

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Calidad Total Aplicada
en la
Industria
de la
Construcción

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el Título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Roberto Suárez Valencia

Asesor de Tesis:
Ing. Leovardo Villaseñor S.

Morelia, Mich.

Mayo 2006

Agradecimientos:

Primeramente a Dios Nuestro Señor por haberme permitido llegar a esta instancia de mi vida y por que ha permitido sea llena de alegrías y sobre todo por haberme dado una Familia hermosa, que sin ellos no habría llegado hasta aquí.

A mis Padres Roberto y Pina por que han sido siempre mi apoyo, por su paciencia, por su entrega incondicional, por que son mi modelo a seguir, pero sobre todo por su amor.

A mis hermanas Josefina Araceli y Alicia, por estar siempre ahí, animándome, preocupándose y buscando lo mejor para su hermano pequeño, simplemente por ser las mejores hermanas.

A mis Sobrinas María José y Regina, por ser mi alegría constante y mi motivación para seguir adelante.

A mis queridos Abuelitos Ramón y Alicia, Abuelita Jose, a todos mis Tíos, Padrinos y Primos, a mi cuñado Héctor Ortiz; por ser todos parte muy importante de mi vida y por brindarme su apoyo cuando lo he necesitado.

A mi cuñado Miguel Ángel Montoya por su apoyo invaluable para lograr esta meta, por estar siempre cuando lo necesité y por esas desveladas para explicarme y ayudarme.

A mis Maestros por su valiosa ayuda y por sus conocimientos compartidos.

En especial al M. en A. Ing. Leovardo Villaseñor Santoyo por ser en primer término mi amigo, mi asesor, por su paciencia, por su ayuda, y principalmente por transmitir el deseo de lucha y mejora.

A la FIC de la UMSNH por ser el medio a través del cual pude llegar a esta meta.

A Mis Amigos y Compañeros, por su amistad sincera y desinteresada, entrega, respeto y apoyo, que siempre son un aliento en el camino, y por los grandes momentos compartidos.

Al Regnum Christy y a la Legión, por ser una base fundamental en mi formación como católico y como ciudadano.

Y en el mismo orden a todos, por darme el Ser, Ayudarme a Ser y contribuir en mi formación.

Muchas Gracias.

Índice

TEMA	PAG.
CAPÍTULO I	Introducción a la Calidad Total.....1
CAPÍTULO II	Método Deming.....35
	a) Factor de Reacción al Cambio.....42
	b) Liderazgo.....44
CAPÍTULO III	Descripción de las Herramientas de la Calidad.....50
	a) Diagrama de Flujo.....53
	b) Hojas de verificación.....53
	c) Histogramas.....57
	d) Diagramas de Pareto.....60
	e) Diagramas de Causa Efecto.....69
	f) Gráficas de Dispersión.....76
	g) Gráficas de Control.....81
CAPÍTULO IV	Aplicación de las Herramientas de la Calidad;.....87
	Caso específico en la obra
	“Campus UVAQ, Tacámbaro Mich.”
CAPÍTULO V	Conclusiones.....104
	Bibliografía.....105

CAPÍTULO 1.

Introducción a la Calidad Total

Con bastante frecuencia, hemos oído o leído la palabra "calidad". "Es un producto de calidad", "en nuestra empresa hacemos calidad", "certificado de calidad ISO 9001", "calidad total", "control de calidad", "jefe de calidad", "departamento de calidad", "garantía de calidad", etc.

Las definiciones de "calidad" que podemos dar, no siempre coinciden, pero... ¿"calidad" nos suena siempre a algo bueno?, ¿a algo que nos parece positivo? Encontramos aceptable que un producto "de calidad" se venda mas caro y bien.

Nos parece que lo lógico que una empresa "de calidad" tenga éxito. Si observamos en qué ocasiones se usa esta palabra, veremos que casi siempre se utiliza para calificar positivamente a un producto (o a un servicio), a una empresa (o a una parte de ella).

Es decir, existen "productos de calidad" (buenos productos), y "empresas de calidad" (buenas empresas). Empecemos por el producto: ¿Qué es un producto de calidad?.

Seguramente pensamos en contestar, "un producto bueno es el que sirve para lo que está fabricado", pero si nos hacen precisar más, ¿que decimos?, tal vez algo así como "un producto que responde a las necesidades del que lo ha comprado", "que no falla", "que cumple", "que dura", etc.

Aceptándolo así, pasemos ahora a definir que es una "Empresa de Calidad". De forma practica, podemos considerarla también como un producto (como una gran máquina) y modificando mínimamente lo que hemos dicho para definir el producto calidad, diríamos entonces que "una Empresa de Calidad es una empresa buena, que sirve para lo que está establecida", "que responde a las necesidades de sus clientes", "que no falla", "que cumple", "que no quiebra", etc. Sí efectivamente, se parece mucho, tiene mucha relación y la tiene porque "la Calidad" tiene que ver con los productos, los servicios y con las empresas.

¿Qué es la calidad?

Para algunos es un estilo de vida, para otros, es el sinónimo de lo bueno; en el ámbito de las empresas se le conoce como la buena gestión empresarial y por tanto, de buenos productos, servicios satisfactorios y competitivos. En pocas palabras se trata de conseguir la máxima satisfacción y efectividad a través de la mejora constante del proceso productivo.

Si por ejemplo, una Empresa fabrica pantalones y obtiene un certificado de calidad, ello no necesariamente implica que esos pantalones sean mejores que los de la Empresa de la competencia que no tienen el certificado, simplemente quiere decir que en esta compañía se trabaja con un programa de nivel de excelencia determinado y que se cumple de forma estable. De ello solemos deducir que los pantalones que fabrica la empresa con certificado, tienen una calidad constante y por eso son buenos.

La implantación de un sistema de calidad es cosa de todos, y a todos beneficia: a empresarios, trabajadores y clientes. Sin embargo es un proceso complicado, relativamente largo y puede ser costoso, ya que requiere una importante inversión en tiempo y formación. Además implica el rechazo de un principio muy arraigado: el de la rentabilidad inmediata. Los datos hablan por sí solos: el 60%

de las empresas que inician un procedimiento de este tipo lo abandonan al cabo de dos años.

Origen de la calidad.

Como ya nos hemos acostumbrado, no sorprende saber que los japoneses fueron los pioneros en la aplicación de los conceptos de calidad. La II Guerra Mundial dejó la economía nipona en una situación catastrófica, con unos productos poco competitivos que no tenían cabida en los mercados internacionales. Los japoneses no tardaron en reaccionar, se lanzaron al mercado gracias a la adopción de los sistemas de calidad. Los resultados fueron que Japón registró un espectacular crecimiento.

La iniciativa nipona pronto se transmitió a otras zonas del planeta. Europa tardó algo más, pero también fueron los años 80 los del impulso definitivo.

En 1988 nace la European Foundation for Quality Managment (EFQM), organización que apuesta por los modelos de Gestión de Calidad Total (GCT o TQM), estrategias encaminadas a optimizar los recursos, reducir costos y mejorar los resultados, con el objetivo de perfeccionar constantemente el proceso productivo.

Algunas Definiciones de Calidad:

La Real Academia de la Lengua Española dice:

Calidad: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. Por ejemplo: Esta tela es de buena calidad.

Una definición de calidad muy acertada es:

"Hacer las cosas bien a la primera y mejorarlas constantemente a fin de dar satisfacción a los clientes".

Calidad Total

Del concepto de "Calidad" se ha evolucionado al de "Calidad Total" y de ahí al de "Administración de la Calidad Total" ¿Cómo se caracteriza la Calidad Total?

A. Principios

- ✓ "La satisfacción del cliente es esencial para mantener una posición competitiva en el mercado. En definitiva, la satisfacción del cliente, en el plano interno y externo, es la fuerza motriz de los esfuerzos por la calidad. Por consiguiente, las empresas deben determinar cuáles son las necesidades de los clientes e implantar procedimientos que permitan satisfacerlas"
- ✓ "Los directivos principales deben actuar con determinación para establecer la calidad como valor fundamental que ha de incorporarse a las normas administrativas de la compañía"
- ✓ Los conceptos de calidad han de exponerse claramente e integrarse plenamente a todas las actividades de la compañía.
- ✓ Los directivos principales deben establecer un ambiente empresarial que permita la participación de todos los empleados para mejorar la calidad.
- ✓ Las compañías deben dirigir su atención a la participación del personal, el trabajo colectivo y la capacitación en todos los niveles. Esta atención deberá reforzar el compromiso del personal a mejorar constantemente la calidad.
- ✓ Los sistemas, para que tengan éxito, deben basarse en un método continuo y sistemático de recopilación, evaluación y administración de datos.

- ✓ Los proveedores deben estar asociados plenamente con dichos principios. La estrecha relación entre proveedores y productores es mutuamente beneficiosa.

B. Factores que satisfacen las Expectativas de los Clientes:

- ✓ “La calidad del producto y el servicio”
- ✓ “La productividad en la cadena de valor”
- ✓ “La efectividad del sistema organizacional”

C. Innovación

- ✓ “La identificación de actividades acordes con las necesidades de los clientes y los requerimientos del mercado”
- ✓ “El ajuste interno de compatibilidades de las acciones que han sido determinadas como respuesta al mercado, aprovechando las sinergias sistémicas y creando incentivos motivacionales de conductas”
- ✓ “El equilibrio que deben tener las actividades diseñadas entre sí y entre el conjunto sistémico, equilibrio que evita tener clientes insatisfechos, tanto externos como internos”
- ✓ “La contratación de personal, el cual debe ser altamente calificado, generador de gran productividad, con hábitos culturales de trabajo en equipo y efectivo en la gestión, con perspectiva globalizadora, y plurifuncionales”
- ✓ “La modificación del pensamiento en la estructura organizacional, sin la cual la estrategia innovadora será de efecto negativo”

Ubicados en el contexto de la estructura organizacional frente a la Calidad Total y algunas de sus características, nos lleva de forma natural a establecer el concepto de la “Administración de la Calidad Total”:

¿Que debemos entender por Administración de la Calidad Total?

He aquí algunas respuestas de los expertos:

- ⇒ “Un sistema de calidad total es la estructura funcional de trabajo acordada en toda la compañía y en toda la planta, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la compañía y planta de las formas mejores y más prácticas para asegurar la satisfacción del cliente con la calidad y costos económicos de calidad”.
- ⇒ “Lo único cierto, es que las empresas que se esfuerzan por alcanzar altos niveles de calidad están por encima de aquellas que no lo hacen. El mercado de hoy se puede caracterizar con una frase "el pez grande se come al pez pequeño" y el pez grande es aquel que brinda a sus clientes los más altos estándares de calidad, no necesariamente el pez grande es una empresa grande, las pequeñas y flexibles empresas de hoy están compitiendo con las grandes y rígidas corporaciones que aun no se han adaptado”.
- ⇒ “La educación tiende a un modelo uniforme basado en la ley del mercado, de carácter empresarial donde se debe manejar los indicadores de productividad, eficiencia y competitividad. El manejo del tiempo y los recursos son fundamentales para generar la máxima rentabilidad, en otras palabras se busca obtener los máximos rendimientos en el menor tiempo y pocos recursos a la vez que se pone de antemano la calidad del producto”
- ⇒ “El problema de la administración de la calidad no está en lo que la gente desconoce de ella, sino en aquello que cree saber. Sobre la calidad, establece que todo mundo es partidario de ella, todo mundo cree que la

entiende, todo mundo piensa que para gozar de ella basta con seguir las propias inclinaciones naturales y, principalmente, la mayoría de las personas sienten que todos los problemas en estas áreas son ocasionados por otros individuos”

- ⇒ "La Calidad se define, se controla, se mejora. No se puede mejorar lo que no se está controlando, y no se puede controlar lo que no se ha definido"
- ⇒ “Modificar la cultura organizacional de una empresa y lograr su fortalecimiento en forma paulatina implica un gran esfuerzo que es difícil de afrontar, sobre todo, por la resistencia que se presenta en cualquier área de la empresa en la que se pretende realizar cambios. Es por ello que se hace necesario diseñar un Plan Maestro que sirva como guía para coordinar todas las actividades que deben desarrollarse para la implantación del sistema, orientadas en primer término a iniciar el cambio, para después consolidar y reafirmar el enfoque de Calidad Total dentro de la organización”
- ⇒ “La administración de la calidad total (ACT) es un método relativamente nuevo en el arte de la administración que trata de mejorar la calidad de una producto y/o servicio y aumentar la satisfacción del cliente mediante la reestructuración de las prácticas de administración acostumbrada”
- ⇒ “Calidad Total es una filosofía y un modelo de gestión altamente integrador, porque provoca tres fenómenos simultáneos: un necesario e importante grado de compromiso de los miembros de la organización, un cambio cultural de fondo - que es a la vez condición y efecto del modelo - y además incorpora - junto con el trabajo en equipo, el empowerment y el commitment - sistemas de medición que la gente autoadministra y les permite controlar por sí mismos la mejora de su propio trabajo...”

- ⇒ "Yo veo muchas empresas que tienen cuatro grupos haciendo TQ, y me pregunto: quiénes hacen Calidad Total, ¿veinte personas sobre dos mil? ¿Por qué no involucran a todo el mundo? Porque es costoso, lleva tiempo, exige más compromiso, no tiene retorno - creen. La pregunta usual es cuánto tiempo se le dedica, y la respuesta general ronda el 5%. Ahí yo me planteo: ¿por qué no como en Japón, que es un 60%? Porque allá entienden que tanto la formación como el modelo de gestión son herramientas competitivas."

- ⇒ "El nivel de calidad que esperan muchos de los consumidores sigue aumentando a medida que los competidores principales elevan sus normas de calidad"

- ⇒ "... , actualmente la calidad total ha tomado tal relevancia y su alcance se distribuye a todos los elementos del sistema administrativo, desde la planeación estratégica, hasta el control de la operación y a lo largo de todos los procesos operativos y de soporte. Por esto, aun y cuando en su origen la calidad total se orientó solamente al control del proceso para asegurar el cumplimiento de las especificaciones del producto, la implantación de un sistema de administración por calidad total debe estar ahora asociada a una revisión, y en su caso a la modificación de los sistemas organizacional y humano, y de todos los procesos esenciales que integran la cadena de valor"

Las anteriores conceptualizaciones a cerca de lo que se entiende por Administración de la Calidad Total nos llevan a otras preguntas fundamentales:

¿De quién es la Responsabilidad de la Calidad? y ¿Quién la califica?

Los teóricos y expertos dicen:

- ⇒ “La calidad del servicio es responsabilidad de toda la organización. Empleados, mandos, dirigentes y todas aquellas personas que (estén o no) en contacto con la clientela, deben participar unidos en una vasta búsqueda organizada de errores, que sólo conseguirá llegar al cero defectos si todos la suscriben con el mismo entusiasmo”

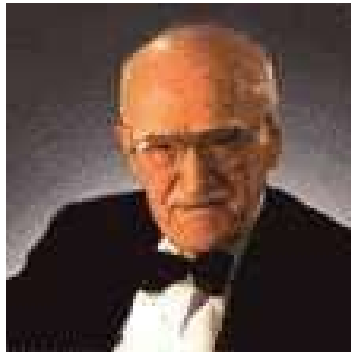
- ⇒ “La calidad la califica el cliente, está basada en su experiencia real con el producto o servicio, medida contra sus requisitos (definidos o tácitos, conscientes o sólo percibidos, operacionales técnicamente o por completo subjetivos) y siempre representa un objetivo móvil en el mercado competitivo”

- ⇒ “Un atributo esencial de la ACT es el entendimiento general de que el cliente es el árbitro final de la calidad. La ACT se basa en la premisa de que el cliente es quien impone y define la calidad. La calidad del producto y del servicio que note el cliente hará aumentar su satisfacción y, finalmente, la demanda”

Estas respuestas sobre el tema de la responsabilidad que nos han llevado al de la calificación de la calidad, motivan a buscar mas antecedentes a cerca de los principios y filosofía de la Calidad Total, encontrando lo expresado por los siguientes autores:

Autores que pregonan Principios de Calidad Total.

Joseph M. Juran.



Nació el 24 de diciembre de 1904 en la ciudad de Braila, Rumania. Fue el precursor de la calidad en Japón. Se le considera el padre de la calidad. Lo más importante es que se le reconoce como quien agregó importancia al aspecto humano en el campo de la calidad es de aquí donde surge los orígenes estadísticos de la calidad total.

A sus 20 años se graduó de Ingeniería Eléctrica. Trabajó en la Lend-Lease Administration donde tuvo contacto con el término de la reingeniería. En 1951 publicó su primer trabajo referente a la calidad, el cual se llamó Manual de control de calidad. Luego de esto contribuyó con las empresas japonesas de mayor importancia asesorándolas sobre la calidad y como lograrla dentro de los procesos de producción. En 1979 se fundó el Instituto Juran, el cual se dedicaba a estudiar las herramientas de la calidad.

La Calidad para Joseph Juran.

Para Juran la calidad puede tener varios significados, dos de los cuales son muy importantes para la empresa, ya que estos sirven para planificar la calidad y la estrategia empresarial. Por calidad Juran entiende como la ausencia de deficiencias que pueden presentarse como: retraso en la entregas, fallos durante los servicios, facturas incorrectas, cancelación de contratos de ventas, etc. Calidad es adecuarse al uso.

Trilogía de Juran.

Este autor presenta una Trilogía considerada como la actividad de desarrollo de los productos y procesos requeridos para satisfacer las necesidades de los clientes y como medio de elevar la calidad a niveles sin precedentes, así:

A. Planificación de la calidad.

- a) Determinar quiénes son los clientes.
- b) Determinar las necesidades de los clientes.
- c) Desarrollar las características del producto que responden a las necesidades de los clientes.
- d) Desarrollar los procesos que sean capaces de producir aquellas características del producto.
- e) Transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas.

B. Control de calidad.

- a) Evaluar el comportamiento real de la calidad.
- b) Comparar el comportamiento real con los objetivos de calidad.
- c) Actuar sobre las diferencias.

C. Mejora de la calidad.

- a) Establecer la infraestructura necesaria para conseguir una mejora de la calidad anualmente.
- b) Identificar las necesidades concretas para mejorar (los proyectos de mejora).
- c) Establecer un equipo de personas para cada proyecto con una responsabilidad clara de llevar el proyecto a buen fin.
- d) Proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos:
 - Diagnostiquen las causas.

- Fomenten el establecimiento de un remedio.
- Establezcan los controles para mantener los beneficios.

Edward Deming.



En 1950 Japón buscaba reactivar su economía ya que esta quedó muy dañada luego de la segunda guerra mundial, por lo tanto estaban abiertos a varias opiniones para lograrlo. Es en esta época cuando Deming llega a Japón y les instruye sobre la importancia de la calidad y desarrolla el concepto de calidad total (TQM). Con el paso del tiempo los Estados Unidos se dio cuenta de los efectos de incluir la calidad en su producción, convirtiendo a Deming en el asesor y conferencista más buscado por grandes empresas americanas. Fue tan grande su influencia que se creó el premio Deming, el cual es reconocido internacionalmente como premio a la calidad empresarial.

La vida de Deming no fue fácil. Nació el 14 de Octubre de 1900, en Sioux City, Iowa. Deming empezó a trabajar cuando tenía ocho años en un pequeño hotel. A la edad de 17, ingresó a la Universidad de Wyoming donde estudio ingeniería, carrera que el mismo pagó. Obtuvo un doctorado en Físicas Matemáticas en la Universidad de Yale donde fue empleado como profesor. Su primer empleo profesional fue en el Departamento de Agricultura en Washington, D.C. Aquí conoció a Walter Shewhart, un estadístico para Laboratorios Bell y sus escritos impactaron su vida y se convirtieron en la base de sus enseñanzas.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Deming enseñó a los técnicos e ingenieros americanos estadísticas que pudieran mejorar la calidad de los materiales de guerra. Fue este trabajo el que atrajo la atención de los Japoneses. Después de la guerra, la Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros buscó a Deming. En Julio de 1950, Deming se reunió con la Unión quien lo presentó con los

administradores principales de las compañías japonesas. Durante los próximos treinta años, Deming dedicaría su tiempo y esfuerzo a la enseñanza de los Japoneses y se convirtió en un país con gran poder económico.

Los americanos se dieron cuenta que sus soluciones fáciles y rápidas no funcionaban. Al contrario de esto Deming estableció que utilizando técnicas estadísticas una compañía podía graficar como estaba funcionando un sistema para poder identificar con facilidad los errores y encontrar maneras para mejorar dicho proceso.

Sus principales aportes a la Calidad fueron los siguientes 14 puntos y las siete enfermedades mortales que aquejan a las empresas:

1. Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio, con el objetivo de llegar a ser competitivos y permanecer en el negocio, y de proporcionar puestos de trabajo.
2. Adoptar la nueva filosofía. Nos encontramos en una nueva era económica. Los diferentes objetivos occidentales deben ser conscientes del reto, deben aprender sus responsabilidades y hacerse cargo del liderazgo para cambiar.
3. Dejar de depender de la inspección para lograr la calidad. Eliminar la necesidad de la inspección en masas, incorporando la calidad dentro del producto en primer lugar.
4. Acabar con la práctica de hacer negocios sobre la base del precio. En vez de ello, minimizar el costo total. Tender a tener un sólo proveedor para cualquier artículo, con una relación a largo plazo de lealtad y confianza.
5. Mejorar constantemente y siempre el sistema de producción y servicio, para mejorar la calidad y la productividad, y así reducir los costos continuamente.
6. Implantar la formación en el trabajo.

7. Implantar el liderazgo. El objetivo de la supervisión debería consistir en ayudar a las personas y a las máquinas para que hagan un trabajo mejor. La función supervisora de la dirección necesita una revisión así como la supervisión de los operarios.
8. Desechar el miedo, de manera que cada uno pueda trabajar con eficacia para la compañía.
9. Derribar las barreras entre los departamentos. Las personas en investigación, diseño, ventas y producción deben trabajar en equipo, para prever los problemas de producción y durante el uso del producto que pudieran surgir, con el producto o servicio.
10. Eliminar los eslóganes, exhortaciones y metas para pedir a la mano de obra cero defectos y nuevos niveles de productividad. Tales exhortaciones sólo crean más relaciones adversas, ya que el grueso de las causas de la baja calidad y la baja productividad pertenecen al sistema y por tanto caen más allá de las posibilidades de la mano de obra.
11. a) Eliminar los estándares de trabajo (cupos) en planta. Sustituir por el liderazgo.
b) Eliminar la gestión por objetivos. Eliminar la gestión por números, por objetivos numéricos. Sustituir por el liderazgo.
12. a) Eliminar las barreras que privan al trabajador de su derecho a estar orgulloso de su trabajo. La responsabilidad de los supervisores debe virar de los meros números a la calidad.
b) Eliminar las barreras que privan al personal de dirección y de ingeniería de su derecho a estar orgullosos de su trabajo. Esto quiere decir, entre otras cosas, la abolición de la calificación anual o por méritos y de la gestión por objetivos.
13. Implantar un programa vigoroso de educación y auto mejora.
14. Poner a todo el personal de la compañía a trabajar para conseguir la transformación. La transformación es tarea de todos.

Las siete enfermedades mortales que aquejan a las empresas

1. La falta de constancia en el propósito de mejorar la calidad.
2. El énfasis en las utilidades a corto plazo, desdeñando la permanencia del negocio en el mercado y las utilidades a largo plazo con una alta probabilidad de mejora continua.
3. Las evaluaciones de méritos o de desempeño individual, que premian las acciones a corto plazo, limitan la planificación a largo plazo, socavan el trabajo en equipo y crean competencia entre las personas de una misma empresa, hasta lograr una compañía con primas donas y feudos en pugna constante los unos contra los otros.
4. La movilidad de la alta dirección, que impide las acciones para la permanencia del negocio a largo plazo.
5. Administrar la compañía basándose sólo en las cifras visibles.
6. Los costos médicos excesivos.
7. Los altos costos de garantía de operación.

Los logros de Deming son reconocidos mundialmente. Se ha establecido que al utilizar los principios de Deming la calidad aumenta y por lo tanto bajan los costos y los ahorros se le pueden pasar al consumidor. Cuando los clientes obtienen productos de calidad las compañías logran aumentar sus ingresos y con esto la economía crece.

Philip B. Crosby.



Crosby es un pensador que desarrolló el tema de la calidad en años muy recientes. Sus estudios se enfocan en prevenir y evitar la inspección se busca que el cliente salga satisfecho al cumplir ciertos requisitos desde la primera vez y todas las veces que el cliente realice transacciones con una empresa. En 1979 se crea la fundación Philip Associates II Inc. la cual se le considera una firma líder en consultorías acerca de la calidad. Se basan en la creencia de que la calidad puede ser medida y utilizada par mejorar los resultados empresariales, por esto se le considera una herramienta muy útil para competir en un Mercado cada vez más globalizado.

Crosby tiene el pensamiento que la calidad es gratis, es suplir los requerimientos de un cliente, al lograr cumplir con estos logramos Cero Defectos.

En las empresas donde no se contempla la calidad los desperdicios y esfuerzos de más pueden llegar del 20% al 40% de la producción.

Para este autor, si se quiere asegurar la Calidad hay que:

- a) Transitar 14 pasos
- b) Tener un “Plan Maestro de Aseguramiento de la Calidad”
- c) Ser estratégico, para lo cual aporta las “Principales estrategias” que él considera pertinentes

a. Su proceso de Mejoramiento de la Calidad en catorce pasos:

1. Comprometerse la dirección a mejorar la calidad.
2. Formación del Equipo de Mejoramiento de la Calidad.
3. Medición de la calidad actual dentro de la organización.
4. Evaluación del costo de la calidad.
5. Conciencia de calidad.
6. Acción correctiva.
7. Establecer un comité ad hoc para el programa cero defectos.
8. Entrenamiento de los supervisores.
9. Día de cero defectos.
10. Fijar metas.
11. Eliminación de la causa de los errores.
12. Reconocimiento.
13. Encargados de mejorar la calidad. Retroalimentación del proceso.
14. Hacerlo de nuevo.

b. Plan Maestro de Aseguramiento de la Calidad.

Según Philip B. Crosby, son tres los enfoques de Calidad Total los que conforman el Plan Maestro para el aseguramiento de la Calidad Total, ellos son:

1. Técnico (Tecnología aplicable)
2. Administrativo (Acciones sistemáticas aplicables a los recursos para optimizar su desempeño).
3. Social (Tomar en cuenta la importancia del ser humano en el desempeño del sistema)

c. Principales estrategias para aseguramiento de la calidad:

El señor Crosby plantea en seis grandes ámbitos, con sus respectivos tópicos, lo que él considera principales estrategias para el aseguramiento de la Calidad Total, así:

1) Análisis del clima organizacional con el fin de:

- ✓ Conocer las actitudes del personal hacia su trabajo y la empresa.
- ✓ Capacitar a los empleados tanto en el ámbito táctico como operativo.
- ✓ Formación del Consejo de Calidad.
- ✓ Dar a conocer el Sistema de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Mantener una constante interacción sistema – directivos – trabajadores durante todas las etapas del modelo.
- ✓ Planear para definir las actividades encaminadas al mejoramiento de la calidad con el fin de asegurar la mayor congruencia entre todas ellas.
- ✓ Evaluar y revisar constante el modelo.
- ✓ Elevar el nivel de calidad y aseguramiento del desarrollo del personal en función de los postulados fundamentales de las filosofías de calidad.

2) Mejoramiento de la calidad y costos para mejorar la posición competitiva de la organización:

- ✓ Rastrear todas las áreas de oportunidad que permitan optimizar los procesos internos.
- ✓ Desarrollar planes específicos de mejora.
- ✓ Estudio y análisis periódico de costos de calidad.
- ✓ Optimizar la aplicación de los recursos con que cuenta la organización.

3) Reconocimiento al logro de los equipos de mejora por hacer bien las cosas, como:

- ✓ Motivar el sentido de realización de los equipos y de los individuos: mejoramiento de la empresa en general, provocando también una serie de actitudes en relación al trabajo, como apatía, actividades desleales, robos hormiga, etc.
- ✓ Realizar Actividades para el reconocimiento.
- ✓ Mantenimiento del desarrollo y satisfacción individual del personal.

4) Control, evaluación y retroalimentación

- ✓ Planeación de auditorias.
- ✓ Medición de resultados.
- ✓ Análisis de desviaciones.
- ✓ Retroalimentación del sistema.

5) Capacitación para incrementar el nivel de calidad del personal de la empresa

- ✓ Implantación de programas de capacitación relacionados con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Capacitación del personal.

6) Difusión

- ✓ Orientar la comunicación en la empresa y la estimulación de su personal hacia el involucramiento con el Sistema de Aseguramiento de la Calidad.
- ✓ Incrementar el nivel de participación del personal en el Sistema.

Kaoru Ishikawa.



La mayor contribución de Ishikawa fue simplificar los métodos estadísticos utilizados para control de calidad en la industria a nivel general. A nivel técnico su trabajo enfatizó la Buena recolección de datos y elaborar una buena presentación, también utilizó los diagramas de Pareto para priorizar las mejoras de calidad, también que los diagramas de Ishikawa, diagramas de Pescado o diagramas de Causa y Efecto.

Establece que los diagramas de causa y efecto como herramienta para asistir los grupos de trabajo que se dedican a mejorar la calidad. Cree que la comunicación abierta es fundamental para desarrollar dichos diagramas. Estos diagramas resultan útiles para encontrar, ordenar y documentar las causas de la variación de calidad en producción.

Otro trabajo de Ishikawa es el control de calidad a nivel empresarial (CWQC). Este enfatiza que la calidad debe observarse y lograrse no solo a nivel de producto sino también en el área de ventas, calidad de administración, la compañía en sí y la vida personal. Los resultados de este enfoque son:

1. La calidad del producto es mejorada y uniforme, se reducen los defectos.
2. Se logra una mayor confiabilidad hacia la empresa.
3. Se reduce el costo.
4. Se incrementa la cantidad de producción, lo cual facilita la realización y cumplimiento de horarios y metas.

5. El trabajo de desperdicio y el rehacerlo, se reducen.
6. Se establece y se mejora una técnica.
7. Los gastos de inspección y pruebas se reducen.
8. Se racionalizan los contratos entre vendedor y cliente
9. Se amplía el Mercado de operaciones.
10. Se mejoran las relaciones entre departamentos.
11. Se reducen la información y reportes falsos.
12. Las discusiones son más libres y democráticas.
13. Las juntas son mas eficientes.
14. Las reparaciones e instalación de equipo son más realistas
15. Se mejoran las relaciones humanas.

La filosofía de Ishikawa se resume en:

- ✓ La calidad empieza y termina con educación.
- ✓ El primer paso en calidad es conocer las necesidades de los clientes.
- ✓ El estado ideal del Control de Calidad es cuando la inspección ya no es necesaria.
- ✓ Es necesario remover las raíces y no los síntomas de los problemas.
- ✓ El control de calidad es responsabilidad de toda la organización.
- ✓ No se deben confundir los medios con los objetivos.
- ✓ Se debe poner en primer lugar la calidad, los beneficios financieros vendrán como consecuencia.
- ✓ La Mercadotecnia es la entrada y éxito de la calidad
- ✓ La Alta Administración no debe mostrar resentimientos cuando los hechos son presentados por sus subordinados.
- ✓ El 95% de los problemas de la compañía pueden ser resueltos con las 7 herramientas para el control de la calidad.
- ✓ Los datos sin dispersión son falsos.
- ✓ Practicar el Control de Calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio para el consumidor.

Continuando con las propuestas de Ishikawa para lograr la Calidad Total, establece que para conseguirla se requiere de un proceso y que este debe ser continuo por lo que introduce el tema de Los Procesos de Mejora Continua.

¿Qué es un proceso?

Es un conjunto de actividades o elementos que se realizan o suceden con un determinado fin.

En la siguiente figura se muestra un esquema que ilustra esto:



Las empresas están enfocadas a desarrollar trabajos en forma individual o en grupos que agregan valor a ciertas entradas; después la salida del trabajo se entrega a un cliente, interno o externo, quien le dará un uso

Cuando se habla de las entradas se puede incluir materia prima, partes semiacabadas, partes subensambladas, información, etc., mientras que las salidas pueden ser partes semiacabadas, partes subensambladas, productos acabados, reportes, etc.

Para poder generar una salida, ya sea un producto o un servicio, generalmente se requiere de cinco elementos o factores básicos:

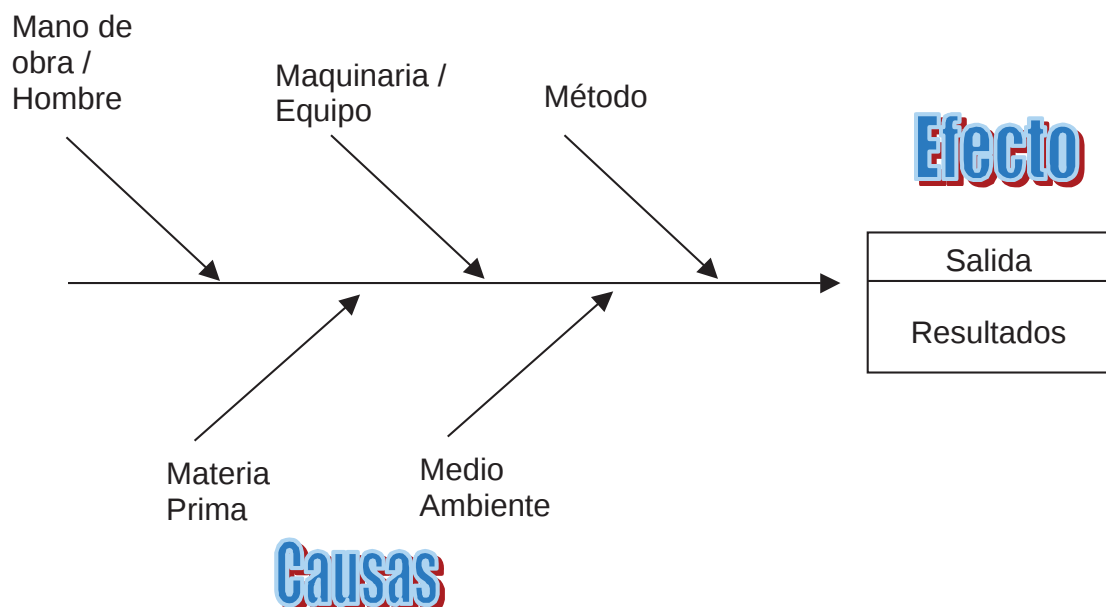
- ✓ **Mano de obra o personal:** Son los responsables de ejecutar el trabajo. La salida se verá afectada dependiendo de las diferencias en las habilidades, el entrenamiento, etc. Que exista entre ellos.

- ✓ **Método:** Es la forma en que se ejecuta el trabajo. Las variaciones que origina en la salida dependerán de si el método definido es la mejor manera de realizar el trabajo, la interpretación que le dé la gente, etc.
- ✓ **Maquinaria o Equipo:** Son las máquinas, equipos, herramientas, etc. Que se emplean para efectuar el trabajo.
- ✓ **Materiales:** Son los insumos sobre los cuales se trabajará.
- ✓ **Medio Ambiente:** Se refiere a las condiciones en las cuales se lleva a cabo el trabajo.

Las variaciones en cada uno de estos elementos provocará cambios en las salidas.

A estos factores se les conoce como las 5M, y son los que conforman un proceso. Por lo tanto, se pueden definir como un conjunto de factores o **causas** que producen un resultado o **efecto**.

Una forma fácil de representar la relación entre las 5M y los resultados de un proceso es mediante un diagrama de causa efecto o de Ishikawa, el cual se utiliza para establecer mediante un esquema cuáles son las causas de variación de un proceso y los efectos que tienen sobre la salida.



La salida del proceso, son los resultados del trabajo realizado. Sobre dicha salida existen requerimientos de calidad, definidos por las necesidades del cliente interno o externo, que el responsable del proceso debe de estar comprometido a satisfacer.

El Control de Procesos.

De lo anterior vemos la necesidad de tener control sobre el proceso y sus factores o causas, para ello se ha establecido el concepto de “Indicadores” de calidad los cuales son hechos cuantificables, que deben “medir de alguna forma” los resultados de los procesos, mostrando en qué grado son satisfechas las necesidades de los clientes, es decir, son una forma de mostrar la realidad.

Cuando se observa el comportamiento de los resultados pueden ocurrir tres cosas:

1. Que los resultados se ajusten a lo planeado, lo cual diría que el desempeño del proceso es correcto.
2. Que los resultados no cumplan con lo esperado, es decir que se tenga un **problema**.
3. Que los resultados sean mejores de lo esperado.

De lo anterior resulta inmediatamente la definición de un problema como un “resultado no deseado”, problema que es necesario eliminar para que los resultados regresen al nivel esperado.

Lo cierto es que a pesar de que continuamente se resuelven problemas no siempre se tiene éxito; inclusive se ataca varias veces el mismo problema a través del tiempo.

¿Qué significa Control de Calidad?

En el momento en que se afronta un problema se debe hacer de tal forma que su solución sea definitiva, es decir que los verdaderos culpables, las causas principales del mal desempeño, sean eliminados definitivamente, cuando se logra eliminar las causas principales de los problemas se estará bajo un **Control de Calidad**.

Esto no es tan simple e inmediato, tal vez por que el tiempo es el principal obstáculo que se tiene porque normalmente se trabaja bajo la presión del mismo y no se puede perder tanto en un estudio profundo del problema ni de sus orígenes dentro del proceso; sin embargo, de no hacer un estudio minucioso, las acciones que se ejecuten solo logran ahuyentar por un tiempo a los culpables, pero estos permanecen escondidos en algún otro lugar dentro del proceso, esperando la oportunidad para volver a hacer sentir su efecto.

¿Qué es pertinente hacer dentro de este escenario?, se requiere de un análisis del proceso para localizar las causas principales de los problemas y poder tomar medidas que en verdad logren eliminar sus efectos en los resultados. Las medidas que se tomen definirán un nuevo procedimiento de trabajo que debe estandarizarse para evitar la reaparición de las causas.

Actividades del control de procesos.

De todo lo que se ha discutido sobre los proceso y el control de calidad, se puede notar que en el control de procesos se involucran tres tipos de actividades:

- 1) Actividades para establecer un determinado nivel de desempeño.
Estas actividades se enfocan a traducir las necesidades del cliente

(interno o externo) en especificaciones (resultados esperados) sobre la salida del proceso.

- 2) Actividades para mantener el nivel actual de desempeño. Para garantizar la satisfacción del cliente, los resultados del proceso tienen que ajustarse al nivel de desempeño establecido, en ese sentido las variaciones en la salida deben encontrarse dentro de los límites permitidos.
- 3) Actividades para mejorar el nivel actual de desempeño. Una vez que se logra mantener consistentemente el nivel de desempeño del proceso, se esta en condiciones de realizar mejoras. El mejorar implica la determinación de un nuevo nivel de desempeño.

El ciclo de control.

Como se mencionó en las actividades del control de procesos, el propósito es lograr la satisfacción plena de las necesidades de los clientes, para lograr esto, se realizan varias etapas claramente delimitadas:

- 1) Primero se planea el trabajo para lograr los resultados esperados (Planear).
- 2) Luego se ejecuta el trabajo conforme al plan (Hacer).
- 3) En tercer término se verifican los resultados obtenidos mediante los indicadores establecidos en la etapa de planear (Verificar).
- 4) Y por ultimo se actúa según la información que proporcionan los indicadores sobre los resultados obtenidos, ya sea para resolver el problema o bien para continuar con la ejecución del plan (Actuar).

Como vemos en este ciclo, es hasta cuando el producto se utiliza por el cliente o bien se evalúa el servicio, que se obtiene la información que nos permitirá decidir si se inicia un nuevo plan o se continua con el trabajo conforme a lo establecido inicialmente.

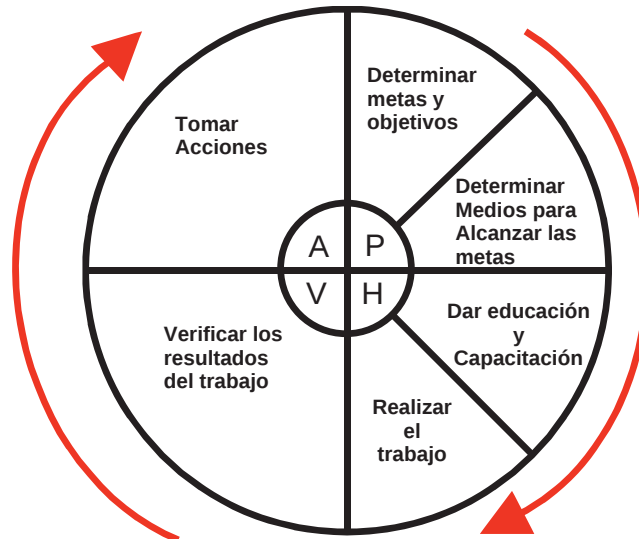
A este conjunto de etapas (Planear – Hacer - Verificar - Actuar), se le conoce como el ciclo de control de Shewhart (Llamado así en honor de Walter Shewhart, conocido como el padre del control estadístico de la calidad).

Ciclo de Control de Shewhart.



En el modelo del ciclo de control de calidad del Dr. Ishikawua (o ciclo PHVA), la etapa de Planear (P) se divide para enfatizar en la definición de los objetivos y metas a lograr, y en los medios que se emplearán para alcanzar las metas; en la etapa de Hacer (H) se resalta la educación y capacitación de las personas que ejecutarán el trabajo y la realización misma del trabajo.

Ciclo de Control de Calidad del Dr. Ishikawua o ciclo PHVA.

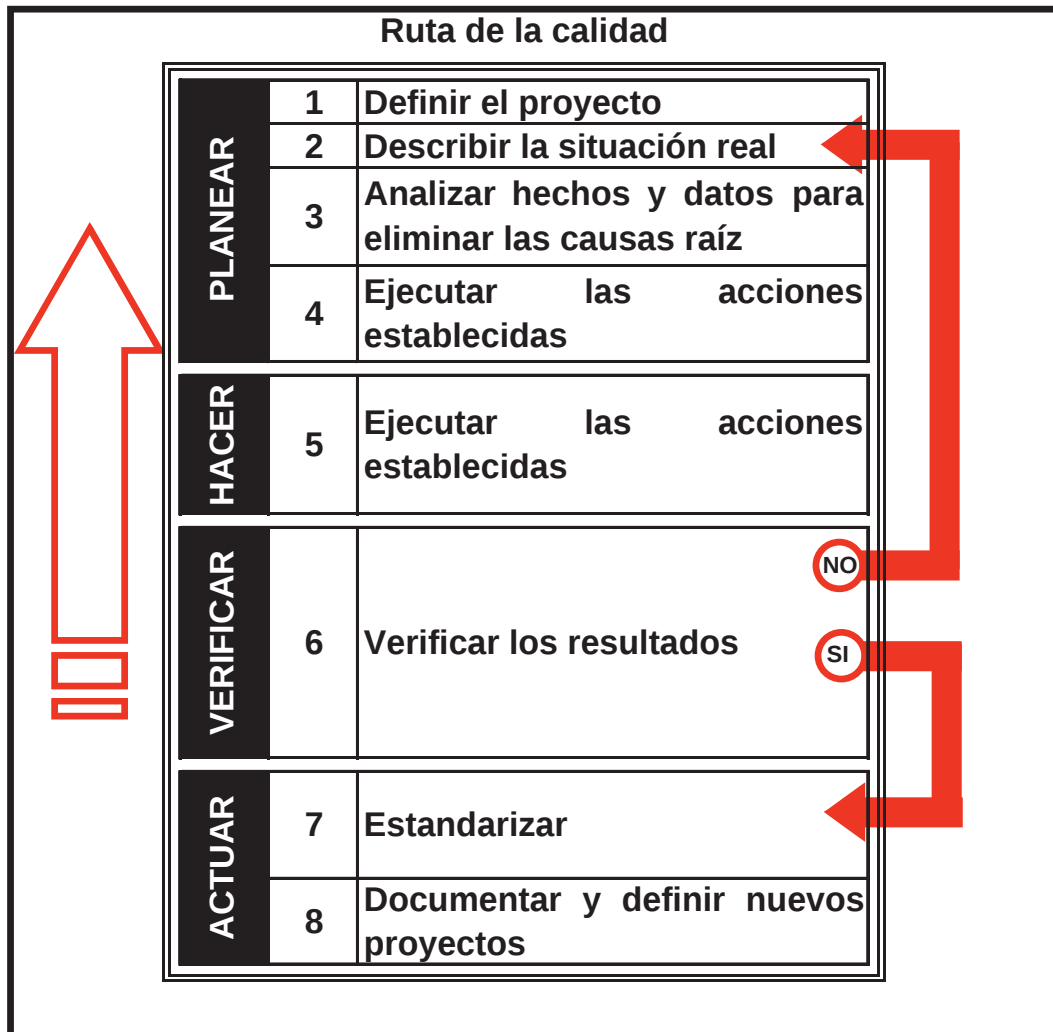


En el proceso de mejora continua se necesita una metodología para hacer girar el ciclo PHVA; en la práctica, se le ha denominado la “Ruta de la Calidad” y ha demostrado ser una buena opción.

La Ruta de la Calidad se basa en el concepto de control de calidad y en el ciclo PHVA. Es de esperarse entonces, que involucre las actividades para el análisis del proceso, la estandarización y el aseguramiento de los resultados, y que estas actividades se controlen mediante las etapas del ciclo PHVA.

Ruta de Calidad: Secuencia de actividades para solucionar problemas o llevar a cabo mejoras en cualquier área de trabajo.

Enseguida aparece la secuencia de las ocho actividades que integran la Ruta de la Calidad; una o más de estas actividades corresponden naturalmente con algún sector del ciclo PHVA, como se enseña en la figura:



La ruta de la calidad proporciona un procedimiento basado en hechos y datos que está enfocado hacia la mejora. Al mismo tiempo, incluye la elaboración de un informe que se utiliza para hacer la presentación de los casos (proyectos logrados o problemas que se resolvieron).

La aplicación sistemática de esta metodología, será el motor que mueva el proceso de mejora continua en cualquier sitio de trabajo.

Finalmente para complementar nuestra introducción al tema de calidad nos parece conveniente enumerar a continuación las diferencias más importantes de por qué la calidad Japonesa es muy diferente a la calidad Occidental en cuanto a la aplicación.

Las diferencias existentes se deben a las características socioculturales de cada nación, las actividades se realizan dentro del marco de diversas sociedades y culturas.

1. Profesionalismo.

En Estados Unidos existe la especialización en una determinada actividad en cambio en oriente se rotan los puestos es decir no hay especialización en una sola actividad.

2. El Japón es una sociedad vertical.

Existe una fuerte relación entre los de arriba y los de abajo, las divisiones comerciales son fuertes y las administrativas débiles.

Las actividades en Japón tienen éxito si el jefe de la división esta dispuesto a estudiar calidad y ponerlo en practica personalmente.

3. Los sindicatos laborales.

En los estados unidos existen varios sindicatos para una misma empresa y si uno entra en conflicto detiene el proceso de la empresa, en Japón existe uno sólo por empresa, y se recibe capacitación en diversas especialidades es decir se forman trabajadores multifuncionales.

4. El método Taylor y el ausentismo.

Estados Unidos aplica el método Taylor de administración por especialistas, estas formulas normas y técnicas laborales y los trabajadores las llevan a la práctica, este método no reconoce las capacidades ocultas de la gente y los trata como maquinas por lo cual pierden interés por el trabajo. En tales

condiciones no es posible esperar productos de buena calidad y confiabilidad. El índice de ausentismo y la rotación de personal son medidas que sirven para determinar la fuerzas y debilidades del estilo gerencial y el animo de los empleados en cualquier empresa.

5. Elitismo y diferencia de clases.

La diferencia de clases no es conveniente para la calidad; en Japón esta desapareciendo.

6. El sistema de pago.

Se basa en Estados Unidos en méritos, se paga más a quien es más eficiente, en Japón se paga de acuerdo a los méritos y a quien tiene más edad.

- El gozo de completar un proyecto o alcanzar la meta.
- El gozo de escalar una montaña por estar en la cima.
- Que los demás lo reconozcan
- Que se pueda trabajar en grupo e interactuar con otros.
- Ser miembro respetado de una buena nación, industria, un buen lugar de trabajo.
- Sentir la satisfacción de poder emplear las propias capacidades al máximo y de crecer como persona.
- Tener confianza a sí mismo y realizarse a sí mismo.
- Utilizar la propia mente, trabajar por voluntad propia y contribuir de esta manera a la sociedad.

7. Índice de rotación de empleados, los despidos y los empleos vitalicios.

En los Estados Unidos y Europa el índice de cambio o rotación de personal es muy alto, en una situación laboral así resulta imposible que haya eficiencia y calidad. En Japón la contratación es familiar y en muchos casos vitalicia. Los empleados rara vez van a otra, las empresas japonesas ponen relevancia en la capacitación y educación. Sin que esta se convierta en conformismo.

8. Diferencias de escritura, EL KANJI.

Los caracteres chinos empleados en la escritura Japonesa, hacían pensar que únicamente podrían aprender calidad los países que usaran esta escritura. Actualmente no es así.

9. Naciones homogéneas, naciones multirraciales y trabajadores extranjeros.

Japón es una nación que tiene una sola raza y un idioma ningún otro país lo tiene, se contratan obreros de ahí mismo lo que hace más fácil la comunicación.

10. La educación.

En Japón la educación es obligatoria hasta el noveno grado, y el paso entre niveles es muy alto con conocimientos muy elevados y buenas aptitudes por lo cual es más fácil capacitar a los empleados en los métodos estadísticos y la calidad. En cambio en los países occidentales será más difícil en tanto no mejoren el nivel educativo general.

11. La religión.

La religión es factor importante en la aplicación de calidad ya que ejerce una fuerte influencia. En Japón se basan en el Confucionismo en el cual el hombre es bueno por naturaleza y por lo tanto la mejor educación se da a los obreros de la división de manufactura lo cual hace que controlen el proceso de producción para lograr productos libres de defectos. En los países occidentales se tiene aproximadamente el 15% de obreros en supervisores e inspectores. (En occidente el hombre es malo por naturaleza).

12. Relación con los subcontratistas.

La educación en la calidad entre subcontratistas es muy importante a que podemos mejorar la calidad y productividad promoviendo la especialización y cooperación.

13. Democratización del capital.

En los países occidentales los accionistas son dueños de las empresas y las manejan directamente, en Japón no, con lo cual se democratizó el capital.

En occidente se busca utilidad a corto plazo en Japón es a largo plazo.

14. El papel del gobierno control no, estímulo sí.

El gobierno debe brindar estímulo al sector privado no controlarlo. La liberación comercial no es problema cuando se producen artículos de alta calidad y bajo precio.

Resumiendo:

“La diferencia es la educación y la libre competencia”.

La calidad nace en Japón cuando en crisis se preocupan por el CLIENTE, no por el producto como los occidentales.

CAPÍTULO 2

MÉTODO DEMING.

En este capítulo tomaremos las propuestas de Deming por ser el principal precursor de los pasos que toman como base en la mayoría de los otros autores y métodos, además de ser el que mostró cómo utilizar las técnicas estadísticas y cómo graficándolas se podían interpretar, identificando más fácilmente los problemas y deduciendo las alternativas para su solución.

La implantación de procesos de la calidad total está basado en Deming, sin que por ello los otros autores sean menos importantes, por lo que los utilizamos para complementar con partes de cada uno de ellos para obtener un método que nos sea útil de acuerdo a lo que necesitamos en nuestro propio proceso de mejora continua.

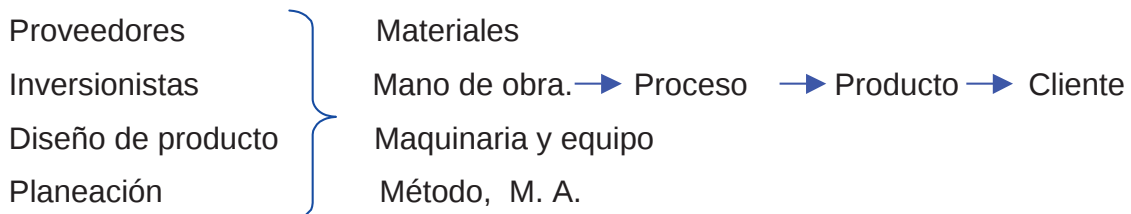
Se propone iniciar cambiando la:

VISIÓN NORMAL DEL PROCESO.



Por el:

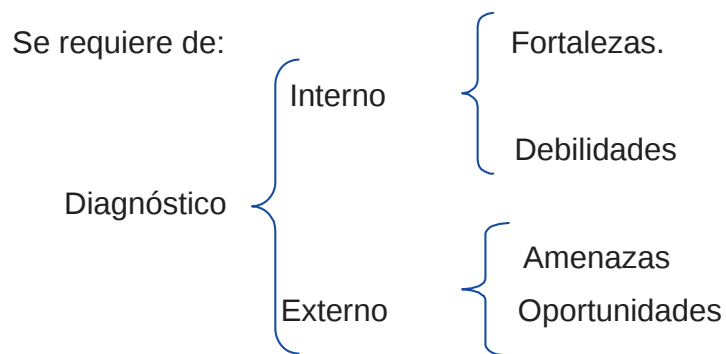
PROCESO AMPLIADO.



PUNTOS ESTRATÉGICOS DE DEMING

1.-Desarrollar metas y la filosofía de la organización.

Generar constancia en el propósito de mejorar un producto o servicio con un plan para ser competitivos y permanecer en el negocio además de ofrecer empleo.



Definir la Misión y Visión de la empresa (convertirla en un documento vivo),

Objetivos → Metas → Estrategias → Proyecto → Recursos

- Quitar la visión miope del corto plazo y cambiarla por una visión de largo plazo.
- Planear a largo plazo de acuerdo con convicciones y principios.

2.-Comprender la filosofía de la mejora continúa.

“Adoptemos la nueva filosofía. Nos encontramos en una nueva era económica, no podemos seguir conviviendo con los niveles comúnmente aceptados de demoras, errores, materiales defectuosos y mano de obra deficiente.”

- Consumidor.
- Características del producto
- especificaciones.

- Calidad en vez de cantidad
- Definir la calidad en la empresa
- Atender a lo que los clientes quieren
- Modificar las actitudes
- Lograr la participación de todos
- Exigir a los proveedores evidencias estadísticas

3.-Mejora continúa en vez de inspección masiva.

“Dejar de depender de la inspección masiva. En su lugar exigir pruebas estadísticas de que la calidad es inherente a fin de eliminar la necesidad de hacer inspecciones masivas.”

Las inspecciones se hacen a los materiales que se compran, a la producción en proceso y al producto final. Muchas empresas realizan inspecciones al 100% en cada etapa. Esto representa aceptar el error.

4.-Cambiar la filosofía de compras.

Poner fin a la práctica de otorgar contratos con el criterio del precio. En su lugar emplear medidas significativas de la calidad junto con el criterio de precio. Avanzar hacia un solo proveedor por artículo, es una relación de lealtad y confianza a largo plazo.”

- Establecer criterios para la selección de proveedores.
- No basar la decisión de compras solo con el criterio del precio.
- Exigir a los proveedores evidencias estadísticas de calidad.
- Tener proveedores únicos para cada artículo
- Capacitar a los compradores en la filosofía de la calidad.
- Establecer cláusulas de calidad en los contratos.
- Establecer relaciones de mutua confianza con los proveedores.

5.-Mejoramiento del sistema.

Mejorar constantemente el sistema de producción y de servicio, para mejorar la calidad y la productividad y así reducir los costos constantemente.”

- No limitarse solo a la responsabilidad legal.
- La administración debe ser responsable de todo el sistema.
- Mejorar el proceso significa:
 - Reducir desperdicios
 - Mejorar la calidad en todas las actividades del proceso (adquisiciones, transporte, ingeniería, etc.)

Resumiendo, la implementación de la mejora continua requiere:

- La aplicación de métodos estadísticos.
- Capacitar al personal.
- Aplicarlo gradualmente con un proyecto experimental

6.- Institución de métodos modernos de capacitación.

“La calidad empieza con capacitación y termina con capacitación”.

Se debe cumplir con varios requisitos.

- Debe estar acorde con la misión y las metas de la empresa.
- Se debe planear cuidadosamente.
- Todos los empleados deben capacitarse en el método Deming y en las herramientas estadísticas.
- La capacitación debe incluir una visión de metas y objetivos, misión de la empresa, así como de todo el proceso.
- Debe dirigirse al cargo

- Debe controlarse individualmente por medio de métodos para saber donde termina la capacitación.
- Debe tenerse un diagnostico de la capacitación.

7.- Implantar el Liderazgo. Supervisión del mejoramiento incesante.

“El propósito de la supervisión debe ser mejorar el desempeño del hombre y de la máquina, aumentar la producción y simultáneamente aligerar la carga del trabajador de producción , hacer su trabajo más interesante y también más productivo.”

- La supervisión es un eslabón clave entre la administración y los trabajadores.
- El supervisor debe dejar el estilo de capataz para convertirse en un facilitador y sus objetivos deben ser:
 - a) Promover la capacitación
 - b) Eliminar barreras
 - c) Crear un ambiente en el que el trabajador sienta orgullo de su trabajo.
 - d) Mostrarles a los trabajadores su papel en el proceso.

8.- Erradicación del temor.

“Erradicar el temor para que todos trabajen eficientemente por la empresa.”

- El temor causa daños físicos y psíquicos a los trabajadores.
- La administración debe encargarse de eliminar el temor mediante:
 - a) Crear un ambiente de trabajo seguro, es decir libre de peligros físicos.
 - b) Dando al trabajador seguridad en el empleo.
 - c) Propiciando un ambiente de cooperación para que el empleado no sienta temor de preguntar.

9.- Eliminar las barreras organizacionales.

“Eliminar las barreras organizacionales todos deben trabajar como equipo para prever los problemas y resolverlos.”

- Las barreras organizacionales son causadas por diferentes causas tales como:
 - a) Mala comunicación.
 - b) Desconocimiento de las metas y la misión de la empresa.
 - c) Interpretación de situaciones y decisiones.
 - d) Políticas confusas
 - e) Demasiados niveles administrativos.
 - f) Evaluación al desempeño.
 - g) Niveles jerárquicos.
 - h) Diferencias entre departamentos.
 - i) Sindicato y empresa.
 - j) Competencia inoble.

10.- Reemplazo de las metas numéricas, los carteles y los lemas, por el mejoramiento incesante.

“Eliminar metas numéricas arbitrarias, carteles y lemas para la fuerza de trabajo que busquen nuevos niveles de productividad sin ofrecer nuevos métodos.”

- Eliminar carteles.

11.- Reemplazo de la administración por cifras por el mejoramiento incesante.

“Las cuotas de trabajo son un fortín en contra del mejoramiento de la calidad y la productividad”.

- Los estándares y cuotas normalmente son fijados por personas ajenas a la producción.
- Deben ser reemplazados por métodos estadísticos de calidad.

12.- Fomento del orgullo por el trabajo.

“Eliminar las barreras que le impiden al empleado sentirse orgulloso de su trabajo.”

- Uno de los grandes males de la modernidad es la pérdida del orgullo por el trabajo, por parte de los trabajadores. La administración debe preocuparse por recuperar este orgullo, mediante diversas acciones.

13.- Educación y capacitación para todos.

“El mejoramiento de la productividad significa que para algunas líneas de trabajo se necesitaran menos empleados”.

- El hecho de mejorar continuamente implica que también habrá cambios constantes en los cargos y puestos.

14.- Poner a todo el personal de la compañía a trabajar para conseguir la transformación. La transformación es tarea continua de todos, lo cual implica volver a reiniciar el ciclo.

Las empresas que empezaron aplicar los pasos anteriores, se encontraron con varias situaciones implícitas que atender dentro de los procesos de mejora continua, los cuales son el “EL Cambio” y “El Liderazgo”

Factor de Reacción al Cambio

Definición:

“Modificación significativa de las condiciones y actitudes que prevalecen en un momento determinado”

Diferentes maneras de reaccionar ante los cambios, a nivel individual.

- Acomodación inercial (dejarse llevar por el cambio).
- Resistencia pasiva (ya me llevo, ya ni modo).
- Resistencia activa (la negación del cambio, difiere el efecto).
- Negación de la realidad (negando el cambio).
- Subversión o revolución (no al cambio).
- Cambio planeado (genera la visión).

Para lograr la voluntad de cambiar:

Necesitamos: querer ser mejores, como individuos, como empresas, como país, y como sociedad en lo general.

El cambio no se da al mismo tiempo en todos.

Por ello, para lograr la calidad total y la mejora continua se requiere que todos en la organización:

- Tengan un profundo convencimiento de la necesidad de cambiar.
- Tengan un profundo convencimiento de valor de las personas. La materia prima del cambio es la gente.
- Aceptar los cambios necesarios que debemos realizar cada uno de nosotros.

- Ser ejemplo para cada uno de nuestros colaboradores, y de cada uno de nuestros compañeros de trabajo.
- Tener la tenacidad de actuar en el proceso hasta lograr los resultados que necesitamos y proponemos.

Factores que producen la Resistencia al Cambio (RC)

- Miedos y temores
- Desconfianza
- Percepción selectiva (Argumentos para no cambiar)
- Recelo de perder las cosas buenas
- Dependencia
- Comodidad
- Costumbre

Factores para reducir la Resistencia al Cambio

- Información, ¿cómo se da?, ¿qué se va a hacer?, ¿cómo lo tomo?
- Análisis Mutuo; análisis de diferentes puntos de vista.
- Diálogo (retro-información).
- Libertad (autonomía.)
- Consulta y participación (El cambio no se puede dar si no trabajamos y nos comprometemos todos).
- Trabajo en grupo

Amortiguadores para el cambio.

- La Planeación. El modelo de cambio planeado.
- La Comunicación . Que todos lo sepamos.
- La Participación. Tomamos decisiones por consenso.
- La Ritualización. Trabajo para iniciar el grupo, motivación.

- Los símbolos y lemas que se acepten y se vivan.
- Grupos de apoyo. Los que trabajan, los de la línea.
- Administrar el cambio, con metas específicas, en fechas determinadas.
- Planes de acción

Liderazgo

Hay tantas definiciones de liderazgo como el número de personas que han intentado definir el concepto.

Una definición que trata de abarcar muchas de las ideas y conceptos de la mayoría de los autores es la siguiente:

“Habilidad de influir en un grupo para que alcance las metas”.

Entonces la clave del liderazgo esta en **“como influir”**.

El origen de esta influencia puede ser formal, como la que proporciona el desempeñar un puesto de administración en una organización. Una persona puede asumir un papel de liderazgo a causa de la posición que ocupa dentro de ella. Pero no todos los administradores son líderes, como tampoco todos los líderes son administradores.

El que la organización confiera a una persona cierta autoridad no asegura que esta persona pueda dirigir con eficacia. Así encontramos el liderazgo no conferido por autoridad llamado liderazgo informal, que tiene la habilidad de influir y que surge fuera de la estructura formal de la organización; suele ser tan importante o más que el formal. Un líder puede surgir naturalmente dentro de un grupo.

Rasgos de Líder.

La mayoría de las descripciones se centran en las características de personalidad, sociales, físicas o intelectuales que diferencian a un líder de los que no lo son.

Las investigaciones revelan las seis características fundamentales que están constantemente asociadas con el liderazgo:

1. Ambición y energía.
2. El vivo deseo de ser líder.
3. Honestidad e integridad.
4. Confianza en sí mismo.
5. Inteligencia.
6. Adecuado conocimiento para la actividad o puesto.

Además, las habilidades más comunes encontradas en un líder son:

1. Habilidad Técnica: conocimiento y capacidad en el tipo de proceso o técnica necesarios para la actividad que desean realizar.
2. Habilidad Humana: capacidad para trabajar eficazmente con personas y obtener resultados del trabajo en equipo.
3. Habilidad Conceptual: es la capacidad para pensar en términos de modelos, marcos de referencia y relaciones amplias, como en los planes estratégicos a largo plazo.

La Habilidad Conceptual tiene que ver con ideas, la humana con personas y la técnica con cosas, tres herramientas básicas de trabajo

Comportamiento del Líder.

Los expertos han encontrado que hay ciertos comportamientos específicos que diferencian a los líderes de los no líderes.

Estudios en Ohio State.

Las teorías más amplias resultaron de las investigaciones que se iniciaron en la Ohio State University a fines de los años 40. Las investigaciones concluyeron la determinación de dos dimensiones que especificaban sustancialmente la mayor parte del comportamiento de liderazgo descrito por los subordinados:

1. Estructura de Inicio. Grado en que es probable que el líder defina y estructure su papel y el de sus subordinados en la búsqueda del logro de sus metas.(Cómo, “asigna las tareas a los miembros del grupo”, cómo “espera que los trabajadores mantengan normas definidas de desempeño”, y cómo “enfatisa en el cumplimiento de las fechas límite”).
2. Consideración.- Grado en que es posible que un líder tenga relaciones de trabajo caracterizadas por confianza mutua, respeto por las ideas y sentimientos de los subordinados. (Muestra preocupación por la comodidad, bienestar, estatus y satisfacción de sus seguidores.)

Estudios en la University of Michigan.

Las investigaciones se llevaron a cabo casi paralelamente a las realizadas en Ohio State y tenían objetivos de investigación similares y también obtuvieron dos dimensiones del comportamiento de los líderes, que fueron:

1. Líder orientado al empleado. Que concede gran importancia a las relaciones interpersonales. Tenían un interés personal en las necesidades de sus subordinados y aceptaban diferencias individuales de los miembros.
2. Líder orientado a la producción. Líder que enfatiza los aspectos técnicos o de las tareas del trabajo. Tendía a enfatizar los aspectos técnicos o de

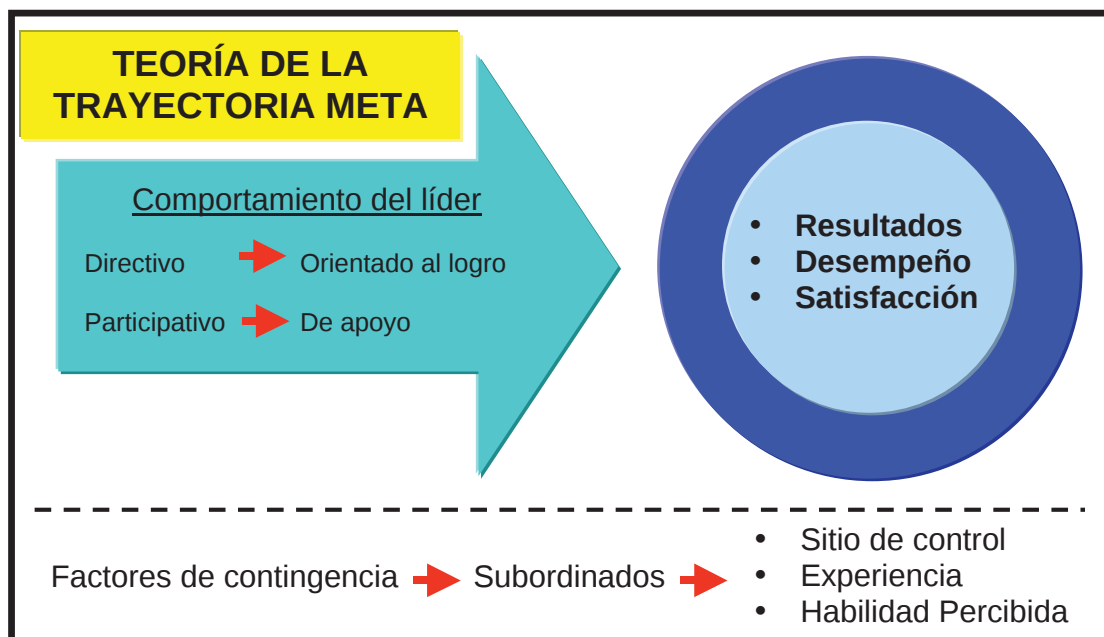
tarea del trabajo, se centraba en el desarrollo de las tareas del grupo, y sus miembros eran solo un medio para conseguirlo.

Las conclusiones a que llegaron estas investigaciones favorecían notablemente a los líderes orientados en su comportamiento hacia los empleados, se les asoció con una mayor productividad de grupo y mayor satisfacción en el puesto.

Teoría Trayectoria-Meta.

El comportamiento de un líder es aceptable para los subordinados en la medida en que ellos lo visualizan como una fuente de satisfacción inmediata o futura. El líder motivacional hace que la satisfacción del subordinado dependa del desempeño eficaz de este último y proporciona la capacitación, dirección, apoyo y recompensas necesarios. Robert House identificó cuatro comportamientos de liderazgo:

- I. El líder directivo.
- II. El líder apoyador.
- III. El líder participativo.
- IV. El líder orientado a la realización.



Autocrático I.- Resuelve el problema o toma la decisión por sí mismo utilizando la información disponible en el momento.

Autocrático II.- Obtiene la información necesaria de los subordinados y luego decide por sí mismo la solución al problema.

Consultor I.- Comparte el problema con los subordinados en forma individual obteniendo ideas y sugerencias sin reunirlos en grupo; se toma la decisión que puede reflejar o no la influencia de los subordinados.

Consultor II.- Se comparte el problema con los subordinados como grupo obteniendo puntos de vista y sugerencias; toma la decisión de los subordinados.

Grupo.- Se comparte el problema con los subordinados como grupo y conjuntamente se generan y evalúan alternativas y se trata de lograr consenso sobre la situación.

Otros conceptos recientes sobre Liderazgo.

Atribución del Liderazgo.

Se dice que el liderazgo es simplemente una atribución que la gente se toma respecto de otros individuos. En esta teoría se considera que los líderes eficaces son consistentes, que no tienen dudas cuando toman decisiones.

Liderazgo Carismático.

Los seguidores establecen atribuciones de habilidades heroicas o extraordinarias al liderazgo cuando observan ciertos comportamientos. Un líder carismático tiene:

- I. Autoconfianza.
- II. Visión.
- III. Habilidad para articular su visión.
- IV. Fuertes convicciones acerca de la visión.
- V. Comportamiento fuera de lo común.
- VI. Se perciben como agentes de cambio.
- VII. Sensibilidad al ambiente.

El Liderazgo Transaccional

Son los líderes que guían o motivan a sus seguidores en la dirección de metas establecidas mediante la clarificación de los requerimientos de papeles y tareas. Sus características son: recompensa contingente, administración por excepción y dejar hacer-dejar pasar.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD.

En este capítulo se verá el procedimiento a seguir, buscando desde el proyecto hasta el producto, la aplicación de herramientas estadísticas y con ello lograr el óptimo desempeño.

Estratificación.

Algunas veces debido a la gran cantidad de información que se maneja en una compañía, se dificulta el análisis de los datos, si no se ha realizado una organización práctica y clara de los mismos, y por lo tanto, no se logran identificar los factores que tienen más influencia en la situación bajo estudio.

La estratificación es una clasificación por afinidad de los elementos de una población, para analizarlos y poder determinar con más facilidad las causas del comportamiento de alguna característica de calidad. A cada una de las partes de esta clasificación se le llama **estrato**.

La estratificación se utiliza para clasificar datos e identificar su estructura.

Una vez estratificados los datos, pueden ser utilizados para hacer análisis posteriores a través de herramientas estadísticas tales como:

- ✓ Diagrama de Pareto.
- ✓ Diagrama de causa – efecto.
- ✓ Diagrama de dispersión.
- ✓ Hojas de verificación.
- ✓ Gráficas de control.

¿Cómo estratificar?

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en un proceso o en un servicio (5M: Máquina, Método, Material, Medio Ambiente y Mano de Obra) y los estratos que se utilicen, dependerán de la situación analizada.

Las Siete Herramientas de la Calidad

Como ya mencionamos, todo proceso productivo es un sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo. El proceso genera una salida que es el producto que se quiere fabricar. La calidad del producto fabricado está determinada por sus *características de calidad*, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado. Por ejemplo, si la salida del proceso son frascos de mayonesa y la característica de calidad fuera el peso del frasco y su contenido, veríamos que a medida que se fabrica el producto las mediciones de peso varían al azar, aunque manteniéndose cerca de un valor central.

El valor de una característica de calidad es un *resultado* que depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo.

La variabilidad o fluctuación de las mediciones es una consecuencia de la fluctuación de todos los factores y variables que afectan el proceso.

¿Para qué se miden las características de calidad? El análisis de los datos medidos permite obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del proceso y aceptar o rechazar lotes de producto. En todos estos casos es necesario tomar decisiones y estas decisiones dependen del análisis de los datos. Como hemos visto, los valores numéricos presentan una fluctuación aleatoria y por lo tanto para analizarlos es necesario recurrir a *técnicas estadísticas* que permitan visualizar y tener en cuenta la variabilidad a la hora de tomar las decisiones.

Ahora, siguiendo la propuesta del Dr. Kaoru Ishikawa, vamos a presentar algunas de las principales técnicas, que se conocen como “Las 7 Herramientas de la Calidad”.

Estas son:

1. - Diagramas de Flujo
2. - Hojas de Datos o Verificación
3. - Histogramas
4. - Diagramas de Pareto
5. - Diagramas de Causa-Efecto
6. - Diagramas de Dispersión
7. - Gráficas de Control

Las herramientas de calidad.

1. Diagrama de Flujo.

Para implantar la administración por calidad total en una empresa se requiere que los empleados desarrollen sus acciones de mejora a través de una metodología basada en el ciclo PHVA, que se denomina “Ruta de la Calidad”. La ruta de la calidad proporciona un procedimiento basado en hechos y datos que esta enfocado hacia la mejora. Al mismo tiempo, incluye la elaboración de un informe que se utiliza para hacer la presentación de los casos (proyectos logrados o problemas que se resolvieron), los cuales van formando parte de la memoria técnica de la empresa.

La aplicación sistemática de esta metodología, será el motor que mueva el proceso de mejora continua en el sitio de trabajo.

Ruta de la Calidad: Secuencia de actividades utilizadas para solucionar problemas o llevar a cabo mejoras en cualquier área de trabajo.

2. Hoja de Datos o Verificación.

En toda empresa se requiere de información para definir las acciones que se realizarán; si los datos no son recogidos de manera rápida, simple y veraz, éstos tardarán más en procesarse y las acciones no serán efectivas. La recolección y el procesamiento de datos de acuerdo a las necesidades de cada empresa es esencial e inclusive en las operaciones más sencillas. La hoja de datos permite, en sus diferentes formas, manejar la recolección de la información de una manera segura, y que sirva para la utilización de herramientas más sofisticadas, para posteriormente definir una acción.

Tipos de hojas de datos.

Se pueden definir los siguientes tipos:

A. Hoja para recolección de datos.

- B. Hoja de localización.
- C. Lista de verificación.

Para elaborar cualquiera de las hojas anteriores, se necesita un procedimiento cuyos pasos se ilustran a continuación:

- 1. Clarificar objetivos.** Identificar los factores que inciden en el problema y el alcance de los mismos.
- 2. Determinar el tipo de hoja de datos a usar.** Decidir cuál de las diferentes hojas de datos es la mejor opción para el propósito deseado.
- 3. Decidir cuáles factores hay que registrar.** Discutir un método para clasificar los datos de acuerdo al objetivo o meta que se desea.
- 4. Crear la hoja de datos.** El diseño de esta hoja debe ser de fácil registro para los datos, debe proporcionar un panorama general sólo con un vistazo rápido y los datos se deben poder procesar de una manera rápida y efectiva.
- 5. Registrar los datos.** Realizar las observaciones y registrarlas en la hoja, realizar notas simples con la ayuda de símbolos.
- 6. Totalizar la información recabada y verificar su factibilidad de uso.**
- 7. Las hojas de datos deben incluir información general como:**
 - ✓ Fecha en que se elaboró.
 - ✓ Responsable de la toma de datos.

- ✓ Periodo de recolección.
- ✓ Información que contiene.
- ✓ Producto o servicio que se está estudiando.
- ✓ Etc.

A. Hoja para recolección de datos.

Datos continuos o medibles.

Si se desea llevar el registro de aspectos como tiempos de proceso u operación, diámetros, longitudes, temperaturas, estaturas etc, se debe crear una hoja para recolección de datos medibles o variables, con la aclaración de que cada variable requiere una hoja.

Datos discretos o contables.

La recolección de datos de tipo discreto o contable se utiliza en los casos en que la información que se desea registrar es de datos que no tienen una escala de medición y por lo tanto se establece un conteo. Algunos ejemplos de este tipo son el registro de quejas semanales de la compañía de teléfonos, las causas diversas de ausentismo en laboral en una compañía o en un aula, etc.

B. Hoja de localización.

Este tipo de hoja incorpora elementos gráficos como planos, diagramas, dibujos e inclusive fotografías, en las que se indica la localización específica de defectos, errores, zonas de rechazo, zonas de ganancia, zonas de pérdida, etc.

C. Lista de Verificación.

La lista de verificación en su contenido tienen la enumeración de diversas actividades o aspectos a considerar dispuestos en un orden determinado. Esta herramienta se utiliza para evitar la omisión de pasos en procedimientos largos y

complicados o para comprobar si está completa una lista de materiales que deben usarse o de actividades que deben cumplirse.

Lectura y uso de las hojas de datos.

- ✓ Visualizar toda la hoja. Observar los datos obtenidos de manera global, tratando de encontrar cambios periódicos en los datos, ya sea una base diaria, semanal, etc.
- ✓ Enlazar la hoja de datos con las otras herramientas básicas. A partir de ésta, se puede construir un diagrama de Pareto, un histograma entre otras. Esta herramienta será de valor si el análisis de los datos conduce a resultados prácticos, por ejemplo, la resolución de un problema o el logro de una mejora.
- ✓ Las hojas de datos deben cumplir con el objetivo que se definió para su uso. Puesto que existen distintos tipos de hojas de datos, la que se ha diseñado debe satisfacer el propósito definido. También deben tener un diseño tal que cualquier persona pueda recolectar, entender y usar la información.
- ✓ Relacionar la hoja de datos con la estratificación. Toda la hoja de datos lleva incluido el principio de estratificación de acuerdo a lo que se busque en la realidad.
- ✓ Realizar las acciones correctivas tan pronto como sea posible.

3.- Histograma.

¿Qué es el histograma?

Uno de los conceptos básicos del control total de calidad se refiere a la variabilidad inherente de los valores de una característica de calidad generada por un proceso. La variabilidad es evidente si se grafican los datos utilizando una gráfica de línea; siempre existirán diferencias grandes o pequeñas entre un dato y otro. El patrón de los puntos será más bien zigzagueante, aunque los puntos podrán oscilar alrededor de un valor promedio.

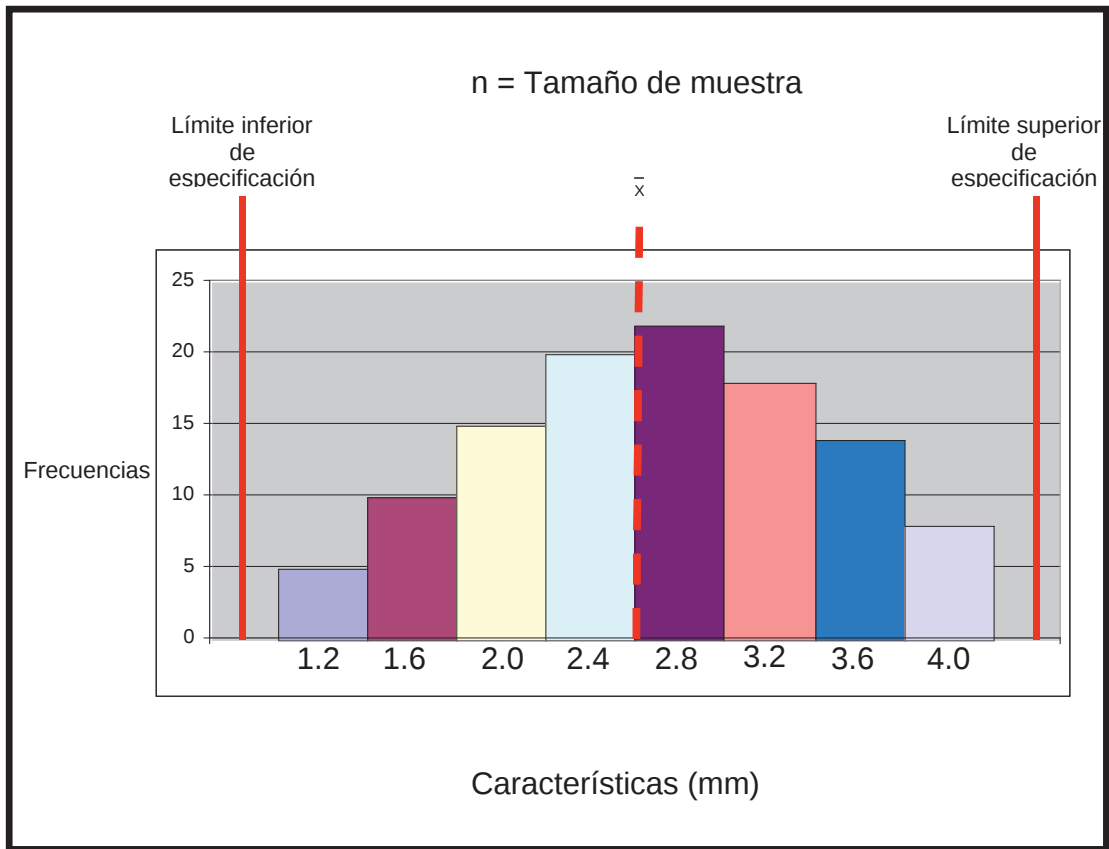
Sin embargo, una de las cuestiones básicas para propósito del control de calidad y para la Ruta de la calidad es la siguiente: ¿cómo se distribuyen los datos?. La distribución de los datos alude a cosas como las siguientes:

¿Cuál es el rango de variación de los datos, es decir que tanta diferencia existe entre el mas pequeño y el mas grande de los datos?

Además, si este rango de variación se dividiera en varios intervalos o clases, ¿cuántos datos se presentarían en cada clase?

Por último, si se tuvieran especificaciones para la característica de calidad, ¿cómo se distribuirían los datos respecto a ellas? ¿se cumple satisfactoriamente con los requerimientos del cliente?

Estas preguntas encuentran solución en el histograma. El histograma es por definición una gráfica de barras que muestra la distribución de un conjunto de datos.



¿Cómo se construye un histograma?

La construcción del histograma requiere de la recolección previa de los datos para posteriormente organizarlos en una tabla denominada “distribución de frecuencias”, que contiene información acerca de las clases y sus respectivas frecuencias: con esta información se obtienen los tamaños (anchura y altura) de las barras del histograma.

La línea vertical contiene la cantidad de datos de cada clase o categoría tomando en cuenta la frecuencia máxima para su división y partiendo de cero como valor mínimo.

En el eje horizontal, se marcan los límites de las clases. Las barras corresponden a cada clase y su altura es proporcional al valor de la frecuencia de la misma.

Debe mencionarse que si bien el histograma es útil al analizar un conjunto de datos, su uso tiene algunas limitaciones:

- ✓ El histograma muestra una condición a posteriori del proceso; es decir, no involucra el paso del tiempo (la herramienta que se encarga de esto es la gráfica de control).
- ✓ El número de datos que se necesita es relativamente grande. La cantidad de datos depende de la situación, cantidades típicas son 50, 100 o más.
- ✓ Es imposible distinguir entre las dos clases de variación (causas comunes o causas especiales) presentes en todo proceso.
- ✓ Por último el histograma resulta incapaz de mostrar si el proceso exhibe inestabilidad estadística (Gráfica de control).

4.- El Diagrama de Pareto.

A menudo se encuentra que gran parte del volumen de ventas de una empresa es realizada a través de muy pocas líneas de sus productos, o que la mayoría de los defectos encontrados en un artículo se deben a unas pocas causas identificadas; lo anterior se debe al concepto de “pocos vitales” contra los “muchos triviales”, introducido por el economista italiano Wilfredo Federico Samosos “Marqués de Pareto”. Los primeros se refieren a aquellos factores que representan la mayor contribución al efecto total, mientras que los segundos son aquellos numerosos factores que tienen una pequeña influencia sobre el efecto final. Lo anterior fue popularizado por Joseph Juran y Alan Lakelin; este último formuló la regla “80-20”, con base en los estudios y principios de Pareto: Aproximadamente, el 80% de un valor o de un costo se debe al 20% de los elementos de éste.

Algunos otros ejemplos son:

- ✓ El 80% del valor de un inventario de artículos se debe al 20% de estos artículos.
- ✓ El 80% del total de tiempo de trabajo se consume con el 20% de las actividades diarias.

¿Qué es un Diagrama de Pareto?

Es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, influencia o efecto que tienen determinados elementos sobre un aspecto.

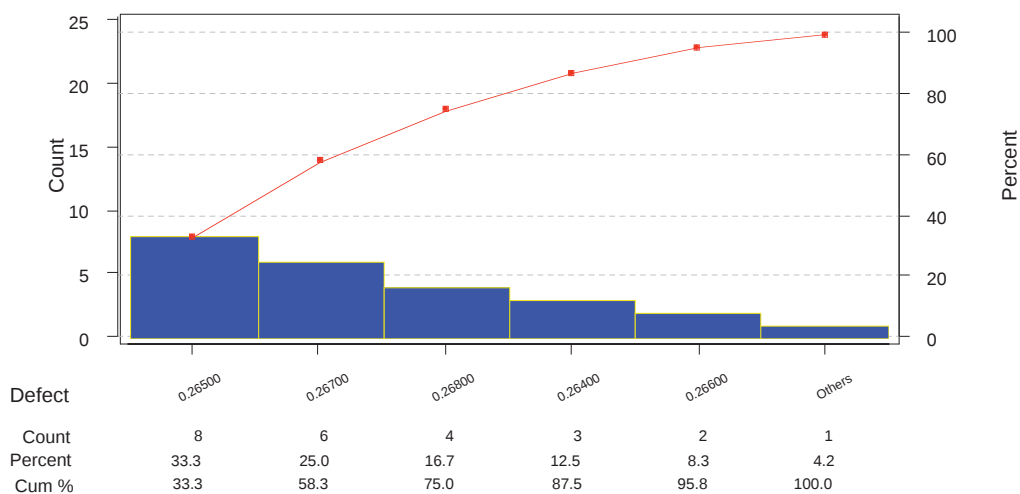
Consiste en un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con una ojiva o curva de tipo creciente y que representa en forma descendente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, operación o resultado.

Para la correcta identificación de los “pocos vitales”, es necesario que los datos recolectados para elaborar el diagrama de Pareto estén en cantidad adecuada sean verdaderos y en un periodo de tiempo determinado.

El Diagrama de Pareto tiene la siguiente estructura:

- Sobre el eje horizontal se muestran barras de la misma dimensión, en cuya base debe llevar el nombre del efecto o problema. Estas barras son ordenadas de izquierda a derecha y de mayor a menor frecuencia en cuanto a su aparición.
- Sobre el eje vertical izquierdo se muestra la frecuencia de aparición del efecto o problema.
- Sobre el eje vertical derecho se grafica el porcentaje relativo acumulado (eje para graficar la ojiva o curva).

A continuación se muestra un ejemplo:



Cómo construir un Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto se asemeja a un diagrama de barras y su construcción comprende los siguientes pasos, se agrega **un ejemplo** para mejor comprensión:

1. **Identificar el problema.** Se identifica el problema o define el área de mejora donde se va a trabajar.
p. ejemplo: El departamento de sistemas de una compañía tiene paros de trabajo debido a ciertas máquinas. Se decide entonces analizar este problema para tomar decisiones encaminadas a solucionarlo.
2. **Identificar los factores.** Se elabora una lista de los factores que pueden estar incidiendo en el problema, por ejemplo, tipos de fallas, características de comportamiento, tiempos de entrega, etc.
p. ejemplo: En reunión del departamento se enumeran las principales causas que consideran están incidiendo sobre el problema:
 - ✓ Interrupción de la energía eléctrica.
 - ✓ Manejo incorrecto por parte del operador.
 - ✓ Virus en el sistema.
 - ✓ Falta de mantenimiento.
 - ✓ Programa inadecuado.
 - ✓ Otros.
3. **Definir el período de recolección.** Establecer el periodo de tiempo dentro del cual se recolectarán los datos: días, semanas, meses, etc.
p. ejemplo: Para constatar estas apreciaciones, se decide tomar datos durante los meses de enero a marzo, 2 días de la semana los cuales se consignarán en un formato.

4. **Recolectar los Datos.** Se diseña una hoja de verificación para registrar la frecuencia con que ocurre cada factor, dentro del periodo fijado, especificando el número total de casos verificados.

Hoja de Verificación

Razones de Paralización del Trabajo	
Causas	Frecuencia
Interrupción de la Energía Eléctrica	48
Manejo incorrecto del operador	22
Virus en el sistema	4
Falta de Mantenimiento	35
Programa inadecuado	7
Otros	2

5. **Ordenar los Datos.** Con base en los datos de la hoja de verificación, se ordenan los distintos factores conforme a su frecuencia, comenzando con el que se da un número mayor de veces. Recordar, que el número de todas las frecuencias debe ser igual al número de casos u observaciones hechas.

Hoja de Verificación

Razones de Paralización del Trabajo	
Causas	Frecuencia
Interrupción de la Energía Eléctrica	48
Falta de Mantenimiento	35
Manejo incorrecto del operador	22
Programa inadecuado	7
Virus en el sistema	4
Otros	2
d =	118

6. **Calcular los porcentajes.** Se obtiene el porcentaje relativo de cada causa o factor, con respecto al total.

Porcentaje relativo = (frecuencia de la causa x 100) / total de frecuencias

La suma de todos los porcentajes debe ser igual a 100%

Hoja de Verificación

Razones de Paralización del Trabajo		
Causas	Frecuencia	% Relativo
Interrupción de la Energía Eléctrica	48	40.68
Falta de Mantenimiento	35	29.66
Manejo incorrecto del operador	22	18.64
Programa inadecuado	7	5.93
Virus en el sistema	4	3.39
Otros	2	1.69
d =	118	100.00

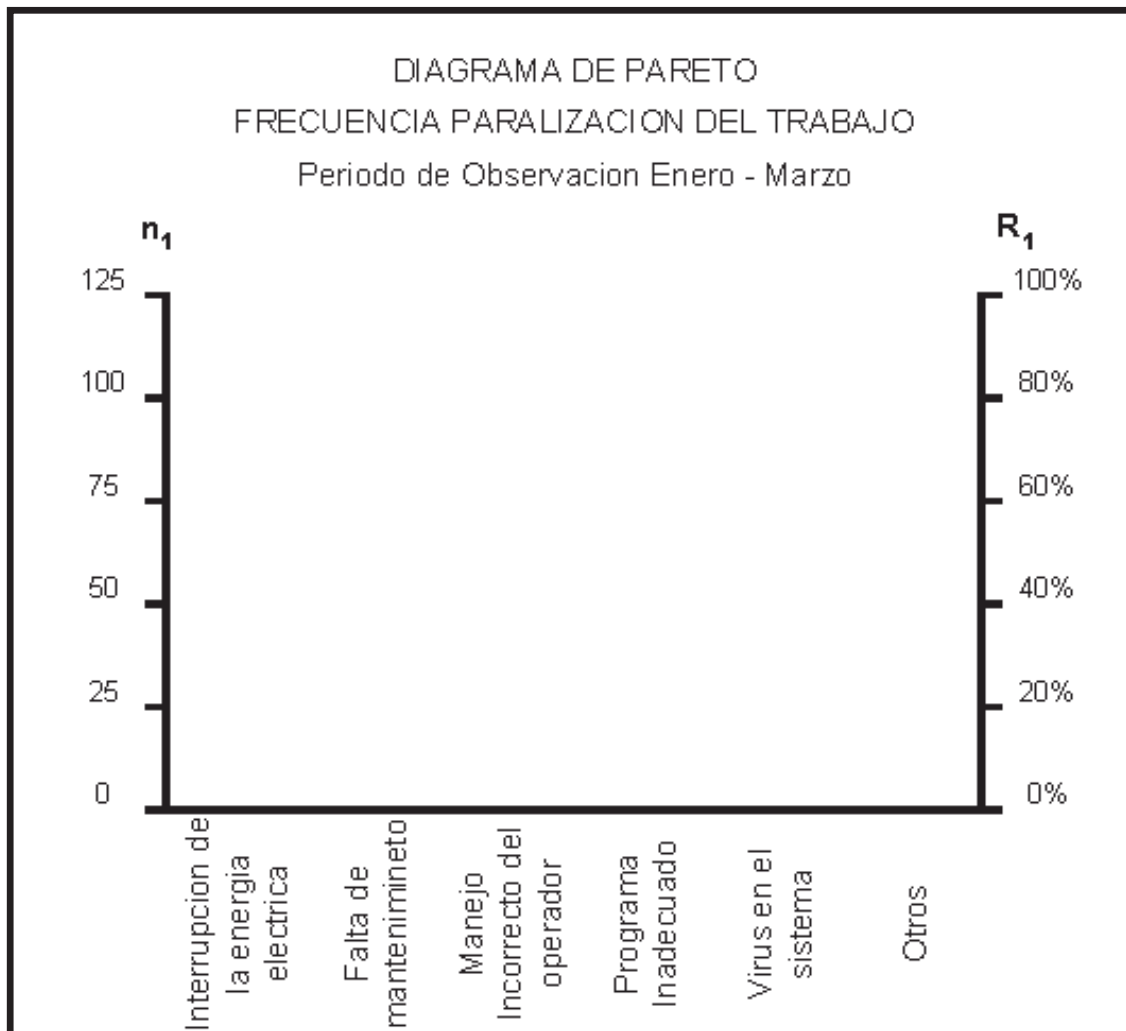
7. **Calcular los porcentajes acumulados.** Se calcula el porcentaje acumulado, sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor. Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema que se eliminaría si se realizan acciones efectivas que supriman las causas principales del problema.

Hoja de Verificación

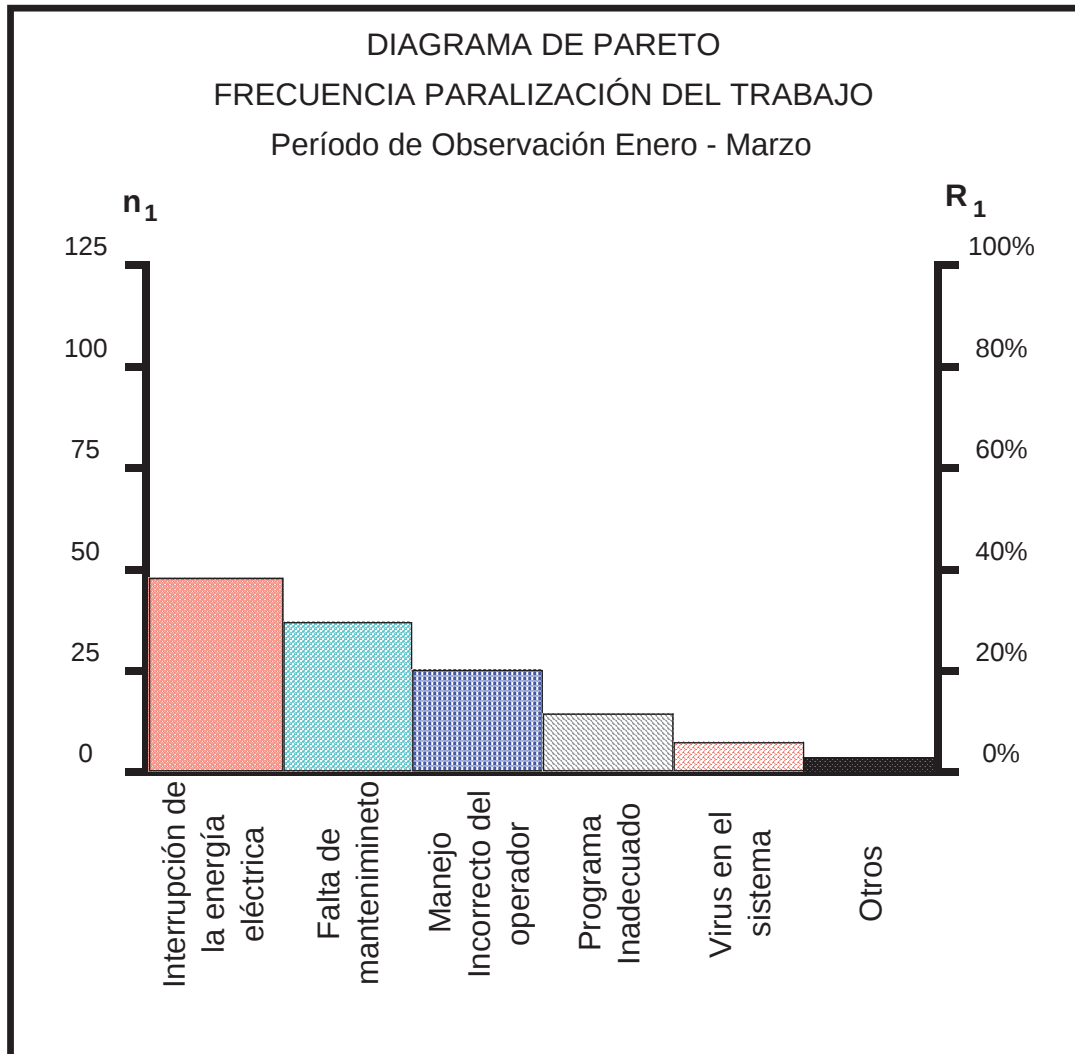
Razones de Paralización del Trabajo			
Causas	Frecuencia	% Relativo	% Rel. Acum.
Interrupción de la Energía Eléctrica	48	40.68	40.68
Falta de Mantenimiento	35	29.66	70.34
Manejo incorrecto del operador	22	18.64	88.98
Programa inadecuado	7	5.93	94.92
Virus en el sistema	4	3.39	98.31
Otros	2	1.69	100.00
d =	118	100.00	

8. Construir el Diagrama de Pareto.

Identificar los ejes. En el eje horizontal se anotan los factores de izquierda a derecha, *en orden decreciente en cuanto a su frecuencia*. El eje vertical izquierdo se gradúa de forma tal que sirva para mostrar el número de datos observados (la frecuencia de cada factor). El eje vertical derecho mostrará el porcentaje relativo acumulado.

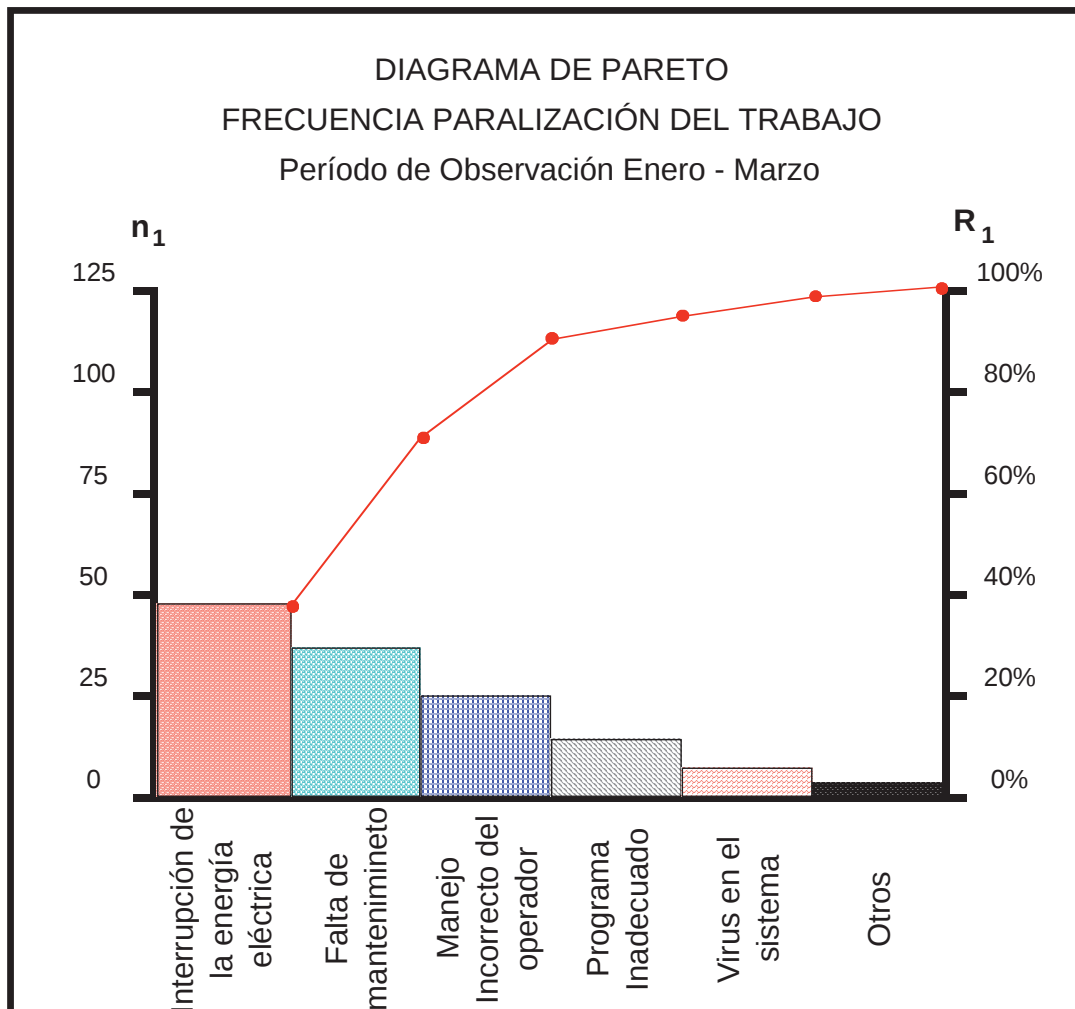


Dibujar las barras. Se trazan las barras o rectángulos correspondientes a los distintos factores. La altura de las barras representa el número de veces que se presentó el factor y se dibujan con la misma amplitud, unas de otras.

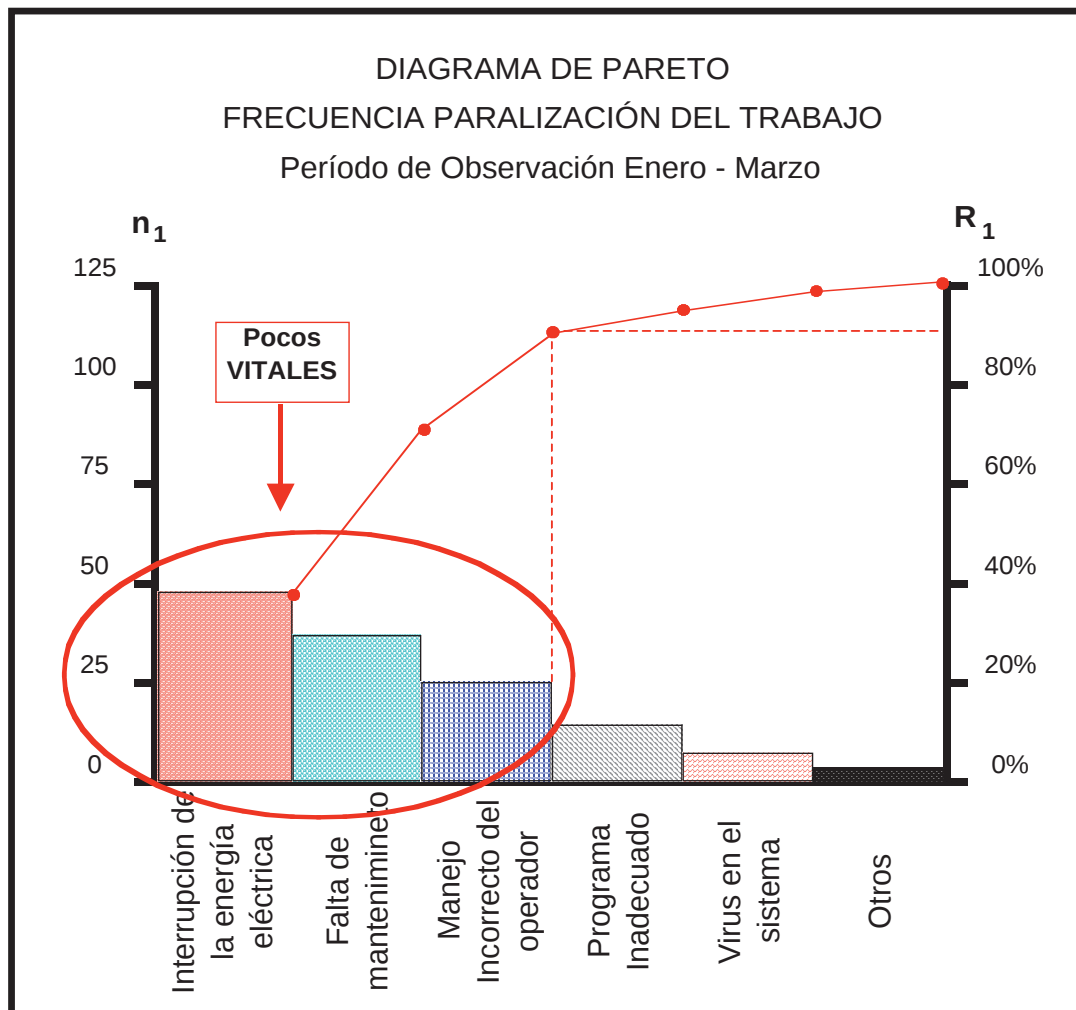


Graficar los porcentajes. Se colocan los puntos que representan el porcentaje relativo acumulado, tomando en cuenta la graduación de la barra vertical derecha: los puntos se colocan partiendo del origen y después en la posición que corresponde al extremo derecho de cada

barra, y se traza una curva que una dichos puntos. En esta forma queda graficada la curva del porcentaje relativo.



Decidir los factores a considerar. Decidir si se va a atacar la barra de mayor tamaño o bien trazar una línea hasta la curva que muestra los porcentajes acumulados y de ahí bajar una línea hasta el eje horizontal para identificar los pocos vitales. Como cualquier otra herramienta el diagrama de Pareto debe acompañarse de información adicional que describa el problema, fechas, lugares, responsables, etc.



Una vez identificados los “*pocos vitales*”, el siguiente paso es que los responsables del proceso se cuestionen sobre la factibilidad de atacar un solo factor que se convertirá en el proyecto de mejora. Según el principio de Pareto la acción de eliminar ese o estos factores traería como consecuencia la disminución del tamaño del problema en aproximadamente un 80%.

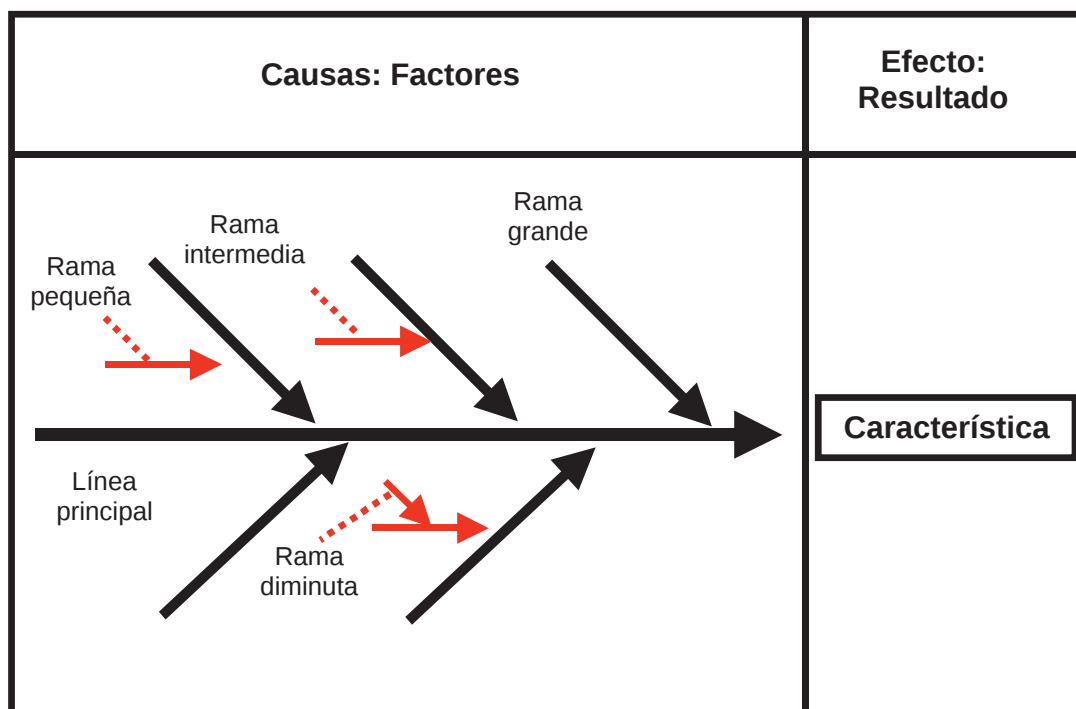
5.- Diagrama de Causa – Efecto.

¿Qué es el diagrama de causa - efecto?

El diagrama de causa – efecto es una herramienta sistémica para la resolución de problemas que permite apreciar la relación existente entre una característica de calidad. (efecto) y los factores (causas) que la afectan, para así poder definir la causa principal de un problema existente en un proceso.

Las causas son determinadas pensando en el efecto que tienen sobre el resultado, indicando por medio de flechas la relación lógica entre la causa y el efecto.

El diagrama se divide en dos partes: al lado derecho se localiza el efecto o característica y al lado izquierdo se sitúan las causas o factores.



Este diagrama por su apariencia también es llamado “esqueleto de pescado” pero más comúnmente se conoce con el nombre de “diagrama de Ishikawa”, ya que la primera persona en utilizarlo en el año 1953 fue el profesor Kaoru Ishikawa al resumir las ideas de un grupo de ingenieros cuando estaban discutiendo un problema de calidad en un proceso.

El diagrama de causa-efecto es aplicable en cualquier proceso en donde se requiera solucionar un problema o en donde se desee implementar una mejora. Existen varios métodos por los cuales se puede realizar un diagrama de causa-efecto dependiendo estos de cómo se organice y se acomode el diagrama. Nosotros estudiaremos tres métodos:

- ✓ Método analítico, preguntar las veces que sea necesario ¿por qué pudo suceder?, utilizado para la resolución de problemas.
- ✓ Método de análisis del proceso, preguntar ¿qué problemas de calidad pueden ocurrir en esta etapa?, utilizado para prevenir problemas en el proceso.
- ✓ Método estratégico, se utilizan las 5M, utilizado para solucionar problemas o para realizar mejoras.

¿Cómo se construye el diagrama de causa-efecto?

Los pasos para la construcción del diagrama de causa-efecto en los tres métodos son muy similares, por lo que se dará un listado de pasos generales de construcción y posteriormente se detallará cada uno de los métodos.

1. **Determinar el efecto o resultado (característica) a analizar.** En esta etapa se requiere que todos los involucrados estén enterados de la problemática o de lo que se quiera mejorar, esto con el fin de decidir cuál es el efecto o resultado en el que se va a enfocar.

2. Trazar la línea principal del diagrama y escribir el efecto o resultado.

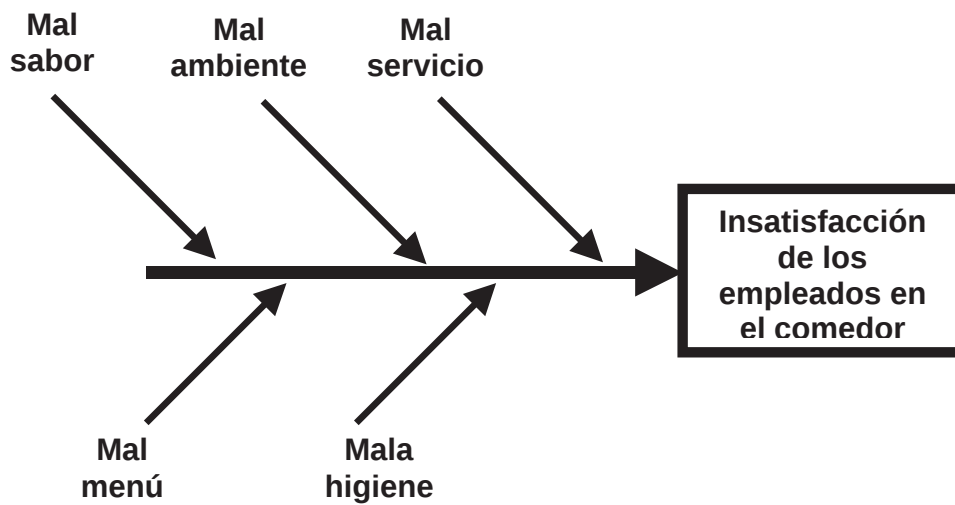
Una vez decidido el efecto o resultado, este es anotado al extremo derecho de la hoja en un recuadro. En este paso es muy importante ser específico escribiendo completamente la característica: por ejemplo, es insuficiente escribir “insatisfacción de los empleados”, la forma correcta de expresarlo es “insatisfacción de los empleados en el comedor”. A continuación se traza una flecha horizontal de izquierda a derecha (línea principal) dirigida hacia el recuadro de la característica.



3. Especificar los factores o causas que inciden sobre el efecto o resultado. En este paso se analizarán los tres diferentes métodos mencionados anteriormente para definir los factores o causas que inciden sobre el efecto o resultado.

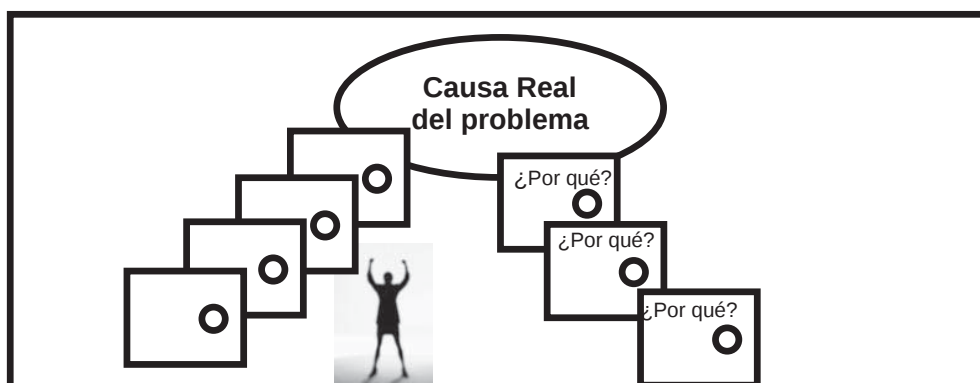
Método analítico para el Diagrama Causa Efecto.

- a) **Identificar los factores o causas mayores.** Para identificar los factores o causas principales es necesario responder a la pregunta ¿por qué pudo haber ocurrido (efecto o resultado)...? para esto, el equipo se reúne y efectúa una “lluvia de ideas” determinando de 4 a 8 causas o factores mayores, los cuales se colocan en las ramas grandes del diagrama.



- b) **Identificar causas y subcausas.** En esta etapa se pregunta ¿por qué pudo haber ocurrido cada uno de los factores o causas mayores? Para determinar las causas, a su vez se pregunta ¿por qué pudo haber ocurrido cada una de las causas? Para así obtener las subcausas y así sucesivamente hasta tener las causas raíz para cada una de las ramas grandes. Ver figura en la siguiente página.

El proceso de preguntar ¿por qué? Debe ser persistente de tal manera que se encuentre la verdadera causa raíz del problema. Si se pregunta unas cinco veces ¿por qué? Se debe encontrar la verdadera causa raíz del problema.



Por ejemplo: si se tiene un problema con un controlador digital de un horno de fundición de acero:

¿Por qué fallo el controlador? El circuito impreso está dañado.

¿Por qué está dañado el circuito impreso? Se sobrecalentó.

¿Por qué se sobrecalentó? Falta de aire

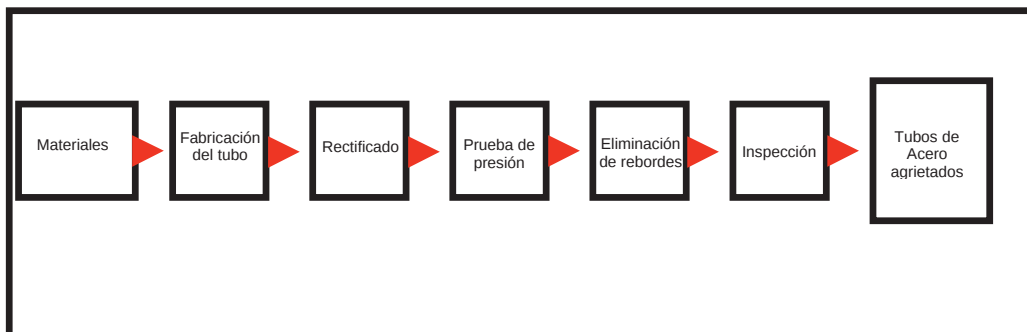
¿Por qué falta el aire? Por falta de presión del aire.

¿Por qué falta presión de aire? Filtro tapado

De esta manera se encuentra la verdadera causa raíz por la que el controlador digital del horno está fallando es la falta de mantenimiento en el filtro de aire del controlador. Una acción preventiva sería dar mantenimiento mensualmente al filtro.

Método de análisis de proceso.

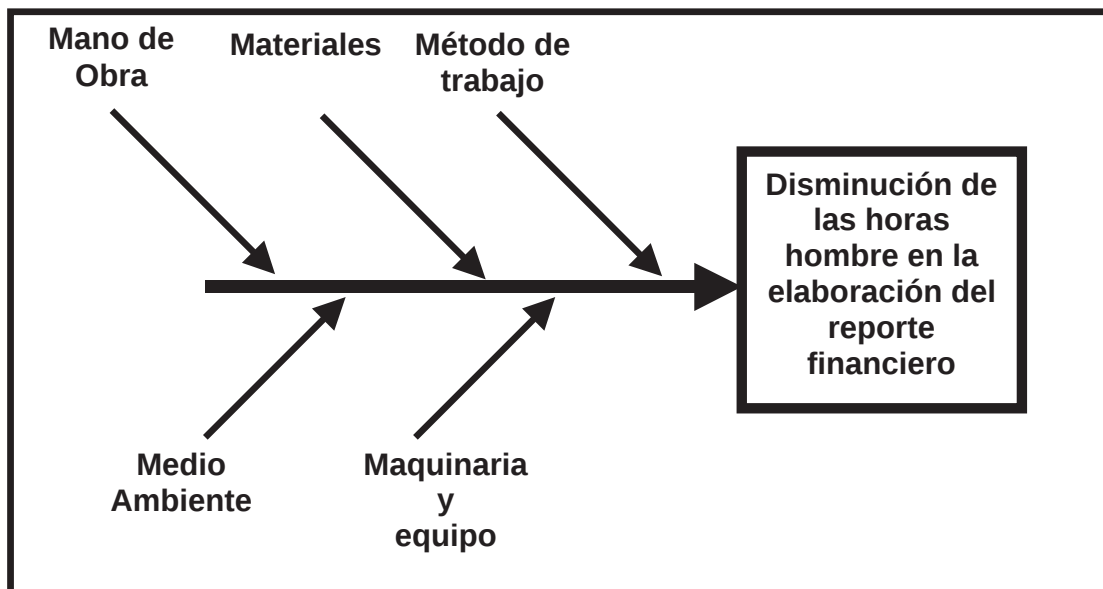
- a) **Determinar las etapas del proceso.** En este tipo de diagrama de causa-efecto el problema o la mejora se ven influenciados por todas las etapas del proceso sin saber claramente en cual de estas se podría encontrar la causa o factor raíz, por esto es necesario determinar todas las etapas involucradas en el proceso y anotar cada una de ellas en pequeños recuadros sobre la línea principal del diagrama.



- b) **Identificar posibles causas y subcausas.** En este paso se hace la pregunta ¿qué problemas de calidad pueden ocurrir en esta etapa en cada una de las etapas identificadas en el punto anterior?

Método estratégico. En este método existe una variante en la interpretación del efecto y las causas: el efecto se convierte en un resultado deseado, es decir una mejora y las causas representa los posibles factores o las formas para lograrla.

- a) **Subdividir los factores mayores de acuerdo a las 5M.** Se efectúa una lluvia de ideas en donde se listan todas y cada una de las ideas que se crea ayudan a la consecución del resultado deseado, preguntándose ¿cómo puedo lograr la disminución?



- b) **Identificar factores y subfactores para cada una de las 5M.** Una vez determinados los factores principales 5M y utilizando la lista de idea, se procede a determinar los factores y subfactores mediante el agrupamiento de las ideas de acuerdo a su relación entre ellos.
- 4. **Verificar las causas o factores probables.**
- 5. **Asignar la importancia de cada causa o factor.** Se requiere denotar con un círculo o marca las causas o factores que tengan mayor peso sobre el efecto o resultado.
- 6. **Registrar información que pueda ser de utilidad.** Tal como título, nombre del producto, tipo de proceso, la fecha, nombres de los participantes, nombre del proyecto, etc.

Que tener en cuenta al elaborar un diagrama de causa-efecto.

- ✓ No confundir efectos con causas.
- ✓ Mantener una visión colectiva cualquier idea por pequeña que sea puede ser la clave de la solución del problema.
- ✓ Poner la espina de pescado dentro de una ballena. O sea, no trabajar de manera aislada, sino dentro de un Proyecto de mejora.
- ✓ Mejorar el diagrama permanentemente.
- ✓ Utilizar todas las hojas que sean necesarias.
- ✓ Ampliar el uso del diagrama

¿Por qué se utiliza el diagrama de causa-efecto?

- ✓ Para dirigir una discusión.
- ✓ Como medio de aprendizaje.
- ✓ Análisis de cualquier problema.
- ✓ Recolección de datos.
- ✓ Prevención de problemas.
- ✓ Evaluación de habilidades.
- ✓ Comprender la situación actual.

6.- Diagrama de dispersión.

¿Qué es el diagrama de dispersión?

Los métodos gráficos el histograma o las gráficas de control tienen como base un conjunto de datos correspondientes a una sola variable (la característica de calidad de interés), es decir, son datos univariados. Un diagrama de dispersión se usa para estudiar la posible relación entre una variable y otra (datos bivariados); también sirve para posibles relaciones de causa-efecto; en ese sentido no puede probar que una variable causa la otra, pero deja mas claro cuando una relación existe y la fuerza de esta relación.

La relación entre los dos tipos de datos puede ser:

1. Una característica de calidad y un factor que incide sobre ella.
2. Dos características de calidad relacionadas, o bien.
3. Dos factores relacionados con una sola característica.

Pasos para la Construcción del diagrama de dispersión.

1. Recolectar n parejas de datos de la forma (X_i, Y_i) donde $i = 1, 2, \dots, n$. Donde X_i y Y_i representan los valores respectivos de las dos variables. Los datos se suelen presentar en una tabla.
2. Diseñar las escalas apropiadas para los ejes X y Y; generalmente la variable que se está investigando como posible causa está situada en el eje horizontal y el que es un posible efecto en el eje vertical.
3. Graficar las parejas de datos. Si hay puntos repetidos, se mostrarán como círculos concéntricos.
4. Calcular el coeficiente de correlación (r). Este coeficiente de correlación sirve para ver si efectivamente existe una relación entre las dos variables, se puede encontrar por dos métodos:

A) Correlación por medianas.

El uso del método por medianas posee dos ventajas importantes, a saber:

- ✓ Para un conjunto grande de datos el cálculo de r es rápido.
- ✓ Los cálculos son muy elementales.

La desventaja de este método es que el valor obtenido de r es aproximado, y el usuario que desee exactitud completa en sus estudios tiene que utilizar el método de Pearson.

B) Correlación por el método Pearson.

El valor del coeficiente (r), llamado coeficiente de correlación lineal de Pearson, proporciona una medida del grado de relación entre dos variables y se calcula mediante la expresión:

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) S(yy)}}$$

donde

$$S(xx) = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum x_1 y_1 - \frac{(\sum x_1)(\sum y_1)}{n}$$

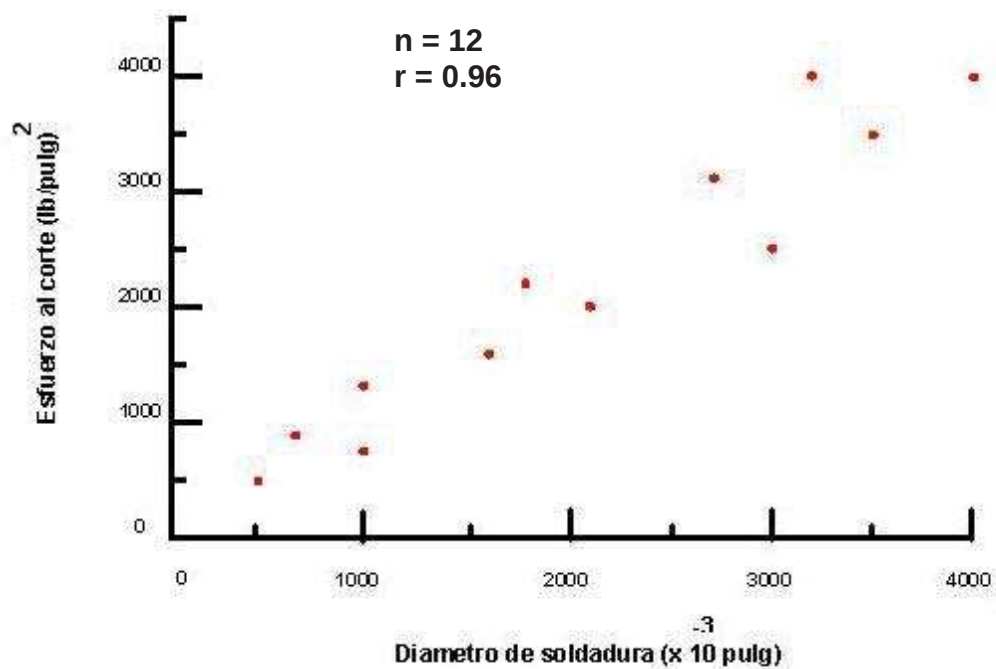
y n es el número de parejas de datos; el término $S(xy)$ se llama Covarianza

5. Documentar el diagrama, incluyendo lo siguiente: fecha, nombre del departamento, personal involucrado, etc.

Ejemplo de un diagrama de Dispersión:

Industrias Automotrices Shogun
Operación: 140
Elaboro: F. Avitia

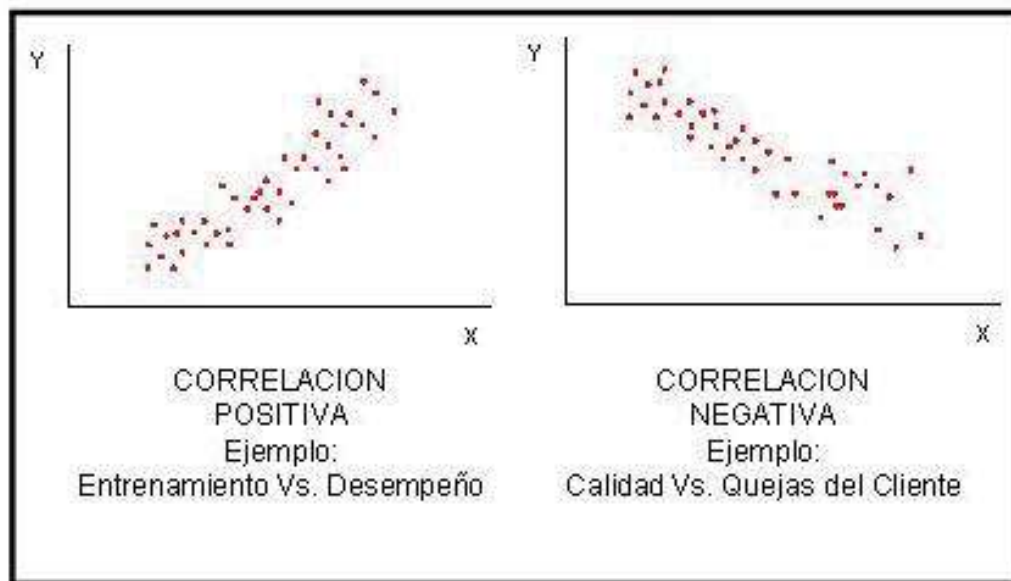
Departamento: Ensamble
Fecha de recolección: 5/5/95



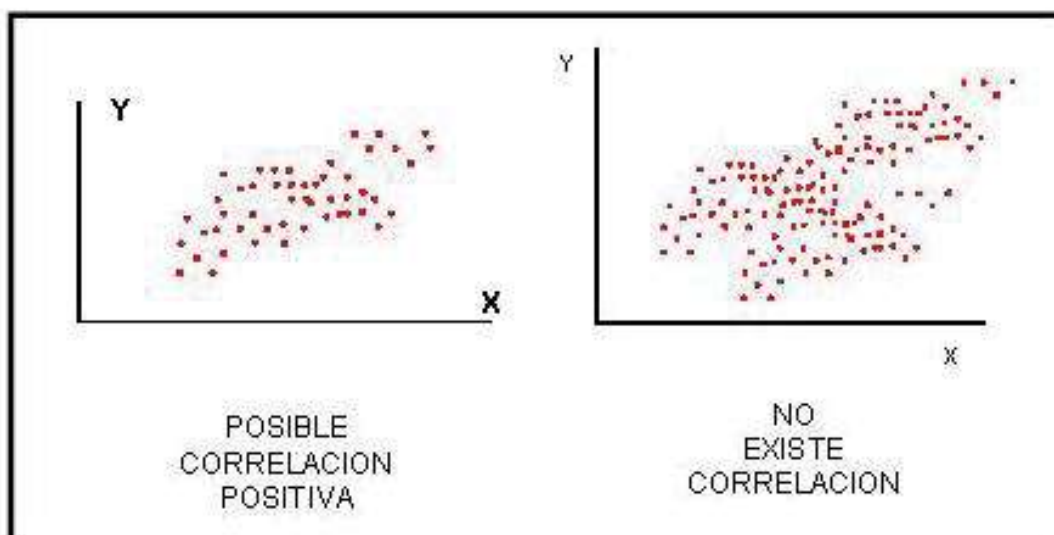
Lectura y uso del diagrama de dispersión.

La lectura del diagrama de dispersión se hace en base al tipo de relación entre los datos, lo fuerte o débil de la relación y la posible presencia de puntos anómalos.

La relación entre los datos se denomina correlación positiva, cuando un aumento de un valor de la variable X le acompaña un aumento de la otra variable, el caso inverso da lugar a la llamada correlación negativa.



Otros patrones generales que se pueden encontrar al graficar los datos son los siguientes, el de la izquierda indica una posible correlación positiva por su forma ovalada, mientras que en el de la derecha no se percibe relación alguna entre los datos, es decir, no hay correlación por su forma circular..



A continuación se muestra una tabla donde se define cuantitativamente el grado de relación entre las variables, en base al coeficiente de correlación obtenido, a manera de confirmación de lo que el usuario percibe de modo cualitativo en la gráfica.

COEFICIENTE DE CORRELACION	RELACION
$0.8 = r = 1$	Fuerte, positiva
$0.3 = r = 0.8$	Debil, positiva
$-0.3 = r = 0.3$	No existe relacion
$-0.8 = r = -0.3$	Debil, negativa
$-1.0 = r = -0.8$	Fuerte, negativa

7.- Gráficas de Control

¿Qué son las gráficas de control?

La gráfica de control es un método gráfico que ayuda a evaluar si un proceso está o no en un estado de control, estadístico. Es decir, ver su comportamiento dentro de los límites de especificación.

Es muy parecida a las gráficas de línea, la diferencia esencial estriba en que las gráficas de control tienen los denominados “límites de control”, que determinan el rango de variabilidad estadística aceptable para la variable que se esté monitoreando.

Una gráfica de control ofrece varias ventajas:

- ✓ Sirve para determinar el estado de control de un proceso.
- ✓ Diagnostica el comportamiento de un proceso en el tiempo
- ✓ Indica si un proceso ha mejorado o empeorado.
- ✓ Sirve como una herramienta de detección de problemas.
- ✓ Permite identificar las dos fuentes de variación de un proceso: causas comunes y causas especiales o asignables, ver la siguiente tabla:

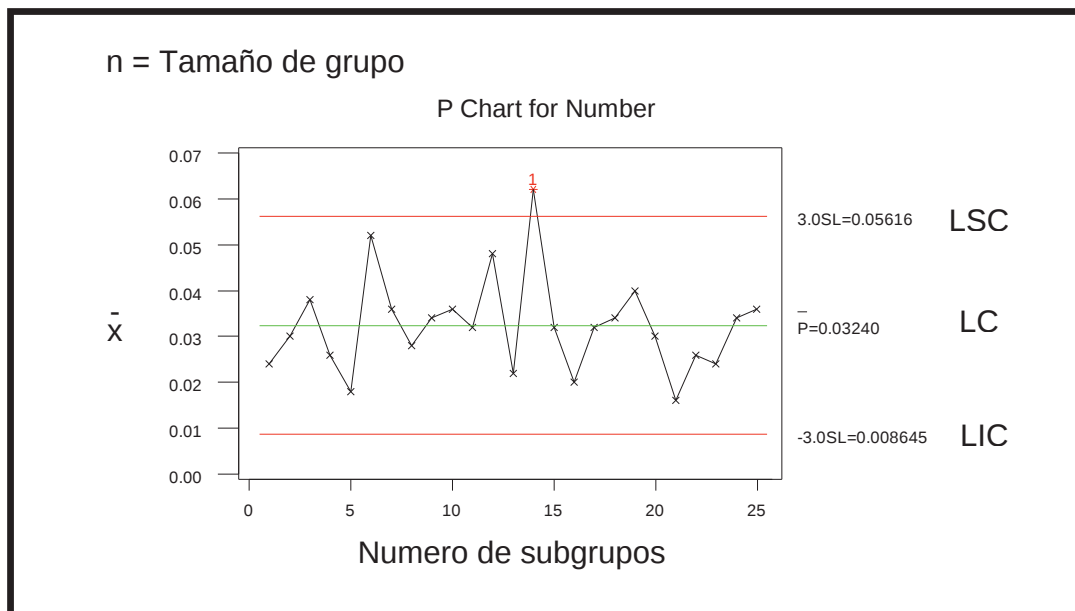
<i>Causas asignables.</i>	<i>Causas comunes</i>
<i>También llamadas especiales son los factores esporádicos que desestabilizan el sistema. Su identificación es inmediata y fácil.</i>	<i>También llamadas naturales, son los factores que afectan en poco la variabilidad del sistema. Su presencia es aleatoria y no son de fácil detección. Generalmente están relacionados con aspectos administrativos</i>

Las gráficas de control se van realizando en el plazo que se establece para aplicar las medidas de mejora de calidad. En virtud de que estas gráficas quedan

fuera del alcance de este trabajo de tesis, considero conveniente solo presentar los conceptos estadísticos y los pasos generales para su elaboración.

Las Gráficas de Control, su construcción.

Todas las gráficas de control tienen una línea central (LC), una línea superior que marca el límite superior de control (LSC) y una línea inferior de control (LIC). La estructura de una gráfica de control es la siguiente:



¿Cómo se construye una gráfica de control?

Gráfica $\bar{x} - R$, promedios y rangos.

La gráfica de promedios y rangos presenta simultáneamente los promedios y los rangos de los grupos de mediciones que se tengan. Es integrada por dos secciones: la sección superior, que se dedica a los promedios, y la sección inferior que se dedica a los rangos.

En el eje vertical se establecen las escalas respectivas; en la parte superior, para las magnitudes de los promedios, y en la parte inferior, para los rangos. Abajo, a lo largo del eje horizontal, se numeran los subgrupos.

Esta gráfica permite observar los cambios que presenta la media y la dispersión del, proceso simultáneamente, permitiendo con esto detectar anomalías en el proceso.

A continuación se describen los pasos para su construcción.

Paso 1: Recolección de Datos. La recolección de datos debe contener al menos 100 datos para que la muestra sea representativa.

Existen algunas consideraciones importantes para una mejor recolección:

Hacer entre 20 y 30 subgrupos (**k**) que contengan entre 2 y 6 elementos (**n**). Los valores más comunes para **n** son 4 y 5 mientras que para **k** son 20, 25 y 30.

Para minimizar la variación, los datos recolectados bajo las mismas condiciones deben formar parte de un subgrupo, se recomienda que los subgrupos se dividan de acuerdo a periodos de tiempo, fechas, lotes, etc.

Anotar información relevante en la hoja de datos puede servir para un mejor control.

Paso 2: Calcular el valor medio y los rangos para cada uno de los subgrupos. Realizar la sumatoria por cada subgrupo, para posteriormente determinar el valor medio $\bar{x}_i$, calculando además el rango R_i .

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$R = M - m$$

M = dato con valor mayor

m= dato con valor menor

Paso 3: Calcular los límites de control para la Gráfica R. Los límites se calculan de la siguiente forma, (el cálculo de los límites requiere de consultar la tabla que se anexa al final de este capítulo) para tomar las constantes que se utilizan en las fórmulas en función de “n”:

Línea central:

Cálculo de la media de los rangos

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k R_i}{k} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k}$$

Límites inferior y superior de control:

Límite inferior de control (LIC):

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

Límite superior de control (LSC):

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

Paso 4: Elaborar la gráfica R y observar su comportamiento. Se grafican uno por uno los datos de los rangos interconectándolos con una línea. Si en la gráfica R se observa un comportamiento anormal (se sale de los parámetros establecidos), se concluye que el proceso está fuera de control. De lo contrario se continua con el quinto paso.

Paso 5: Calcular los límites para la gráfica de control

Línea central:

Cálculo de la media de medias

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

Límites inferior y superior de control:

Límite inferior de control (LIC):

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

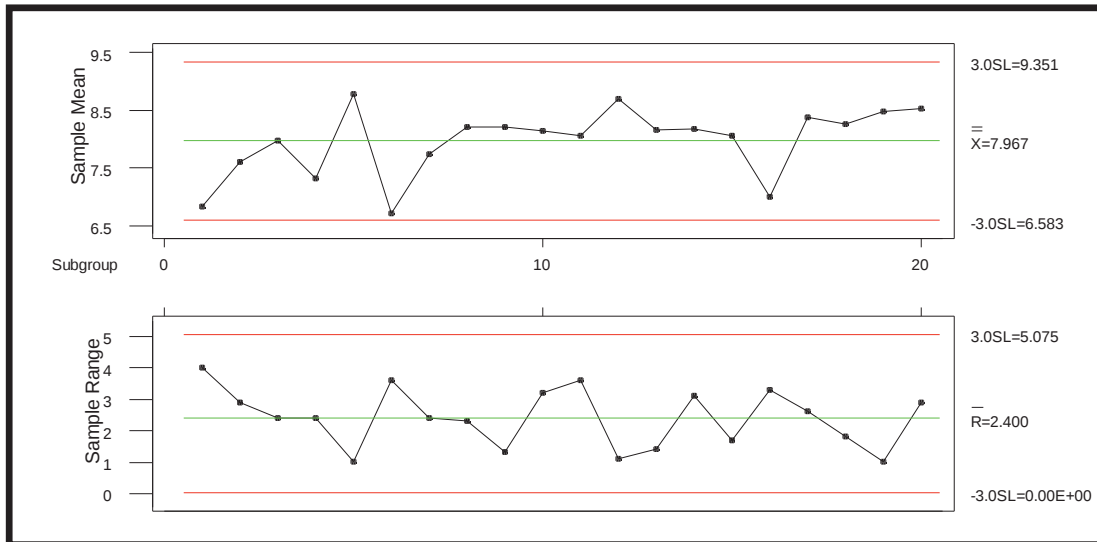
Límite superior de control (LSC):

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

(A_2 = constante tomada de la tabla anexa)

Paso 6: Elaborar la gráfica x. Si la gráfica R no tuvo anomalías, se grafican uno por uno los datos de las medias interconectados con una línea de las medias x. Posteriormente se trazan los límites de control que se calcularon.

A continuación se presenta un ejemplo de las gráficas de control, una por medias y la otra por rangos



Constantes para las Gráficas de Control

Número de observaciones n	A ₂	A ₃	A ₄	B ₃	B ₄	c ₄	d ₂	d ₃	d ₄	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	E ₂
2	1.880	2.659		0.000	3.267	0.7979	1.128	0.853	0.954	0.000	3.267	0.000	3.885	2.660
3	1.023	1.954	1.167	0.000	2.568	0.8862	1.693	0.888	1.588	0.000	2.574	0.000	2.745	1.772
4	0.729	1.628		0.000	2.266	0.9213	2.059	0.880	1.378	0.000	2.282	0.000	2.375	1.457
5	0.577	1.427	0.891	0.000	2.089	0.9400	2.326	0.864	2.257	0.000	2.114	0.000	2.179	1.290
6	0.483	1.287		0.030	1.970	0.9515	2.534	0.848	2.472	0.000	2.004	0.000	2.035	1.184
7	0.419	1.182	0.509	0.118	1.882	0.9594	2.704	0.833	2.645	0.076	1.924	0.078	1.967	1.109
8	0.373	1.099		0.163	1.815	0.9650	2.847	0.820	2.791	0.138	1.864	0.136	1.901	1.054
9	0.337	1.032	0.412	0.239	1.761	0.9693	2.970	0.808	2.915	0.194	1.816	0.187	1.850	1.010
10	0.308	0.975		0.284	1.716	0.9727	3.078	0.797	3.024	0.223	1.777	0.227	1.809	0.975
11	0.285	0.927	0.350	0.321	1.679	0.9754	3.173	0.787	3.121	0.256	1.744			
12	0.268	0.886		0.354	1.646	0.9776	3.258	0.778	3.207	0.283	1.717			
13	0.249	0.850		0.382	1.618	0.9794	3.336	0.770	3.285	0.307	1.693			
14	0.233	0.817		0.406	1.594	0.9810	3.407	0.762	3.356	0.328	1.672			
15	0.223	0.789		0.428	1.572	0.9823	3.472	0.755	3.422	0.347	1.653			
16	0.212	0.763		0.448	1.552	0.9835	3.532	0.749	3.482	0.363	1.637			
17	0.203	0.739		0.466	1.534	0.9845	3.588	0.743	3.538	0.378	1.622			
18	0.194	0.718		0.482	1.518	0.9854	3.640	0.738	3.591	0.391	1.608			
19	0.187	0.698		0.497	1.503	0.9862	3.689	0.733	3.640	0.403	1.597			
20	0.180	0.680		0.510	1.490	0.9869	3.735	0.729	3.686	0.415	1.585			
21	0.173	0.663		0.523	1.477	0.9876	3.778	0.724	3.730	0.425	1.578			
22	0.167	0.647		0.534	1.466	0.9882	3.819	0.720	3.771	0.434	1.566			
23	0.162	0.633		0.545	1.455	0.9887	3.858	0.716	3.811	0.443	1.557			
24	0.157	0.619		0.555	1.446	0.9892	3.895	0.712	3.847	0.451	1.548			
25	0.153	0.606		0.565	1.435	0.9896	3.931	0.709	3.883	0.459	1.541			

Más de 25 $\frac{3}{\sqrt{n}}$ $1 + \frac{3}{\sqrt{2n}} - 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$

CAPÍTULO 4

Aplicación de las Herramientas de la Calidad; Caso específico en la Obra Campus UVAQ, Tacámbaro, Mich.

La Universidad Vasco de Quiroga, A. C. decidió construir nuevas instalaciones en la población de Tacámbaro, Mich. de acuerdo con sus planes de desarrollo. Para ello elaboró un proyecto arquitectónico y convocó a varias empresas constructoras a un concurso privado para elegir, según su especialidad, a las que más le convenía contratar en base a criterios de precio y calidad de obra, así como la seriedad para llevar a efecto la construcción en el tiempo planeado.

Con las empresas constructoras seleccionadas, se firmó los contratos correspondientes, iniciándose los trabajos según los calendarios de obra presentados por cada una de ellas de acuerdo con su capacidad y Plan de Acción interior como empresa particular.

Ambas empresas comprometidas con sus propios procesos de mejora continua en sus actividades, cuentan por supuesto con su diagnóstico y han descubierto sus fortalezas y debilidades, sus oportunidades y amenazas, tanto interiores como exteriores.

De una de estas empresas tomaremos los datos de algunos de los problemas que ha detectado en su experiencia, para mostrar la aplicación de las herramientas de calidad en la Industria de la Construcción.

Se procedió a elaborar la encuesta que a continuación se inserta para identificar los diferentes problemas que se presentan en la localidad para la empresa constructora en la Obra del Campus Tacámbaro de la UVAQ donde, como es natural, se tuvo necesidad de contratar personal de la localidad.

ENCUESTA DE TRABAJO CAMPUS UVAQ TACÁMBARO, MICH

Nombre: _____

1.- ¿Lugar de origen?

Tacámbaro () Morelia () Otro ()

2.- ¿Sabe leer y escribir?

Si () No ()

3.- ¿Grado de estudios?

Profesional () Preparatoria () Secundaria () Primaria ()
Sin estudios ()

4.- ¿Edad?

18 - 20 () 20 - 25 () 25 - 30 () 30 - 35 ()
35 - 40 () Mas de 40 ()

5.- Conoce la existencia del IMSS?

Si () No ()

6.- ¿Esta asegurado?

Si () No () No sabe ()

7.- ¿Asiste regularmente al Seguro Social?

Si () No () No asiste ()

8.- ¿Lo atienden bien?

Si () No ()

9.- Esta satisfecho con el IMSS?

Si () No ()

10.- En otras obras ha estado afiliado al IMSS?

Si () No () No sabe () ¿Por que? _____

11.- ¿Ha sufrido algún accidente de trabajo?

Si () No ()

12.- ¿Que tipo de accidente? _____

Para definir el tamaño de la muestra se toma en cuenta la población que representa las características de los objetos o problemas a determinar, en este caso la población esta formada por los trabajadores de la constructora en esa población y dado que ésta es relativamente pequeña se optó por aplicar la encuesta a la totalidad de ellos, obteniendo los resultados con los que se trabajó **aplicando las herramientas de calidad que procedían** y que a continuación se presentan.

1.- Diagrama de Flujo.

Este no se incluye porque correspondió a la empresa constructora elaborarlo en momentos anteriores dentro de su proceso de mejora de la calidad.

2.- Hojas de Verificación o Recolección de Datos.

Ya se vio la hoja de la encuesta y más adelante se inserta la tabla que se obtuvo después de procesar dicha encuesta.

En primer término realizamos una Estratificación.

Partiendo de la clasificación de los factores que inciden en un proceso, las 5M: Máquina, Método, Material, Medio Ambiente y Mano de Obra, se hizo la siguiente clasificación.

Mano de obra:

- ✓ Capacitación: Deficiente, no existe información del IMSS, falta de criterio del personal del IMSS, falta de información de la empresa a los obreros.
- ✓ Forma de Ser: Mal carácter, mal educado, mal trato del personal del IMSS, personal problemático (problemas familiares).
- ✓ Mala selección: Procedimiento de contratación deficiente, mala comunicación.
- ✓ Inducción inadecuada: Falta de procedimiento.

Medio ambiente y Equipo de Trabajo:

- ✓ Instalaciones: Trabajo a la intemperie, falta de seguridad, no se hablan.
- ✓ Equipo de Trabajo: Obsoleto, mal estado, insuficiente, no ergonómico.
- ✓ Ambiente de Trabajo: Mala relación, jefe subordinado (se da entre maestro y obreros), la mayoría de ellos no se hablan entre si, rotación de personal.

Método y Trabajo:

- ✓ Procedimientos de Trabajo: Falta de conocimiento de los manuales de procedimientos, no actualizados, no hay estándares, poca comunicación, lento.
- ✓ Horario: Mala distribución del trabajo, carga de trabajo, horario inflexible (horario cómodo).
- ✓ Nomina: Baja retribución, falta de incentivos, falta de prestaciones, pagos a destiempo.

Usos de la estratificación: Identificar la causa que tiene mayor influencia en la variación.

1. Comprende de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.
2. Examinar la diferencia en los valores promedio y la variación entre diferentes estratos, y tomar medidas contra la diferencia que pueda existir.

3.- Histogramas.

A partir del procesamiento de las encuestas se obtuvo la siguiente tabla de las edades

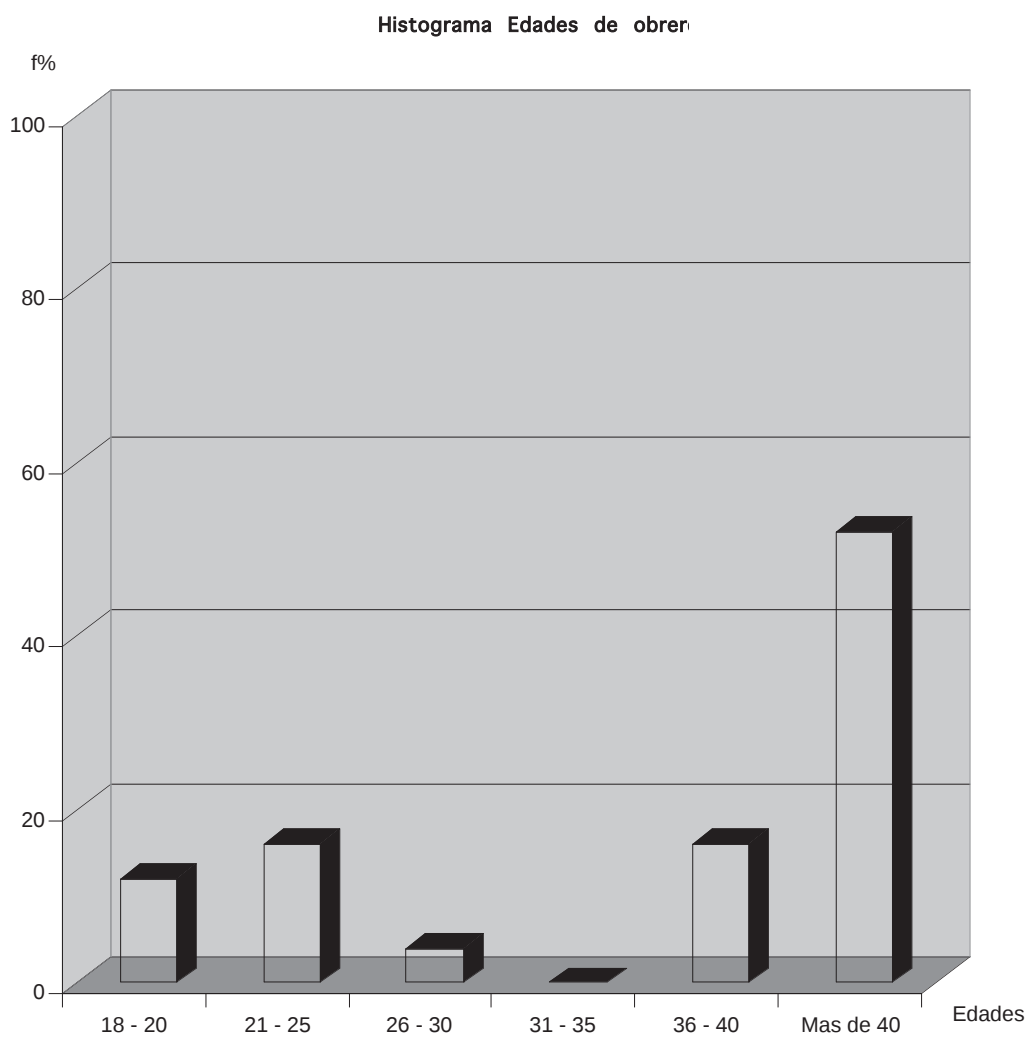
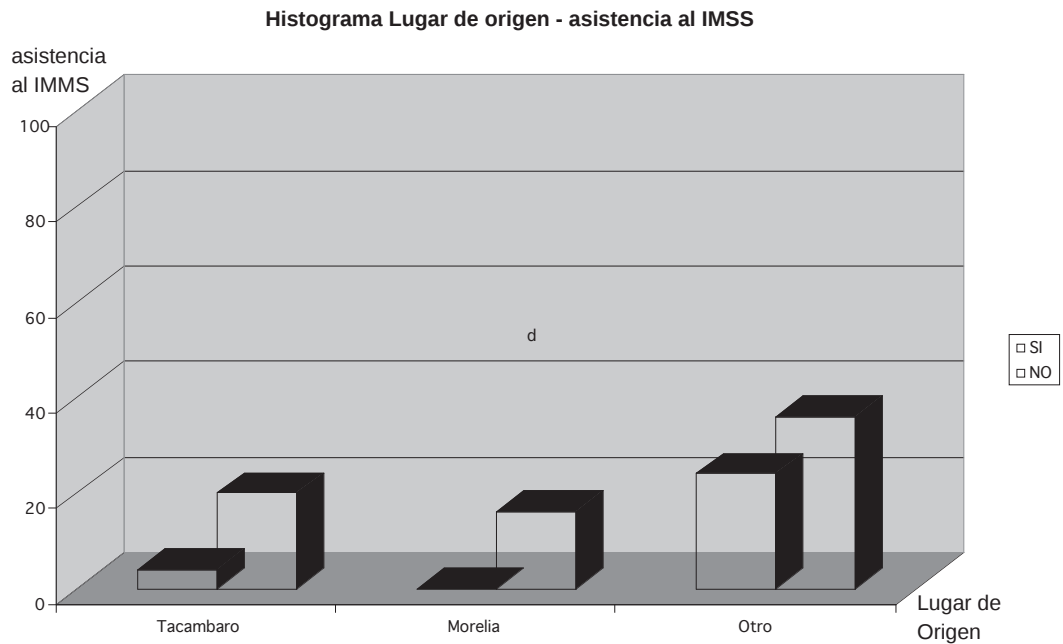


Tabla 1 Edad

Edad	Frecuencia	Acumulado	% Fr	% F acumulada
18 - 20	3	3	12	12
21 - 25	4	7	16	28
26 - 30	1	8	4	32
31 - 35	0	8	0	32
36 - 40	4	12	16	48
Mas de 40	13	25	52	100
Total	25			



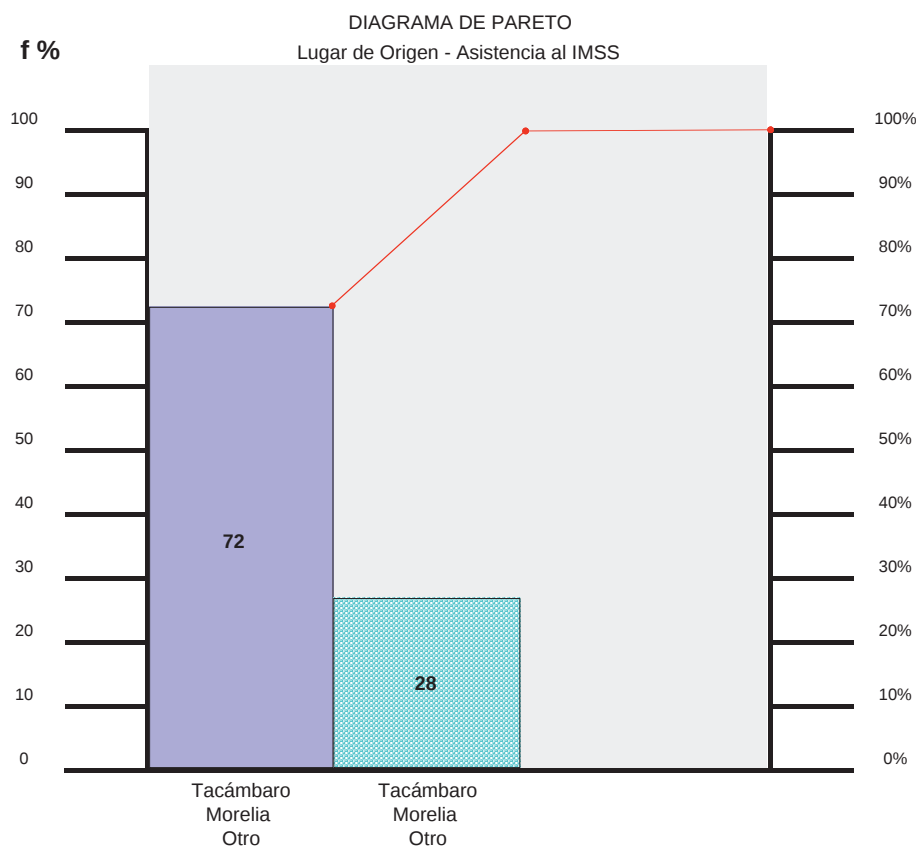
Nota: Como anotamos anteriormente otro se tomara como Tacámbaro y si sumamos Tacámbaro 20% y otro 36% nos da el 56%, que representa un alto porcentaje de no asistencia, por lo cual nos enfocaremos a estudiar este problema.

Lugar de
Origen
Tabla 2

Origen	Frecuencia	Acumulado	% Fr	% F acumulada
Tacámbaro	6	6	24	24
Morelia	4	10	16	40
Otro	15	25	60	100
Total	25			

4.- Diagrama de Pareto.

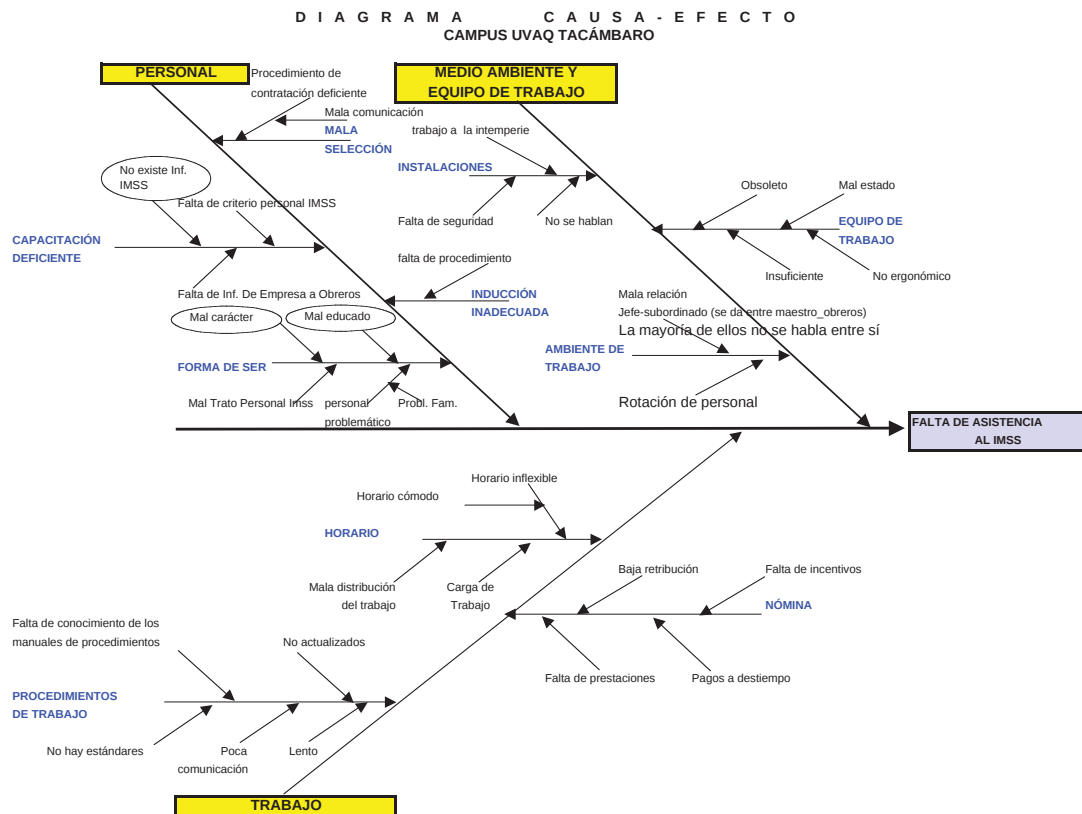
Ya antes se había identificado como algunos de los problemas importantes el bajo rendimiento, la falta frecuente a la obra y problemas de Salud. Todo esto se relacionó como derivado de la inasistencia al IMSS ya sea en caso de enfermedad o para recibir consejos para conservar la salud, inasistencia al IMSS provocada por razones de: mala atención, insatisfacción por el servicio y desconocimiento de la ubicación del IMSS en Tacámbaro (pregunta: conoce la existencia del IMSS). Los datos se recolectaron en dos visitas consecutivas separadas por una semana en el mes de febrero del presente año, con el formato antes visto. Se calculó el porcentaje acumulado, sumando en forma consecutiva los porcentajes de cada factor. Con esta información se señala el porcentaje de veces que se presenta el problema que se eliminaría si se realizan acciones efectivas que supriman las causas principales del problema.



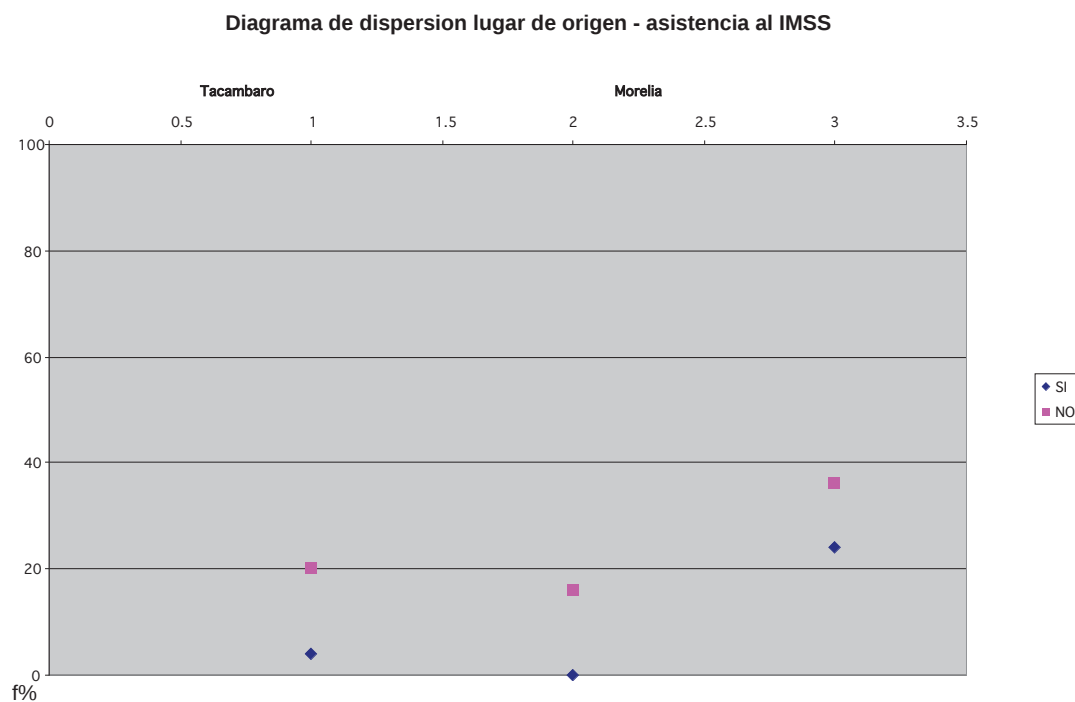
Como se observa en esta gráfica, el problema de inasistencia al IMSS, representa el 72 % de la Muestra por lo cual atacaremos el problema planteando acciones concretas que nos lleven a reducir el alto porcentaje observado.

5. Diagrama Causa - Efecto

Para la elaboración de este diagrama aplicado a nuestro caso de la obra del Campus Tacámbaro de la UVAQ, tomamos el problema de la No asistencia al IMSS y aplicando los pasos descritos en el capítulo anterior obtenemos el siguiente



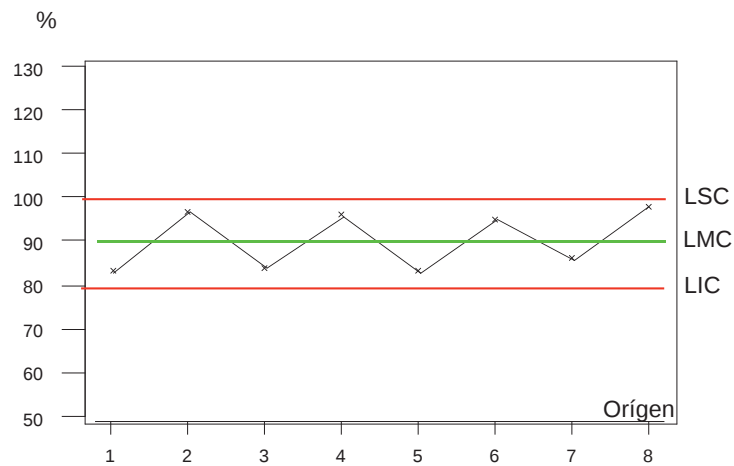
6.- Diagrama de Dispersión.



Origen	Frecuencia	SI	No	% Fr		% F acumulada
				SI	NO	
Tacámbaro	6	1	5	4	20	24
Morelia	4	0	4	0	16	40
Otro	15	6	9	24	36	100
Total	25			28	72	100

7.- Grafica de Control

Como no se han llevado a cabo los Planes de Acción proponemos como rango de control de nuestro proceso, lo siguiente:



PLAN DE ACCIÓN A SEGUIR PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

Tomaremos los tres problemas mas frecuentes detectados en la encuesta que se realizo.

1. **Promedio de edad:** 52% con mas de 40 años, lo que nos hace ver que el rendimiento por jornada de trabajo es inferior a lo considerado en los rendimientos promedio, de los análisis de precio unitarios lo que ocasiona que el tiempo de ejecución sea mayor a lo considerado (aunque no siempre se da el caso) y por tanto mayor costo y menor utilidades.
2. **Nivel educativo:** Aquí se observo que el 90% de la gente, si bien en la encuesta se reflejo primaria (2º y 3er año) no se completo.
3. **La no-asistencia al IMSS:** A nuestro juicio este es el problema mayor dentro de la obra ya que las cuotas que se pagan al IMSS son altas, además, de que la gente acude al hospital general o medico particular que cuesta y además no se presentan a trabajar ese día, lo que lesiona en gran medida a la empresa.

Planes de acción.-

Caso 1º Promedio de edad

Paso 1: Definir el perfil del personal con el que busca contar la empresa en función de las necesidades de la misma.

Caso 2º Nivel educativo

Paso 1: Existe en el estado diferentes programas de alfabetización, INEA, Alfa TV, cero-rezago, etc. Donde se dan las condiciones a través de horarios flexibles que se acoplan a las necesidades del trabajador. Aquí se define que programa es el mas adecuado.

Paso 2: Informar al personal interesado en participar de las actividades y ventajas de estos programas.

Paso 3: Motivar a la gente para que se inscriba a dichos programas.

Paso 4: Proporcionar facilidad en el horario, sacrificando de 1 a 2 horas para que los asesores de programa les den el apoyo en la obra.

Paso 5: Dar seguimiento a que el personal lleve a cabo las tareas y responsabilidades del programa.

Paso 6: Verificar los avances del mismo en un lapso de 6 meses.

Caso 3º La no-asistencia al IMSS

Aquí se plantearan las acciones concretas para resolver este problema que como ya mencionamos es critico.

Paso 1: Informar al trabajador de sus derechos y obligaciones con respecto a todas las prestaciones de ley que le deben ser otorgadas, al momento de su contratación.

Paso 2: Afiliar por parte de la empresa a todos aquellos trabajadores que no cuenten con su numero de afiliación al IMSS.

Paso 3: Registrarlos en el afore correspondiente e informarles conjuntamente con la empresa seleccionada en que consiste, para que sirva y cual es su función.

Paso 4: Verificar que el IMSS en la localidad este actualizado ya que cuando se acude a este, piden documentación que ya no es utilizable (hoja rosa). Esto es promover una junta de acercamiento para unificar criterios entre IMSS-Empresa.

Paso 5: Motivar a que el trabajador junto con su familia asista periódicamente a su asistencia medica o cuando sea necesario.

Paso 6: Mejorar el ambiente de trabajo para que exista una comunicación adecuada entre empresa-obreros y se consiga todo lo que se planea.

A.- Ejecutar las acciones establecidas en el Plan de Acción.-

Una vez que el plan de acciones se ha conformado, se procede a ponerlo en practica el periodo de tiempo que se ha acordado; este paso es de suma importancia por que representa la comprobación y eficiencia de la solución acordada y por supuesto la solución del problema que se ha estado estudiando.

Si se cometen errores en la ejecución del plan, es decir si las cosas no se hacen como fueron planeadas, se llegara a conclusiones erróneas sobre las causas que provocan el problema.

Objetivo

En este paso, se va a obtener la información necesaria para que pueda darse un seguimiento a las actividades que se van ejecutando, y vigilar su correcto cumplimiento y los resultados que van arrojando en cada caso en particular.

Procedimiento

Comunicar las acciones establecidas

Es importante asegurar que todas las personas que intervengan en la ejecución de las acciones conozcan bien lo que se va a hacer y por que. El éxito de la ejecución dependerá de que tan bien se involucre las personas que participan con ella.

Es necesario comunicar el plan a todas aquellas áreas que se verán afectadas por la implementación de las acciones, además de asegurar que todos los medios de trabajo se garanticen tal y como se acordó en el plan de acción.

No se deben ejecutar las acciones hasta que todos los factores que intervengan estén garantizados, por que la improvisación puede echar a perder la ejecución de lo que se planeo.

Proporcionar educación y entrenamiento

Se debe proporcionar la educación necesaria para que la gente involucrada en cada acción entienda perfectamente que se va a hacer y el porque, es decir su importancia; por otra parte, se debe dar el entrenamiento que se requiera para asegurar la correcta ejecución de las acciones, sobre todo si se trata de procedimientos estándares de operación.

Comparar los resultados finales contra la meta planeada

De acuerdo al indicador empleado para la meta, los resultados deben ser medidos para comprobar el cumplimiento de esta; se puede llegar a dos conclusiones fundamentales después de verificar el resultado contra el plan acordado:

1. Si el resultado indica que se ha cumplido con la meta o que ha habido una mejora significativa, aunque no se haya logrado la meta inicial, lo que ocurrió es que se ha acertado con las acciones ejecutadas y las causas de raíz han sido bloqueadas, por lo que se debe pasar a estandarizar las acciones para que todos actúen de esa forma y el problema no se repita.
2. Si el resultado de las acciones establecidas no es tan satisfactorio como se esperaba, se debe asegurar que todas las acciones planeadas se han implementado según lo decidido pues de no ser así sería imposible que se bloquearan las causas con el plan acordado y no ejecutado.

Si las acciones se ha hecho como se planearon y los resultados indeseables continúan ocurriendo, entonces la solución del problema ha fallado, y es necesario regresar al paso 2 (describir la situación actual) y elaborar nuevas contramedidas.

Comparar el antes contra el después

No basta comprobar si se ha logrado la meta; es preciso comprobar y analizar que otros cambios han ocurrido en la realidad.

Para lograr y analizar estos cambios es necesario comparar los datos sobre el problema (resultados indeseables en el proceso) tanto antes como después de haber emprendido las acciones, utilizando los mismos formatos y las mismas graficas. Por ejemplo, si se usa un diagrama de Pareto para indicar la situación anterior a la implementación de las contramedidas, entonces debe utilizarse el mismo diagrama para verificar la efectividad de esas acciones.

además, en la medida de lo posible, es recomendable convertir los efectos a términos monetarios, y comparar los resultados con la meta. Para la gerencia de una empresa, es importante esto ultimo. Pueden descubrirse cosas importantes al comparar las perdidas antes y después de las acciones. además, con esto cualquier persona involucrada puede reconocer su contribución para el logro de la meta.

Incluir efectos adicionales

Si existen otros efectos por la implementación de las contramedidas, buenos o malos, es conveniente hacer una lista de ellos. Estos efectos deben ser muy bien documentados porque pueden ser causas de otros problemas o de otras mejoras.

Se pueden incluir aspectos cuantitativos (incremento en el porcentaje de asistencia a las juntas del equipo, etc.) y cualitativos (incremento en la moral de los participantes, etc.).

Recolectar todos los datos generados durante la ejecución.

La información que permita conocer los resultados que se vayan obteniendo debe irse registrando, tal y como se acordó en el plan, en esta información esta la base para el futuro análisis y la marcha correcta de la Ruta de la Calidad. Se deben utilizar los mismo índices considerados en los pasos anteriores con el fin de hacer las comparaciones. Aquí se deben utilizar las hojas de los datos, con el mismo formato que se empleo en dichos pasos.

CAPÍTULO 5

Conclusiones

1. Nos damos cuenta de donde estamos parados y donde queremos estar.
2. Se definen conceptos con características propias del lugar donde se está ejecutando la obra, así como del personal que labora en la misma.
3. Se determinan los problemas principales utilizando las Herramientas de la Calidad y la Estadística, para a través de planes de acción o mejora continua, buscar la solución a los mismos.
4. Realizar las acciones y asegurarse que estas hayan sido realizadas a través de un proceso de evaluación que permita ver el avance de los objetivos.
5. Los procesos generan información para la toma de decisiones, la información debe analizarse y plantear estrategias reales de acuerdo a los datos que se obtienen retroinformando el proceso y modificando las veces que sea necesario.
6. Los objetivos deben ser:
 - Medibles: que permitan seguimiento y evaluación.
 - Apropriadas: a los problemas.
 - Temporales: periodo de tiempo específico para alcanzarlos.
 - Específicos: para evitar diferentes interpretaciones.
 - Realistas: Alcanzables.

Bibliografía

Cantu Humberto, “ Desarrollo de una cultura de Calida”
2ª Ed. México: Mc Graw Hill, 1999

Crosby, Phillip B. “La Calidad no cuenta” 10a Ed.
México: CECOSA 1997

Druker Peter F. “Administración del futuro de los noventa en adelante”
3a Ed. Argentina, Editorial Sudamericana, 1996

Ishikawa, Kaoru, “Que es el Control Total de Calidad” 2ª Ed.
Colombia, Editorial Carvajal, 1998

Jiménez, Erick, “Apuntes de Calidad Total” 2003

Villaseñor, Leovardo, “Tesis Plan Estratégico 2002 a
2010 FIC de la UMSNH” 2003

ITESM “La Ruta de la Calidad y las siete Herramientas básicas”
Monterrey N. L. , 1996

ANEXOS DE LA PRESENTACIÓN

Anexo 1.- Ejemplo de construcción de un Histograma.

La compañía Constructora quiere investigar la distancia recorrida por sus unidades durante el mes de agosto con el fin de optimizar los recorridos y disminuir costos, ya que cada kilómetro recorrido tiene un costo de \$50.00. Los límites mínimo y máximo permitidos para cada unidad son 152 y 176 km respectivamente, además para cada kilómetro recorrido por arriba o por debajo de los límites se tiene un costo adicional de \$20.00. con el fin de analizar la situación se realizó un histograma de los kms recorridos por cada una de las unidades: su construcción se explica a continuación paso a paso:

Paso 1. Recolección y acomodo de datos.

Se deben recolectar un mínimo de 50 datos y dividirlos de manera tentativa en grupos o columnas, con el fin de identificar y señalar con una marca el dato menor y mayor del grupo para su identificación rápida, posteriormente se selecciona el valor más pequeño y el valor más grande del conjunto de datos. A este conjunto de datos se le denomina N, que en este caso fueron 200, ver la siguiente tabla:

Tabla de Datos:

164	165	168	164	163	170	162	166	177	173
170	164	165	167	174	167	167	167	167	169
165	164	164	159	169	164	168	164	164	176
164	168	163	163	173	167	165	167	167	161
170	161	171	170	163	166	166	167	166	170
178	158	172	171	168	155	154	174	155	161
170	167	174	158	165	167	168	170	167	167
160	168	159	164	159	163	16	166	163	166
163	170	170	169	175	170	164	177	170	164
164	164	161	159	179	158	179	165	158	166
168	173	164	168	171	177	165	164	177	169
173	163	170	150	170	153	167	171	153	72
158	177	169	156	167	162	166	164	162	170
161	165	163	159	156	170	163	170	170	157
164	169	166	160	63	163	169	166	163	160
159	170	157	164	165	175	163	165	175	165
161	168	167	166	169	166	171	159	166	164
153	161	157	163	160	163	165	158	163	157
155	174	170	169	167	179	157	166	179	159
164	163	174	168	165	160	173	164	160	159

N = 200

Distancias Recorridos

Unidades: Km

Paso 2 Calcular el rango de datos.

El rango (R) es la diferencia que existe entre el dato mayor X_M y el Menor X_m de un conjunto de datos $R = X_M - X_m$ e indica que distancia cubren los datos si se ordenan en una recta numérica. Sobre este rango se construirá el histograma. Para el caso en estudio el valor más grande es 179 y el valor más pequeño es 150, por lo tanto, el rango es $R = 179 - 150 = 29$.

Paso 3 Determinar el número de clases.

Para saber en cuántas clases (K) conviene agrupar los datos, se acostumbra tener como guía la siguiente tabla:

Cantidad de datos N	Cantidad de clases K
≤ 50	5 a 7
51 a 100	6 a 10
101 a 250	7 a 12
Más de 250	10 a 20

Una manera similar es la relación $K = \sqrt{N}$. Es necesario hacer notar que para una N, el valor de K es variable, por lo que la decisión es arbitraria. En este ejemplo se tienen 200 datos, por medio de la tabla 1 se elige $K = 10$ con el fin de facilitar las operaciones, ya que por la forma $K = \sqrt{N}$ se tiene un valor de $R = 14$.

Paso 4. Determinar el tamaño o anchura de cada clase (A):

Esto se lleva a cabo dividiendo el rango de los datos (R) aumentando en una unidad de medición (U), entre el número establecido de clases.

$$A = (R + U) / K$$

El resultado de la división se redondea a una cifra más que la que tengan los datos originales.

Nota (1): cuando se trabaja con números enteros, la unidad (U) equivale a 1, si son fraccionarios, la unidad es de la misma clase que la de las unidades fraccionarias que se manejan. Así, si se trabaja con décimas (ejemplos 23.4, 0.7, 2.9) la unidad (U) es una décima 0.1, si son centésimas, será una centésima 0.01, etc.

Sustituyendo los datos del ejemplo en cuestión la amplitud está dada por:

$$A = (29 + 1) / 10 = 3$$

Donde la unidad de medida (U) es 1 porque los datos son enteros.

Paso 5. Establecer las fronteras de clase.

La frontera inferior de la primera clase se determina restando la mitad de la unidad (U) al dato menor (X_m). Al resultado se le suma la amplitud (A), para obtener la frontera superior. Para las siguientes clases, la frontera inferior es igual a la frontera superior de la clase anterior, y se repite el proceso de sumar la amplitud para obtener la nueva frontera superior.

Para el ejemplo, la frontera inferior de la primera clase es igual al dato menor menos media unidad $150 - 0.5 = 149.5$. La frontera superior se obtiene sumando la amplitud a este valor $149.5 + 3 = 152.5$. Las clases resultantes son las siguientes:

Clase No.	Clase
1	149.5 - 152.5
2	152.5 - 155.5
3	155.5 - 158.5
4	158.5 - 161.5
5	161.5 - 164.5
6	164.5 - 167.5
7	167.5 - 170.5
8	170.5 - 173.5
9	173.5 - 176.5
10	176.5 - 179.5

Paso 6. Calcular el punto medio de cada clase:

Para calcular el punto medio de cada clase se suman la frontera inferior y la frontera superior y el resultado se divide entre 2. En valor medio de la primera clase del ejemplo queda dado por $X_1 = (149.5 + 152.5) / 2 = 151$ Kms

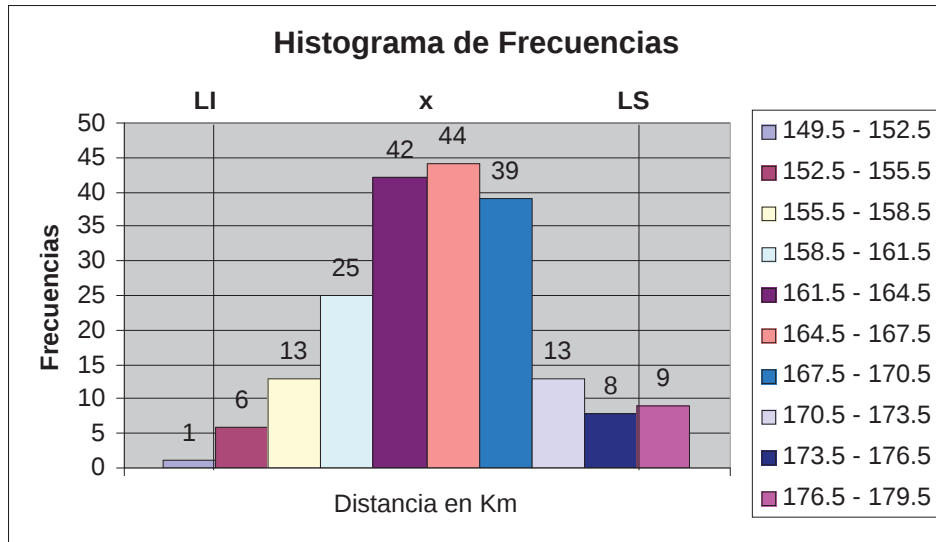
Paso 7: Elaborar la tabla de frecuencia y calcular las frecuencias de cada clase.

Se cuenta el número de datos que caen dentro de cada una de las clases; estas cantidades se llaman frecuencias. Se anota el resultado en la columna derecha de la tabla, frente a la clase correspondiente.

Para nuestro ejemplo, se elabora la tabla de frecuencia con la información antes recopilada, quedando una estructura como la que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla de Distribución de Frecuencias

Clase No.	Clase	Valor Medio	Frec.
1	149.5 - 152.5	151	1
2	152.5 - 155.5	154	6
3	155.5 - 158.5	157	13
4	158.5 - 161.5	160	25
5	161.5 - 164.5	163	42
6	164.5 - 167.5	166	44
7	167.5 - 170.5	169	39
8	170.5 - 173.5	172	13
9	173.5 - 176.5	175	8
10	176.5 - 179.5	178	9
Total			200

Paso 8. Elaborar el Histograma.

Como ya mencionamos, si bien el histograma es útil al analizar un conjunto de datos, su uso tiene algunas limitaciones:

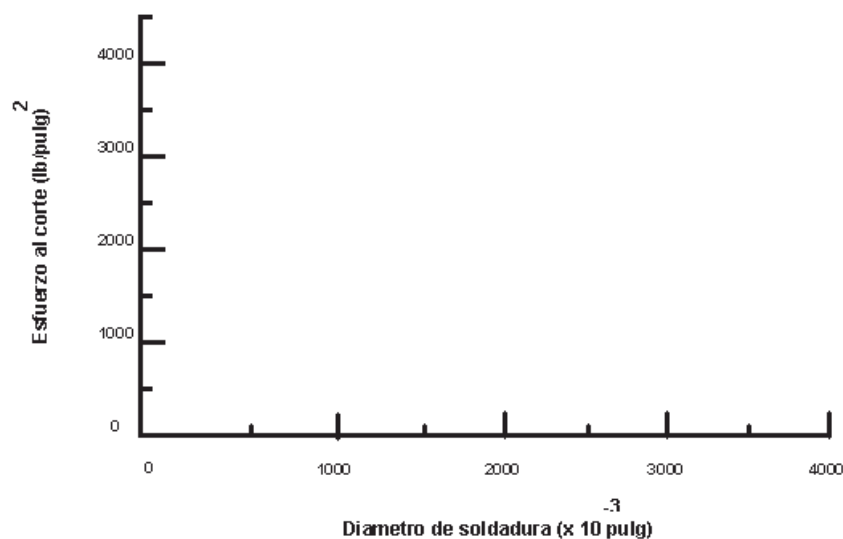
- ✓ El histograma muestra una condición en un tiempo dado y a posteriori del proceso; es decir, no involucra el paso del tiempo (la herramienta que se encarga de esto es la gráfica de control).
- ✓ El número de datos que se necesita es relativamente grande. La cantidad de datos depende de la situación, cantidades típicas son 50, 100 o más.
- ✓ Es imposible distinguir entre las dos clases de variación (causas comunes o causas especiales) presentes en todo proceso.
- ✓ Por último el histograma resulta incapaz de mostrar si el proceso exhibe inestabilidad estadística (Gráfica de control).

Anexo 2.- Ejemplo de construcción de un Diagrama de dispersión.

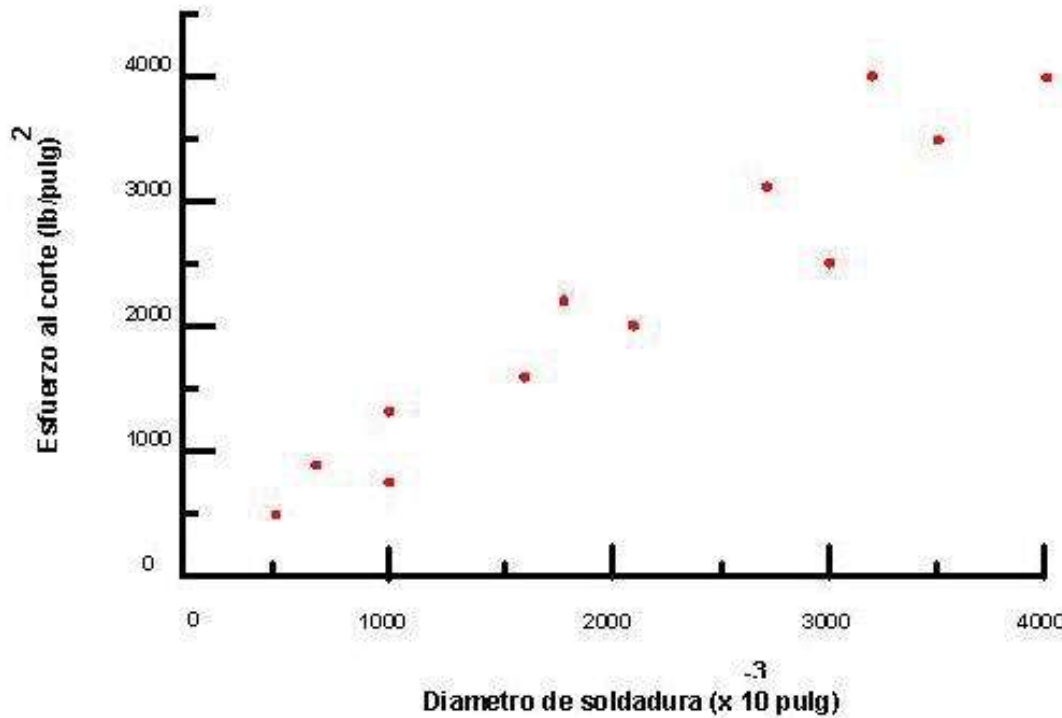
1. Recolectar n parejas de datos de la forma (X_i, Y_i) donde $i = 1, 2, \dots, n$. Donde X_i y Y_i representan los valores respectivos de las dos variables. Los datos se suelen presentar en una tabla. Para verificar el grado de relación entre el esfuerzo al corte y el diámetro de los puntos de soldadura, se obtuvo la información correspondiente a 12 puntos de soldadura. Los valores resultantes se muestran en la tabla.

Diámetro de Soldadura	Esfuerzo al Corte
370	400
1550	1600
3530	3600
1960	2000
3840	4000
580	800
2920	2500
3200	4000
910	1250
920	700
2670	3100
1700	200

2. Diseñar las escalas apropiadas para los ejes X y Y, generalmente la variable que se está investigando como posible causa está situada en el eje horizontal y el que es un posible efecto en el eje vertical.



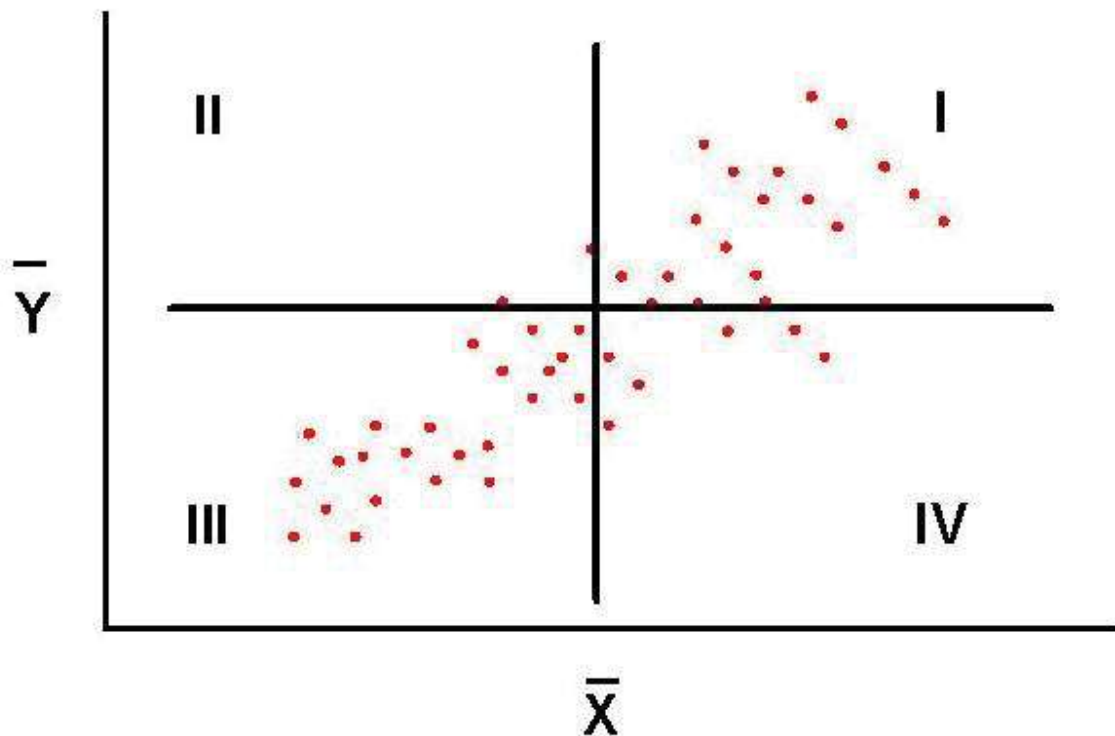
3. Graficar las parejas de datos. Si hay puntos repetidos, se mostrarán como círculos concéntricos.



4. Calcular el coeficiente de correlación (r). Este coeficiente de correlación sirve para ver si efectivamente existe una relación entre las dos variables, se puede encontrar por dos métodos:

A) Correlación por medianas.

Una forma simple de calcular el coeficiente de correlación es utilizando el concepto de la mediana. La mediana se obtiene ordenando los datos en cualquier orden (ascendente o descendente), y se localiza el número central. Si el número de datos es par, existirán dos datos centrales entonces, la mediana será el promedio de ellos. Si se localizan y grafican como ejes los valores de las medianas de los datos, se forman 4 cuadrantes.

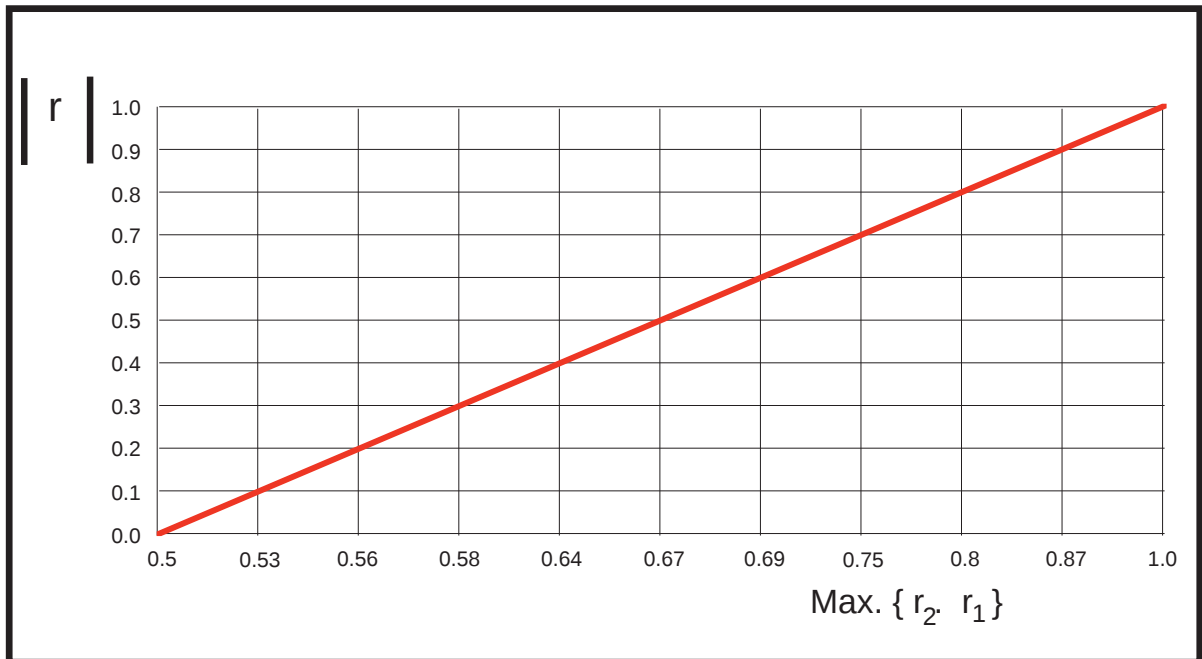


Las medianas, por definición, dividen a los conjuntos e datos en dos mitades, de modo que si queremos ver la correlación entre las variables podemos estimar la fracción de puntos que caen en las dos diagonales (relación positiva cuadrantes I y III; relación negativa cuadrantes II y IV):

$$r_1 = \frac{n_1 + n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} \quad r_2 = \frac{n_2 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}$$

Donde n_i es el número de puntos contabilizados en el cuadrante i (si un punto cae en algún eje, se considera 0.5 y 0.5 para cada cuadrante).

El valor del coeficiente de correlación se obtiene mediante el gráfico dado:



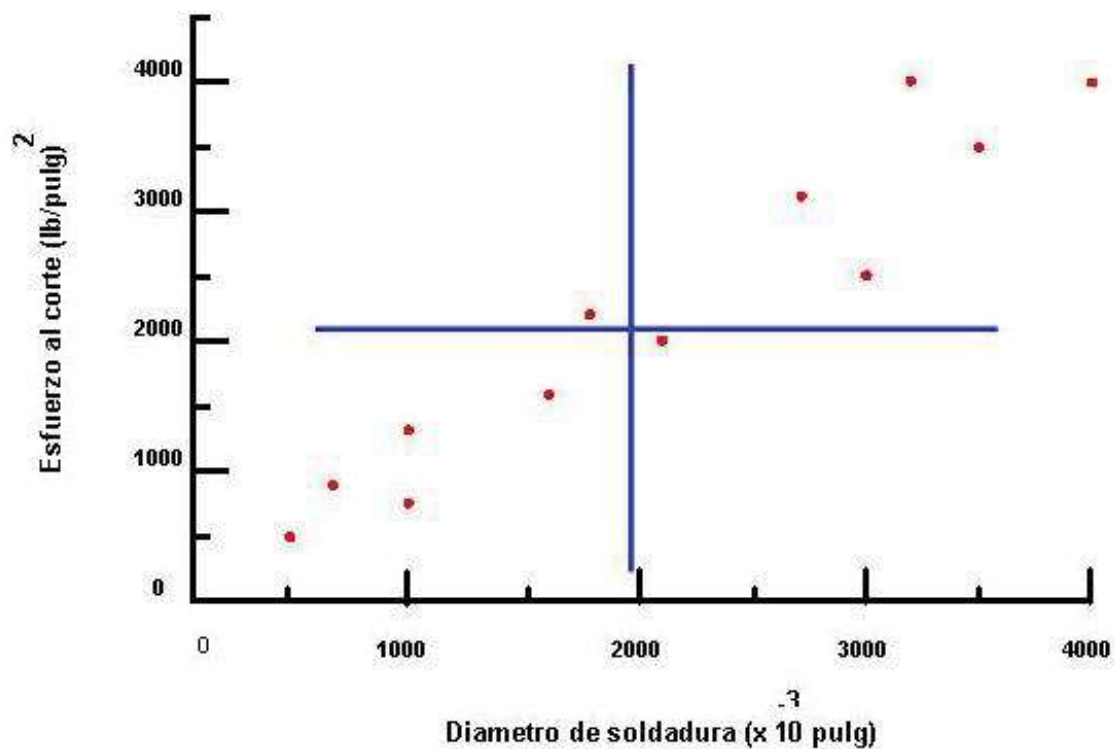
En el eje horizontal se localiza el valor $\text{Max}(r_1, r_2)$ y en el eje vertical se lee el valor de r .

El uso del método por medianas posee dos ventajas importantes, a saber:

- ✓ Para un conjunto grande de datos el cálculo de r es rápido.
- ✓ Los cálculos son muy elementales.

La desventaja de este método es que el valor obtenido de r es aproximado, y el usuario que desee exactitud completa en sus estudios tiene que utilizar el método de Pearson.

Aplicando lo descrito a los datos del ejemplo, tenemos que las medianas de las variables X y Y son 1830 y 2100, respectivamente; estas se han graficado y aparecen en la siguiente figura:



El conteo de puntos en cada cuadrante da los siguientes resultados $n_1 = 5$, $n_2 = 1$, $n_3 = 5$ y $n_4 = 1$. De aquí se obtienen los números r_1 y r_2 :

$r_1 = \frac{n_1 + n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}$	$r_1 = \frac{5 + 5}{5 + 1 + 5 + 1} = 0.83$
$r_2 = \frac{n_2 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4}$	$r_2 = \frac{1 + 1}{5 + 1 + 5 + 1} = 0.17$

Al consultar la gráfica patrón, se localiza en el eje horizontal Max (0.83, 0.17) = 0.83 y se lee en el eje vertical **el valor del coeficiente de correlación $r = 0.85$** . El valor de r denota una fuerte correlación lineal entre las variables.

B) Correlación por el método Pearson.

El valor de un coeficiente (r), llamado coeficiente de correlación lineal de Pearson, proporciona una medida del grado de relación entre dos variables y se calcula mediante la expresión:

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) S(yy)}}$$

donde

$$S(xx) = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}$$

$$S(yy) = \sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n}$$

$$S(xy) = \sum x_1 y_1 - \frac{(\sum x_1)(\sum y_1)}{n}$$

y n es el número de parejas de datos; el término $S(xy)$ se llama Covarianza

El cálculo de r utilizando esta expresión se simplifica si a la tabla de los datos se le agregan tres columnas, dos de ellas correspondientes a los cuadrados de cada variable y otra para los productos de las variables y se obtienen los totales de todas las columnas (X , Y , XY , X^2 y Y^2).

$$S(xx) = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n} = 64383700 - \frac{(24150)^2}{12} = 15781825$$

$$S(yy) = \sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{n} = 75072500 - \frac{(26150)^2}{12} = 18087291.647$$

$$S(xy) = \sum x_1 y_1 - \frac{(\sum x_1)(\sum y_1)}{n} = 68978500 - \frac{(24150)(26150)}{12} = 16351625$$

El valor del coeficiente de correlación es entonces

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) S(yy)}} = \frac{16351625}{\sqrt{(15781825) (18087291.647)}}$$

R = 0.969

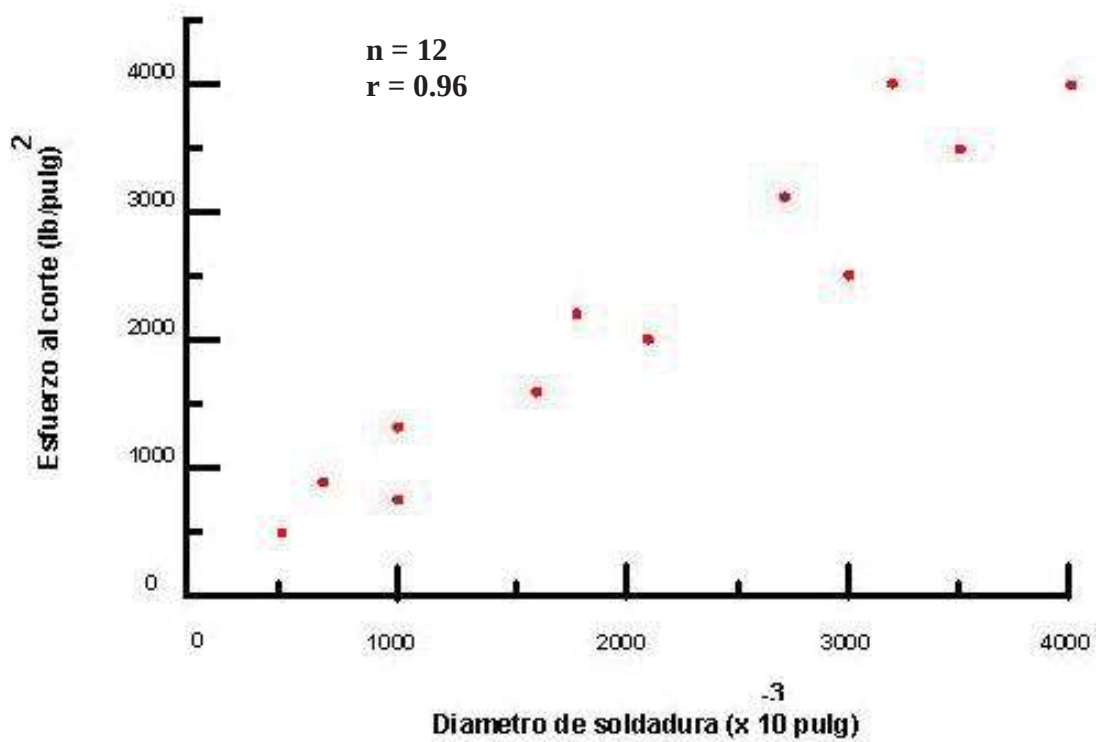
Conclusión por ambos métodos:

Esto significa que al incrementar el diámetro de soldadura, se incrementa el esfuerzo de corte.

5. Documentar el diagrama, incluyendo lo siguiente, fecha, nombre del departamento, personal involucrado, etc.

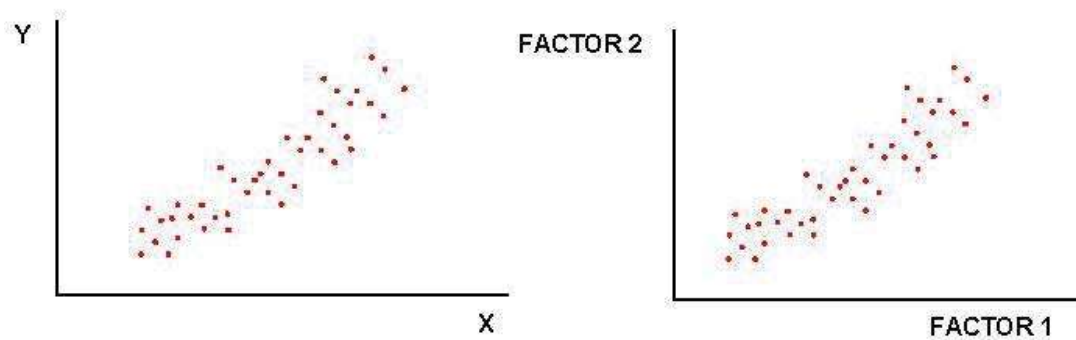
Industrias Automotrices Shogun
Operación: 140
Elaboro: F. Avitia

Departamento: Ensamble
Fecha de recolección: 5/5/95

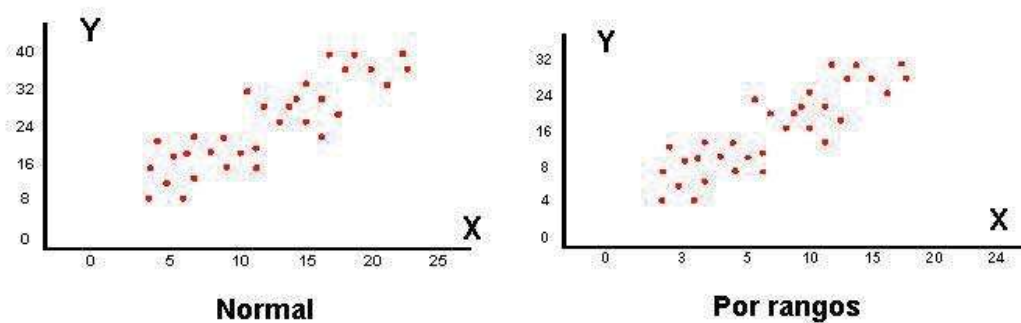


Notas:

Si los datos corresponden a un factor y una característica, se acostumbra colocar el factor en el eje horizontal (X), siendo indistinto el orden para los otros casos (característica/característica o factor/factor)



Algunos autores han señalado que se obtiene una mejor lectura del diagrama si se disponen las escalas por rangos, es decir, los ejes cubriendo solo los rangos de valores de la tabla y por tanto sin cruzarse.



El diagrama del lado derecho de la figura anterior proporciona más información que el diagrama normal, pues se observa que la variable X toma valores desde 3 hasta 24 y la Y tiene un rango de 4 a 32. Tal información no se obtiene tan fácilmente del diagrama de dispersión normal.