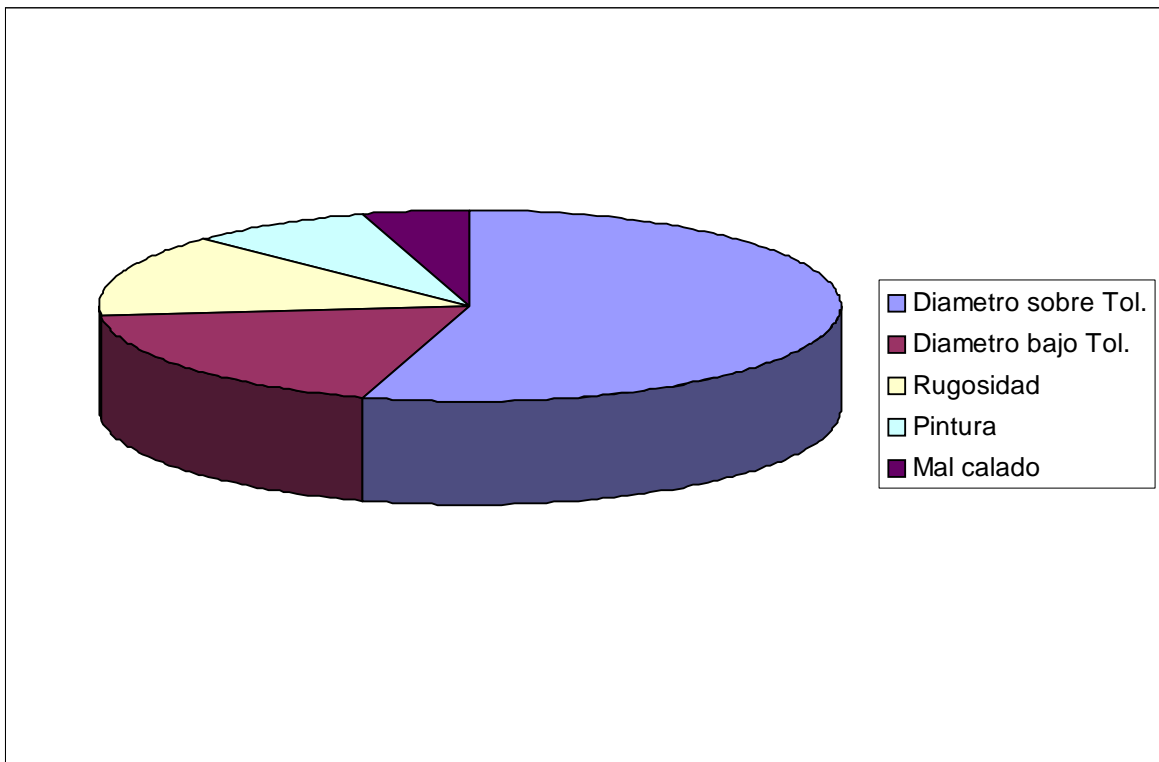
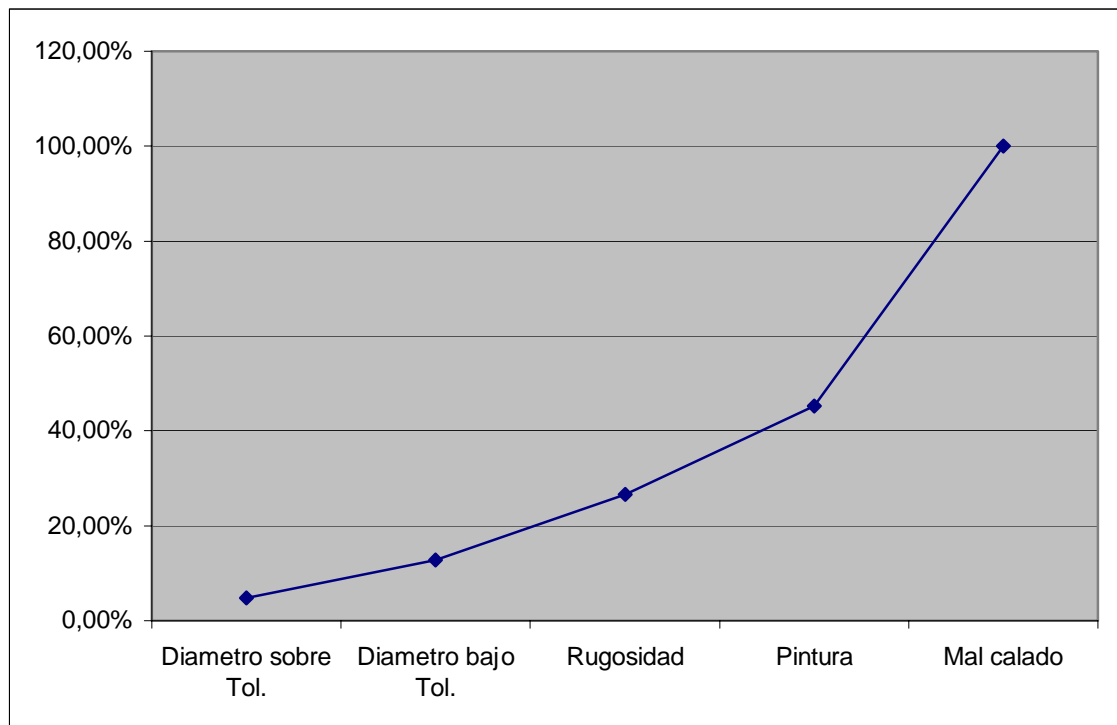
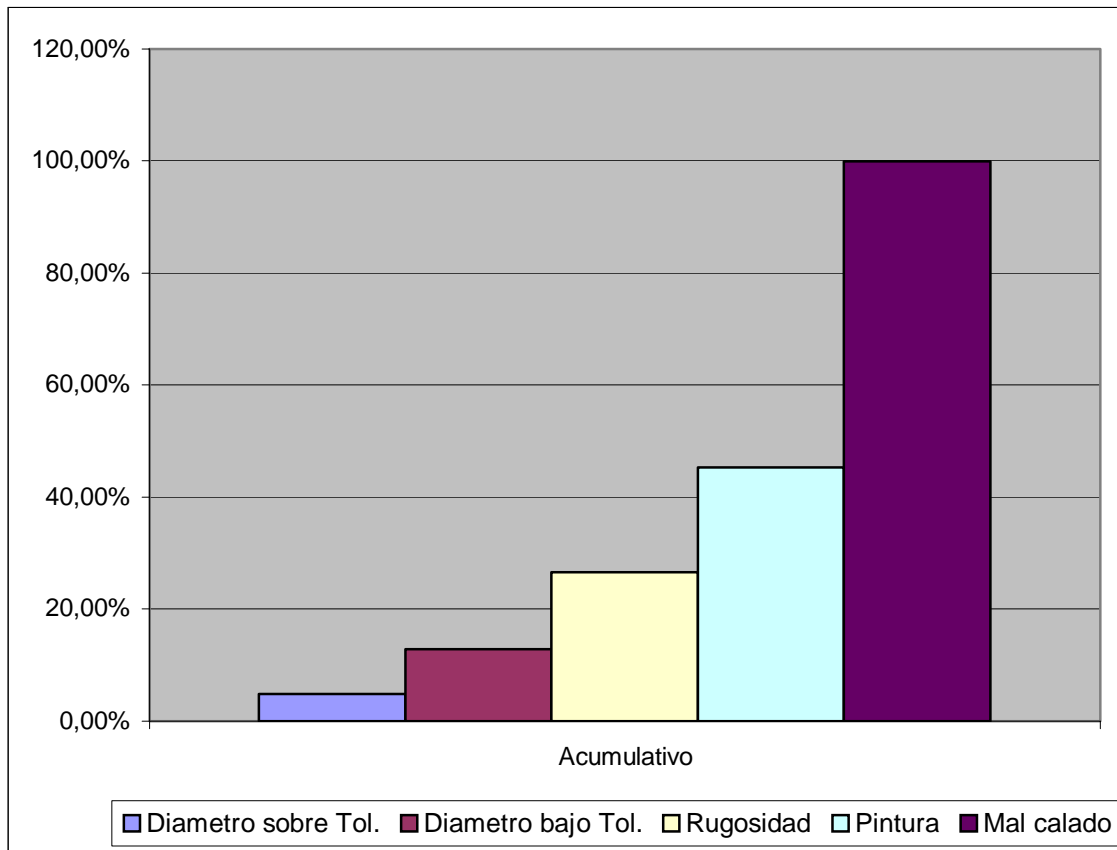


TABLA		
Num.	Defecto	Acumulativo
1	Diámetro sobre Tol.	4,83%
3	Diámetro bajo Tol.	12,83%
5	Rugosidad	26,64%
2	Pintura	45,28%
4	Mal calado	100,00%

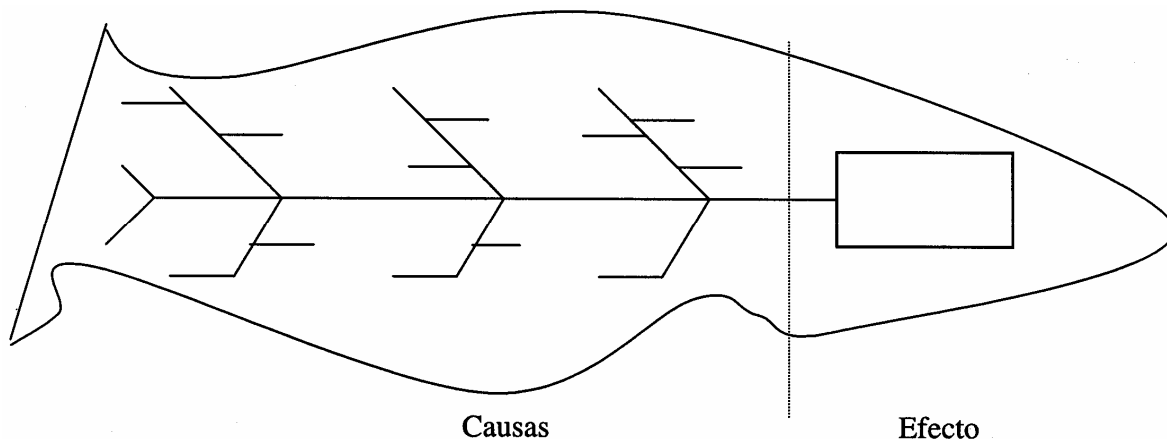


El Diagrama Causa-Efecto

Este diagrama se **utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar.**

Todo tipo de problema, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a éste tipo de análisis.

Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de Diagrama de espina de pescado. También se lo llama como Diagrama de Ishikawa que es quién lo impulsó.



Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles **causas** que producen el problema. Un eje central se dirige al **efecto**. Sobre el eje se disponen las posibles **causas**. El análisis causa-efecto, es el proceso mediante el cual se parte de una definición precisa del efecto que se desea estudiar. Posteriormente, se disponen todas las causas que pueden provocar el efecto. A las causas conviene agruparlas por tipos, al modo de ejemplo las originadas por motivos eléctricos, otras por elementos mecánicos, hidráulicos, etc. Cada grupo se dispone en un subeje.

El análisis causa-efecto puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa-efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido.

La definición del efecto que se desea estudiar representa la base de un eficaz análisis. Efectivamente, siempre es necesario efectuar una precisa definición del efecto objeto de estudio. Cuanto más definido se encuentre éste, tanto más directo y eficaz podrá ser el análisis de las causas. Así si el motor del automóvil no arranca, ¿cuáles pueden ser las causas de la falta de arranque? Evidentemente, las causas posibles pueden ser múltiples.

Si se definiera el efecto como, el motor no arranca cuando esta muy frío y el vehículo se encuentra a la intemperie, en este caso el análisis será más preciso y estamos eliminando una serie de causas que no corresponden a la situación del vehículo. Invertiendo el razonamiento se puede decir que cuando más indefinido se exprese el efecto que se desea estudiar, tanto más amplio e indeterminado

será el diagrama causa-efecto y por lo tanto, más vago y de mayor complejidad el análisis y resolución del problema.

Cuando se tiene bien definido el efecto que se desea estudiar, se puede proceder a las dos fases sucesivas si se tiene la prudencia de separar la fase segunda -construcción del diagrama- de la fase tercera -análisis y valoración de las diversas causas-.

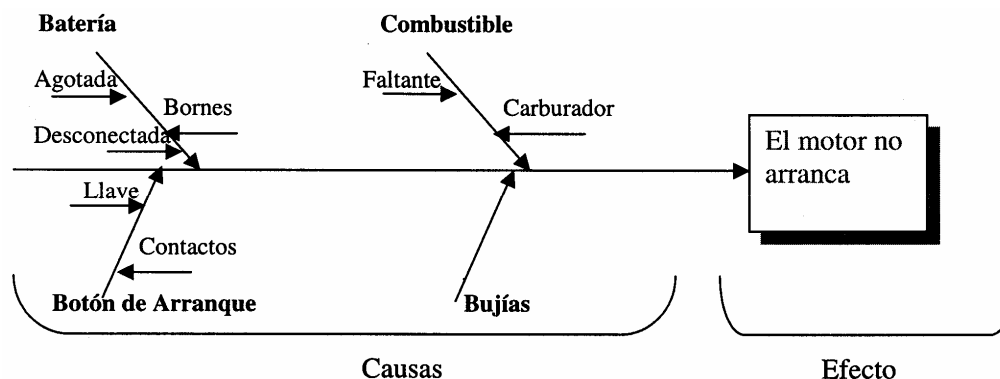
De este modo es posible garantizar que la definición de las posibles causas sea innovadora y creativa, mientras que el análisis crítico de las causas debe ser lo más realista posible. En realidad cuanto más ideas y sugerencias contenga el diagrama causa-efecto, tanto más eficaz será para la determinación de la causa o las causas (ya que el problema puede ser originado por más de una).

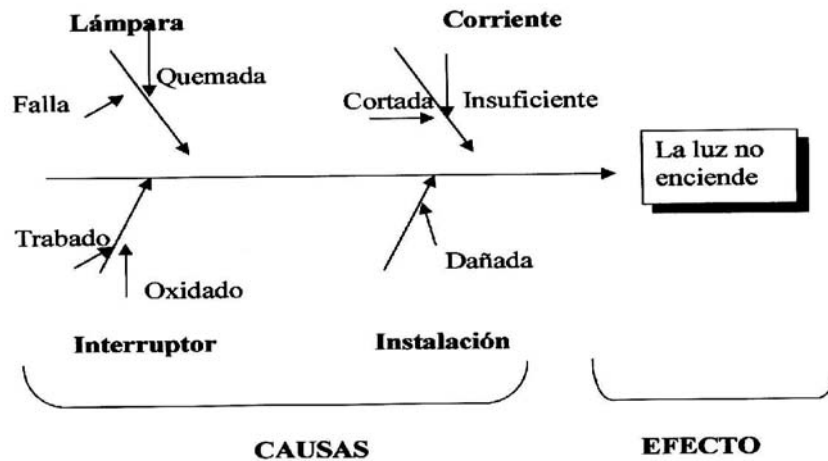
Construcción del Diagrama Causa-Efecto

La construcción del diagrama causa-efecto se inicia escribiendo el efecto que se desea estudiar en el lado derecho de una hoja de papel. A ello debe seguir la búsqueda de todas las posibles causas que sobre él influyen.

Para esa búsqueda se pueden seguir **tres métodos**, que se diferencian por la forma en que se realizan. Son los siguientes:

- Método por **Clasificación de las Causas**.
- Método por **Fases del Proceso**.
- Método por **Enumeración de las Causas**.





Método de las 5 M

Conforme al presente método se procede a analizar el problema y a definir las posibles causas, generalmente este proceso se realiza con el grupo de trabajo encargado de la resolución del problema.

Para la aplicación de este método se sigue un orden para considerar las causas de los problemas, partiendo de la premisa que estas, están agrupadas según cinco criterios y por ello se denomina de las **5 M**.

Las **M** corresponden a:

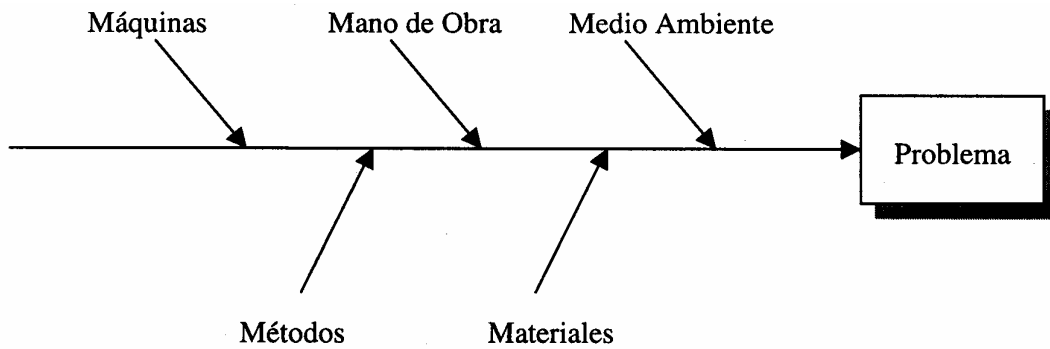
- **Máquinas**
- **Mano de Obra**
- **Métodos**
- **Materiales**
- **Medio Ambiente**

Las 5 M suelen ser generalmente un punto de referencia que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto.

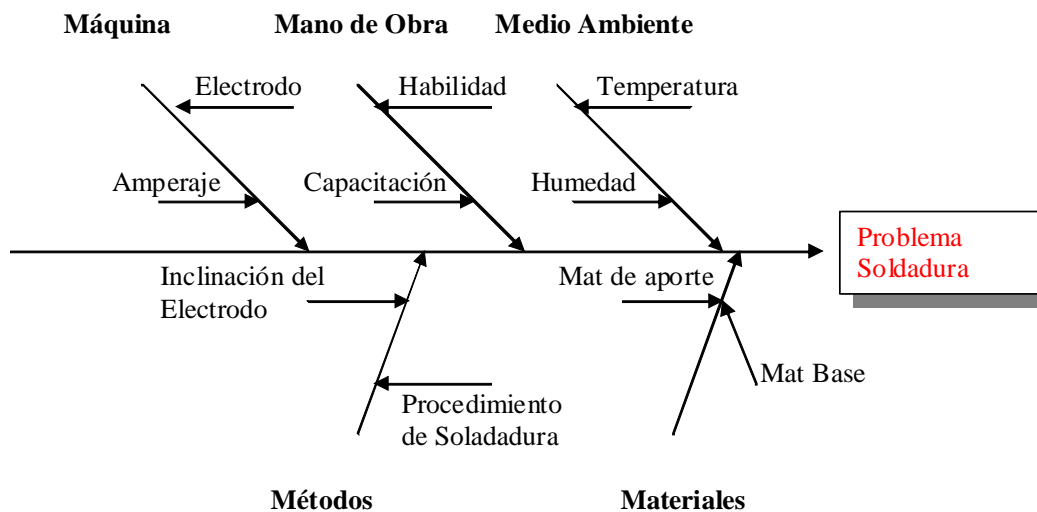
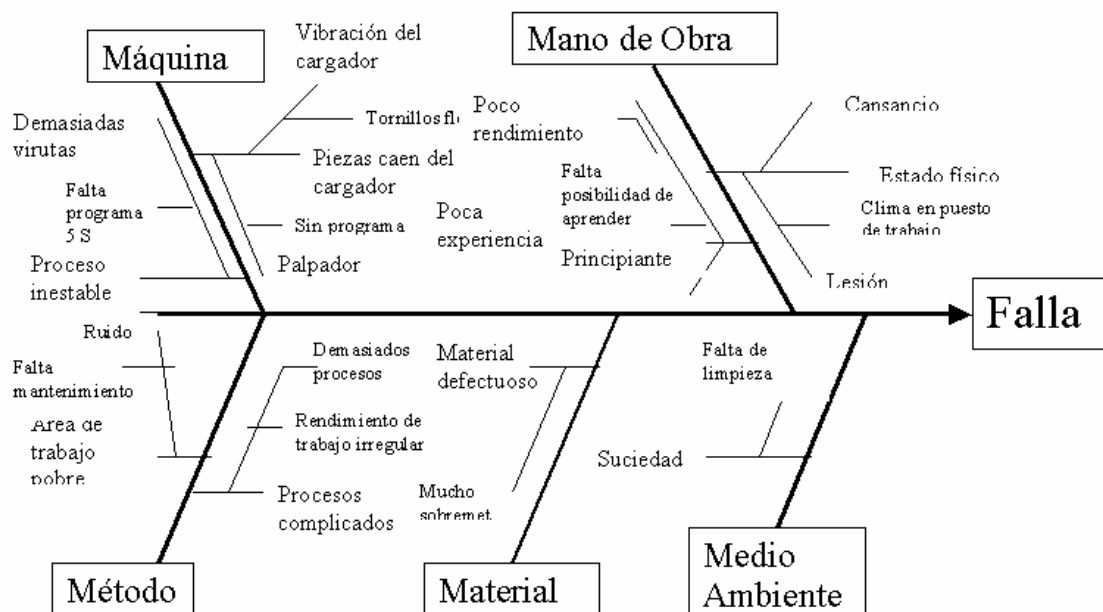
Estructura Básica de las 5 M

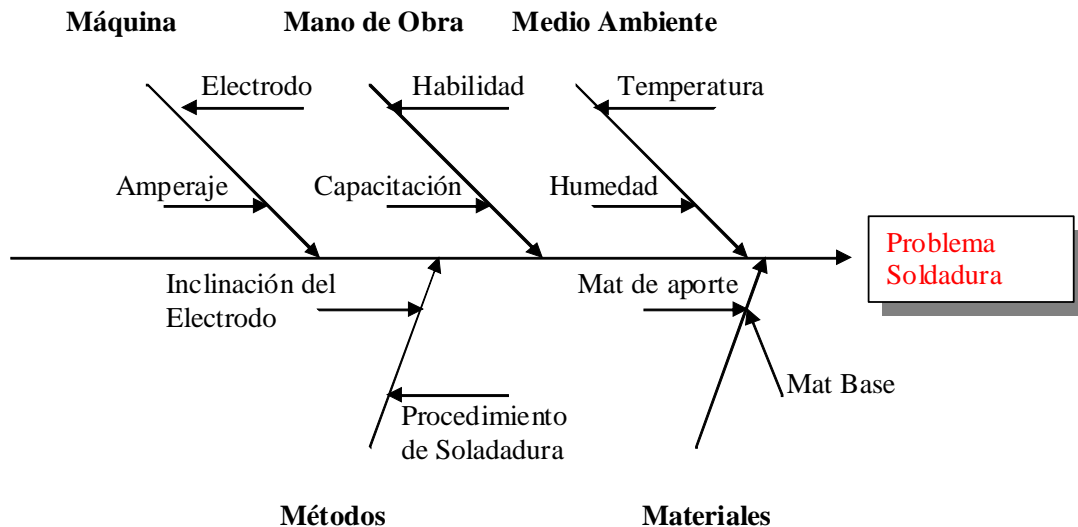
A continuación se puede proceder una “Lluvia o Tormenta de Ideas” -Brainstorming-, que consiste en generar tantas ideas como sea posible dejando que el pensamiento creativo de cada persona del grupo las exponga libremente.

Las subdivisiones en base a las 5 M, además de organizar las ideas, estimulan la creatividad. En ésta fase quienes intervienen deben liberarse de preconceitos, en caso contrario se puede condicionar la búsqueda a las soluciones que ya se han propuesto o probado y que no han aportado la solución. Las causas sugeridas se incluyen situándolas en el brazo correspondiente. En el ejemplo se ilustra con algunas de las posibles causas en forma genérica.



Ejemplos del diagrama de las 5 M



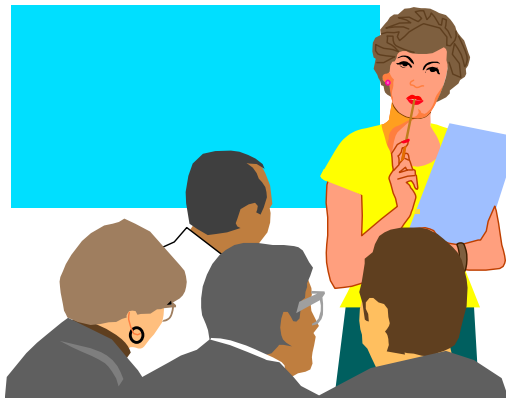


Método Brainstorming

Este método **Brainstorming** que traducido a nuestro idioma significa “**Tormenta de Ideas**” consiste básicamente en que todos los participantes expongan sus ideas, que las mismas sean anotadas, luego comentadas, para finalmente llegar a conclusiones.

Para llevar a cabo ésta actividad es conveniente establecer un orden de prioridades, y seguir los siguientes pasos:

Nombrar a un **moderador del grupo**, quien debe asegurar que todos comprendan el problema. Será el encargado de observar que se anoten las ideas que se propongan en un lugar visible, preferentemente construyendo el diagrama.



- Antes de iniciar la propuesta de ideas, dar 5 a 6 minutos en **silencio** pensando en el **problema** en forma **individual**.
- Por turnos, **cada miembro enuncia una idea**. No se permiten comentarios ni críticas. En ésta etapa sólo pueden intervenir el encargado de anotar las ideas y a quien le corresponde el turno.
- Cuando alguno de los participantes no tenga idea para sugerir, el moderador esperará poco tiempo y pasará al turno de quien continua. Cuando las ideas hayan comenzado a agotarse -aproximadamente a los 30 minutos-, el grupo analiza y discute las ideas anunciadas. Las ideas duplicadas o relacionadas se agrupan. Se pueden descartar las ideas que no tienen fundamento serio, siempre sin realizar críticas.

- De todas las ideas **se analizan cuáles pueden ser las más probables**. Se puede aplicar el diagrama de Pareto y sobre las causas que concentran la atención, realizar un relevamiento de datos.

En algunos casos la causa puede estar en más de alguna categoría, según la decisión del grupo se la dispone por mayoría en las distintas categorías o en la que se considere más indicada.

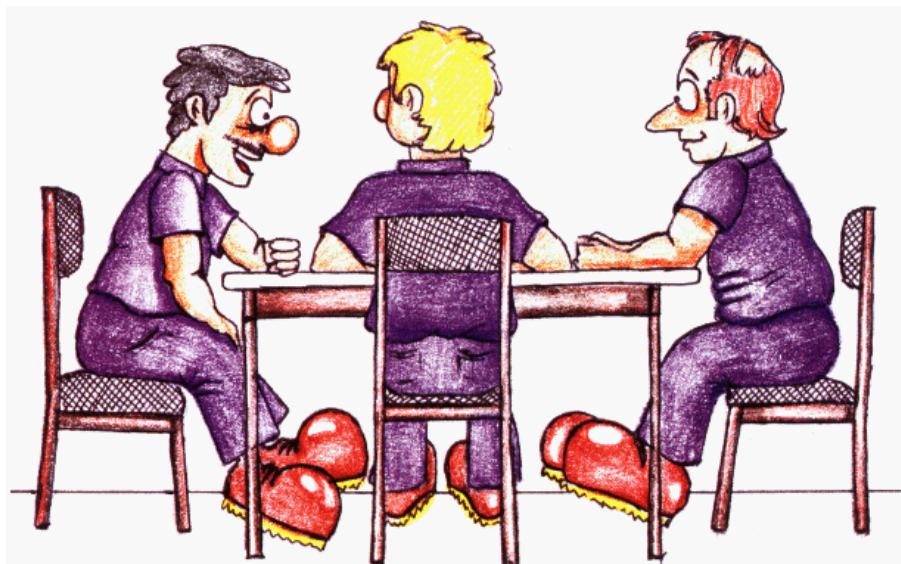
La revisión directa del diagrama puede impulsar al grupo a decidir una profundización de la investigación en un área determinada.

Las herramientas básicas para la resolución de problemas

Las herramientas básicas que más se utilizan para ayudar a definir un problema son las listas de comprobación y los diagramas de flujo.

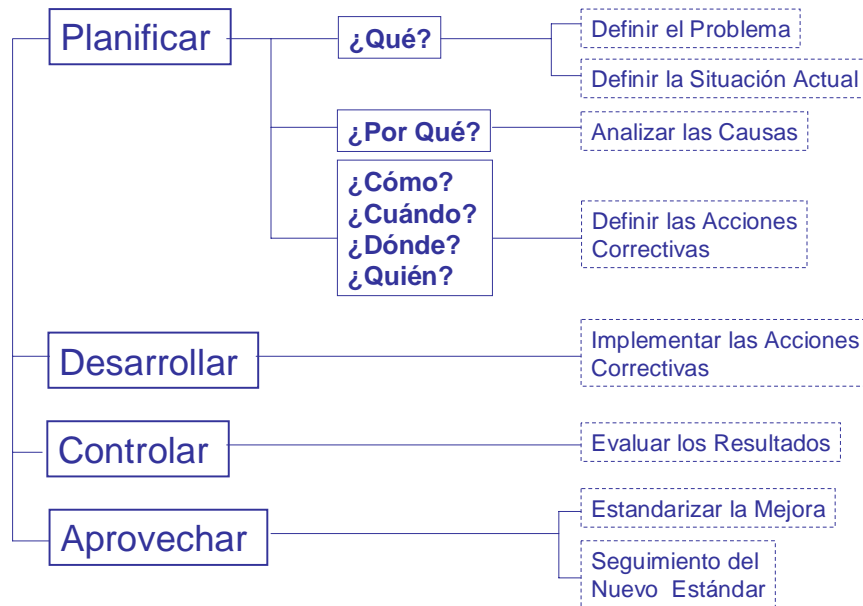
Lista de Comprobación

¿Qué?	¿Cuál es el problema? ¿Qué se ha observado?
¿Quién?	¿Quién interviene en el problema? ¿Quién está antes o después del problema en el flujo de trabajo?
¿Dónde?	¿Dónde se manifiesta? ¿Dónde se origina?
¿Cuándo?	¿En qué ocasión aparece? ¿En qué momentos y por cuánto tiempo?
¿Cómo?	¿Cómo se manifiesta? ¿Con cuánta frecuencia ocurre? ¿Cuál es la importancia del problema? ¿Cuál es la importancia en tiempo perdido? ¿Cuál es la importancia en costos? ¿Cuál es la importancia en cuanto a la frecuencia?
¿Por qué?	¿Por qué ocurre el problema? Pregunta clave que se debe responder.



Este tipo de consideraciones centra la atención sobre el problema, y contribuye a dar cohesión al grupo de trabajo.

Las 8 Etapas del Ciclo de Progreso



Los diagramas de flujo

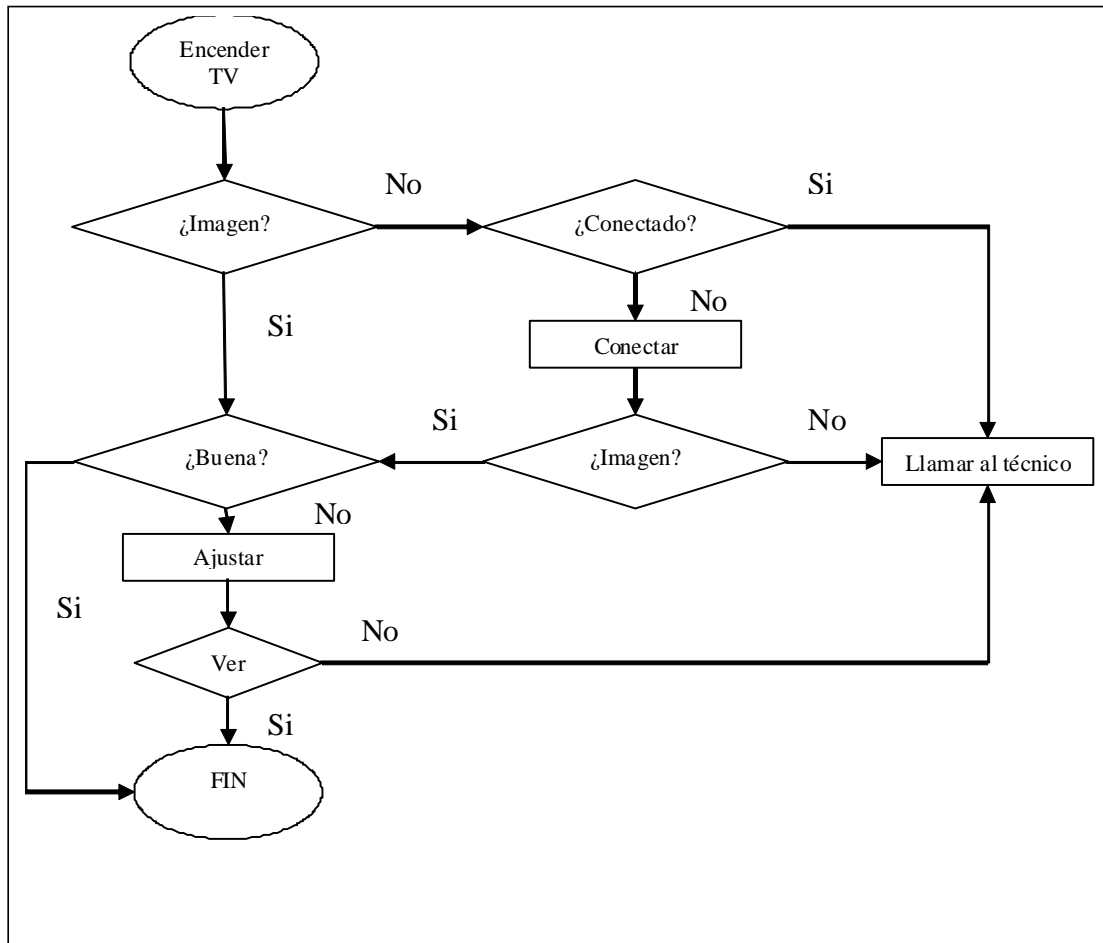
Estos diagramas aportan un medio para asegurar que se entienden todas las etapas del proceso y sus relaciones con la etapa siguiente. Constituye un dibujo que describe el proceso como una serie de actividades, cada una de las cuales está vinculada con la siguiente. La causa del problema puede radicar en cualquiera o en varias de las actividades asociadas al proceso.

Es fundamental conocer las interacciones entre actividades antes de intentar buscar causas posibles del problema.

A continuación se señalan las siguientes etapas:

- definir claramente los límites del proceso
- utilizar los símbolos normalizados
- asegurar que cada paso tenga una salida
- cuando un proceso tiene más de una salida usar bloque de decisión.

El siguiente diagrama ilustra un ejemplo sencillo.



Ejemplo de aplicación:

Como ejemplo, a modo orientativo y conceptual vamos a citar la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento a la firma Kursaal S.A.

Gestión de Mantenimiento en la Planta Kursaal S.A

Esta es una moderna planta procesadora de granito, donde se industrializan materiales extraídos de distintas canteras del país, de la que se obtienen tanto placas de granito natural como baldosas del mismo material.

Dicha planta cuenta con telares de tecnología italiana contruidos en acero y con bastidores en piedra lama. Estos telares cortan el granito natural mediante un movimiento curvilíneo rectilíneo, lo que proporciona una mayor capacidad de corte por hora, todo el resto de maquinarias también son italianas de última tecnología.

Uno de los motivos del gran éxito operacional de Kursaal, especialmente en los aspectos concernientes al desempeño, confiabilidad y seguridad, reside en la política de mantenimiento adoptada.

Además de garantizar la disponibilidad de todos los aspectos del sistema, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, el mantenimiento se responsabiliza por la duración de los equipos en la vida útil prevista.

En este aspecto la mayor preocupación consiste en proponer rutinas y procedimientos para realizar el mantenimiento diferenciado en función de las necesidades específicas de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.



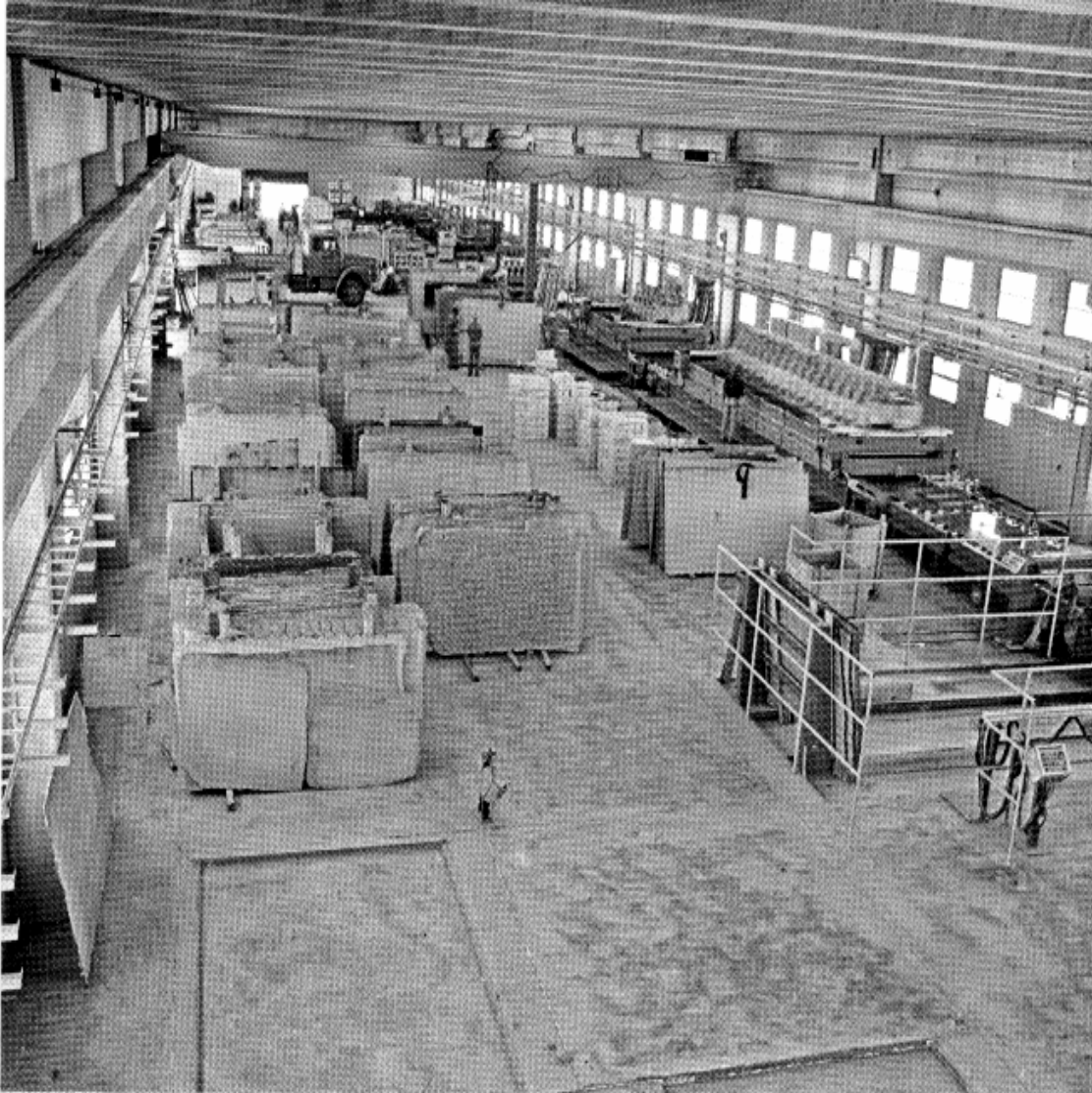
Planta Industria Kursaal.*1

El trabajo del mantenimiento debe ser siempre realizado en todos los elementos físicos del sistema, instalaciones, máquinas y equipos. La implantación del mantenimiento se inicia en la fase de planeamiento y concepción del proyecto, prosigue durante su implantación propiamente dicha y se prolonga durante toda la vida.

*1 Fotografía extraída folleto de la firma Kursaal

Es importante implementar el mantenimiento preventivo desde esta primera fase, ya que este tiene como objetivo asegurar la continuidad y la confiabilidad de los niveles de servicio y garantizar la disponibilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.

En esta fase también deben considerarse los aspectos de seguridad del trabajo que condicionan las características físicas del proyecto, los aspectos que facilitan las actividades de mantenimiento y la incorporación de nuevas técnicas de mantenimiento.



Ala de cortado, pulido y lustrado de la planta industrial Kursaal.*2

La experiencia obtenida en las pruebas permite la consolidación de conocimientos y un proceso de realimentación para las áreas de proyecto.

*2 Fotografía extraída de Folleto de la Firma Kursaal.

Por otro lado, la presencia del mantenimiento en la fase de implantación se realiza sobre todo por la incorporación de nuevas rutinas y procedimientos durante las pruebas de funcionamiento de los equipamientos.

Las estrategias y recursos adoptados y definidos para las actividades de mantenimiento deben ser compatibles con el ambiente técnico económico del emprendimiento.

Claramente existe la necesidad de poder contar con un trabajo de mantenimiento bien estructurado que produzca resultados definidos, controlados y fundamentalmente que atienda con precisión las necesidades de la empresa.



Ala de Telares de la planta industrial Kursaal.*3

Para organizar la logística de mantenimiento es necesario adoptar un conjunto de estrategias básicas.

*3 Fotografía extraída de folleto firma Kursaal.

Estrategias básicas

Suficiencia técnica

La suficiencia técnica en el mantenimiento se obtiene por el conocimiento efectivo del funcionamiento de todas las instalaciones, sistemas, máquinas, equipos y procesos y por el conocimiento de las especificaciones y rutinas operacionales. Esto significa que se tendrá no solamente condiciones para reparar los equipamientos, sino que también habrá condiciones para analizarlos innovando.

La empresa debe preocuparse por conservar y consolidar esos conocimientos multiplicándolos por intermedio de entrenamientos y por tratamiento adecuado de la documentación técnica.

Capacidad en recursos humanos

Para tener capacidad con los recursos humanos hay que disponer de:

- a) procesos de trabajos bien definidos
- b) mano de obra calificada y entrenada
- c) capacitación permanente

Por ahora dejamos enunciado el tema, que trataremos exhaustivamente en la unidad 7.

Asegurar la obtención de niveles de calidad

Para tener seguridad sobre la calidad de los trabajos, es fundamental contar con los procedimientos estructurados y con mecanismos de control que nos permitan identificar desvíos y tomar las decisiones que garanticen la realización de los objetivos propuestos. Los mecanismos de control deben tener como base la comparación sistemática de los resultados del desempeño técnico de los equipamientos y la aplicación de recursos, versus los índices de referencia especificados.

Ser económicamente factible

Cuando se garantiza la suficiencia técnica y la calidad de los trabajos, es factible conocer las necesidades técnicas del mantenimiento para asegurar el correcto desempeño de las funciones de cada equipamiento.

De esta manera es posible determinar con qué procedimientos, con qué recursos y prioridades deberá ser realizada cada actividad, de la misma manera podremos determinar con qué tipo de mano de obra.

El adecuado dimensionamiento de las rutinas y de los procedimientos de mantenimiento es lo que determina la cantidad de recursos a ser aplicados y por lo tanto su costo.

Organización

Consiste en la elaboración de normas generales donde se indican los procedimientos a ser seguidos. La elaboración de las normas comienza con la identificación y análisis de las situaciones de trabajo y de los métodos adoptados; sigue con los estudios de instalaciones y equipamientos.

En esta etapa debe preverse la mecanización y control de los procesos para permitir decisiones rápidas.

Programación y control de los servicios

Esta fase consiste en la definición y cumplimiento de las tareas diarias que se realizarán en los equipamientos y sistemas sometidos a mantenimiento.

Los principales objetivos son:

- a) especificar las actividades diarias que cada equipo de trabajo deberá efectuar
- b) compatibilizar las necesidades del mantenimiento con las características de los equipamientos de acuerdo a los procedimientos del mantenimiento y a los recursos disponibles
- c) garantizar el uso homogéneo de los recursos, evitando excesos o faltas
- d) garantizar el cumplimiento de las actividades a ser ejecutadas de forma lógica, sin superposiciones y sin restricciones de naturaleza técnica, operacional o administrativa
- e) verificar si las actividades previstas y las tareas fueron cumplidas adecuadamente, tanto cuantitativa como cualitativamente

La principal preocupación es la de programar el mantenimiento de cada componente con el objetivo de maximizar su utilización.

La periodicidad en la aplicación del mantenimiento preventivo tiene como consecuencia inmediata la disminución del tiempo de inmovilización del equipo y el correspondiente aumento de su disponibilidad, menos exigencia de mano de obra, mejor aprovechamiento de materiales.

Los resultados del desempeño se pueden medir en función de:

- grado de confiabilidad
- disponibilidad de los equipos y sistemas
- envejecimiento de los equipamientos

Para establecer los procesos de trabajo, se comienza por el análisis técnico de cada equipamiento que integra el sistema, es decir el conocimiento técnico y el tratamiento analítico de la historia de su utilización como intervenciones y desempeño por hora de uso. De ese proceso analítico se obtiene una lista de actividades de mantenimiento con sus respectivas periodicidades.

Otro factor importante es la calidad y cantidad de la mano de obra, que deberá estar compatibilizada con la demanda de trabajo requerida por las actividades de mantenimiento para evitar picos u ociosidades de trabajo.

Para operar el proceso, también debe considerarse el entrenamiento del equipo técnico, la supervisión de la implantación, la concepción técnica y ejecutiva del control.

Problemas Propuestos

- 1) ¿Cuál es la importancia que tiene la aplicación de mantenimiento?
- 2) Indique cuáles son las variables de mantenimiento.
- 3) ¿Cuándo existe una falla?
- 4) Defina fiabilidad.
- 5) Que nos indica la mantenibilidad.
- 6) ¿En qué se basa el diagrama de Pareto?
- 7) ¿Cuál es el criterio de las 5 M?
- 8) Que aporta el diagrama de flujo para la resolución de un problema.