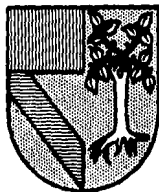


308917
12
24



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA U. N. A. M.

**IMPLANTACION DEL CONTROL ESTADISTICO
DEL PROCESO EN UNA EMPRESA DE
LA RAMA AUTOMOTRIZ**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

ALFREDO HUERTA CHABOLLA

**TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION.	1
CAPITULO I. CONTROL TOTAL DE CALIDAD.	3
Proyección de Calidad.	4
Calidad en la Persona.	5
Calidad.	8
Confiabilidad.	11
Productividad.	13
Deming el hombre.	14
Estrategia de Deming.	16
Acciones de la Alta Administración para mejorar la Productividad.	19
Los 14 puntos de Deming.	20
Obstáculos y Problemas.	24
CAPITULO II. NECESIDADES DE CAMBIO.	25
Objetivo hacia la excelencia.	26
Formación del Departamento de Productividad.	35
El papel de la compañía.	39
El papel de la Dirección.	41
El papel del proveedor.	41
CAPITULO III. HERRAMIENTAS DE CONTROL ESTADISTICAS.	45
Introducción.	46
Diagrama de Pareto.	47
Diagrama de Causa y Efecto.	75
Estratificación.	95
Histogramas de Frecuencia.	99
Diagramas de Dispersión.	116
Teorema del Límite Central.	138
Introducción al Control Estadístico del Proceso.	140
Gráficas de Control por variables:	145
Gráficas de control tipo \bar{X} -R.	146
Gráficas de control tipo \bar{X} -R.	159
Gráficas de control por lecturas individuales.	164
Gráficas de control tipo \bar{X} -S	171
Gráficas de Control por atributos:	178
Introducción.	179
Gráficas de Control tipo P.	181
Gráficas de Control tipo np.	191
Gráficas de Control tipo c.	198
Gráficas de Control tipo u.	204

	<u>PAGINA</u>
Interpretación del proceso de gráficas de Control.	215
Habilidad de un proceso.	218
Glosario.	229
CAPITULO IV. IMPLANTACION.	233
Introducción.	234
Programa de Implantación.	236
Plan Estratégico de Calidad-Productividad.	237
Contenido de cursos:	239
- Alta Gerencia	239
- Gerencia Media	239
- Supervisores	240
- Operadores	240
Grupos de Calidad.	242
Obstáculos y Problemas.	243
Conclusión.	244
CONCLUSIONES.	245
BIBLIOGRAFIA.	248

INTRODUCCION

Actualmente se vive en una situación muy crítica: ante las contracciones bruscas e involuntarias de empresas, sociedades y naciones, toda nuestra convivencia está amenazada. Se saben los síntomas o trastornos funcionales como es la Devaluación de la moneda y Deuda Externa, la inflación y recesión, el desempleo y la violencia entre otros. Sin embargo, pocas veces se han investigado sus causas y por lo mismo sus posibles correcciones: Nuestros mercados son débiles y se contraen cada vez más, además, importamos insumos, maquinaria, tecnología y capitales. Somos pasivos y a veces apáticos, resignados ante la vida y sus problemas y a llevar la vida al día sin una planeación adecuada, viviendo el presente únicamente sin importar el futuro. La consecuencia de lo mencionado anteriormente es que somos SUB-DESARROLLADOS.

Hay un país que estando en crisis supo salir de ella: derrotado en la Segunda Guerra Mundial, sin recursos naturales ni divisas, anacrónico productor de baratijas, invadido por tropas extranjeras; frente al desastre este país logró modernizarse y resucitar triunfalmente con un sólo recurso pero de suma importancia como es su gente, con una ideología muy especial. Este país es Japón, actualmente uno de los líderes exportadores a nivel mundial. Japón reconoció la causa profunda de su dependencia: "falta de calidad" pero calidad de productos para exportar, calidad de servicios para competir, calidad de tecnología para innovar, calidad Administrativa para la productividad, calidad de vida para los trabajadores, calidad de actitudes para la superación personal, etc.

En el fondo, el ingrediente esencial fué el CAMBIO DE ACTITUD. Actitud de superación, de autocrítica, de participación creativa. Existe un concepto erróneo en el sentido de que muchos empresarios piensan sólo en la actitud de las bases,

es decir, obreros, campesinos, indígenas, pueblos, etc.; pero, acaso la empresa no logra lo que el Empresario-Administrador se propone? ¿acaso la bondad de una organización no depende del entusiasmo de sus dirigentes? ¿acaso las crisis de las naciones aparentemente ricas no dependen de la deshonestidad y de la incapacidad Administrativa de sus gobernantes?

Por lo tanto, si carecemos de calidad es porque a los dirigentes empresariales principalmente no les ha importado debidamente al igual que a los dirigentes políticos y sociales. Se dedica más tiempo y esfuerzo a corregir errores que a prevenirlos. Así son los dirigentes los que pregonan la redituabilidad y la productividad, ignorando que las destruyen al no enfatizar simultáneamente la CALIDAD. Al mismo tiempo se manejan conceptos erróneos de la calidad como: la calidad es intangible; la calidad es costosa.

Hoy en día ya existen empresas nacionales que buscan el cambio de actitud y es un buen inicio pero se requiere de una planeación eficiente y de un involucramiento total, desde Directivos hasta obreros, esta actitud implica CALIDAD TOTAL.

C A P I T U L O I

CONTROL TOTAL DE CALIDAD

PROYECCION DE CALIDAD

Actualmente la Calidad-Productividad se fundamenta en cuatro principios que son los siguientes :

1. La CALIDAD debe definirse como el CUMPLIR CON LOS REQUISITOS.
2. El sistema para que se dé la CALIDAD es la PREVENCION y no la DETECCION.
3. El estándar de desempeño tiene que ser el de CERO DEFECTOS.
4. La medición de la CALIDAD es el NO CUMPLIR CON LOS REQUISITOS.

La medición es el COSTO DE CALIDAD.

El mejoramiento de la CALIDAD se mide por la disminución del COSTO DE CALIDAD.

El objetivo es:

"HACERLO BIEN A LA PRIMERA VEZ"

y llegar a implantar en la empresa la

" CALIDAD TOTAL "

Es un CAMBIO CULTURAL que lleva de 2 a 3 años para comenzar a ver resultados, y de 5 a 7 años para que los resultados sean permanentes.

Pero todo lo anterior no se logra, sin antes tener lo siguiente :

" CALIDAD EN LA PERSONA "

CALIDAD EN LA PERSONA

¿ EN QUE CAMPO LA CALIDAD ES MAS IMPORTANTE ?

En un país como el nuestro, que tiene, si quiere, las mejores posibilidades, La CALIDAD es necesaria en todos los campos, tanto en el de los productos como en el de los servicios, si es que ambos aspectos pudieran alguna vez separarse.

No obstante, la raíz de la CALIDAD, reside en la persona que produce y que sirve; particularmente en esta última. La verdadera CALIDAD del servicio que se otorga a otro no es sólo fruto de una técnica, un procedimiento o un sistema, sino, sobre todo, de la CALIDAD DE LA PERSONA que sirve. La CALIDAD de lo que hace no le viene de afuera, sino que brota de sus propias peculiaridades individuales, florece a partir del estilo de su persona y expresa su talento singular.

¿ LA CALIDAD RESIDE EN EL MODO DE HACER LAS COSAS ?

En apariencia es así. CALIDAD es una forma de ser. Hay un equívoco en las organizaciones en cuanto a la cultura de éstas que nos hace tomar al rábano de este problema por las hojas. Pues yo no resulto ser una PERSONA DE CALIDAD porque mis servicios sean de CALIDAD; al revés, mis servicios resultan de CALIDAD porque yo soy una persona de CALIDAD.

¿ QUE ES UNA PERSONA DE CALIDAD ?

Así como el carácter de excelencia es muy difícil de perfilar en la CALIDAD de determinados productos y servicios, y puede originar muchas discusiones, cuando nos vemos precisados a definir la excelencia en el hombre, la tarea resulta fácil, y en ella nos encontramos todos de acuerdo: Decimos que un hombre tiene una ALTA CALIDAD PERSONAL cuando es fiable; cuando cumple sus compromisos, cuando su palabra tiene peso de verdad; cuando se esfuerza por dar a cada uno lo que le corresponde y no sólo porque le den a él lo que le toca; cuando no se amilana ante las dificultades; cuando domina sus tendencias

animales y las pone al servicio de los demás. Esto es lo que toda empresa busca en su gente, además de que sean buenos profesionistas en cualquier área sea Ingeniería, Administración, Contabilidad, etc. Usted estará de acuerdo en que un jefe, un proveedor, un compañero que carezca de estas características -o, lo que es peor, posea los hábitos contrarios- difícilmente podrá suplir con técnicas exteriores la FALTA DE CALIDAD de sus servicios, que estarán ya internamente viciados de origen.

¿ COMO SE LOGRA ESTA CALIDAD ?

Aquí hay también una equivocación contemporánea. Se piensa que la perfección humana es difícil porque entraña una tecnología complificada. Este es el grave problema del factor humano: Crecer como hombre, ampliar los infinitos espacios de nuestras mejores posibilidades, ensanchar nuestra capacidad antropológica es muy difícil, pero no por exigir un procedimiento complejo, conocido sólo de los gurús, los psicólogos y los expertos, sino precisamente por lo contrario: porque es muy sencillo. Disciplinar nuestras actividades, ser ordenados, aprovechar el tiempo, hablar con la verdad, saber escuchar, atender al otro, son cualidades -CALIDADES- que se adquieren con el sólo quererlo. Basta querer -en el sentido fuerte del verbo- ser leal con el amigo, con la empresa, para, por ello mismo, serlo ya de hecho. Lo único dificil aquí es quererlo, pero -y esto es lo grave- cae dentro de la capacidad a nuestro alcance; en efecto, puedo querer lo que quiera. Esto significa decir que la CALIDAD de nuestra persona se encuentra, ahora, en nuestras propias manos, sin olvidar que la CALIDAD HUMANA se pierde por procedimientos tan elementales como aquellos por lo que se adquiere. No depende de la situación económica, ni de la paz mundial, ni del precio del petróleo. Estas son cosas complejas, porque dependen de otros; aquella, la más importante, depende solamente de nosotros mismos.

¿ HAY ALGO QUE FACILITE EL DESARROLLO DE LA CALIDAD PERSONAL ?

Si que lo hay, y es definitivo para cualquier organización. La CALIDAD HUMANA se genera sobre todo por contagio. Un hombre no puede desarrollarse en su propia perfección humana sin levantar al propio tiempo la CALIDAD HUMANA de aquellos con quienes trabaja y convive.

Toda empresa es lo que es por la CALIDAD HUMANA de su gente.

C A L I D A D

Al nivel de aplicación práctica del control de calidad en Japón la palabra "calidad" parece utilizarse con los siguientes significados:

- 1) Calidad en el sentido estrecho: Calidad del producto
- 2) Calidad en el sentido amplio : Calidad del servicio, calidad de diversos trabajos, calidad de información, calidad del proceso, calidad de los trabajadores, calidad de la Administración, calidad del sistema, calidad de la compañía, etc. (1)

En la mayor parte de los casos la habilidad o característica de un bien que expresa su estabilidad funcional durante un tiempo determinado está implícito en la garantía de la calidad.

Calidad: es la que satisface al consumidor y no los estándares nacionales. Es el cumplimiento de especificaciones, de acuerdo a expectativas, es gratis. (2)

- a) Calidad es cumplimiento de especificaciones:

Si una lámpara se anuncia con vida de 2000 horas y se funde a las 1800, no tiene calidad; si un camión de transporte debe salir a las 6:00 y sale a las 6:25, el servicio no tiene calidad.

- b) de acuerdo a expectativas:

Que la electricidad doméstica registre entre 100 y 125 voltios, no 440 voltios; que al abrir una conserva no esté maloliente.

(1) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo I. México, 1985.

(2) Id.

c) la calidad es gratis:

No cuesta más ensamblar bien un auto que hacerlo mal, no cuesta más programar bien que mal.

Lo que cuesta es inspeccionar lo ya hecho para descubrir errores y corregirlos; las que cuestan son las horas de computadora y el papel desperdiciado; las que cuestan son las devoluciones de los clientes inconformes. Lo que cuesta son los errores y defectos, NO LA CALIDAD. Por lo tanto, nunca será más económico tolerar errores que hacerlo bien desde la primera vez.

Por lo tanto, ante la crisis que amenaza a la Empresa Privada, se requiere CALIDAD TOTAL para sobrevivir, crecer, exportar, competir. La calidad es gratis, lo que cuesta son los errores y defectos. El costo de la NO-CALIDAD (defectos) es alto y puede reducirse. Los defectos no sólo son corregibles, sino son evitables, es decir, prevenirlos. Es hacer las cosas bien desde la primera vez.

¿Cuáles son las verdaderas características de la calidad?
¿Qué es una buena calidad?

Aquí debemos distinguir entre las características verdaderas (funcionales) de la calidad, y las características sustitutivas (no funcionales) de la calidad. Está usted satisfecho cuando los artículos cubren sus normas? Necesitamos saber cuáles son las características verdaderas que los consumidores realmente desean y la relación entre característica verdadera y sustitutiva, a través de los métodos estadísticos y de ingeniería.

CALIDAD :

**ES SATISFACER LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES MEDIANTE
EL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES. (3)**

Establecer un ambiente que motive a todos los trabajadores a buscar una mejoría continua en "Calidad/Productividad" de todos los productos que nuestra empresa fabrica.

(3) Universidad Panamericana. Apuntes Ingeniería Industrial III.
Control de Calidad. México 1984.

C O N F I A B I L I D A D

La confiabilidad se define como la habilidad o característica de un bien (un sistema, un equipo, parte y otros) que expresa su estabilidad funcional durante una duración requerida de tiempo. También se define como la probabilidad de que un bien lleve a cabo cierto funcionamiento bajo condiciones establecidas, durante un cierto periodo de tiempo. La confiabilidad está en función del tiempo. (4)

La palabra control se define como predicción y confiabilidad, por lo que un Aseguramiento de Calidad como proceso a la mejora continua de calidad requiere control y una dosis de control estadístico es básico para la confiabilidad.

Por ejemplo si en un producto de 100 partes, la fracción de defecto es 1:100 entonces

$$P(\text{éxito}) = (1 - 1/100)^{100} = 0.37$$

la probabilidad de éxito es solamente el 37%, cuando son 10 partes:

$$P(\text{éxito}) = (1 - 1/100)^{10} = 0.905$$

En esta forma es muy difícil que un mecanismo complejo tenga alta confiabilidad. Por ello la reducción fuerte de fracciones defectuosas de partes es vital. La confiabilidad puede dividirse en 3 grupos:

- 1) Confiabilidad antes de que compre el consumidor.
- 2) Confiabilidad al comprar.
- 3) Confiabilidad después de comprar.

(4) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo I. México, 1985.

En estos casos la técnica inherente que unifica al control de calidad y al método estadístico es muy importante. Consecuentemente la parte defectuosa de materia prima y partes se acerca casi a cero, y el proceso debe estar bajo situación controlada, entonces podremos lograr alta confiabilidad. Los métodos estadísticos que ayudan a lograr una alta confiabilidad son los siguientes y que se verán con detalle en el capítulo III:

- Distribución de Frecuencias
- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Causa y Efecto
- Gráficas de Control
- Diagrama de Dispersión
- Estratificación
- Análisis de regresión y correlación

PRODUCTIVIDAD

La productividad tiene que ver no con que la gente trabaje más esforzadamente, sino con su equipamiento, organización y motivación de tal manera que trabajen más efectivamente. Los recursos con lo que la productividad tiene que ver es gente y tecnología. Al hablar de gente se involucran Directivos, Gerentes, Jefes de Areas o Departamentos, Supervisores, Auxiliares, Obreros, etc... todos en un mismo equipo y con una finalidad en común.

La productividad es la relación entre la cantidad producida y la cantidad de trabajo necesaria para producirla. (5)

La productividad va en relación directa con la calidad. Entre mayor calidad mayor productividad. La productividad es actitud mental, es una mentalidad de progreso de la constante mejora de calidad que se tiene, de lo que existe. Es la certidumbre de ser capaz de hacerlo mejor hoy que ayer, continuamente, esto se logra mediante métodos estadísticos.

Baja calidad significa alto costo y pérdida de posición competitiva. Se tiene una idea en América acerca de que la calidad y la producción son incompatibles, que no se pueden tener ambas. Se dice que si se impulsa la calidad se falla en producción y si se impulsa la producción la calidad sufre.

¿Porqué es que la productividad se incrementa cuando la calidad mejora? La respuesta precisa es por tener menos retrabajo, esta calidad es lograda por el mejoramiento del proceso incrementando así la uniformidad del producto, reduce retrabajos y errores, reduce el desperdicio de mano de obra, máquina-tiempo y materiales. Otros beneficios son: más bajos costos, propiciando una mejor posición competitiva de la compañía.

(5) Universidad Panamericana, Seminario de Productividad, México 1985.

DEMING EL HOMBRE

El Dr. W. Edwards Deming nació en Sioux City, Iowa en 1900. Después de haberse graduado en la Universidad de Wyoming, empezó su carrera en los 20's ocupando varios puestos académicos, enseñando Ingeniería y Física mientras trabajaba para su maestría y su doctorado. En 1928 recibió su Doctorado de la Universidad de Yale.

Al terminar la Segunda Guerra Mundial, Deming fué nombrado Profesor de Estadística de la Escuela de Graduados de Administración de Negocios, de la Universidad de Nueva York. Durante este período se puso en contacto con los japoneses. Sus primeras visitas al Japón fueron durante 1947 y 1948 para trabajar con el Dr. K. Seiko en numerosos estudios censales, así como para poner al día los informes sobre el estado de la fuerza de trabajo, nutrición, alojamiento y producción agrícola. Sin embargo, en la actualidad el Dr. Deming es más conocido por sus actividades en relación con los esfuerzos del Control Estadístico de Calidad (SQC). Esto comenzó con una carta de JUSE (The Union of Japanese Science and Engineering) en la que se le solicitaba visitar Japón y enseñar Métodos Estadísticos para la industria.

De Julio a Agosto de 1950, el Dr. Deming enseñó la teoría elemental de las variaciones al azar y técnicas sencillas, como gráficos de control a varios cientos de ingenieros japoneses.

La iniciación de la Revolución Japonesa en la Calidad y en la Economía comenzó en este período. El Dr. Deming dió varias conferencias a la Alta Dirección. Posteriormente, se llevaron a cabo otras reuniones directivas durante dos viajes a Japón en 1951 y alrededor de quince viajes en los años siguientes.

La JUSE creó en 1951 el premio Deming concediéndose anualmente a la empresa japonesa con el logro más sobresaliente en el área de control de calidad, a través de la utilización de la teoría Estadística en la Organización, investigación de consumidores, diseño del producto y producción.

En 1960 el Dr. Deming fué honrado en nombre del Emperador de Japón con la medalla de Segundo Orden del Tesoro Sagrado - por sus contribuciones a la calidad y a la economía japonesa a través del Control Estadístico de Calidad. Además de Japón - el Dr. Deming a sido reconocido en otros países. Recibió la medalla Shewart de la sociedad norteamericana de control de calidad en 1956 y Doctorados Honoris Causa (LLD 1958, University of Wyoming, SCD 1981 Rivier College).

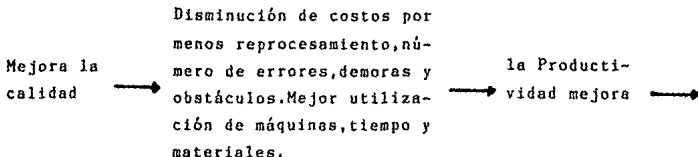
Actualmente con sus 86 años de edad trabaja doce horas - diarias. Es consultor activo e imparte 18 seminarios por año. (6)

(6) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo 1. México 1985

ESTRATEGIA DE DEMING

TRANSFORMACION EN JAPON.

En 1948 y 1949 la Administración de varias empresas japonesas observó que el mejoramiento de la calidad produce en forma natural e inevitable el mejoramiento de la Productividad. La Productividad se mejora a medida que se reduce la variabilidad. La siguiente reacción en cadena se utilizó en calidad de forma de vida en Japón:

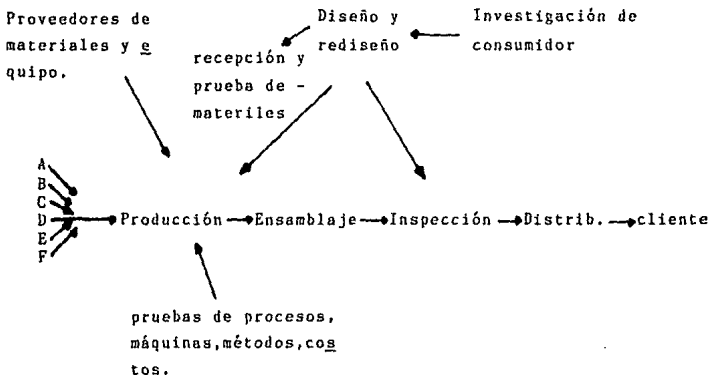


se captura el mercado con mejor calidad y precios mas bajos. → se permanece en el negocio → se proporcio na trabajo y mas puestos.

Esta forma de vida tiene un fin común: CALIDAD. Sin inversionistas ni accionistas que presionen por dividendos a corto plazo, este esfuerzo se convirtió en un lazo firme de integración entre la Administración y los Trabajadores.

LA PRODUCCION VISTA COMO SISTEMA.

El mejoramiento de la calidad incluye toda la línea de producción, desde que se reciben los materiales hasta llegar al último consumidor, el rediseño del producto y el servicio a futuro.



La Administración se concientizó de sus responsabilidades para mejorar cada nivel; los ingenieros por su parte consideraron sus responsabilidades y aprendieron Métodos Estadísticos sencillos para detectar existencia de causas especiales de variación y el mejoramiento de los procesos. El mejoramiento de la calidad surgió de inmediato:

A NIVEL EMPRESA

- todas las plantas
- directivos
- gerentes

A NIVEL NACIONAL

- incluyendo todas las actividades en la producción y abastecimiento de servicios.

- ingenieros
- trabajadores de producción
- proveedores
- todos
- diseño y rediseño de productos y servicios.
- instrumentación
- producción
- investigación de mercado.

Con esta producción vista como sistema se inicia la transformación de Japón.

QUE DEBE HACER LA ALTA ADMINISTRACION PARA MEJORAR

LA PRODUCTIVIDAD

Los mejores esfuerzos son esenciales pero desafortunadamente solos no logran el objetivo que se persigue, este tipo de esfuerzo para ser efectivos requieren orientación para moverse en la dirección correcta.

Es importante que la Alta Administración conozca cuál es su trabajo. La Administración debe estar involucrada con producción y con el obrero. Drásticas revisiones son requeridas. Una estabilidad Administrativa se logra cuando la Administración conoce bien su trabajo, planea eficientemente para prever problemas, compromiso con el cómo hacer y deber hacer, deben conocer el compromiso que tienen.

La Administración debe intentar permanecer en el negocio y enfocarse a proteger a los individuos y sus trabajos. La calidad es trabajo de todos pero debe ser dirigida por la Alta Administración.

LOS CATORCE PUNTOS DE DEMING

Estos catorce puntos de Deming se aplican en cualquier parte, tanto en pequeñas como grandes organizaciones. (7)

1. CREAR CONSISTENCIA DE PROPOSITO DE MEJORAR EL PRODUCTO Y SERVICIO.

Esto es con un plan para comenzar a ser competitivos y permanecer en el negocio. Decidir quién de la Alta Administración es responsable de hacerlo. Aceptar obligaciones como las siguientes:

- a) innovar : colocar recursos para el largo plazo
 - nuevos servicios
 - nuevos materiales que serán requeridos
 - posibles cambios en métodos de producción
 - costo de producción

- b) poner recursos en:
 - investigación
 - educación
 - seguridad
 - desarrollo tecnológico

- c) constantemente mejorar el diseño del producto y servicio (cuidar al consumidor)

- d) Poner recursos en el mantenimiento de equipo, mobiliario e instalaciones.

2. ADOPTAR LA NUEVA FILOSOFIA.

No se puede vivir más con los comunmente aceptados niveles de retrasos, errores, materiales defectuosos y personas inapropiadas en el trabajo, debido al costo elevado.

(7) Id.

3. CESAR LA DEPENDENCIA SOBRE INSPECCION.

Se pretende requerir en lugar de inspección masiva, evidencia estadística ya que la calidad se construye y minimiza costos. La calidad no viene de la inspección, sino del MEJORAMIENTO DEL PROCESO.

4. FIN A LA PRACTICA DE HACER NEGOCIOS SOBRE LA BASE DE PRECIOS DE MARCA.

En lugar de partir sobre la base de precios de marca, es necesario depender de medidas significativas de calidad junto con el precio. Eliminar proveedores que no certifiquen con evidencia estadística la calidad. Además evitar que las fuerzas de competitividad estén en los precios únicamente, menos ahora en que los requerimientos recaen en la uniformidad y confiabilidad de los productos. Buscar proveedores que ofrezcan calidad con evidencia estadística y por lo tanto precio.

5. CONSTANTEMENTE MEJORAR EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SERVICIO.

Este trabajo pertenece a la Administración como tipo de trabajo continuo, de mejora. Continuar con la reducción de desperdicios, errores y mejoras de calidad en cada actividad. Herramientas estadísticas como estudios potenciales del proceso, diseño de experimentos entre otros, conocidos ya por la administración serán requeridas para el diseño y análisis de prueba y para separar las causas especiales de las comunes. Un proceso que esté en un estado de control estadístico puede ser mejorado solamente por el estudio del propio proceso. (8)

(8) Causa especial: se deben a cambios no ordinarios, su solución requiere de una acción local.

Causa común: es debida al azar, su solución requiere acciones sobre el sistema.

6. INSTITUIR METODOS MODERNOS DE ENTRENAMIENTO EN EL TRABAJO.

El entrenamiento debe ser reconstruido totalmente. En cuanto a la variable estándar es muy a menudo dependiente de si el supervisor está o no en problemas con alcanzar su cuota diaria en términos de cantidad no de calidad. Al tener nuevos métodos se procurará menor número de rechazos alcanzando mas facilmente su cuota de producción y con calidad.

7. INSTITUIR METODOS MODERNOS DE SUPERVISION.

La responsabilidad del supervisor será en base a la calidad y no a cantidad y de esta manera se mejorará la productividad. La Administración debe prepararse para tomar acciones sobre reportes del supervisor sobre defectos inherentes, máquinas sin mantenimiento, herramientas pobres, procedimientos ineficientes. Se debe tratar de que exista una comunicación completa entre Supervisor y Alta Administración.

8. ROMPER EL MIEDO.

Darle confianza al trabajador a que se desarrolle, de que tenga seguridad y trabaje mas efectivamente. El miedo desaparece conforme la Administración mejora y los empleados desarrollan confianza en ella.

9. ROMPER BARRERAS ENTRE DEPARTAMENTOS.

La gente de diseño, ingeniería, producción, mantenimiento, de compras, ventas, etc., deben aprender acerca de los problemas que ocasionan los materiales y las especificaciones de producción y ensamble. Se requiere COMUNICACION, trabajar con un fin en común: CALIDAD Y POSICION COMPETITIVA.

10. ELIMINAR METAS NUMERICAS PARA LA FUERZA DE TRABAJO.

Eliminar metas, slogans, fotos, posters que presionen a la fuerza de trabajo a incrementar la productividad, marcando su trabajo como un autoretrato. Se requiere de guía proporcionada por la Administración. Esta puede publicar posters donde explique lo que ellos (La Administración) están haciendo mes a mes para mejorar el sistema, la calidad y la productividad.

11. ELIMINAR ESTANDARES Y CUOTAS DE TRABAJO SOBRE CANTIDAD.

Los estándares de trabajo son una garantía de ineficiencia y alto costo, son manifestaciones de la inhabilidad para entender y proporcionar una supervisión apropiada.

12. REMOVER BARRERAS ENTRE EL TRABAJADOR Y SU ORGULLO DE EJECUTAR EL TRABAJO.

Decirle qué es un trabajo bueno o malo en base a datos. Tratar de motivarlo a hacer bien las cosas, la importancia que implica él dentro de todo el sistema, reconocerle su trabajo.

13. INSTITUIR UN VIGOROSO PROGRAMA DE EDUCACION Y ENTRENAMIENTO.

Es necesario para la Administración incorporar algunas reglas de la teoría estadística y su aplicación. Se requiere adaptar a las personas a usar la estadística en sus tareas, en sus compras, ventas, para mejorar la calidad.

14. CREAR LA ESTRUCTURA QUE IMPULSE DIA A DIA LOS 13 PUNTOS ANTERIORES.

La Alta Administración requiere de formar maestros en la utilización de métodos estadísticos, y un comité que encamine a seguir continuamente los 13 puntos anteriores.

OBSTACULOS Y PROBLEMAS

El gran obstáculo que se presenta es la carencia de consistencia de propósito. Aún cuando la Alta Administración ha anunciado su completo compromiso hacia la consistencia de propósito enfocado a la calidad y productividad, otra gente en la compañía puede estar perpleja y escéptica en el sentido de duración del programa, futuro del programa (por ejemplo 3 años), cambios estructurales si hay nuevo presidente, etc.

Sin embargo, una compañía cuya Alta Administración está comprometida con la calidad y la productividad y con sus raíces, no sufre por la incertidumbre y la confusión.

Hay mucho que hablar acerca de involucrar a los empleados con la calidad. El gran problema es cómo mantener a la Administración involucrada. Existen situaciones erróneas en el sentido de creer que los trabajadores están limitados por el sistema y el sistema pertenece a la Administración.

La inspección no mejora la calidad, ya que ésta, buena o mala ya está en el producto; en contraste, la inspección de pequeñas muestras del producto y el uso de gráficas de control para lograr ó mantener control estadístico es un trabajo más profesional.

C A P I T U L O I I

NECESIDADES DE CAMBIO

OBJETIVO HACIA LA EXCELENCIA

INTRODUCCION.

Teniendo en consideración que el principal objetivo de la Dirección General es convertirse en una empresa líder dentro de la Industria Automótrix en México y con los niveles de organización que sean ejemplo y nos ayude a impulsar nuestras exportaciones es necesario generar una alternativa para lograrlo.

DESARROLLO.

Existen necesidades de cambio principalmente porque las empresas crecen y sus gentes deben crecer con ella, porque la industria nacional y extranjera está cambiando y presentan diferentes variables, diferentes problemas en tiempos relativamente cortos.

Actualmente se tienen graves problemas en el área operativa de nuestra empresa:

1. Cumplir con los Programas de Producción.
2. Rechazos Elevados.
3. Retrabajos.
4. Costos de Producción elevados.
5. Falta de ética en el trabajo.
6. Personal Desmotivado.

Para solucionar los problemas anteriores es necesario establecer un proceso sistemático de Mejoramiento de Calidad y/o Productividad.

Para competir internacionalmente y tener productos que cumplan con los estándares mundiales es necesario establecer un proceso de esta naturaleza.

El camino para cumplir con los requisitos del cliente es "hacer bien las cosas desde la primera vez" y de esta manera garantizar que las actividades organizadas ocurran en la forma que fueron planeadas llevándose una Administración por Calidad.

Hacerlo bien a la primera vez significa:

- 1) Aprender de la experiencia.
- 2) Definir y fijar requisitos a cumplir.
- 3) Obtener el compromiso de cada persona en la organización, de asegurarse que todas las actividades y productos se realicen cumpliendo con los requisitos.
- 4) Contar con un proceso de retroalimentación.
- 5) Manejar un cambio humano y por lo tanto un proceso largo y lento.

Este proceso nos dá la oportunidad de reducir costos en cada área funcional de la organización. Lo interesante de reducir el costo por no cumplir con los requisitos está en el resultado del ahorro, los cuales no son cíclicos ni dependen de la economía, simplemente dependen de nuestra habilidad para administrar.

Este proceso es una filosofía de trabajo que contempla la inclusión de programas gerenciales sobre:

- Mejoramiento de la Productividad.
- Calidad del Producto.
- Seguridad.
- Objetivos en general.

FUNDAMENTOS DEL PROCESO.

- a) Definición de Calidad: Se debe definir qué es calidad en nuestra organización. Calidad significa cumplir con los requisitos, por lo tanto la Dirección y su equipo deben definir los requisitos de cada Departamento, actividad o producto.

- b) Sistema de Prevención: Prevención significa el método sistemático para resolución de problemas identificados de tal forma que no vuelvan a presentarse.

- c) Estándar de desempeño: Se debe promover la actitud cero defectos, donde cero defectos es una actitud, un estándar de desempeño y buscamos cero desviaciones de los requisitos para "hacerlo bien a la primera vez".

- d) Medición: Necesitamos identificar el precio que pagamos por no cumplir, por hacer las cosas mal y repetir el trabajo por no tener cuidado de hacer bien las cosas; ésto es el costo de calidad.

METODOLOGIA DEL PROCESO.

Nuestra metodología consiste básicamente con una técnica de 14 etapas, la cual es esencialmente la estrategia para lograr comunicar el implantar los cuatro fundamentos del proceso. Estas etapas fueron divididas en tres grupos de acción donde se busca una interrelación y acción en equipo:

- a) Acción general
- b) Acción del empleado
- c) Acción de la gerencia y del empleado

a) Acción gerencial:

Es el cimiento del proceso e incluye las seis primeras etapas del proceso. El grupo gerencial está diseñado para lograr reunir sus esfuerzos y actuar como equipo, antes de dar a conocer el proceso a los empleados y solicitar su compromiso personal.

ETAPAS

OBJETIVO

1. Compromiso Gerencial

El Director General y equipo gerencial definen su posición en relación a la calidad, establecen su compromiso de mejora y aceptan la responsabilidad de liderarlo.

2. Formación de Equipos:

Dirigir el Proceso.

3. Medición de la Calidad:

Proporcionar un medio que muestre los problemas actuales y potencia les por no cumplir con requisitos, de tal forma, que permita una evaluación objetiva y conduzca a la acción correctiva.

4. Valuación del costo de Calidad:

Asignar valores en pesos a los elementos de costo por cumplir con los requisitos de cada área de oportunidad identifi cada con el propósito de establecer prioridad y conducir la acción correc tiva.

ETAPAS

5. Concientización sobre la Calidad.

OBJETIVO

Proveer los métodos que permitan despertar y desarrollar el interés de todo el personal hacia el cumplimiento de requisitos en productos y servicios y crear conciencia acerca de la reputación de calidad.

6. Equipos de Acción Correctiva:

Proveer un método formal, sistemático y permanente de resolución de problemas que provenga de un plan de identificación de causas de acción,

b) Acción del empleado:

Una vez que la gerencia ha fijado los cimientos por su compromiso y la implantación de los equipos de mejoramiento de calidad y la formación de los equipos de acción correctiva, entonces es el momento de unirse y demostrar su compromiso de calidad. Las etapas de esta acción del empleado son la 7, 8 y 9 que incluyen el plan cero defectos y orientación del supervisor.

ETAPA

7. Planeación del Programa Cero Defectos.

OBJETIVO

Buscar desarrollar una actitud permanente de hacerlo bien a la primera vez. Planear las actividades que se requieren para involucrar a todo el personal o adoptar "cero defectos" como el estándar de desempeño.

<u>ETAPA</u>	<u>OBJETIVO</u>
8. Entrenamiento a Jefes y Supervisores.	Definir y proporcionar el tipo de entrenamiento que requieren los jefes y supervisores para desempeñar un rol pro-activo en el proceso en cada una de sus áreas.
9. Seriedad y Compromiso.	Seriedad a involucrarse con el Director General hacia la calidad. Compromiso a trabajar con el estándar de cero defectos.

c) Acción de la gerencia y del empleado:

Este es el momento en que ambos se unen para desarrollar un cambio de largo plazo en el estilo gerencial. Este es el momento en el proceso de Mejoramiento de Calidad en que se llega a los más bajos niveles de la compañía para hacer el mejoramiento de calidad parte de la cultura de la misma. Comprende las 5 etapas restantes.

<u>ETAPAS</u>	<u>OBJETIVO</u>
10. Fijación de metas.	Implementar el proceso en todas las áreas de trabajo. Llevar el compromiso del empleado a la acción, a través del establecimiento de metas de mejora en cada una de sus áreas.

ETAPAS

OBJETIVO

11. Eliminación de la Causa del error.

Establecer un medio de comunicación formal hacia los jefes respecto a las situaciones, problemas u obstáculos que le impiden al subordinado:

- hacer bien su trabajo
- lograr metas de mejoras
- cumplir con los requisitos del cliente con cero defectos.

Lograr que se de la acción de los jefes en la eliminación de los obstáculos a través de las áreas funcionales apropiadas o de equipos de acción correctiva.

12. Reconocimiento.

Distinguir en público al personal que alcance metas específicas y/o resultados sobresalientes sin importar el tamaño de las metas o la complejidad de las soluciones.

13. Consejos de Calidad.

Comunicación entre responsables del proceso y líderes de equipos para buscar como perfeccionarlos.

ETAPAS

14. Hacerlo de nuevo.

OBJETIVO

La repetición hace permanente al programa para que la calidad sea parte integral de la organización. Se vuelven a cuestionarse los requisitos buscando permanentemente una ventaja competitiva.

IMPLICACIONES DEL PROCESO.

El compromiso gerencial es lo más importante para el éxito de este proceso. Si la Dirección General está convencida de la necesidad de hacer negocios en forma diferente y la necesidad de implantar este proceso es imperativo que estén completamente comprometidos con él proporcionando todos los recursos necesarios.

La principal implicación del proceso es un cambio de actitud cultural y éste involucra un cambio profundo de estilo gerencial, permanente y de largo plazo.

Un cambio cultural significa cambiar la actitud de la gente y éste no es un cambio de la noche a la mañana. Es un esfuerzo continuo y de largo plazo, que podrá fácilmente tomarse hasta cinco años. El cambio cultural en una organización significa cambiar los valores de una compañía hacia "hacerlo bien a la primera vez".

Este proceso implica un cambio de actitud en todo lo que hacemos y este cambio va desde el cambio de actitud personal hasta el cambio de comportamiento de la organización.

EL PROCESO

Mediante este proceso se puede esperar que cada persona en la organización se asegure que todas las actividades y productos se lleven a cabo de acuerdo con los requisitos, haciendo así mejores productos, mejores utilidades y una mejor organización. Se trata de desarrollar en la conciencia de cada persona la necesidad de la mejora permanente y sistemática para lograr calidad en todo lo que hacemos.

Este proceso nos llevará al orden, nos ayudará a evitar el señalamiento de los errores, sin culpar a nadie sino buscando la causa del error.

Si hay un problema, el equipo de mejoramiento de calidad fijará las prioridades y el equipo de acción correctiva se formará para definir el problema, encontrar su causa y buscar solución y estarla auditando.

Este proceso es una forma de ayudarnos a hacer mejor nuestro trabajo de administrar nuestros recursos aplicando sus principios.

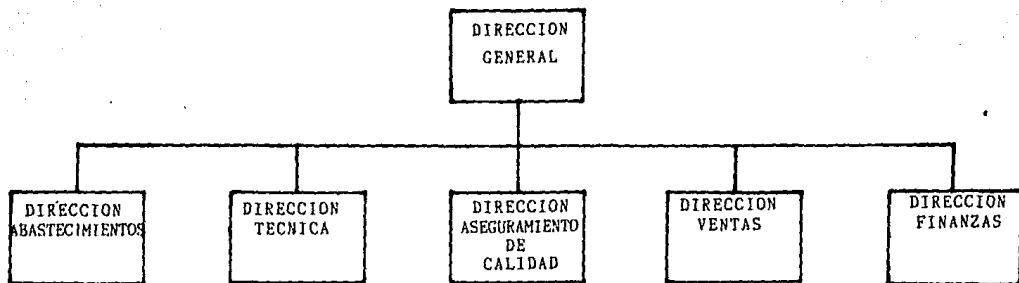
FORMACION DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCTIVIDAD

Ante esta necesidad de cambio y dada la situación que las empresas que sobrevivan en el mediano plazo, serán las que produzcan eficientemente y con calidad, se creó el Departamento de Productividad en la empresa con funciones staff.

A continuación se presenta el Organigrama actual de la empresa y de la Dirección Técnica :

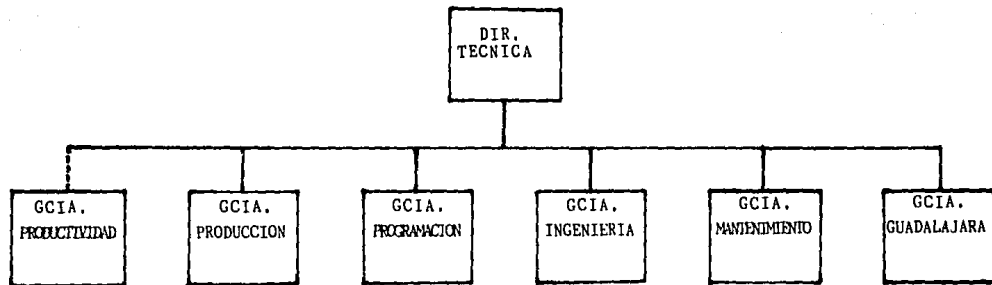
ORGANIGRAMA GENERAL DE

LA EMPRESA



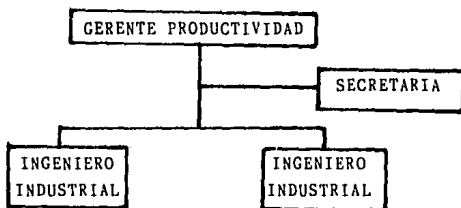
ORGANIGRAMA DE LA DIRECCION TECNICA

DE LA EMPRESA



El objetivo del departamento consiste en lograr la efectividad en el trabajo por medio de la implantación del Control Estadístico del Proceso a nivel producción y alta gerencia como medida del mejoramiento continuo de la calidad.

El organigrama del Departamento es el siguiente :



Las funciones del departamento son las siguientes :

- Involucramiento a nivel Directivo, Gerencial, Jefes de Departamento, Supervisores y Operarios al mejoramiento continuo de la calidad en base a métodos estadísticos.
- Cursos de capacitación sobre herramientas de control como medida al mejoramiento continuo de la calidad.
- Supervisión en la implantación de los métodos estadísticos.
- Elaboración de estudios potenciales del Proceso como punto de partida para el Control Estadístico.
- Formación de grupos de calidad en cada área del Departamento de Producción y supervisión de los mismos.
- Programa de incremento de Productividad.
- Cambio cultural en la empresa.

EL PAPEL DE LA COMPAÑIA

La cultura de la compañía es algo creado tanto por la gerencia como por los empleados. La gerencia provee al personal con adiestramiento, sistemas, procedimientos, materiales, descripciones de trabajo, etc. Estas acciones en gran medida forman el ambiente en el cual operan los empleados.

Los empleados aportan sus destrezas, actitudes y energías a este ambiente. Todos estos factores se combinan para formar la cultura de una compañía.

Esta empresa tiende ya hacia una cultura donde la calidad ocupa el primer lugar, por lo que se requiere atención constante para conseguir que la calidad se eleve a un nivel de dignidad a la par con sus factores compañeros, debido a las presiones bajo las cuales operan las empresas. Por ejemplo la compañía está bajo presión para entregar productos y servicios a tiempo, también bajo presión de producir ganancias, pero al mismo tiempo quiere ser reconocida como el líder de calidad en su campo y ese es precisamente el objetivo principal de la Dirección General.

Se ha visto que la cultura crece conforme su gerencia concibe la calidad, el foco de esta filosofía se centra sobre objetivos de la empresa fáciles de medir. Esto es así porque los empleados están haciendo lo que la gerencia quiere. La gerencia está tratando de lograr metas a corto plazo que ella ha establecido.

Para lograr el cambio cultural en la empresa se incluyeron algunas actividades básicas como:

a) Poner en funcionamiento sistemas de gerencia:

Sistemas necesarios para administrar el mejoramiento de la calidad, definidos claramente y que proveen una buena comprensión y conciencia de calidad en todos los empleados.

b) Compromiso Individual:

Cada persona manifiesta su compromiso con el mejoramiento de calidad.

c) Compartir la gerencia de la calidad:

Entre la gerencia y empleados se comparte la gerencia de calidad en la que se fijan metas, reconocimientos frecuentes y gran comunicación acerca de la calidad de manera continua.

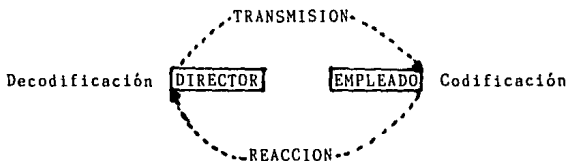
Después de lograr una buena comprensión de lo que es calidad y de lograr un compromiso y establecer un plan para llevar a cabo el mejoramiento de la calidad, surge la necesidad de una comunicación continua que es la manera de asegurar que todos los empleados participen en este cambio. Posteriormente los problemas se empezarán a descubrirse. Los problemas requieren acción por lo que la compañía establece sistemas de resolución de problemas, es decir, se identifican los problemas, se asignan responsabilidades y llevan el problema a alguna resolución. El Departamento de Productividad dentro de su implantación hace ver a todos los empleados las herramientas básicas más útiles como son Diagramas de Pareto, Diagramas de Ishikawa o de Causa y Efecto y Gráficas de Control para detectar problemas, asignar responsabilidades, dar fechas de solución. En la asignación de responsabilidades están todos los involucrados directamente del problema desde operarios hasta directivos si es necesario, procurando siempre comunica-

ción directa y en ambas direcciones.

EL PAPEL DE LA DIRECCION

El Director juega un papel crítico en el proceso de mejoramiento de la calidad. Es una persona que realiza un trabajo mediante la cooperación activa de todos los demás.

Es responsabilidad del Director que los empleados entiendan y se comprometan a cumplir con los requisitos mediante una comunicación eficiente, es decir, compartir ideas, expresar objetivos, aceptar cambios, obligar a pensar.



EL PAPEL DEL PROVEEDOR

Todos somos clientes y todos somos proveedores de alguien. El proveedor juega un papel muy importante en el mundo de los negocios.

En especial nuestros proveedores son parte del equipo de trabajo para el mejoramiento continuo de la calidad. Todo esto implica una cadena en la que ellos nos tienen que enviar material de buena calidad y nosotros mandarles buena calidad a nuestros clientes y así sucesivamente. Hay seis factores que se deben tomar en consideración en cuanto al proveedor y al mejoramiento de la calidad:

- . Relaciones entre proveedor y cliente
- . Establecimiento de requisitos
- . Selección de los proveedores
- . Acuerdo acerca de los requisitos
- . Medidas y reacción en cuanto a resultados del proceso
- . Seguimiento

a) Relaciones entre proveedor y cliente requieren de un respeto mutuo, confianza mutua y beneficio mutuo mediante una comunicación abierta y continua en el que ambos se vean involucrados en el mejoramiento de la calidad y de la importancia que tiene el proveedor para el cliente. Dentro de la comunicación debe existir la confianza por ambas partes para proteger la información compartida y así obtener un beneficio mutuo.

b) Los establecimientos de requisitos se establecen cuando se tienen respuestas concretas sobre:

- ¿Qué es lo que se quiere? ¿Como se quiere?
- ¿Qué ritmo de entrega del producto o servicio se va a requerir?
- ¿Experiencia del proveedor en la producción del artículo o servicio?
- ¿Cuál será la medida de participación del proveedor en el desarrollo del producto o servicio final?

- ¿Cuántas fuentes se requieren para este producto o servicio?
 - ¿Cómo se medirá el cumplimiento de los requisitos?
 - ¿Qué sistema de acción correctiva se requiere?
 - ¿Qué localización geográfica debe tener el proveedor para mantener contacto ininterrumpido?
- c) Las respuestas a las preguntas anteriores ayudan a evaluar a los proveedores que pueden cumplir con las necesidades de la compañía. Es necesario informarle a los proveedores que serán seleccionados eventualmente ya que para que un cliente adopte y realice una norma de rendimiento de cero defectos el proveedor tiene que hacer lo mismo.
- d) Cuando ambos llegamos a un acuerdo con respecto a la norma de rendimiento se llega al acuerdo de requisitos. Aquí además del Departamento de Compras, Ventas o de Control de Calidad requiere mucho la participación de la alta gerencia. Se requiere para ésto de los siguientes puntos:
- Asegurarse de que los requisitos se han entendido, esto incluye datos técnicos, cobros, procedimiento de entrega.
 - Establecer una comunicación en ambas direcciones.
 - Establecer métodos precisos por la aceptación del producto. Aquí el proveedor debe llevar de manera obligatoria métodos estadísticos que comprueben la calidad del producto que entregarán a la compañía.
- e) Las medidas del proveedor deben contener todos los parámetros críticos como son calidad, precio, entrega con varios propósitos como es el proveer una evaluación de los proveedores, evaluación de clientes, reacción en cuanto a los resultados del proceso. Estas medidas se pueden llevar mediante Gráficas de Atributos principalmente.

- f) El seguimiento implica trabajar con un proveedor para asegurarse de que los problemas se resuelvan para siempre. El objetivo que se persigue es aislar un defecto, examinarlo, encontrar su raíz de la causa y eliminar el incumplimiento para siempre; se requiere Diagramas de Causa y Efecto, Diagramas de Pareto o ya más avanzados del AMEF (Acción de Modo y Efecto de Falla).

C A P I T U L O I I I

HERRAMIENTAS DE CONTROL ESTADISTICAS

INTRODUCCION

El enfoque actual de la calidad se centra en la prevención de defectos y su estrategia es observar los elementos que influyen en el proceso. Al observar los elementos que influyen en el proceso, obtenemos una información que recolectada e interpretada correctamente nos indica qué acciones debemos tomar para mejorar el proceso. La aplicación que se les puede dar es enorme. Existen algunas herramientas que dan información sobre ocurrencias de defectos y por otro lado hay herramientas que ayudan a analizar el porqué de esos defectos.

Estas herramientas sirven para visualizar más fácilmente los problemas, pero como su nombre lo indica sólo son herramientas de ayuda y es en equipo ante la participación de todas las personas involucradas como se corrigen o se previenen problemas. Se requiere mucha consistencia y una actitud positiva hacia el mejoramiento continuo de la calidad.

Es importante recalcar lo siguiente:

Calidad es satisfacer las necesidades de los clientes mediante el cumplimiento de las especificaciones. Se requiere establecer un ambiente que motive a todos los trabajadores a buscar una mejoría continua en CALIDAD/PRODUCTIVIDAD de todos los productos que la empresa fabrica.

DIAGRAMA DE PARETO

DIAGRAMA DE PARETO

INTRODUCCION

En todos los procesos de producción existen aspectos que pueden y deben ser mejorados; o bien presentar algunos problemas que deben ser solucionados:

- Artículos que no cumplen con las especificaciones.
- Defectos de fabricación
 - . Rayas
 - . Rechupes
 - . Tono
 - . Incompletos
- Ineficiencia en la asignación de operarios en las distintas actividades.
- Malos ajustes en máquinas.
- Material defectuoso.
- Falta herramientas de trabajo.
- Malos subensambles.

Cada problema o defecto es provocado en general por varias causas por lo que resulta difícil saber como atacarlos. Además, no todos los problemas tienen la misma importancia y por otro lado, no es posible resolverlos al mismo tiempo.

Por esta razón es conveniente asignar prioridades a los distintos problemas e intentar resolver primero los de mayor importancia. Se puede aplicar en todo fenómeno que resulte de la intervención de varias causas o factores.

El Diagrama de Pareto puede elaborarse con base en:

- A) Número de defectos
- B) Costo de Reparación

DEFINICION :

Un Diagrama de Pareto es una gráfica que representa en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud la frecuencia de la ocurrencia de las distintas causas de un problema. (9)

(9) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo IV. México 1985

O B J E T I V O :


Identificar las causas principales y en función de ello establecer un orden de importancia permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos, canalizando eficazmente los esfuerzos de las personas que intervienen para atacar las causas más importantes reduciendo significativamente la magnitud del problema.

ELABORACION DE UN DIAGRAMA DE PARETO POR DEFECTOS

- PASO 1 : Hacer una lista de los factores o causas potenciales o posibles del problema, considerando:
- Características fuera de especificación.
 - Tipos de Defectos.
 - Partes o piezas dañadas.
 - Fallas en el funcionamiento de las partes que componen el producto.
 - Etc...
- PASO 2 : Establecer el período de tiempo que se comprenderá en la obtención de datos. No hay un período de tiempo pre-establecido, puede ser:
- Un mes
 - Una quincena
 - Una semana
 - Un día
 - Etc...
- PASO 3 : Obtener en dicho período los datos sobre la ocurrencia de cada causa o tipo de defecto, utilizando una hoja de registro, especificando el número total N de piezas o casos inspeccionados.

PASO 4 : Con base en lo recabado en la hoja de registro, se ordenan los distintos tipos de causas del problema conforme a su ocurrencia, de mayor a menor, en una hoja de registro de defectuosos.

HOJA DE REGISTRO DE DEFECTUOSOS

ECHA: _____		DEPARTAMENTO: _____		
N° INSPECCIONADOS: _____		ELABORO: _____		
TIPO DE EFECTO	N° CASOS	PORCENTAJE ABSOLUTO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE RELATIVO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE REL. ACUMULADO
	n_i	$A_i = \frac{n_i}{N} \times 100$	$r_i = \frac{n_i}{d} \times 100$	$R_i = r_1 + r_2 + \dots$
DEFECTO MAYOR  DEFECTO MENOR				
TOTAL	$d =$		100%	

PASO
4

PASO
5

PASO
6

PASO
7

PASO 5 : Se calcula el porcentaje absoluto de artículos defectuosos con respecto al número total N de inspeccionados, para cada uno de los defectos considerados.

Tal porcentaje se representa por el símbolo A_i y se calcula:

$$A_i = \frac{n_i}{N} \times 100$$

EJEMPLO:

DEFECTO 1:

$$A_1 = \frac{n_1}{N} \times 100$$

DEFECTO 2:

$$A_2 = \frac{n_2}{N} \times 100$$

DEFECTO 3:

$$A_3 = \frac{n_3}{N} \times 100$$

ETC...

PASO 6 : Se obtiene para cada uno de los defectos el porcentaje relativo de defectuosos respecto del número total de defectuosos encontrados "d". Se usará r_i para representar el porcentaje relativo de defectuosos atribuibles al tipo de defecto "i" y se calcula de la siguiente manera:

$$r_i = \frac{n_i}{d} \times 100$$

EJEMPLO:

DEFECTO 1:

$$r_1 = \frac{n_1}{d} \times 100$$

DEFECTO 2:

$$r_2 = \frac{n_2}{d} \times 100$$

DEFECTO 3:

$$r_3 = \frac{n_3}{d} \times 100$$

ETC...

PASO 7 : Se calcula el porcentaje relativo acumulado deno-
tado por R_i .

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + \dots \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

EJEMPLO:

DEFECTO 1:

$$R_1 = r_1$$

DEFECTO 2:

$$R_2 = r_1 + r_2$$

DEFECTO 3:

$$R_3 = r_1 + r_2 + r_3$$

DEFECTO 4:

$$R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

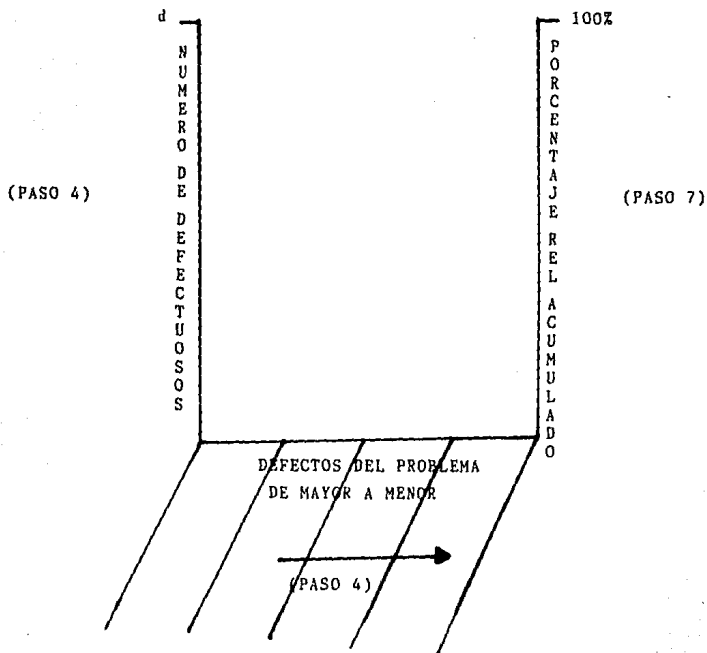
DEFECTO 100:

$$R_{100} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \dots + r_{97} + r_{98} + r_{99} + r_{100}$$

Si el defecto 100 es el último defecto tenido en la hoja de
registro y en la hoja de registro de defectuosos:

$$R_{100} = 100\%$$

Ya terminada la hoja de registro de defectuosos se procede a realizar el Diagrama de Pareto.



ELABORACION DE UN DIAGRAMA DE PARETO POR COSTOS.

- PASO 1 : Hacer una lista de los factores o causas potenciales o posibles del problema, considerando:
- Características fuera de especificación.
 - Tipos de Defectos.
 - Partes o piezas dañadas.
 - Fallas en el funcionamiento de las partes que componen el producto.
 - Etc...
- PASO 2 : Establecer el período de tiempo que se comprenderá en la obtención de datos. No hay un período de tiempo pre-establecido, puede ser:
- Un mes
 - Una quincena
 - Una semana
 - Un día
 - Etc...
- PASO 3 : Obtener en dicho período los datos sobre la ocurrencia de cada causa o tipo de defecto, utilizando una hoja de registro, especificando el número total N de piezas o casos inspeccionados.

(COSTOS)
HOJA DE REGISTRO

ARTICULO: _____ DEPARTAMENTO: _____
N°ARTICULOS _____ AREA : _____
INSPECCIONADOS: _____ FECHA PRODUCCION: _____
INSPECCIONADO POR: _____

TIPO DE DEFECTO	C O N T E O	TOTAL	COSTO DE REPARACION POR DEFECTO	COSTO TOTAL DEL DEFECTO
TOTAL :				

PASO 4 : Con los datos recabados en la hoja de registro se obtiene el costo total del defecto.

COSTO TOTAL DEL DEFECTO = TOTAL DEFECTOS X COSTO DE REPARACION

PASO 5 : Se ordenan los distintos tipos de causas del problema en base al costo total del defecto de mayor a menor en una hoja de registro de defectuosos.

HOJA DE REGISTRO DE DEFECTUOSOS

FECHA: _____		DEPARTAMENTO: _____	
Nº INSPECCIONADOS: _____		AREA: _____	
		ELABORO: _____	
TIPO DE DEFECTO	COSTO TOTAL DEL DEFECTO	PORCENTAJE RELATIVO DEFECT.	PORCENTAJE REL. ACUMULADO
	C_i	$r_i = \frac{C_i}{C_{TOTAL}} \times 100$	$R_i = r_1 + r_2 + \dots$
	C_{TOTAL}		

PASO 6 : Para cada uno de los defectos se obtiene el porcentaje relativo: $r_i = (C_i / \text{Costo total}) \times 100$.

PASO 7 : Se calcula el porcentaje relativo acumulado denotado por R_i .

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + \dots \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

EJEMPLO:

DEFECTO 1:

$$R_1 = r_1$$

DEFECTO 2:

$$R_2 = r_1 + r_2$$

DEFECTO 3:

$$R_3 = r_1 + r_2 + r_3$$

DEFECTO 4:

$$R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4$$

DEFECTO 100:

$$R_{100} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + \dots + r_{97} + r_{98} + r_{99} + r_{100}$$

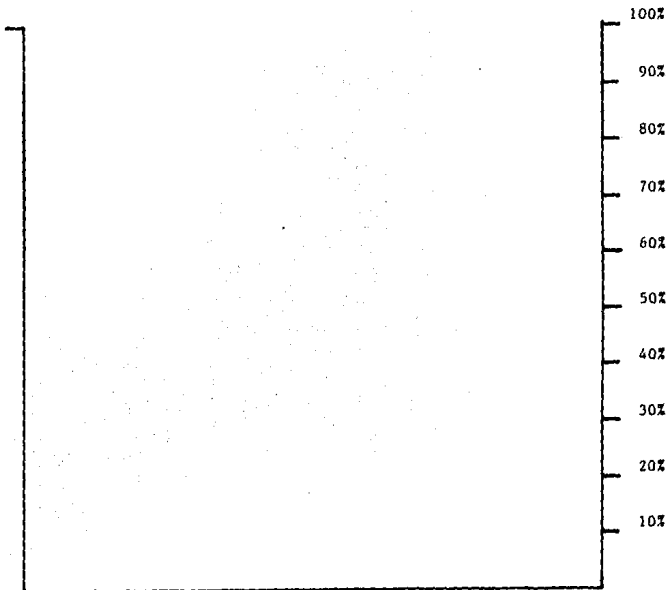
Ya terminada la hoja de registro de defectuosos por costo se procede a realizar el Diagrama de Pareto.

DIAGRAMA DE PARETO

(COSTOS)

COSTO DEL
DEFECTO

PORCENTAJE RELATIVO
ACUMULADO



TIPOS DE DEFECTOS
ORDENADOS DE MAYOR A MENOR EN
BASE A COSTOS.

USOS Y BENEFICIOS DEL DIAGRAMA DE PARETO

1. Es el primer paso para la realización de mejoras.
2. Identifica las causas de los fenómenos y la importancia de cada una de ellas.
3. Promueve el trabajo en equipo.
4. Canaliza los esfuerzos a las causas importantes.
5. Facilita la comunicación entre los grupos que participan en el análisis del problema o fenómeno.
6. Permite la comparación antes y después, verificando si las acciones llevadas a cabo para lograr una mejora fueron o no eficaces, construyendo un nuevo diagrama cuando los efectos de dichas acciones se han puesto de manifiesto.
7. Mejoras desde el punto de vista monetaria en términos de ahorro cuando se trabaja mediante costos.

EJEMPLO
ESPEJO GENERAL MOTORS

- PASO 1 : Principales problemas ocurridos en los espejos GENERAL MOTORS nacionales:
- Chicotes
 - Placa
 - Apariencia carcaza
 - Guía
 - Otros
- PASO 2: El período acordado de tiempo que se comprenderá en la obtención de datos será de un día: (Miércoles 25 de Junio, 1986).
La inspección total será de 500 piezas.
- PASO 3: Obtención de datos.

HOJA DE REGISTRO

ARTICULO: <u>ESPEJO G.M.</u>		DEPARTAMENTO: <u>PRODUCCION</u>
N°ARTICULOS INSPECCIONADOS: <u>500</u>		FECHA PRODUCCION: <u>25 DE JUNIO, 1986.</u>
D E F E C T O	C O N T E O	T O T A L (n _i)
Chicotes	IIII IIII IIII	15
Placa	IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII	35
Apariencia Carc.	IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII IIII	45
Guía	IIII "	7
Otros	IIII	4
	TOTAL:	106

PASO 4 : Ordenación de problemas de acuerdo a su ocurrencia de mayor a menor en hoja de registro de defectuosos.

PASO 5 : Calcular porcentaje absoluto de artículos defectuosos con respecto al N° Total de Inspeccionados (A_1).

PASO 6 : Obtención para cada tipo de defecto el porcentaje relativo de defectuosos "d". (r_1)

PASO 7 : Calcular el porcentaje relativo acumulado (R_1).

NOTA: Los pasos 4,5,6 y 7 se realizan en la hoja de registro de defectuosos.

TIPO DE DEFECTO	Nº CASOS	PORCENTAJE ABSOLUTO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE RELATIVO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE RELAT. ACUMULADO
PARIENCIA CARC.	45	9%	42.5%	42.5%
PLACA	35	7%	33.0%	75.5%
HICOTES	15	3%	14.2%	89.7%
GUIA	7	1.4%	6.6%	96.3%
TROS	4	0.8%	3.7%	100.0%
	n = 106	21.2%	100.0%	

PASO 4: Se realiza en la hoja directamente.

PASO 5: Porcentaje absoluto de defectuosos.

$$A_1 = \frac{n_1}{N} \times 100 \quad A_1 = \frac{45}{500} \times 100 = 9\%$$

$$A_2 = \frac{n_2}{N} \times 100 \quad A_2 = \frac{35}{500} \times 100 = 7\%$$

$$A_3 = \frac{n_3}{N} \times 100$$

$$A_3 = \frac{15}{500} \times 100 = 3\%$$

$$A_4 = \frac{n_4}{N} \times 100$$

$$A_4 = \frac{7}{500} \times 100 = 1.4\%$$

$$A_5 = \frac{n_5}{N} \times 100$$

$$A_5 = \frac{4}{500} \times 100 = 0.8\%$$

PASO 6: Porcentaje Relativo de Defectuosos:

$$r_1 = \frac{n_1}{d} \times 100$$

$$r_1 = \frac{45}{106} \times 100 = 42.5\%$$

$$r_2 = \frac{n_2}{d} \times 100$$

$$r_2 = \frac{35}{106} \times 100 = 33.0\%$$

$$r_3 = \frac{n_3}{d} \times 100$$

$$r_3 = \frac{15}{106} \times 100 = 14.2\%$$

$$r_4 = \frac{n_4}{d} \times 100$$

$$r_4 = \frac{7}{106} \times 100 = 6.6\%$$

$$r_5 = \frac{n_5}{d} \times 100$$

$$r_5 = \frac{4}{106} \times 100 = 3.7\%$$

PASO 7: Porcentaje Relativo Acumulado:

$$R_1 = r_1 \qquad R_1 = 42.5 \qquad = 42.5\%$$

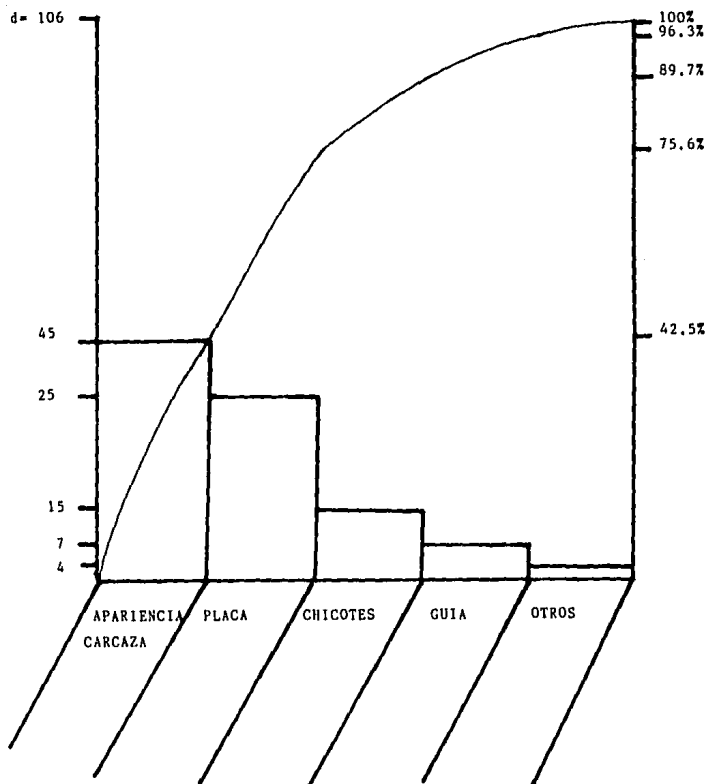
$$R_2 = r_1 + r_2 \qquad R_2 = 42.5 + 33.0 \qquad = 75.5\%$$

$$R_3 = r_1 + r_2 + r_3 \qquad R_3 = 42.5 + 33.0 + 14.2 \qquad = 89.7\%$$

$$R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 \qquad R_4 = 42.5 + 33.0 + 14.2 + 6.6 \qquad = 96.3\%$$

$$R_5 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 \qquad R_5 = 42.5 + 33.0 + 14.2 + 6.6 + 3.7 \qquad = 100.0\%$$

Ya elaborada la tabla procederemos a realizar el Diagrama de Pareto.



Observando el Diagrama de Pareto nos damos cuenta que hay que atacar primeramente la apariencia de la carcaza, analizar a que se debe, lo cual puede usarse la experiencia o buscar causas y efectos para detectar a qué se debe; mejorando de esta manera un posible 42,5% de los defectos si se ataca con éxito.

**FORMATOS PARA ELABORACION
DE DIAGRAMAS
DE PARETO**

A) POR DEFECTOS

B) POR COSTOS

HOJA DE REGISTRO DE DEFECTUOSOS

(DEFECTOS)

FECHA: _____		DEPARTAMENTO: _____		
INSPECCIONADOS: _____		AREA: _____		
ELABORO: _____				
TIPO DE DEFECTOS	Nº CASOS	PORCENTAJE ABSOLUTO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE RELATIVO DEFECTUOSOS	PORCENTAJE RELATIVO ACUMULADO
	n_i	$A_i = \frac{n_i}{N} \times 100$	$r_i = \frac{n_i}{d} \times 100$	$R_i = r_1 + r_2 + \dots$
TOTAL	d =			

r_i = NUMERO DE DEFECTUOSOS DEL TIPO DE DEFECTO i ($i = 1, 2, 3, \dots$)

A_i = PORCENTAJE ABSOLUTO DE DEFECTUOSOS DEL TIPO DE DEFECTO i ($i = 1, 2, 3, \dots$)

N = NUMERO DE ARTICULOS INSPECCIONADOS EN TOTAL

r_i = PORCENTAJE RELATIVO DE DEFECTUOSOS DEL TIPO DE DEFECTO i ($i = 1, 2, 3, \dots$)

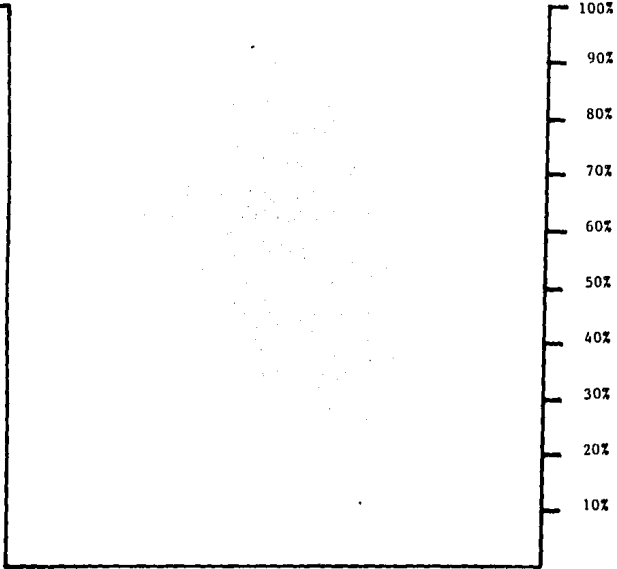
d = NUMERO TOTAL DE DEFECTOS ENCONTRADOS

R_i = PORCENTAJE RELATIVO ACUMULADO DE DEFECTOS i ($i = 1, 2, 3, \dots$)

DIAGRAMA DE PARETO
(DEFECTO)

NUMERO DE
DEFECTUOSOS

PORCENTAJE RELATIVO
ACUMULADO



TIPOS DE DEFECTO

HOJA DE REGISTRO
(COSTOS)

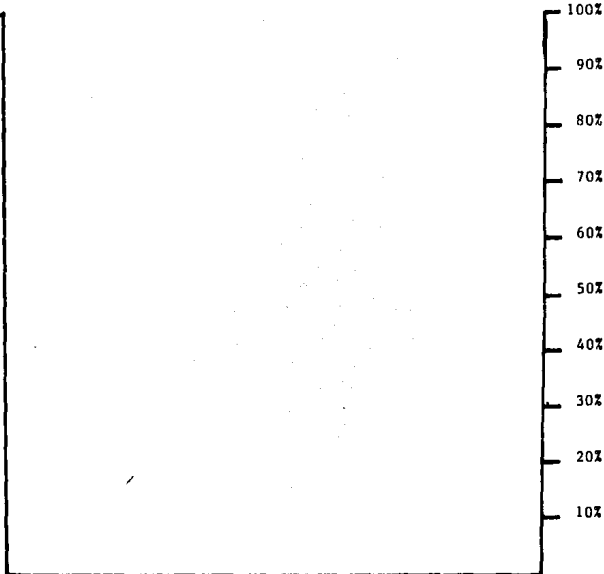
ARTICULO: _____ DEPARTAMENTO: _____
AREA: _____
N° ARTICULOS _____ FECHA PRODUCCION: _____
INSPECCIONADOS: _____ INSPECCIONADO POR: _____

TIPO DE DEFECTO	C O N T E O	TOTAL	COSTO DE REPARACION POR DEFECTO	COSTO TOTAL DEL DEFECTO
T O T A L:				

DIAGRAMA DE PARETO
(COSTOS)

COSTO TOTAL
DEL DEFECTO

PORCENTAJE RELATIVO
ACUMULADO



TIPOS DE DEFECTOS

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO

INTRODUCCION

El grado de VARIABILIDAD de la variable es un aspecto que se debe controlar y tratar de reducir al mínimo posible, con el objeto de evitar el riesgo de producir partes inadecuadas para su uso, porque sus dimensiones se alejan de los límites de tolerancia especificados.

VARIABLE

Son aquellas características de una parte que pueden ser medidas. (10)

VARIABILIDAD

Es la diferencia inevitable entre partes individuales obtenidas en un proceso y pueden ser agrupadas en CAUSAS COMUNES y CAUSAS ESPECIALES. (11)

CAUSAS COMUNES

Son fuentes de variación que siempre están presentes; es parte de la variación normal inherente al proceso mismo. Su origen puede usualmente ser rastreado hasta un elemento del sistema. (12)

CAUSAS ESPECIALES

Son fuentes de variación intermitentes, impredecibles. Son señaladas por puntos fuera de los límites de control o por tendencias u otros patrones de puntos no causales dentro de los límites de control. (13)

(10) I. Grant Eugene y S. Leavenworth Richard. Control Estadístico de Calidad. México 1984.

(11) Gerencia de Productividad. Necesidad de Mejoramiento de la Calidad. México 1985.

(12) Id.

(13) Id.

La DISPERSION de los valores observados de la variable estudiada en un proceso productivo se debe en su mayor parte a:

- a) MATERIAS PRIMAS: Las cuales difieren en su composición aunque sea ligeramente, especialmente si se obtiene de distintos proveedores. Aún cuando estén dentro de los límites permitidos, se observan diferencias en las medidas de las características que son relevantes en la calidad del resultado del producto.
- b) MAQUINARIA Y EQUIPO: Aunque aparentemente las máquinas estén funcionando bien, la dispersión puede surgir de diferencias en el ajuste o debido al hecho de que unas máquinas operan en su forma óptima solo parte del tiempo.
- c) METODOS DE TRABAJO: En apariencia se pueden estar siguiendo los mismos métodos de trabajo, pero generalmente existen diferencias.

Al conjuntar todos estos motivos de dispersión en su proceso de producción, se puede obtener como resultado un alto grado de VARIABILIDAD en la calidad.

La calidad que deseamos controlar y mejorar está representada por cifras que se refieren a:

- Longitud
- Dureza
- Porcentaje de defectuosos
- Etc.

Y a este tipo de variables se les llama características de calidad.

A factores como:

Composiciones químicas

Entrenamiento

Presión

Temperatura

Tiempo

Etc.

Son llamados factores causales.

A manera de simplificación identificaremos los factores Causales como las CAUSAS y a las características de Calidad como el EFECTO.

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Una de las técnicas de análisis para ayudar a la solución de problemas es el DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO conocido también como Diagrama de Ishikawa, el cual permite analizar los factores que intervienen en la calidad del producto a través de una relación de CAUSA Y EFECTO, ayudando a sacar a la luz las causas de la dispersión y también a organizar las relaciones entre las causas.

El Diagrama de Causa y Efecto por su forma recibe el nombre de "Esqueleto de pescado", en el que la espina dorsal es el camino que conduce a la cabeza del pescado que es donde se coloca el problema que se desea analizar, las espinas o flechas que la rodean, indican las causas y subcausas que lo provocan.

ELABORACION DE UN DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

A continuación se describen los pasos para elaborar un Diagrama de Causa y Efecto:

1. Decidir la característica de calidad que se desea controlar y mejorar, Para ello se hace un planteamiento como "La mayoría de nuestras piezas defectuosas se debieron a"

Ejemplo: La mayoría de nuestras piezas defectuosas en la Luz de Placa Nissan 920-903-017 se debieron a mal sellado de la mica transparente.

2. Trazar una flecha gruesa de izquierda a derecha y escribir la característica de calidad a la derecha de su punta.

EJEMPLO:

—————→ MAL SELLADO

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

3. Anotar los principales factores causales del problema, dirigiendo una flecha pequeña para cada causa a la flecha principal. A las flechas que representan esas causas se les llama RAMAS. Se recomienda agrupar los factores principales que causan la dispersión, en los siguientes rubros:

Mano de obra (operarios, inspectores, etc.)

Materia prima (materiales)

Maquinaria (equipo, herramienta, instrumentos)

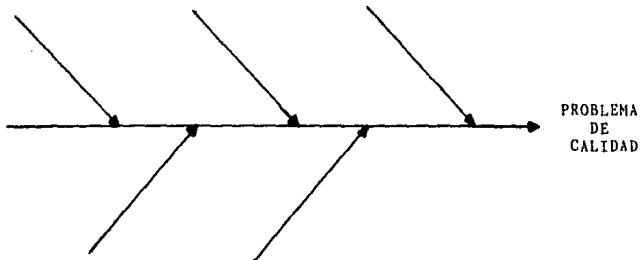
Métodos de trabajo (proceso)

Medio ambiente (condiciones climatológicas y de trabajo)

4. Cada uno de los grupos anteriores formará una rama principal. Si bajo esta agrupación resultan muchas causas principales en una sola rama principal, conviene en su lugar establecer en las ramas principales las causas potenciales para permitir un análisis más efectivo.
5. Alrededor de cada una de las ramas principales, trazar pequeñas ramas anotando los factores detallados que pudieran ser considerados como las causas principales, y alrededor de éstas se anotan otras causas en ramas aún más pequeñas.

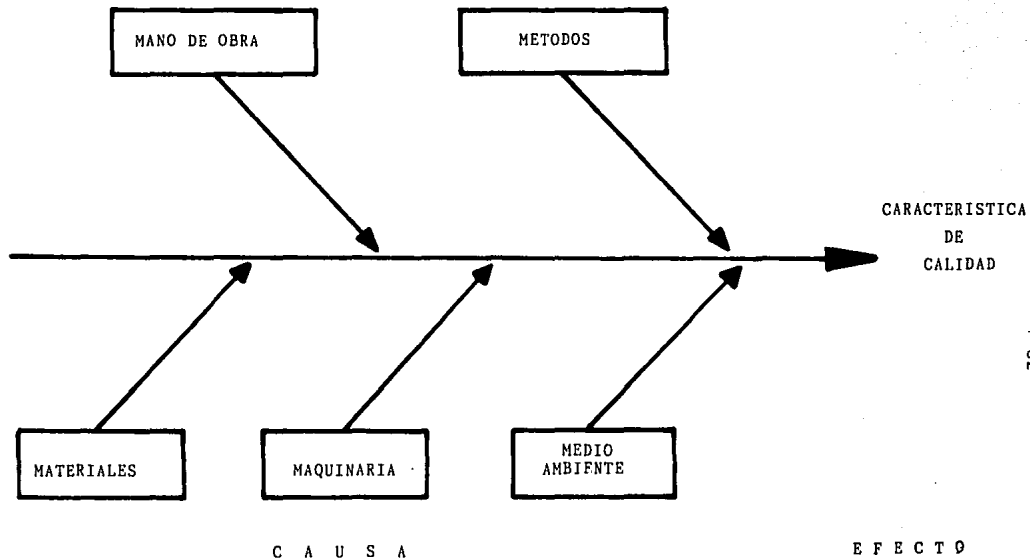
En general en cualquier tipo de problemas de calidad que se analicen, es muy importante la adecuada construcción de las ramas.

A continuación un Diagrama de Causa y Efecto con muchas RAMAS principales y ninguna subcausa (ramas más pequeñas).



Significa que el problema no está bien definido o no hay suficiente conocimiento del proceso.

5. Para analizar se debe verificar que todos los motivos que pueden causar la dispersión estén en el Diagrama. En caso de que así sea y de que las relaciones causa y efecto estén ilustradas en forma adecuada, el Diagrama estará completo. como se ilustra en los siguientes diagramas presentados a continuación (en su primera parte).



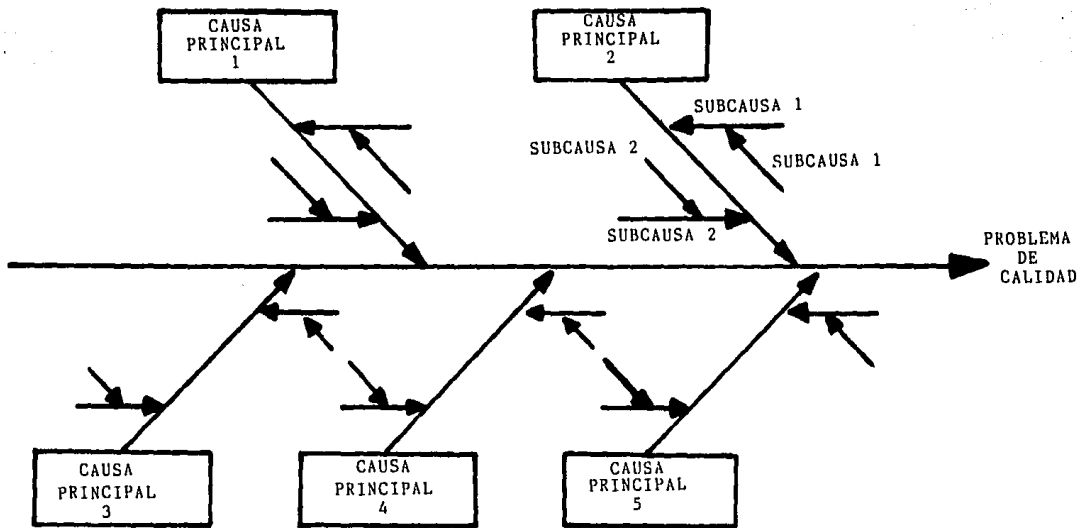


DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

TIPOS DE DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO

A continuación se presentan los tipos principales de Diagramas de Causa y Efecto que se generan:

- Análisis de la Dispersión
- Clasificación del proceso en fases
- Enumeración de las causas

DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO POR ANALISIS DE LA DISPERSION

Es el método seguido en el punto cuatro de la sección anterior, donde, alrededor de cada una de las ramas principales se trazan ramitas anotando los factores detallados que pudieron ser considerados como las causas principales, y alrededor de éstas se anotan otras causas más pequeñas.

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO POR CLASIFICACION DEL PROCESO EN FASES

Es conveniente recurrir a la modalidad alternativa de Diagramas de Causa y Efecto específicamente cuando exista dificultad en la clasificación o especificación de las causas principales posibles.

Cuando los miembros del grupo que lleva a cabo el análisis del problema está familiarizado con el proceso de producción, se puede seguir el método de identificar causas posibles para un problema, en cada etapa o fase del proceso.

Con este método la flecha principal del diagrama sigue el proceso de producción.

En cada etapa del proceso, la pregunta a efectuar sería:

¿ Qué problema de calidad podría ocurrir en esta fase del proceso ?

Y todas las causas, aspectos o factores que puedan afectar la calidad son agrupados en ramas y varitas a la etapa del proceso correspondiente, como a continuación se muestra:

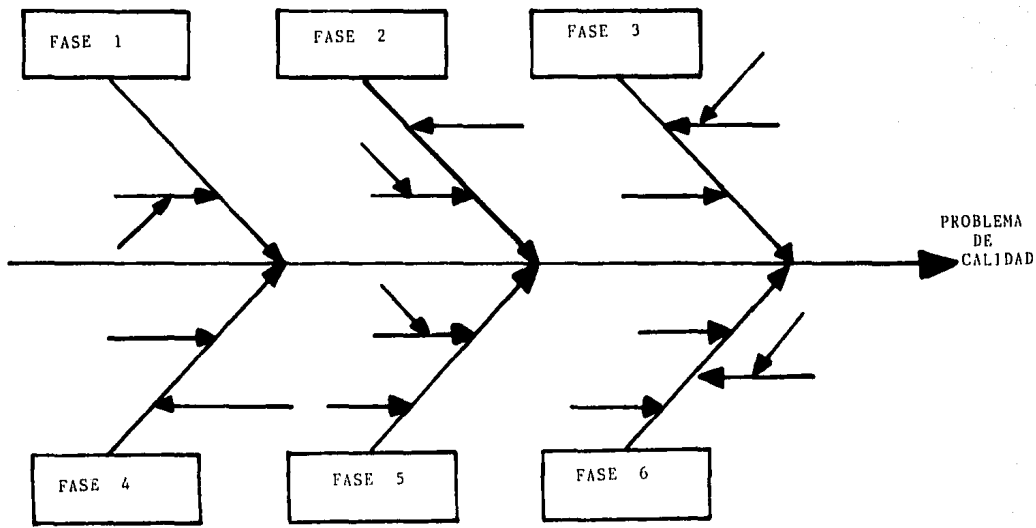


DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO POR CLASIFICACION
DEL PROCESO EN FASES.

Como puede observarse con este tipo de diseño pueden también ser identificadas causas potenciales generadas por el flujo de los materiales entre las operaciones de las distintas fases.

Este diagrama es fácil de elaborar y de entenderse, facilita la comunicación entre las operaciones y puede ser usado para prevenir problemas en el proceso.

Como desventajas se tiene que por la misma familiaridad con el proceso, requerida para el diseño del diagrama, algunas causas potenciales pueden ser omitidas y además es difícil de usar en procesos largos y complicados.

DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO POR ENUMERACION DE CAUSAS.

Como su nombre lo indica, se elabora un listado de todas las causas posibles, requiriendo para ello las ideas de todos los miembros del grupo que analizan el problema.

Se organizan las causas mostrando la relación entre las causas y el efecto y luego se elabora el diagrama. El diagrama obtenido debe asemejarse al resultante bajo el tipo de ANALISIS DE LA DISPERSION.

La principal inconveniencia de este método radica en la dificultad de relacionar las subcausas con el efecto, por lo que puede complicarse su diseño.

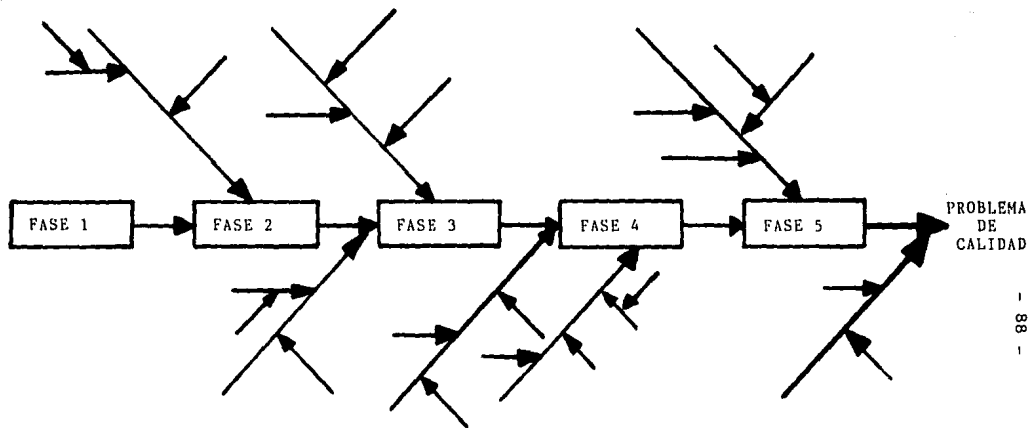


DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO POR ENUMERACION
DE CAUSAS

Elaborado el Diagrama de Causa y Efecto se analiza para ver las posibles principales causas del problema, se asignan responsabilidades, responsables y fecha de análisis llevado por personal del departamento de Productividad en el siguiente formato dado a continuación también. (pág. 90 y 91).

Finalmente se construye el Diagrama de Causa y Efecto completo donde se muestra en su primera parte el efecto y posibles causas que lo ocasionaron y en la segunda parte cómo ha sido resuelto el problema. (Anexo I)

Nº PARTE:
NOMBRE DE LA PARTE:

FECHA DE PREPARACION:
FECHA DE REALIZACION:

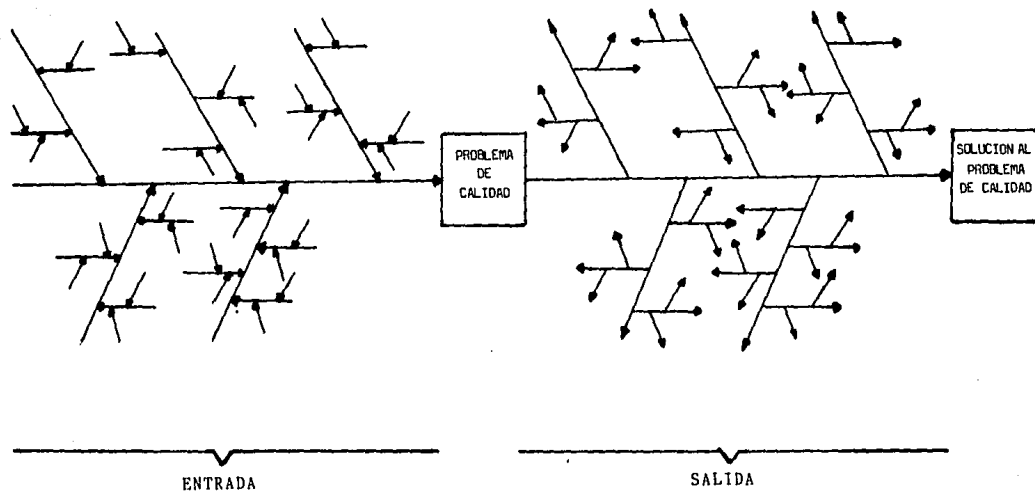
ACTIVIDAD: _____
RESPONSABLE: _____

RESULTADO:

OBSERVACIONES:

A N E X O I

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO COMPLETO



BENEFICIOS DEL USO DEL DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

A continuación se mencionan las ventajas más relevantes del Diagrama:

1. Ayuda a detectar las causas de la dispersión en las características de calidad. Los Diagramas de Causa y Efecto se trazan para ilustrar con claridad los diversos factores que afectan un resultado, clasificándolos y relacionándolos entre sí, lo cual facilita la tarea de selección de causas que se deberían investigar primero, con el propósito de mejorar el proceso.
2. Su análisis ayuda a determinar el tipo de datos que deben de obtenerse, para confirmar el efecto de los factores que fueron seleccionados como causas del problema.
3. Ayuda a prevenir problemas. Si no se está experimentando con un problema de calidad, puede elaborarse un Diagrama de Causa y Efecto del tipo "clasificación del proceso por fases", preguntándose:
¿Qué problema de calidad se podría provocar en esta etapa?
Detectando así, causas potenciales de un problema de calidad que puede prevenirse si se adoptan controles apropiados.
4. Es un instrumento que favorece el trabajo en grupo. Ayuda a un grupo de personas a trabajar hacia un fin común. Sirve de guía para la discusión, evitándose así desviaciones del tema, con la consecuente ventaja de llegar más rápido a la conclusión sobre las acciones a tomar.
5. Se adquieren nuevos conocimientos al conocer las interrelaciones de los factores causales dentro del proceso. Los miembros del grupo que participan en el análisis del problema adquieren mayor conocimiento del funcionamiento del proceso.

6. Muestra el nivel de conocimientos tecnológicos. Si un diagrama puede trazarse en su totalidad, significa que las personas conocen bastante del proceso y, por tanto, con mayor facilidad se lleva a cabo el análisis del problema.
7. Se usa para analizar cualquier problema de calidad, productividad, seguridad, etc.

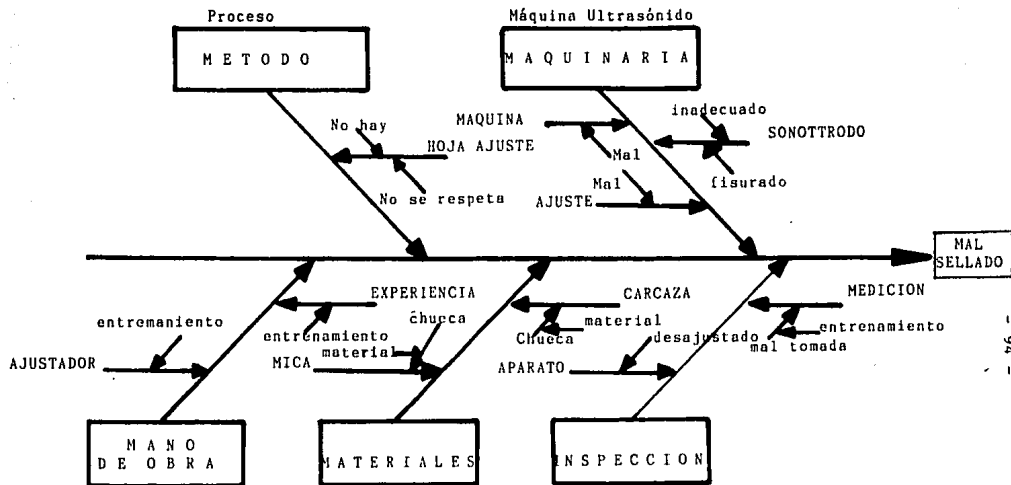


DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

LUZ DE PLACA NISSAN 920-903-017

*Este Diagrama de Causa y Efecto fué elaborado por los supervisores de las líneas de ensamble.

ESTRATIFICACION

ESTRATIFICACION

INTRODUCCION

La ESTRATIFICACION es una herramienta estadística que es utilizada para mejorar la calidad del producto.

Se requiere que en la clasificación de elementos que se realicen en un problema determinado, estos elementos sean afines para que puedan ser analizados eficientemente y saber las causas que originaron su comportamiento.

La agrupación se puede hacer considerando materiales, materia prima, proveedores, operarios, turnos, diseño, etc.

DEFINICION

Se dice que se han estratificado cuando los datos se clasifican en grupos con CARACTERISTICAS SEMEJANTES. (14)

OBJETIVO

Consiste en clasificar los elementos que tienen afinidad (semejanza) para analizarlos y así determinar más fácilmente las causas del comportamiento de alguna característica.

La agrupación se puede hacer considerando:

- Materiales : Comparación de materiales, calidad A,B, etc...
- Máquinas : Automáticas, semiautomáticas, manual; modelo, etc...
- Materia prima : Nacional-Importada, calidad A,B,C,...Etc.
- Proveedores : Nacionales, internacionales; experiencia.
- Operarios : Capacitados, no capacitados, experiencia, turno; sexo.

(14) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso. Módulo IV. México 1985.

- Turnos : I, II, III, normal, etc.
- Mediciones : Calibradores, inspectores, etc.

Si se tienen datos sobre accidentes de trabajo, los podremos clasificar o estratificar según:

- Departamento
- Turno
- Hora
- Máquina
- Experiencia
- Habilidad
- Etc...

EJEMPLO:

En una empresa de la rama automotriz se realiza una inspección acerca del porcentaje de piezas producidas que no cumplen con las especificaciones (no pasan), y se encuentra que este porcentaje es alto.

Se ESTRATIFICAN estas piezas tomando en cuenta la máquina empleada, clasificada como I, II, III de acuerdo con 3 modelos distintos de máquina:

MODELO DE MAQUINA	Nº PIEZAS PRODUCIDAS	TIPO DE PIEZAS "NO PASA" (DEFECTUOSA)	% PIEZAS DEL TIPO "NO PASA"
I	310	42	13.55
II	198	42	12.12
III	225	33	14.67

Estos datos indican que el modelo de la máquina no produce diferencias significativas en los porcentajes de artículos que no cumplen con las especificaciones (no pasa).

Entonces debemos investigar otras causas que pudieran provocar este porcentaje alto de defectuosos, las cuales pueden ser:

- Materia Prima
- Métodos
- Condiciones de trabajo
- Etc.

Ahora ESTRATIFICAREMOS piezas tomando en cuenta materia prima empleada, clasificada como A y B, donde A es proveedor nacional I y B es proveedor nacional II.

TIPO DE MATERIA PRIMA	PIEZAS PRODUCIDAS	DEFECTUOSAS	%DEFECTUOSAS
A	750	105	14
B	765	62	8.1

Estos datos indican que la materia prima influye significativamente en los porcentajes de artículos defectuosos, en especial proveedor nacional I, por lo que se deberán tomar medidas inmediatas para solucionar este problema.

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

INTRODUCCION

Cuando tenemos una serie de datos de los cuales queremos obtener información en forma rápida, es mucho más fácil obtenerla si esos datos se encuentran ordenados mediante subgrupos y de menor a mayor determinando intervalos dentro de los cuales caen los datos y después representándolos mediante Histogramas y Polígonos de Frecuencia.

HISTOGRAMAS Y POLIGONOS DE FRECUENCIAS

Los histogramas y polígonos de frecuencia son gráficas, que nos permiten visualizar en forma rápida información sobre un conjunto de mediciones ordenadas mediante una distribución de frecuencias.

Una distribución de frecuencias, consiste en que dado un conjunto de valores tomados de una serie de mediciones, éstos se ordenan mediante intervalos y se hace un conteo de cuántos valores caen dentro de dichos intervalos siguiendo un procedimiento sencillo que se verá a continuación:

1. Se determina el rango de la variable

$$R = VM - Vm$$

R= RANGO

VM= VALOR MAYOR

Vm= VALOR MENOR

2. Se determina la amplitud de cada intervalo mediante el siguiente mecanismo:

a) Se calcula $\frac{R}{K}$

$$A = \frac{R}{K}$$

K depende del número de datos "n" de acuerdo a la siguiente tabla:

n	K
menor que 50	5- 7
De 50 a 100	6-10
De 100 a 250	7-12
250 ó mas	10-20

El valor $\frac{R}{K}$ se expresará siempre en las mismas unidades decimales que los datos denotando este resultado con la letra A.

EJEMPLO:

a)

38	25	27	--
--	--	--	--

 $\frac{R}{K} = 7.24$ entonces $A=8$

b)

1.2	--	2.8	--
--	--	--	--

 $\frac{R}{K} = 0.323$ entonces $A=0.4$

Siempre se usará el redondeo al valor superior de la unidad decimal correspondiente.

3. Se obtienen los límites reales o fronteras de cada intervalo.

$$X^* = V_m - (1/2)u$$

u = Unidad Decimal Empleada

EJEMPLO: Enteros u = 1

Decimas u = 0.1

Las fronteras inferior (FI) y superior (FS) se calculan:

Intervalo	FI	FS
1	X^*	$X^* + A$
2	$X^* + A$	$X^* + 2A$
3	$X^* + 2A$	$X^* + 3A$
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

El número de intervalos que se construyan debe ser tal que el valor mayor VM quede comprendido dentro del último intervalo.

4. Se determina el punto medio de cada intervalo y a éste se le conoce como "marca de clase".

$$X_i = \frac{F_{i-1} + F_i}{2}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

X_i = Marca de Clase del Intervalo i .

5. Se determina el número de datos comprendido dentro de cada intervalo mediante un conteo y a éste se le denomina "frecuencia absoluta".

EJEMPLO (1).

Supóngase que los datos representan el tiempo en horas de la duración de 30 focos.

237	180	285	225	288	232
290	234	271	295	247	338
315	284	320	255	305	274
284	292	192	318	268	279
261	374	228	358	210	244

1) $R = VM - Vm$

$$R = 374 - 180 = 194$$

2) $n = 30$ y 30 menor que 50 seleccionado $K = 5$

$$\frac{R}{K} = \frac{194}{5} = 38,8$$

Entonces $A = 39$

3) $u = 1$

$$X^* = V_m - 1/2(u) = 180 - 1/2(1) = 179.5$$

$$X^* + A = 179.5 + 39 = 218.5$$

$$X^* + 2A = 179.5 + 2(39) = 257.5$$

$$X^* + 3A = 179.5 + 3(39) = 296.5$$

$$X^* + 4A = 179.5 + 4(39) = 335.5$$

$$X^* + 5A = 179.5 + 5(39) = 374.5$$

INTERVALOS	FI	FS
1	179.5	218.5
2	218.5	257.5
3	257.5	296.5
4	296.5	335.5
5	335.5	374.5

4) $X_i = \frac{FS_i + FI_i}{2}$

$$X_1 = \frac{218.5 + 179.5}{2} = 199$$

$$X_2 = \frac{257.5 + 218.5}{2} = 238$$

$$X_3 = \frac{296.5 + 257.5}{2} = 277$$

$$X_4 = \frac{335.5 + 296.5}{2} = 316$$

$$X_5 = \frac{374.5 + 335.5}{2} = 355$$

Esta frecuencia absoluta acumulada se calcula sumando las frecuencias absolutas desde el primero hasta el último intervalo.

$$F_i = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 + \dots$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

Para nuestro ejemplo se tiene que:

$$F_1 = f_1 = 3$$

$$F_2 = f_1 + f_2 = 3 + 8 = 11$$

$$F_3 = f_1 + f_2 + f_3 = 3 + 8 + 12 = 23$$

$$F_4 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 3 + 8 + 12 + 4 = 27$$

$$F_5 = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 = 3 + 8 + 12 + 4 + 3 = 30$$

Una última variable que es importante tener en cuenta es la frecuencia relativa acumulada que se simboliza como H_i y representa el porcentaje de datos que tuvieron un valor menor que la frontera superior del intervalo i .

Para el ejemplo:

$$H_1 = \frac{F_1}{n} \times 100 = \frac{3}{30} \times 100 = 10\%$$

$$H_2 = \frac{F_2}{n} \times 100 = \frac{11}{30} \times 100 = 36.7\%$$

$$H_3 = \frac{F_3}{n} \times 100 = \frac{23}{30} \times 100 = 76.7\%$$

$$H_4 = \frac{F_4}{n} \times 100 = \frac{27}{30} \times 100 = 90\%$$

$$H_5 = \frac{F_5}{n} \times 100 = \frac{30}{30} \times 100 = 100\%$$

Esta información la podemos resumir en la siguiente tabla.

INTERVALO	FRONTERAS		MARCA DE CLASE	CONTEO	FRECUENCIA ABSOLUTA
i	FI	FS	X_i		f_i
1	179.5	218.5	199	III	3
2	218.5	257.5	238	III III	8
3	257.5	296.5	277	III III II	12
4	296.5	335.5	316	IIII	4
5	335.5	374.5	355	III	3
T O T A L					30

Otro punto que puede ser calculado es la frecuencia relativa que es el porcentaje o fracción de los datos que quedaron localizados en un intervalo dado y se representa como h_i .

$$h_i = \frac{f_i}{n} \times 100$$

En el ejemplo tendríamos:

$$h_1 = \frac{3}{30} \times 100 = 10\%$$

$$h_2 = \frac{8}{30} \times 100 = 26.7\%$$

$$h_3 = \frac{12}{30} \times 100 = 40\%$$

$$h_4 = \frac{4}{30} \times 100 = 13.3\%$$

$$h_5 = \frac{5}{30} \times 100 = 10\%$$

Otra variable interesante a considerar es la frecuencia absoluta acumulada, la cual se simboliza como F_i y representa el número de datos que tuvieron un valor menor o igual que la frontera superior del intervalo i .

NT.	FRONTERAS		MARCA DE CLASE	FRECUENCIAS ABSOLUTAS	FRECUENCIAS RELATIVAS	FRECUENCIAS ABSOLUTAS ACUMULADAS	FRECUENCIAS RELATIVAS ACUMULADAS
i	F_i	F_s	X_i	f_i	h_i	F_i	H_i
1	179.5	218.5	199	3	10%	3	10%
2	218.5	257.5	238	8	26.7%	11	36.7%
3	257.5	296.5	277	12	40%	23	76.7%
4	296.5	335.5	316	4	13.3%	27	90%
5	335.5	374.5	355	3	10%	30	100%
				30	100%		

La distribución de frecuencias absolutas y relativas se presenta gráficamente mediante histogramas y polígonos de frecuencia.

Un histograma de frecuencias absolutas es un conjunto de rectángulos (uno para cada intervalo), que tienen como base la amplitud del intervalo, y como altura la frecuencia absoluta del intervalo correspondiente.

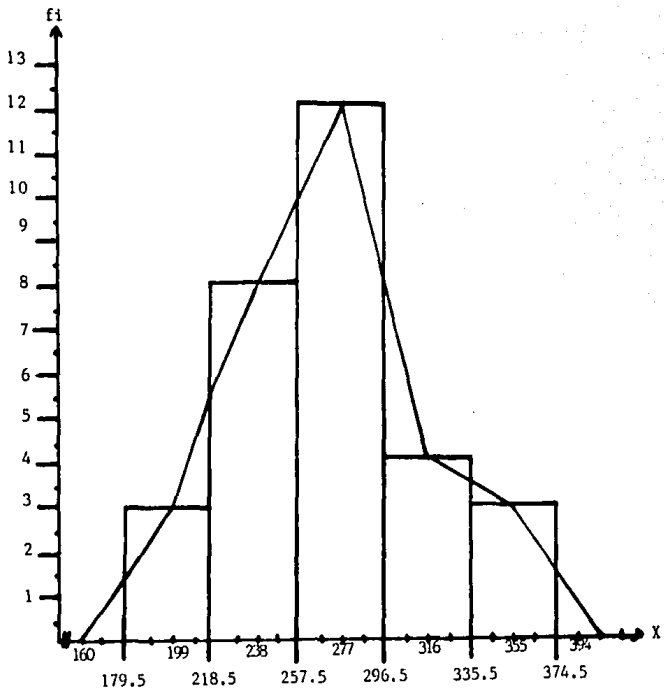
Un histograma de frecuencias relativas es un conjunto de rectángulos (uno para cada intervalo), que tienen como base la amplitud del intervalo, y como altura la frecuencia relativa del intervalo correspondiente.

Un polígono de frecuencias absolutas o relativas es un conjunto de segmentos lineales que unen a los puntos medios de las bases superiores de cada rectángulo del histograma de frecuencias correspondiente.

En las gráficas de las distribuciones de frecuencias se utilizan en el eje vertical la escala adecuada a las frecuencias, y en el horizontal la adecuada a las unidades en las que están expresados los datos del ejemplo en consideración.

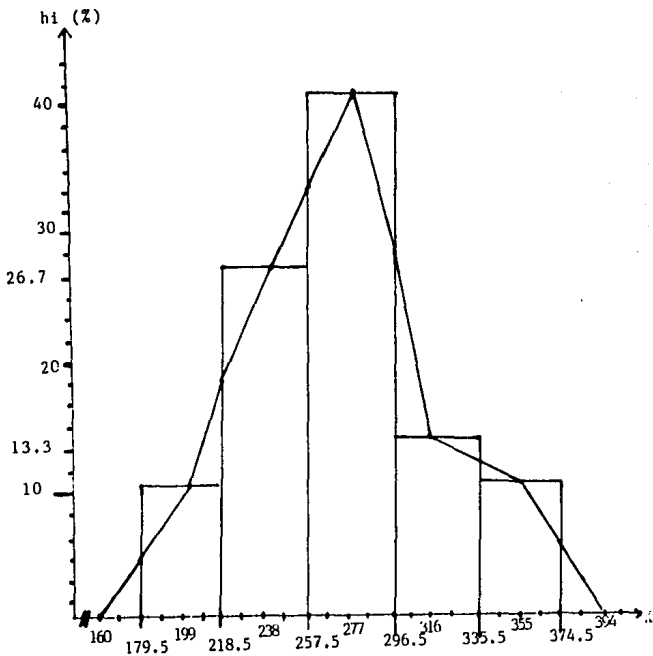
Volviendo al ejemplo de la durabilidad de los 30 focos graficaremos el histograma y polígono de frecuencias absolutas.

INTERVALO	FRONTERAS		MARCA DE CLASE	FRECUENCIAS ABSOLUTAS	FRECUENCIAS RELATIVAS
i	FI	FS	X_i	f_i	h_i
1	179.5	218.5	199	3	10%
2	218.5	257.5	238	8	26.7%
3	257.5	296.5	277	12	40%
4	296.5	335.5	316	4	13.3%
5	335.5	374.5	355	3	10%



HISTOGRAMA Y POLIGONO DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS

Ahora graficaremos el histograma y poligono de frecuencias relativas.



Los puntos que intersectan al Eje X del polígono de frecuencias se determinan mediante las siguientes expresiones:

LADO IZQUIERDO	$F_{Im} - (1/2)A$
LADO DERECHO	$F_{SM} + (1/2)A$

F_{Im} = Frontera Inferior menor

F_{SM} = Frontera Superior Mayor

De todo esto se puede obtener información como por ejemplo:

¿ CUANTOS FOCOS TUVIERON COMO MAXIMO UNA DURACION DE 218 HORAS ?

¿ CUANTOS FOCOS DURARON ENCENDIDOS ENTRE 257 Y 335 HORAS ?

¿ QUE PORCENTAJE DE LOS FOCOS DURARON COMO MINIMO 336 HORAS ?

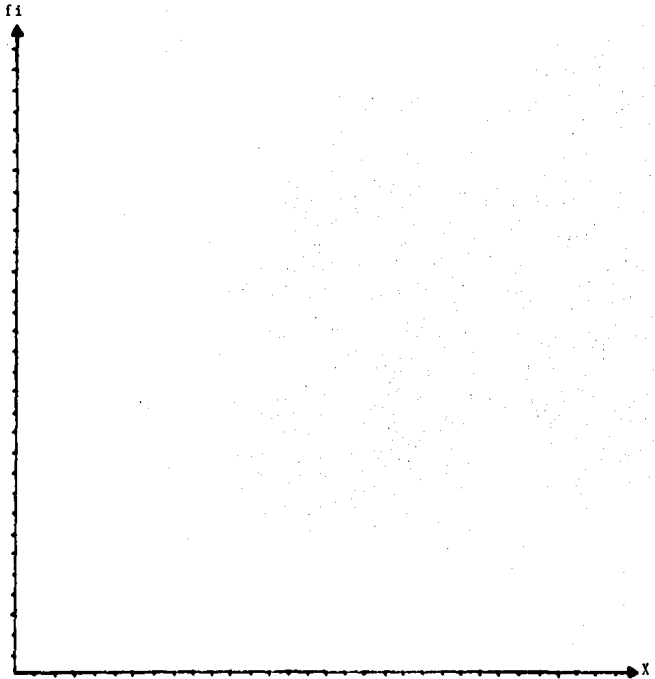
La primera respuesta será viendo el primer rectángulo del histograma de frecuencias absolutas y la solución a ésta es que 3 focos duraron como máximo 218 horas.

La segunda pregunta encuentra su respuesta observando los rectángulos del tercer y cuarto intervalos lo que indica $12+4=16$ focos que duraron encendidos entre 257 y 335 horas.

La tercera pregunta tiene respuesta al observar el quinto rectángulo del histograma de frecuencias relativas que marca un 10% de los focos duraron como mínimo 336 horas.

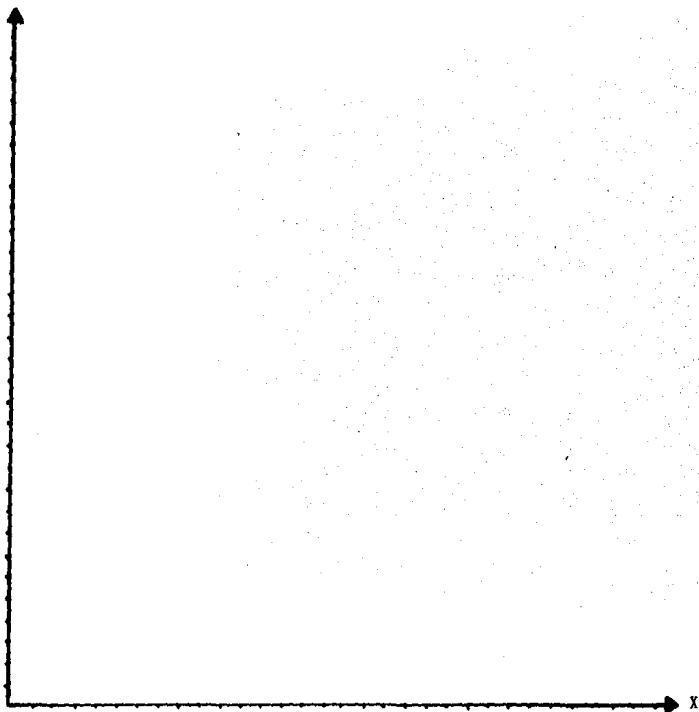
FORMATOS DE ELABORACION
DE HISTOGRAMAS Y
POLIGONOS DE FRECUENCIA

HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS



HISTOGRAMA Y POLIGONO DE FRECUENCIAS RELATIVAS

$h_i (\%)$



DIAGRAMAS DE DISPERSION

DIAGRAMAS DE DISPERSION

INTRODUCCION

En todo proceso de producción existe una gran diversidad de variables o características cuyo comportamiento es deseable conocer, para propósito de mejorar nuestro control sobre el proceso.

Los métodos de colección, organización y análisis de datos referentes a una variable de interés y su presentación en histogramas, nos brindan un buen soporte en esa dirección. Sin embargo, como se ha visualizado al estudiar los Diagramas de Pareto y de Causa y Efecto, el conocimiento de las relaciones que existen entre las diversas características de calidad de las piezas y entre las variables que figuran en las distintas etapas del proceso, facilita el análisis y la prevención de los problemas y la identificación y solución de los ya existentes, con el consiguiente efecto positivo de la calidad.

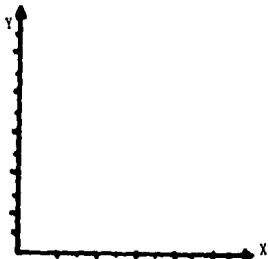
Un Diagrama de Dispersión es un valioso auxiliar del proceso productivo mediante el cual detectamos la relación de dos variables.

Los pasos a seguir para su construcción son:

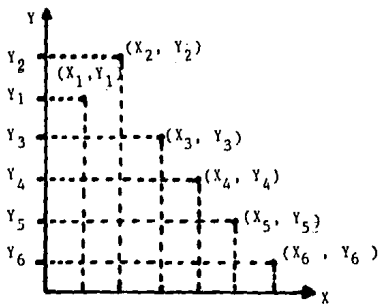
a) En una hoja de registro preparada previamente, se anotan los valores observados de las variables cuya relación será estudiada.

PAREJA DE DATOS	X	Y
1	X_1	Y_1
2	X_2	Y_2
3	X_3	Y_3
4	X_4	Y_4
.	.	.
.	.	.
.	.	.

b) Se trazan los ejes horizontal y vertical seccionándolos en intervalos, preferentemente con igual magnitud en ambos ejes.



c) Se procede a graficar las parejas (X,Y) de la hoja de registro.



Si en la tabla están registradas parejas iguales que provocan en la gráfica un mismo punto, se traza un círculo sobre el punto para indicar que es un punto repetido. Cuando en la hoja de datos se observan muchas parejas con valores coincidentes o cuando el número de parejas es bastante grande, se recomienda construir una "Tabla de Correlación".

EJEMPLO:

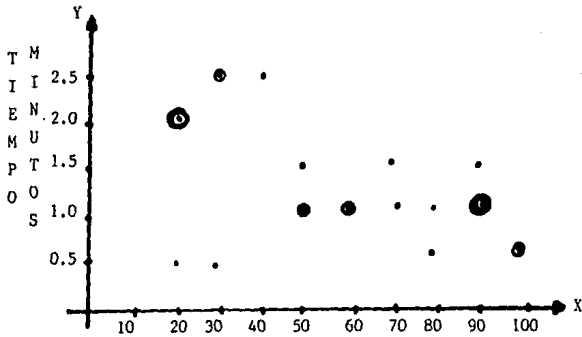
En la siguiente hoja de registro se muestra la información obtenida de 22 operarios de una fábrica, dedicados a instalar un componente de cierta pieza. La variable X representa el número de semanas de experiencia del operario y la variable Y el tiempo en minutos que emplea el operario en instalar el componente.

OPERARIO	X	Y
1	90	1.0
2	30	0.5
3	50	1.5
4	20	0.5
5	100	0.5
6	70	1.5
7	20	2.0
8	80	1.0
9	30	2.5
10	90	1.5
11	60	1.0
12	50	1.0
13	20	2.0
14	60	1.0
15	100	0.5
16	50	1.0
17	80	0.5
18	30	2.5
19	40	2.5
20	90	1.0
21	20	2.0
22	90	1.0

TABLA DE CORRELACION

Y T I E M P O	2.5									
	2.0									
	1.5									
	1.0									
	0.5									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
X = Número de semanas de experiencia.										

DIAGRAMA DE DISPERSION



La relación que puede existir entre dos variables es del tipo lineal o no lineal.

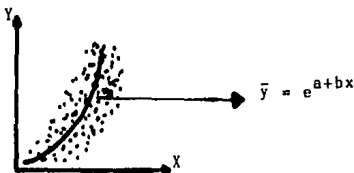
A partir del Diagrama de Dispersión de los datos obtenidos respecto a las variables X y Y se puede ver si están o no relacionados entre sí. Esta relación es fácil de observar si al trazar una línea entre los puntos estos tienden a acercarse a ésta, se dice que hay relación de tipo lineal.



Pero si los puntos siguen un orden difícil de concentrar en una línea por su acercamiento a ésta, decimos que no hay relación entre X y Y.



Si los puntos en el diagrama no se pueden aproximar con una recta, se supone que las variables tienen una relación no lineal o curvilínea.



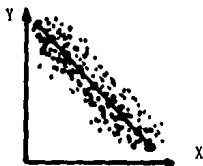
Este tipo de relación se estudia mediante el análisis de Regresión y Correlación no lineal; sin embargo, en la práctica el uso más frecuente de relación será la lineal.

La relación existente entre X y Y puede ser positiva o directa y ésto se observa cuando para un valor de X que aumenta el valor de Y también crece.



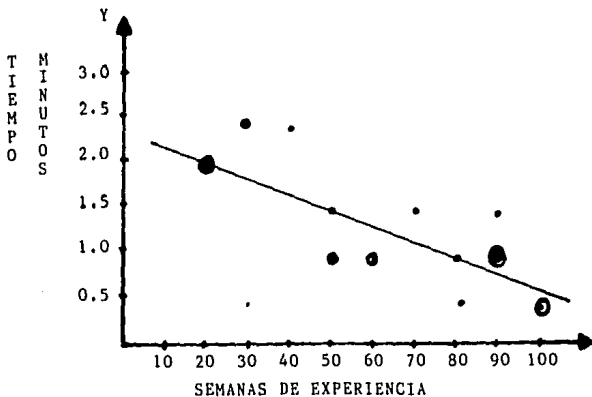
RELACION POSITIVA O DIRECTA

O por otra parte si para un valor de X que crece, la variable Y decrece, entonces tenemos en este caso una relación negativa o inversa.



RELACION NEGATIVA O INVERSA

Si en el ejemplo antes visto trazamos una línea recta de manera que existan el mayor número de puntos lo más cercano posible a ésta:



Podemos observar que se trata de una relación negativa o inversa, es decir que, mientras más semanas de experiencia se tienen menos tiempo se tardará el operario en instalar el componente.

De esta forma se pueden graficar variables con el fin de saber si existe entre ellas una relación y de qué tipo para que de esta manera se facilite el análisis y la prevención de los problemas y la identificación y solución de los ya existentes, con vistas siempre hacia un mejoramiento continuo de la calidad.

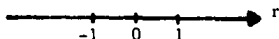
COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL

El valor de un coeficiente "r" llamado coeficiente de correlación lineal de Pearson establece la medida del grado de acercamiento de una serie de puntos de los datos con respecto a una línea recta o equivalentemente de la fuerza de la relación lineal entre dos variables.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

De esta manera el coeficiente de correlación lineal r solamente toma valores entre -1 y 1 (inclusive ambos)

$$-1 \leq r \leq 1$$

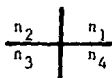


CORRELACION POR MEDIANAS

Se utiliza cuando nuestra población es simétrica y la mediana por lo tanto es una medida confiable de la población.

ELABORACION:

- 1) Tomar varias muestras
- 2) Graficar las observaciones obtenidas
- 3) Contar los datos para la variable "x" y "y"
- 4) Calcular la mediana en "x" y en "y"
- 5) Graficar medianas
- 6) Numerar los cuadrantes



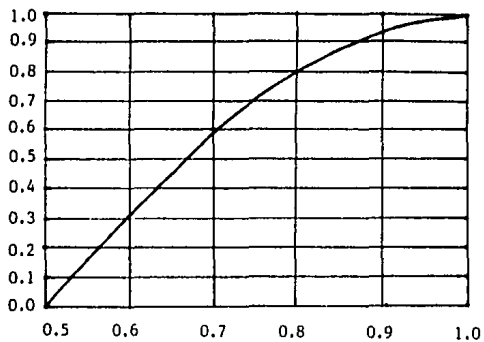
- 7) Contar los puntos graficados en cada cuadrante
- 8) Determinar r_1 y r_2 :

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

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

- 9) Determinar si la relación es directa o inversa
Si $r_1 > r_2$: relación directa
Si $r_2 > r_1$: relación inversa
- 10) Estimar el coeficiente de correlación mediante el gráfico siguiente.

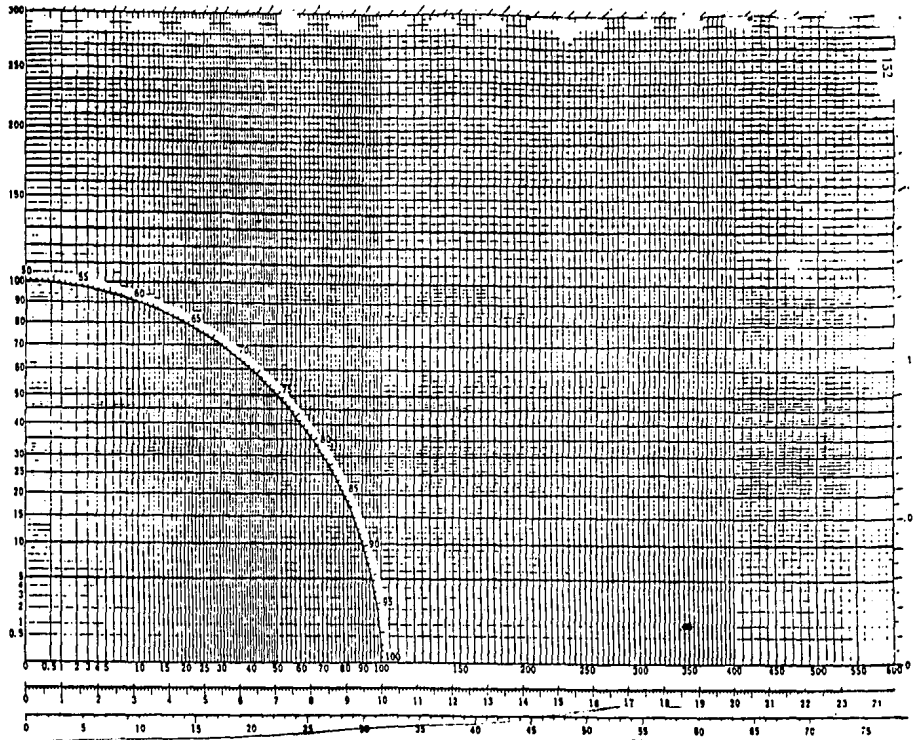
ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE CORRELACION.



También se puede obtener el tipo de relación entre 2 variables y el grado del mismo por medio del uso del papel binomial.

ELABORACION:

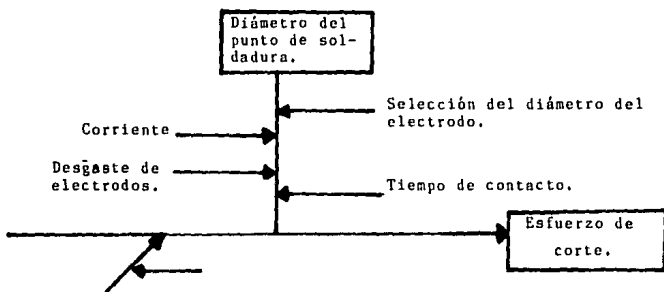
- 1) A partir de las lecturas X,Y se grafican para obtener el Diagrama de Dispersión.
- 2) Calcular mediana para X y para Y.
- 3) Graficar en el Diagrama de Dispersión las medianas obtenidas anteriormente.
- 4) Obtener la suma de cada cuadrante: n_1, n_2, n_3, n_4 .
- 5) Calcular $a = n_1 + n_3$; $b = n_2 + n_4$
- 6) Graficar el punto (a,b) en el papel binomial (utilizando la escala binomial). El mayor valor entre a y b será la abscisa y el menor la ordenada.
- 7) Trazar una línea recta que pase por el origen (0,0) y el punto (a,b) hasta el cuadrante del círculo y el punto de intersección lo llamaremos c.
- 8) Bajar una línea recta del punto c a la escala binomial y leer su intersección.
- 9) Buscar en el cuadrante del círculo el valor obtenido en el paso 8 y lo llamaremos d.
- 10) Bajar una recta del punto d a la escala decimal.
- 11) Leer en la escala decimal el coeficiente de correlación de estas dos variables.
- 12) Si $a > b$: Correlación directa
Si $b > a$: Correlación inversa



PAPEL DE PROBABILIDAD BINOMIAL

EJEMPLO POR TODOS LOS METODOS:

En una empresa de la industria automotriz se estudió la posibilidad de aumentar el esfuerzo al corte de soldadura por puntos en las láminas de carrocería. Con tal propósito se elaboró el Diagrama de Causa y Efecto correspondiente -una sección de la cual se muestra a continuación- identificando el diámetro de los puntos de soldadura con uno de los factores causales principales.



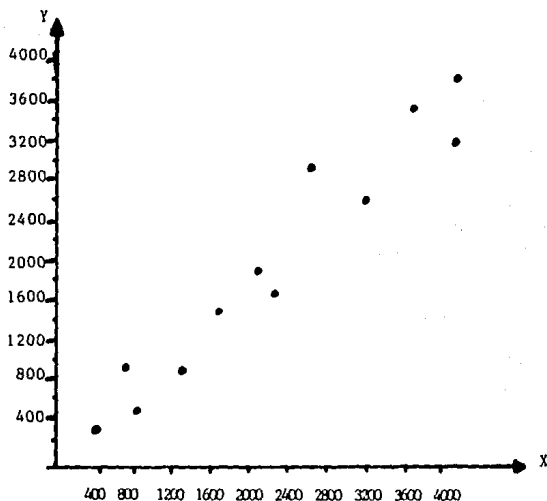
Para verificar y determinar el grado de relación entre el esfuerzo al corte y el diámetro de los puntos de soldadura, se obtuvo la información correspondiente a 12 puntos de soldadura.

PUNTO DE SOLDADURA	DIAMETRO DEL PUNTO (Xi)	ESFUERZO AL CORTE (Yi)
1	400	370
2	1600	1550
3	3600	3530
4	2000	1960
5	4000	3840
6	800	580
7	2500	2920
8	4000	3200
9	1250	910
10	700	920
11	3100	2670
12	2200	1700

Xi en 0.0001 de pulgada

Yi en lbs/pulg²

El Diagrama de Dispersión correspondiente será:



a) Método del coeficiente de correlación lineal de Pearson:

	X_i	Y_i	$X_i - \bar{X}$	$Y_i - \bar{Y}$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1	400	370	-1779.2	-1642.5	2'922,386	3'165,553	2'697,806
2	1,600	1,550	- 579.2	- 412.5	238,920	335,473	170,156
3	3,600	3,530	1420.8	1517.5	2'156,064	2'018,673	2'302,806
4	2,000	1,960	-1792	- 52.5	9,408	32,113	2,756
5	4,000	3,840	1820.8	1827.5	3'327,512	3'315,313	3'399,756
6	800	580	-1379.2	-1432.5	1'975,704	1'902,193	2'052,056
7	2,500	2,920	320.8	907.5	291,126	102,913	823,556
8	4,000	3,200	1820.8	1187.5	2'162,200	3'315,313	1'410,156
9	1,250	910	- 929.2	-1102.5	1'024,443	863,413	1'215,506
10	700	920	-1479.2	-1092.5	1'616,026	2'188,033	1'193,556
11	3,100	2,670	920.8	657.5	605,426	847,873	432,306
12	2,200	1,700	20.8	- 312.5	- 6,500	433	97,656
	26,150	24,150	704	50	16'322,715	18'087,291	15'738,074

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i}{12} = \frac{26,750}{12} = 2179.2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{12} Y_i}{12} = \frac{24,150}{12} = 2012.5$$

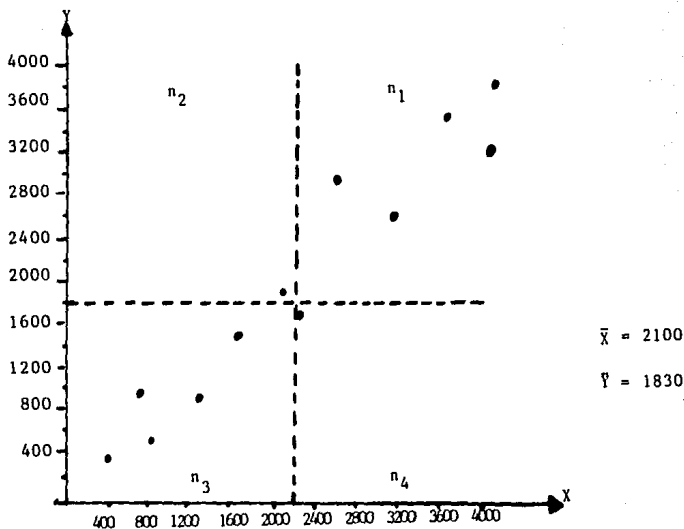
Sustituimos:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{12} (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{12} (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^{12} (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

$$r = \frac{16'332,715}{\sqrt{(18'087,291.2)(15'738,074.4)}}$$

$r = 0.968$

b) Correlación por medianas:



así:

$$n_1 = 5$$

$$n_2 = 1$$

$$n_3 = 5$$

$$n_4 = 1$$

$$r_1 = \frac{n_1 + n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} = \frac{10}{12} = 0.833$$

$$r_2 = \frac{n_2 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} = \frac{2}{12} = 0.166$$

como $r_1 > r_2$: relación directa o positiva

nos vamos a la gráfica para estimar r :

tomamos la r mayor entre r_1 y r_2 , siendo en este caso $r_1 = 0.833$ comparamos y:

$$r = 0.88$$

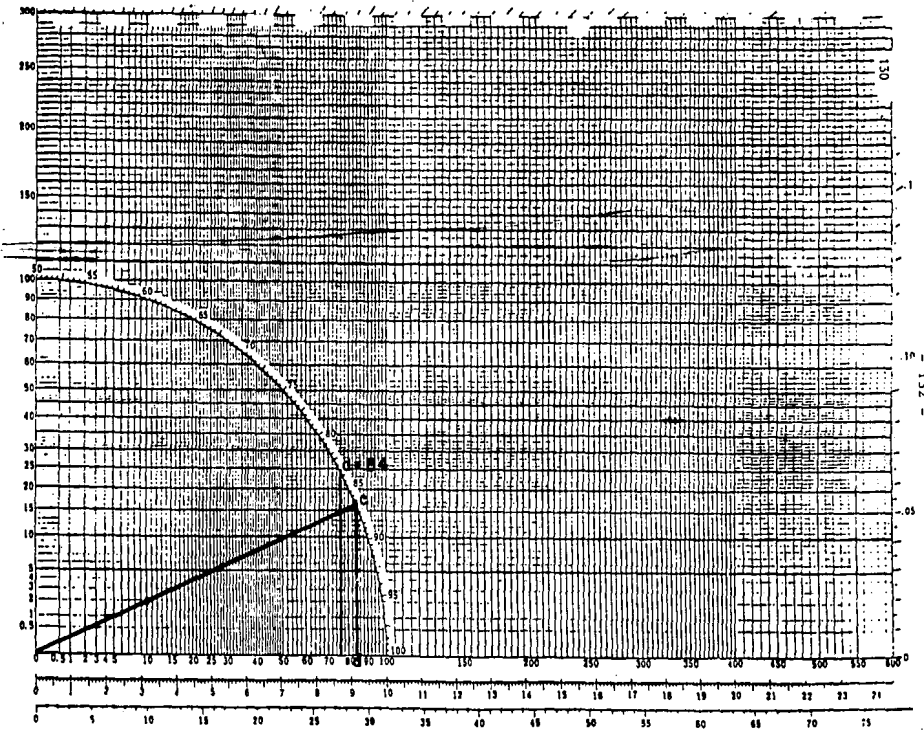
c) Papel Binomial:

Ya graficados los puntos en el inciso b tenemos que: $n_1 = 5$; $n_2 = 1$; $n_3 = 5$; $n_4 = 1$, por lo tanto:

$$a = n_1 + n_3 = 10$$

$$b = n_2 + n_4 = 2$$

como $a > b$ hay relación directa o positiva



PAPEL DE PROBABILIDAD BINOMIAL

Trazar la recta del origen del cuadrante pasando por el punto (2,10) y la continuamos hasta el cuadrante del círculo, de ahí trazamos una recta a la escala binomial, así:

$$c = 86.5$$

$$d = 84$$

Luego buscamos $d=84$ en el cuadrante del círculo, bajamos una recta del punto d a la escala decimal.

Leemos en la escala decimal el coeficiente de correlación que es $88/100$.

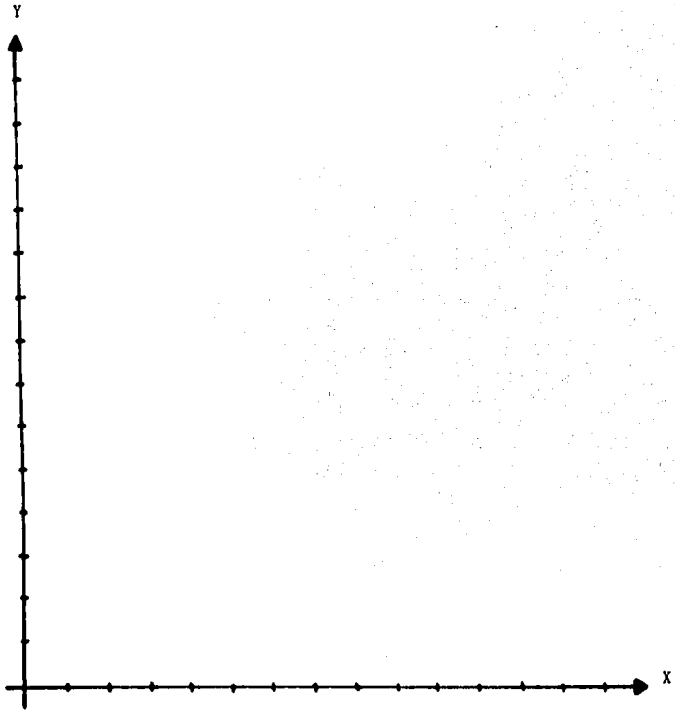
$$\therefore r = 0.88$$

Tanto por el método de papel binomial como por el de correlación por medianas vemos que son estimaciones bastante aproximadas.

FORMATOS PARA LA ELABORACION
DE DIAGRAMAS DE DISPERSION

HOJA DE REGISTRO

DIAGRAMA DE DISPERSION



TEOREMA DEL LIMITE CENTRAL

El Teorema de Límite Central establece que bajo condiciones generales, sumas y medias de muestras de mediciones aleatorias tienden a poseer una distribución acampanada en un muestreo repetitivo. (15)

"Si se extraen muestras de tamaño n de una población con media finita μ y desviación estándar σ , entonces, si n es grande la media muestral \bar{X} tiene una distribución aproximadamente normal con media μ y desviación estándar σ/\sqrt{n} . La aproximación es mejor a medida que n crece".

(15) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para Proveedores y la Industria Nacional. Módulo VII. México 1985

A medida que n crece, la dispersión de la distribución de medias muestrales se vuelve considerablemente menor que la dispersión de la población.

IMPORTANCIA DEL TEOREMA DEL LIMITE CENTRAL

- 1) Explica el porqué de algunas mediciones tienen una distribución aproximadamente normal.
- 2) Contribuye a la inferencia estadística.

Muchos de los estimadores que se usan para hacer inferencia acerca de los parámetros de la población son sumas o promedios de mediciones muestrales. Cuando esto ocurre y cuando el tamaño de la muestra es suficientemente grande, se espera que el estimador tenga una distribución aproximadamente normal, en un muestreo repetitivo, de acuerdo al teorema central del límite o límite central.

INCONVENIENCIAS DEL TEOREMA DEL LIMITE CENTRAL

Se debe de tener una idea de qué tan grande debe ser el tamaño de muestra para que la aproximación produzca resultados útiles; esta idea se tiene que basar por la experiencia de quién la realice ya que no hay una solución general a este problema.

La experiencia indica que para lograr una aproximación adecuada con la distribución normal el tamaño de muestra sea mayor o igual a 30 ($n \geq 30$) independientemente de la forma de distribución de frecuencia de la población. Sin embargo, se dan casos para los que $n=30$ puede ser demasiado pequeño por lo que para cada aplicación específica del teorema del límite central se dará el tamaño de muestra adecuado.

INTRODUCCION AL CONTROL
ESTADISTICO DEL PROCESO

INTRODUCCION AL CONTROL ESTADISTICO
DEL PROCESO

La gama de necesidades humanas varía desde las más elementales o de subsistencia hasta aquellas que son originadas por el lujo.

Toda empresa se incorpora a la sociedad para proveer productos y servicios. El objetivo primordial de la empresa es describir en términos objetivos el compromiso de lograr la calidad de sus productos y servicios, como respuesta a las exigencias del hombre quien depende cada vez más de la manufactura.

"CALIDAD SIGNIFICA ADECUACION AL USO".

Para lograr que el producto o servicio sea adecuado para su uso, la empresa se organiza mediante departamentos y desarrolla diversas actividades, mediante sistemas y aparatos.

En la lista de funciones de la empresa se incluye la función de calidad. Esta es de vital importancia porque para crecer tiene que vender, y no venderá si su producto no satisface la necesidad de calidad de los usuarios.

"FUNCION DE CALIDAD ES EL CONJUNTO DE ACTIVIDADES PARA LOGRAR LA ADECUACION AL USO". (16)

Las actividades para producir requieren de una planeación.

"CONTROL ES EL CONJUNTO DE ACTIVIDADES PLANEADAS PARA LOGRAR UNA META, OBJETIVO O NIVEL DESEADO". (17)

"CONTROL DE CALIDAD ES EL CONJUNTO DE ACTIVIDADES PLANEADAS PARA LOGRAR LA ADECUACION AL USO". (18)

(16) Programa FORD-ITESN. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo IV, México 1985

(17) Id.

(18) Id.

El enfoque actual de la calidad se centra en la prevención de defectos. Su estrategia es observar los elementos que influyen en el proceso.

"PARA GENERAR UN PRODUCTO O SERVICIO INTERVIENEN PERSONAS, MATERIALES, MAQUINARIA, METODOS Y MEDIO AMBIENTE".

Mientras la detección enfatiza la inspección después de los hechos (producto final), el sistema de prevención concentra su energía en el proceso de la producción (es ahí donde se originan los defectos) buscando la mejora continua del producto.

"PROCESO ES LA COMBINACION DE LOS ELEMENTOS (PERSONAS, MATERIALES, MAQUINARIA, METODOS Y MEDIO AMBIENTE) QUE SE CONJUGAN PARA PRODUCIR UN RESULTADO". (19)

La eficiencia del proceso depende de su diseño y de su forma de operar.

La variación en los resultados depende de los cambios en los elementos que intervienen en el proceso.

Al observar los elementos que influyen en el proceso, recibimos una información que recolectada e interpretada correctamente, nos indica qué acciones debemos tomar para mejorar el proceso.

Las acciones pueden ser cambios en las operaciones o en los elementos que intervienen.

Solo debemos efectuar un cambio a la vez y observar los resultados. Esto nos da la pauta para futuros análisis y para la toma de decisiones.

(19) Duhne Carlos. Técnicas Estadísticas y Administrativas para la Productividad, México 1984.

La variación de cualquier proceso se analiza en función de las causas que la originan.

Distinguimos dos tipos de causas:

- Causas Especiales
- Causas Comunes

Las CAUSAS ESPECIALES de variación se deben a cambios no ordinarios. Su solución requiere de una acción local.

Las CAUSAS COMUNES de variación son debidas al azar, su solución requiere de acciones sobre el sistema.

La herramienta para conocer cómo varía el proceso es el CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO, su función no es la de inspección, ni separar los productos buenos de los malos, sino controlar y mejorar el proceso.

Existen diferentes tipos de gráficas de control, las cuales son gráficas poligonales que muestran en el tiempo el estado del proceso. Se marcan los resultados en un esquema previamente determinado, que contiene una línea central o media y una línea hacia arriba y otra hacia abajo, que son los límites de control superior (LSC) e inferior (LIC) respectivamente.

_____ LSC
_____ LINEA CENTRAL
_____ LIC

Las gráficas de control, son herramientas indispensables en manos de quienes deben resolver problemas que se derivan de las especificaciones de calidad que presentan las variables, porque proporcionan mucha información.

Las gráficas de control se usan entre otras cosas:

- a) Para verificar que los datos obtenidos poseen condiciones semejantes.
- b) Para observar el proceso productivo a fin de poder investigar las causas de un comportamiento anormal.

Existen diferentes gráficos de control en función de la variable a observar y del proceso a controlar.

El proceso a controlar puede depender:

- de una variable
- de características nominales llamadas atributos.

Veamos la diferencia entre una variable y un atributo:

- En lenguaje técnico estadístico, la variable se utiliza cuando se registra la medida real de una característica de calidad, como una dimensión expresada en milímetros, kilogramos, centímetros, etc.
- Cuando solo se anota el número de artículos "que pasan o que no pasan" ciertas condiciones específicas, se dice que el control es llevado mediante atributos, por ejemplo el tono de un relumbrón para triángulo de seguridad, rechupes, puntos negros, rayas, etc. en una mica para una calavera, etc.

Las gráficas de control más utilizadas son:

POR VARIABLES:	\bar{X} -R	RANGOS Y PROMEDIOS
	\bar{X} -R	MEDIANAS Y RANGO
	X-R	LECTURAS INDIVIDUALES
POR ATRIBUTOS:	P	PORCENTAJE DE UNIDADES DEFECTUOSAS
	np	CANTIDAD DE UNIDADES DEFECTUOSAS
	c	NUMERO DE DEFECTOS
	u	CANTIDAD DE DEFECTOS POR UNIDAD

GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES

GRAFICAS DE CONTROL TIPO

\bar{X} - R

GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES

GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} -R

El gráfico \bar{X} -R de control es el de mayor sensibilidad para descubrir e identificar causas. Se lee primero el gráfico de R, en el cual es posible reconocer muchas causas. Con la ayuda de éste, se lee el gráfico de \bar{X} , lo cual permite encontrar otras causas. Finalmente, examinando ambos en conjunto todavía es posible obtener una mayor información.

Es importante visualizar el comportamiento del proceso para poder mejorarlo. Todo el Control Estadístico del Proceso está orientado a la mejora continua de los procesos. El primer paso consiste en observarlo a partir de la gráfica \bar{X} -R.

La elaboración de una gráfica de control \bar{X} -R es sencilla, si se desarrollan los pasos siguientes:

Primer Paso: Decisión de la construcción de la gráfica \bar{X} -R.

Decidir la construcción de la gráfica incluye los objetivos a conseguir, elección de la variable, elección del criterio de formación de datos representativos, elección del tamaño y frecuencia de la obtención de los datos representativos del método de medición.

a) Algunos objetivos de las gráficas de control son:

- Obtener información para establecer o cambiar especificaciones.
- Obtener información para ser utilizada en el establecimiento o cambio de los procedimientos de producción.
- Obtener información para establecer o modificar los procedimientos de inspección.
- Proporcionar un criterio para la toma de decisiones reales durante la producción acerca de cuándo investigar causas de variación y tomar acción para corregirlas y cuándo dejar solo al proceso.

- Proporcionar un criterio para la toma de decisiones rutinarias sobre la aceptación o rechazo de un producto manufacturado o comprado.
- Familiarizar al personal con el uso de las gráficas de control.

b) Variables a considerar.

La elección se basa en el propósito de reducir o impedir los rechazos, los costos, el desperdicio, el reproceso, etc.

- Algo que pueda ser medido y expresado en números: dimensiones, temperatura, presión, peso, etc.

c) Criterio para seleccionar los datos.

- Elección basada en hipótesis racionales formando subgrupos de acuerdo con el volumen de producción, tiempo, orden, etc.

d) Elección del tamaño y frecuencia de la obtención de los datos representativos.

El tamaño más común del subgrupo es de 5 ya que con menos de 5 empieza a perderse la sensibilidad de la gráfica para detectar problemas, y con más de 5 se obtiene muy poca información adicional.

Con respecto a la frecuencia, los subgrupos pueden ser tomados consecutivamente o a intervalos cortos para detectar si el proceso puede cambiar o mostrar inconsistencia en breves períodos de tiempo. Se recomienda que el intervalo sea de media a dos horas, ya que más frecuentemente puede representar demasiado tiempo invertido, y si es menos frecuente pueden perderse situaciones importantes que sean poco usuales.

e) Método de Medición.

Es importante que el método seleccionado de medición sea uniforme para todas las lecturas y que el personal posea esta información por escrito.

Segundo paso: Construir la gráfica.

Incluye obtener las mediciones y datos, calcular la media (\bar{X}) de cada serie de datos representativos, calcular el rango (R) de los mismos, trazar la gráfica \bar{X} y trazar la gráfica R.

a) Obtener mediciones y datos.

El trabajo del gráfico inicia con las mediciones; es importante señalar que una gráfica de control está influenciada por los instrumentos que sirven para medir, las personas que miden y la circunstancias en que se realizan.

b) Calcular la media (\bar{X}).

La media de una serie de datos se obtienen sumando el total de datos y dividiendo entre el número de elementos.

EJEMPLO:

De los siguientes datos obtener su media.

DATOS: 15, 11, 16, 13, 10

$$\bar{X} = \frac{15 + 11 + 16 + 13 + 10}{5} = \frac{65}{5} = 13$$

c) Calcular el rango (R).

El rango de una serie de datos se obtiene sacando la diferencia entre el número mayor y el número menor.

EJEMPLO:

De los siguientes datos obtener su rango.

DATOS: 15, 11, 16, 13, 10

V Mayor = 16

V Menor = 10

$R = V \text{ Mayor} - V \text{ Menor} = 16 - 10 = 6$

d) Trazar las gráficas \bar{X} -R.

Para realizar ésto existen unas formas propias dentro de la empresa las cuales están cuadrículadas, a la izquierda se establece la escala, anotando las magnitudes para \bar{X} en la parte superior y para R en la parte inferior y en la parte superior. De esta forma se anotan los valores que representan las muestras sucesivas.

Cada subgrupo se identifica en la gráfica como un punto y se unen mediante trazos rectos. Se anota fecha y se procura llevarlos al día.

Tercer Paso: Determinar los límites de control.

Determinar los límites tentativos de control que incluye:

- La decisión del número requerido de subgrupos o muestras.
- Calcular la media de los rangos (\bar{R})
- Calcular los límites superior e inferior del gráfico R.
- Calcular la media de los valores \bar{X} ($\bar{\bar{X}}$).
- Calcular los límites superior e inferior de \bar{X} .
- Y, por último, representar con líneas los promedios y límites obtenidos tanto para $\bar{\bar{X}}$ como para \bar{R} .

- a) Decidir cuantos subgrupos son necesarios para calcular los límites de control.

Mientras menor sea el número de subgrupos que tomemos, más pronto tendremos una idea para actuar, pero menor será la seguridad de que esta base sea confiable.

Es conveniente tener al menos 25 subgrupos; la experiencia indica que las primeras muestras pueden no ser representativas de lo que se mida posteriormente pues la sola acción de tomar conciencia de que estamos midiendo puede influir en la variación de los datos.

Si la obtención de los subgrupos es lenta, se puede tomar la política de efectuar cálculos preliminares que luego se irán modificando.

- b) Calcular los límites.

- 1) Calcular la media de R.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_{25}}{25}$$

- 2) Las ecuaciones para calcular los límites superior e inferior de control para R son:

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

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

Donde D_3 y D_4 son constantes que las obtenemos mediante tablas estadísticas.

NUMERO DE OBSERVACIONES	FACTOR PARA GRAFICO "X"	FACTORES PARA EL GRAFICO R	
		LIMITE INFERIOR DE CONTROL	LIMITE SUPERIOR DE CONTROL
n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

3) Calcular $\bar{\bar{x}}$ y sus límites de control.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_{25}}{25}$$

Media de medias.

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

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

Estos límites ayudan a analizar los datos que se han empleado. Es probable que deban ser modificados para aplicaciones futuras de la producción.

A_2 es una constante cuyo valor se toma de la tabla anterior.

c) Representación gráfica.

En el gráfico ya existente en la compañía se completa primero el encabezado llenando los espacios con lo que ahí se indica. Después se escriben las lecturas tomadas de la muestra $n=5$, se calcula el promedio y el rango de cada conjunto de 5 y se anota la fecha en que se realizaron.

Se anota la escala de valores y se grafican los valores de las medias y de los rangos en sus lugares correspondientes y se unen los puntos mediante trazos rectos.

En la otra hoja se calculan, la media de las medias, el promedio de rangos y los límites de medias y rangos en la forma que ya se vió. Ya con estos datos se procede a graficar estas líneas en los gráficos, es decir la media de medias y sus límites superior e inferior de control, así como la media de rangos y sus límites de control.

EJEMPLO:

Para llevar el control estadístico sobre la presión de inyección de la máquina Battenfeld 1149 para inyectar relumbrones, se tomaron medidas de 5 presiones diarias con el manómetro en el mes de Junio de lunes a sábado obteniendo los valores que se muestran en la siguiente tabla.

Para estos valores hallar sus medias, rangos, media de medias, rango promedio y límites de control para medias y rangos, posteriormente graficar los valores y sus límites de control y su media.

n	FECHA	Mediciones de cada una de las cinco presiones.				
		a	b	c	d	e
1	2/6	77	80	78	72	78
2	3/6	76	79	73	74	73
3	4/6	76	77	72	76	74
4	5/6	74	78	75	77	77
5	6/6	80	73	75	76	74
6	7/6	78	81	79	76	76
7	9/6	75	77	75	76	77
8	10/6	79	75	78	77	76
9	11/6	76	75	74	75	75
10	12/6	71	73	71	70	73
11	13/6	72	73	75	74	75
12	14/6	75	73	76	73	73
13	16/6	75	76	78	79	77
14	17/6	77	77	78	77	76
15	18/6	77	76	77	77	77
16	19/6	77	77	77	79	79
17	20/6	77	76	72	76	74
18	21/6	73	71	70	73	71
19	23/6	72	75	75	74	73
20	24/6	75	76	77	75	77
21	25/6	74	76	75	73	80
22	26/6	77	77	74	75	78
23	27/6	76	76	78	75	75
24	28/6	76	74	74	74	77
25	30/6	76	73	77	73	73

n	\bar{X}	R
1	77.0	8
2	75.0	6
3	75.0	5
4	76.2	4
5	75.6	7
6	78.0	5
7	76.0	2
8	77.0	4
9	75.0	2
10	71.6	3
11	73.8	3
12	74.0	3
13	77.0	4
14	77.0	2
15	76.8	1
16	77.8	2
17	75.0	5
18	71.6	3
19	73.8	3
20	76.0	2
21	75.6	7
22	76.2	4
23	76.0	2
24	75.0	2
25	74.0	3
1886.0		92

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} = \frac{1886}{25} = 75.44$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{92}{25} = 3.68$$

$$n=5 \quad D_4 = 2.11 \quad D_3 = 0 \quad A_2 = 0.58$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = 2.11 (3.68) = 7.76$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = 0 (3.68) = 0$$

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 75.44 + 0.58 (3.68)$$

$$LSC_{\bar{X}} = 75.44 + 2.13$$

$$LSC_{\bar{X}} = 77.57$$

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 75.44 - 0.58 (3.68)$$

$$LIC_{\bar{X}} = 75.44 - 2.13$$

$$LIC_{\bar{X}} = 73.31$$

Cuarto paso: Interpretar la estabilidad del proceso.

La obtención de conclusiones preliminares deducidas de los gráficos incluye indicación de control o falta de él, relación entre la trayectoria que sigue el proceso y la que se supone que debe seguir.

Los puntos que están fuera de control se sugiere hacerles alguna indicación para diferenciarlos de los que están en control.

a) Interpretación del proceso.

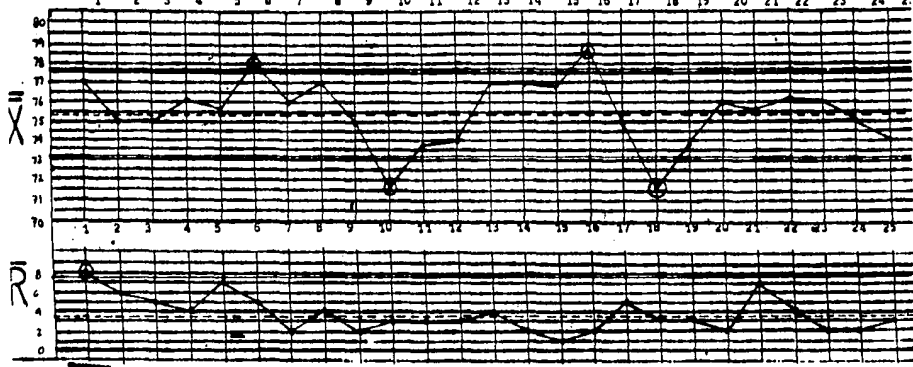
A partir de los datos del gráfico de control, se obtienen las estimaciones del valor central del proceso y la dispersión del mismo.

Si no hay ningún punto que salga fuera de los límites de control se dice que "el proceso está bajo control"; lo que quiere decir que el proceso se comporta como si no existieran causas atribuibles de variación.

GRAFICA DE PROMEDIOS Y RANGOS

DE: IPC: 1 ROLLO BRONCA TRIANGULO NUMERO: 920 657 00 CLIENTE/PROVEEDOR: FECHA: JUNIO
 MAQUINA: BATTENFELD 1149 OPERACION: PRESION INYECCION LINEAL PLASTICOS MUESTRA: CINCO
 DESCRIPCION: 75 ± 5 UNIDAD DE MEDIDA: BAR REALIZADO: ALFREDO H.CH
 INSTRUMENTO DE MEDICION: MANOMETRO PRECISION DEL INSTRUMENTO:

LECTURAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	77	76	76	74	80	78	75	79	76	71	72	75	75	77	77	77	77	73	72	75	74	77	76	76	76	
2	80	79	77	78	73	81	77	75	75	77	73	73	76	77	76	77	76	71	75	76	76	77	76	74	73	
3	78	73	72	75	75	79	75	78	74	71	75	76	78	78	77	77	72	70	75	77	75	74	78	74	77	
4	72	74	76	77	76	76	76	77	75	70	74	73	79	77	77	79	76	73	74	75	73	75	75	74	73	
5	78	73	74	77	74	76	77	76	76	75	73	75	73	77	76	77	79	74	71	73	77	80	78	75	77	73
EDIA X	77	75	75	76.2	75.6	78	76	77	75	71.6	73.8	74	77	77	76.8	77.8	75	71.6	73.8	76	75.6	76.2	76	75	74	
RANGO R	8	6	5	4	7	5	2	4	2	3	3	3	4	2	1	2	5	3	3	2	7	4	2	2	3	
SECH/N.H.	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30	



GRAFICAS DE CONTROL TIPO

\bar{X} - R

GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} -R

INTRODUCCION.

El Control Estadístico implica que haya condiciones estáticas o que el proceso y el producto no varíen significativamente en su calidad. Si hay variación detectamos el cambio mediante algún gráfico.

Mediante la exposición de usos, objetivos y ventajas de los gráficos de medianas llegaremos a la conclusión de que una vez que logramos mantener en forma estable el control, podemos continuar elevándolo con una herramienta más sencilla, ésta es el gráfico \bar{X} -R de medianas.

OBJETIVO:

Obtener información continua de un proceso que está bajo control, en forma rápida y eficiente al alcance de todos.

USOS:

Es una herramienta estadística adecuada una vez que se ha logrado mantener en forma estable el proceso. Se debe trabajar con grupos de igual tamaño (5, 7 ó 9) y de esta manera el valor central no necesita calcularse.

ELABORACION:

1. Calcular la media de las medianas:
$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n}{n}$$

2. Calcular la media de rangos:
$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

3. Calcular los límites de control para medianas:

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

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

4. Calcular los límites de control para rangos:

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

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

5. Graficar y determinar el tamaño de muestras sucesivas, el cómo y cuándo tomar las muestras.

EJEMPLO:

Una fábrica de la rama automotriz desea medir la duración de los filamentos de los focos que recibe de un proveedor, ha observado en sus gráficas anteriores de \bar{X} -R que su proceso es estable, por lo que desea simplificar su control a través del uso de gráficas de medianas. Por tal efecto se tomaron 25 muestras de 5 focos cada uno.

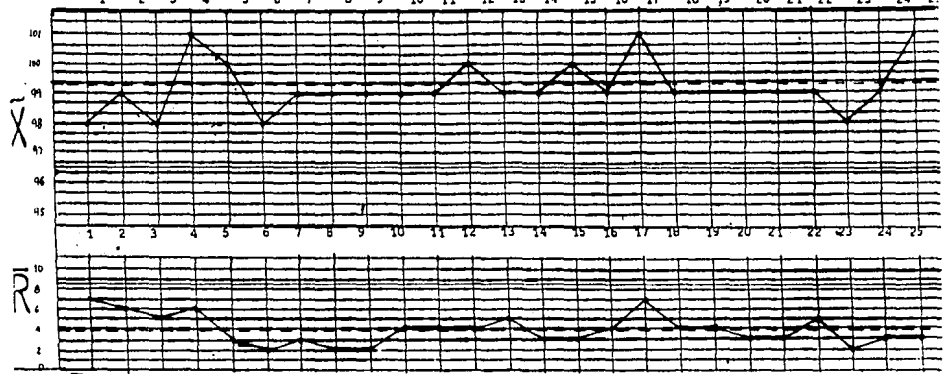
n	A ₂	D ₃	D ₄
2	1.88	-	3.27
3	1.19	-	2.57
4	0.80	-	2.28
5	0.69	-	2.11
6	0.55	-	2.00
7	0.51	0.08	1.92
8	0.43	0.14	1.86
9	0.41	0.16	1.82

TABLA DE FACTORES CONSTANTES
PARA GRAFICOS DE CONTROL DE
MEDIANAS.

GRAFICA DE MEDIANAS Y RANGOS

DE. e. IPC: PLAS ZK NUMERO: ZK 01 3582 CLIENTE/PROVEEDOR: FECHA: SEPT. 1981
 MAQUINA: OPERACION: LINEA: CABLES MUESTRA: CINCO
 PRECIPITACION: 99 ± 3 UNIDAD DE MEDIDA: HRS. REALIZO: ALFREDO H. CHI.
 INSTRUMENTO DE MEDICION: PELOJ PRESISION DEL INSTRUMENTO:

LECTURAS	1	95	96	97	101	100	99	99	101	100	99	100	101	98	99	98	98	101	100	102	101	100	101	98	99	101	
	2	96	95	98	101	100	98	101	99	98	98	99	101	99	97	99	101	98	99	99	99	101	102	99	100	99	
	3	99	99	96	96	100	97	101	99	99	99	98	98	103	99	101	102	105	99	102	98	99	99	97	101	98	
	4	98	101	99	99	99	99	98	101	100	102	99	97	102	98	100	99	99	98	98	100	98	98	99	99	100	
	5	102	101	101	102	97	97	98	99	99	99	96	100	99	100	101	98	101	102	102	99	99	97	98	98	99	
MEDIANA \bar{X}	98	99	98	101	100	98	99	99	99	99	99	100	99	99	100	99	101	99	102	99	99	99	98	99	99		
RANGO R	7	6	5	6	3	2	3	2	2	4	4	4	5	3	3	4	7	4	4	3	3	5	2	3	3		
UCHA/H.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	1	2	3



GRAFICAS DE CONTROL
POR LECTURAS INDIVIDUALES

GRAFICA DE CONTROL DE LECTURAS O
MEDICIONES INDIVIDUALES

INTRODUCCION:

Quando los gráficos por promedios o medianas son mal comprendidos, es conveniente trazar los gráficos de mediciones individuales.

Esta gráfica es mejor que no llevar estadísticas; sus inconvenientes se reducen a que son poco sensibles a los cambios y no proporcionan un cuadro completo de las variaciones en el proceso ni es posible determinar la tendencia central de los elementos que se analizan.

Al llevar este tipo de gráfico es importante tomar en cuenta que el rango que se utiliza es un rango móvil que resulta de la diferencia entre dos datos consecutivos ($n=2$). No se pueden obtener conclusiones consistentes si se emplean menos de 100 datos. Su análisis consta de:

- Obtención de datos
- Cálculo de límites de control
- Interpretación

OBJETIVOS:

- . Obtener información de procesos a partir de lecturas individuales, cuando la característica a medir es relativamente homogénea.
- . Estimar la variabilidad debida a causas especiales cuando se presentan lecturas individuales que constituyen tendencias.

USOS:

- Para recabar información del proceso a partir de pruebas costosas y/o destructivas.
- Para medir características que presentan homogeneidad.

ELABORACION:

1) Llenar encabezado de gráfica.

2) Graficar los datos y unirlos mediante una línea continua.

3) Estimar la media de datos $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$

4) Graficar la media.

5) Calcular los rangos móviles

$$R_1 = |X_2 - X_1| \quad ; \quad R_2 = |X_3 - X_2| \quad ; \quad R_3 = |X_4 - X_3| \quad \dots \quad R_{n-1} = |X_n - X_{n-1}|$$

6) Graficar y unir mediante líneas continuas los rangos.

7) Calcular la media de los rangos $\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$

8) Graficar la media de rangos.

9) Calcular límites de control y de rangos

$$LSC_X = \bar{X} + E_2 \bar{R} \quad LSC_R = D_4 \bar{R}$$

$$LIC_X = \bar{X} - E_2 \bar{R} \quad LIC_R = D_3 \bar{R}$$

10) Interpretar el gráfico resultante.

Tabla de Factores Constantes para Gráficos de Control por lecturas individuales.

n	E_2	d_2	D_3	D_4
2	2.660	1.128	--	3.267
3	1.772	1.693	--	2.574
4	1.457	2.059	--	2.282
5	1.290	2.326	--	2.114
6	1.184	2.534	--	2.004
7	1.109	2.704	0.076	1.924
8	1.054	2.847	0.136	1.864
9	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.975	3.078	0.223	1.777

EJEMPLO:

En el Departamento de Galvanoplastia se tienen tinas para procesar productos cromados. Sin embargo existen problemas en cuanto a las temperaturas de dichas tinas por lo que se tomarán datos para la tina N° 1.

	TEMP. °C	RANGOS
1	200	34
2	234	42
3	192	23
4	215	17
5	198	5
6	203	14
7	217	37
8	180	16
9	196	3
10	193	7
11	200	10
12	210	13
13	197	13
14	210	5
15	205	3
16	208	13
17	195	5
18	190	8
19	198	10
20	208	

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{20}}{20} = \frac{200 + 234 + 192 + 215 + \dots + 198 + 208}{20} = \frac{4049}{20}$$

$$\bar{X} = 202.45$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{19}}{19} = \frac{34 + 42 + 23 + \dots + 5 + 8 + 10}{19} = \frac{278}{19}$$

$$R = 14.63$$

$$LSC_X = \bar{X} + E_2 \bar{R} = 202.45 + (2.66)(14.63) = 241.4$$

$$LIC_X = \bar{X} - E_2 \bar{R} = 202.45 - (2.66)(14.63) = 163.5$$

$$LSC_R = D_4 \bar{R} = (2.11)(14.63) = 30.9$$

$$LIC_R = D_3 \bar{R} = 0$$

INTERPRETACION:

La variabilidad de la temperatura es grande, sobre todo al inicio del estudio, pero poco a poco se va reduciendo, mientras que el proceso se encuentra bien dentro de los límites de control. Se requiere seguimiento más de cerca.

GRAFICAS DE CONTROL TIPO

\bar{x} - S

GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} -S

INTRODUCCION:

Cuando recolectamos datos lo hacemos con la finalidad de cumplir un objetivo. El propósito es proporcionar una base para la acción. Sus objetivos son similares a los gráficos \bar{X} -R con la diferencia de que en \bar{X} -S el tamaño de muestra varía. El proceso básicamente consta de la obtención de datos, cálculo del límite de control, su análisis e interpretación.

OBJETIVOS:

- . Establecer o cambiar especificaciones, o bien para determinar si un proceso dado puede llenar las especificaciones.
- . Establecer o cambiar los procedimientos de producción.
- . Establecer o cambiar procedimientos de inspección y de aceptación o ambas cosas.

Estos gráficos nos proporcionan una base en la toma de decisiones durante la producción, que puede involucrar cualquier etapa del proceso productivo.

- Cuándo investigar las causas de variación.
- Cuándo tomar una acción.
- Cuándo dejar solo el proceso.

Nos proporciona una base de decisiones rutinarias sobre:

- aceptación o rechazo del producto.
- reducción de costos de inspección.

Contribuye a familiarizar al personal con el uso de gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca la calidad del producto.

USOS:

En ocasiones los datos que se toman son de diferentes fuentes, conviene entonces someter estos valores a una prueba de homogeneidad para constatar si las fuentes están o no afectadas por causas distintas. Los gráficos de control \bar{X} -S constituyen una prueba sencilla de ello.

Este tipo de gráficas se utiliza cuando los subgrupos son considerables. Si los subgrupos son de diferente tamaño para calcular la media de la media ($\bar{\bar{X}}$) y la media de la desviación estándar (\bar{S}) se deben utilizar las medias ponderadas respectivas.

ELABORACION:

- 1) Obtener la media de las medias ($\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{n_1 \bar{X}_1 + n_2 \bar{X}_2 + n_3 \bar{X}_3 + \dots + n_k \bar{X}_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}$$

Nota: Si el subgrupo más grande no supera al más pequeño en más de dos veces su tamaño, el cálculo de las medias no ponderadas se considera suficientemente correcto.

- 2) Obtener la media de la desviación estándar (\bar{S}).

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2 + n_3 S_3^2 + \dots + n_k S_k^2}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}}$$

- 4) Calcular el factor A_1 .

$$A_1 = 3/\sqrt{n}$$

- 5) Calcular el factor B_4 .

$$B_4 = 1 + 3/\sqrt{2n}$$

- 6) Calcular el factor b_3 .

$$B_3 = 1 - 3/\sqrt{2n}$$

- 7) Obtener límites de control para \bar{X} .

$$LC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm A_1 \bar{S}$$

- 8) Obtener límites de control para R.

$$LSC_R = B_4 \bar{S} \quad LIC_R = B_3 \bar{S}$$

- 9) Graficar las líneas centrales para \bar{X} y para \bar{S} .

- 10) Graficar los límites de control superior e inferior para \bar{X} y \bar{S} .

- 11) Graficar los datos.

- 12) Interpretar el gráfico resultante.

EJEMPLO:

En una empresa de la rama automotriz se quiere comparar la fuerza de desprendimientos y uniformidad de la lámpara lateral de Ford sellada en 9 máquinas aparentemente idéntica. Se hacen pruebas y los resultados se presentan a continuación.

MAQUINA	Nº PRUEBAS (n)	RESISTENCIA MEDIA (X)	DESVIACION ESTANDAR (S)
1	128	743	63
2	127	695	47
3	126	711	67
4	114	668	51
5	126	736	80
6	126	791	58
7	126	686	50
8	111	801	92
9	119	604	64
TOTAL	1103	6435	572

$$\bar{X} = \frac{n_1 \bar{X}_1 + n_2 \bar{X}_2 + \dots + n_9 \bar{X}_9}{n_1 + n_2 + \dots + n_9} = \frac{128(743) + 127(695) + \dots + 119(604)}{128 + 127 + \dots + 119}$$

$$\bar{X} = 715.07$$

$$\bar{S} = \frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2 + \dots + n_9 S_9^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_9} = \frac{128(743)^2 + 127(695)^2 + \dots + 119(604)^2}{128 + 127 + \dots + 119}$$

$$\bar{S} = 64.74$$

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + \dots + n_9}{9} = \frac{128 + 127 + \dots + 119}{9}$$

$$\bar{n} = 122.56$$

$$A_1 = 3/\sqrt{\bar{n}} = 3/\sqrt{2(122.56)} = 0.27 /$$

$$B_4 = 1+3/\sqrt{2\bar{n}} = 1+3/\sqrt{2(122.56)} = 1.19 /$$

$$B_3 = 1-3/\sqrt{2\bar{n}} = 1-3/\sqrt{2(122.56)} = 0.81 /$$

$$LSC_X = \bar{X} + A_1\bar{S} = 732.54$$

$$LIC_X = \bar{X} - A_1\bar{S} = 697.6$$

$$LSC_R = B_4\bar{S} = 77.04$$

$$LIC_R = B_3\bar{S} = 52.44$$

INTERPRETACION:

Del gráfico se desprende una absoluta falta de control, de hecho en el gráfico \bar{X} solo hay un punto dentro de los límites de control. Evidentemente aunque las máquinas producen el sellado igual, al comprobar la uniformidad de las mismas se llega a la conclusión de que el trabajo realizado es diferente; por lo tanto es preciso analizar máquina por máquina mediante gráficos \bar{X} -R y determinar si la producción de cada una de ellas está bajo control. Los elementos que nos aporta en este caso el gráfico \bar{X} -S que se ha elaborado no son suficientes para una predicción.

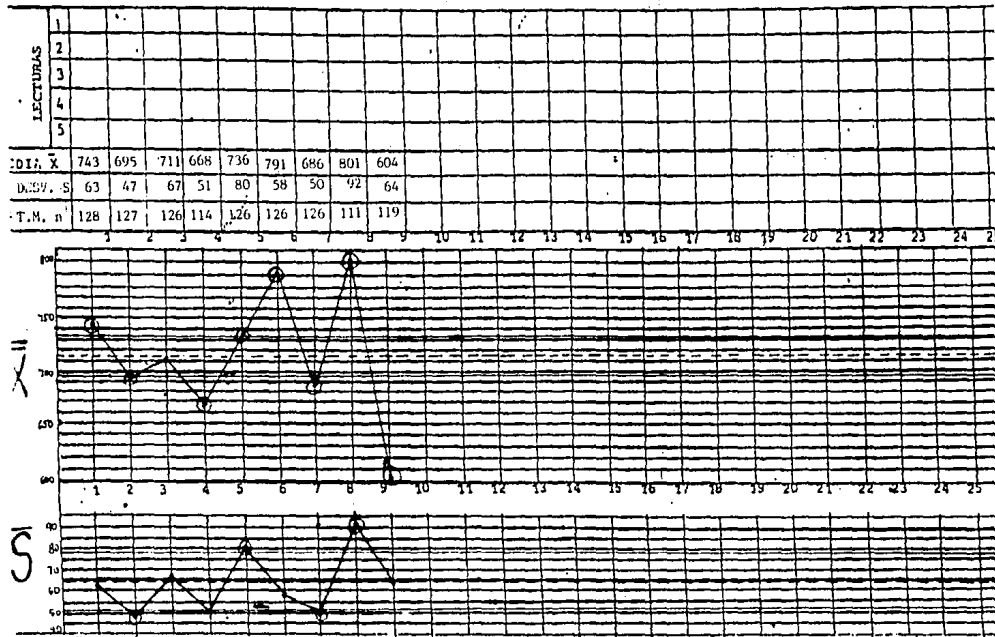
GRAFICA DE PROMEDIOS Y DESVIACIONES

CICLO: LABORAL
 NÚMERO: 68-7
 CLIENTE/PROVEEDOR: ...
 FECHA: 8/1/5

MÁQUINA: 88600 -9
 OPERACION: ...
 LINEA: PLASTICOS
 MUESTRA:

IDENTIFICACION:
 UNIDAD DE MEDIDA:
 REALIZO: ALFREDO HUERTA

INSTRUMENTO DE MEDICION:
 PRESISION DEL INSTRUMENTO:



GRAFICAS DE CONTROL
POR ATRIBUTOS

GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

INTRODUCCION.

Algunas características de calidad únicamente pueden clasificarse como atributos, es decir que se acepte el producto o se rechace: tiene o no la característica que se pide.

Las ventajas que presentan este tipo de gráficas son:

- Aplicables a cualquier proceso
- Fáciles de interpretar
- Contribuyen a dar prioridad a áreas con problemas

Los datos por atributos se clasifican en dos grandes grupos:

- | | |
|----------------|---------------|
| * PASA | * NO PASA |
| * CONFORME | * NO CONFORME |
| * PRESENTE | * AUSENTE |
| * SI | * NO |
| * SELECCIONADO | * RECHAZADO |
| * POSITIVOS | * NEGATIVOS |
| * BIEN | * MAL |

Cualquier proceso de manufactura puede evaluarse mediante atributos.

En una lista se pueden especificar los atributos requeridos sin necesidad de personal especializado. Los datos se presentan con periodicidad a la Gerencia y favorecen la formación de números índices que son muy importantes en el desarrollo de una empresa.

Las observaciones por atributos constan de:

1. Un criterio
2. Una prueba
3. Una decisión

1. El criterio va de acuerdo a la especificaciones.

EJEMPLO: Las lámparas laterales de Ford deben estar selladas.

Sellada significa:

EJEMPLO: Para cada artículo determinar 3 especificaciones:

Espejos	:	_____	_____	_____
Calaveras	:	_____	_____	_____
Triángulos	:	_____	_____	_____
Seguridad	:	_____	_____	_____
Claxon	:	_____	_____	_____
Chicotes	:	_____	_____	_____

2. La prueba consiste en la examinación de la pieza de manera eficaz, ésto es verificar la existencia de la especificación.
3. La decisión es tomar la acción de manera inmediata según haya visto la prueba.

Las gráficas de control por atributos que se utilizan son:

- P : Fracción de unidades defectuosas.
Los tamaños de muestras pueden ser variables.
- np : Número de unidades defectuosas.
Tamaño de muestra constante.
- c : Número de defectos.
Tamaño de muestra constante.
- u : Número de defectos por unidad.
Tamaño de muestra variable.

Pasos Generales para la elaboración de gráficas.

1. Obtención de datos.
2. Calcular los límites de control.
3. Graficar.
4. Analizar el gráfico.
5. Interpretar la habilidad del proceso.

GRAFICOS DE CONTROL TIPO "P"

Las gráficas por atributos tipo "P" son las más versátiles y ampliamente utilizadas. Puede aplicarse a características de calidad consideradas como atributos, incluyendo a aquellas que podrían medirse como variables.

$P = \text{Fracción de Unidades Defectuosas}$

Se define como el número de artículos defectuosos (x) encontrados en una inspección, entre el total de los artículos examinados (n).

$$P = x/n$$

La fracción defectuosa es expresada casi siempre como una fracción decimal.

Para el cálculo real de los límites de control es necesario usar la fracción defectuosa. (obtener \bar{p} , \bar{n}).

Para el gráfico y para la presentación general de los resultados, la fracción defectuosa se convierte generalmente en porcentaje defectuoso, es decir, multiplicarlo por 100.

OBJETIVOS DE LOS GRAFICOS P;

1. Averiguar, después de un tiempo, la proporción media defectuosa de artículos o piezas defectuosas sometidas a inspección.
2. Poner a la atención de la Dirección (o jefe inmediato) cualquier cambio en el nivel medio de calidad, sin antes descubrir aquellos puntos fuera de control que requieren una acción para identificar y corregir las causas de la mala calidad.
3. Proporcionar un criterio para poder enjuiciar si los sucesivos lotes pueden considerarse representativos de un proceso.

Partiendo por ejemplo de que se tienen 1000 artículos de inspección ($n=1000$) y 320 artículos salieron defectuosos ($x=320$), entonces:

$$\text{Fracción Unidades Defectuosas} = p = x/n = 320/1000 = 0.32 \quad (32\%)$$

¿Qué pasa con respecto a la calidad del producto si hay 1500 artículos de inspección y se tienen 320 artículos defectuosos? ($n=1500$, $x=320$)

¿Qué pasa con la calidad del producto si se tienen 1500 unidades inspeccionadas ($n=1500$) y 300 piezas defectuosas ($x=300$)?

ETAPAS PARA LA ELABORACION DEL
GRAFICO DE CONTROL TIPO "p"

PASOS:

1. Registrar datos en una hoja de registro.

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____			DEPARTAMENTO: _____			
REGISTRADO POR: _____			AREA: _____			
FECHA	NUM. DE INSPECC.	NUM. DE DEFECT.	FRACCION UNIDADES DEFECTUOSAS	Z	LIMITE SUP. CONTROL	LIMITE INF. CONTROL
	n	x	$p = x/n$	$Z = 3x \sqrt{\frac{p(1-p)}{n_1}}$	$LSC_p = \bar{p} + Z$	$LIC_p = \bar{p} - Z$

2. Calcular la fracción defectuosa de cada subgrupo.

$$p = \frac{x}{n} = \frac{\text{No. Defectuosos}}{\text{No. Inspeccionados}}$$

3. Calcular la media ponderada de p:

$$\bar{p} = \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2 + n_3 p_3 + \dots + n_k p_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}$$

4. Calcular el promedio de los tamaños de muestra (\bar{n}):

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{k}$$

k = Número Total de Muestras.

5. Calcular para \bar{n} el $\pm 25\%$ calculando los límites de tamaño de muestras:

Límite Máximo Muestras: LMM = $\bar{n} \times 1.25$

Límite mínimo Muestras: LmM = $\bar{n} \times 0.75$

Teniendo los límites máximo y mínimo de muestras hay que compararlas con los tamaños de muestras que tenemos en la hoja de registro. Si algún valor está por arriba del límite máximo o por abajo del límite mínimo se deberán calcular los límites de control para cada subgrupo.

$$LSC_{pi} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$LIC_{pi} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

Lo único que varía en el cálculo de los límites de control de cada subgrupo es el tamaño de inspeccionados (n).

6. Se procede a graficar y analizar el gráfico.

7. Checamos que puntos de p son mayores que su LSC_p , los separamos y sumamos las cantidades restantes de x y de n . Con el fin de calcular p' (un nuevo porcentaje de defectuosos).

$$p' = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

8. Teniendo este nuevo porcentaje de defectuosos (p') volvemos a obtener otra tabla de otro mes calculando los límites de control superior e inferior con p' :

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \text{donde } \bar{p}=p'$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \text{donde } \bar{p}=p'$$

donde $n = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$ eliminando las separadas.

9. Volvemos a graficar, y ver si el proceso, ya es estable para así obtener un solo límite superior de control y uno inferior de control.

Así estimaremos el número de inspeccionados promedio (n).

Y ya tenemos la fracción defectuosa ($p'=\bar{p}$).

$$* \bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{k}$$

$$* \bar{p} = p'$$

EJEMPLO: Inspección 100%.

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____		DEPARTAMENTO: <u>PRODUCCION</u>				
REGISTRADO POR: _____		AREA: <u>MONTAJE I</u>				
FECHA	NUM. DE INSPECC.	NUM. DE DEFECT.	FRACCION UNIDADES DEFECTUOSAS	Z_j	L.S.C.	L.I.C.
	n	x	$p = x/n$	$Z = 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n_j}}$	$LSC_p = \bar{p} + Z$	$LIC_p = \bar{p} - Z$
1	3350	31	0.0093	0.0074	0.0285	0.0137
2	3354	113	0.0337	0.0074	0.0285	0.0137
3	1509	28	0.0186	0.0111	0.0322	0.0100
4	2086	1	0.0005	0.0094	0.0305	0.0117
5	1572	22	0.0140	0.0109	0.0320	0.0102
6	2190	20	0.0091	0.0092	0.0303	0.0119
7	2678	35	0.0131	0.0083	0.0294	0.0128
8	3382	17	0.0050	0.0074	0.0285	0.0137
9	3252	68	0.0209	0.0076	0.0287	0.0135
10	2993	3	0.0010	0.0079	0.0290	0.0132
11	2679	35	0.0131	0.0083	0.0294	0.0128
12	4642	339	0.0730	0.0063	0.0274	0.0148

$$3. \bar{p} = \frac{(n_1 p_1) + (n_2 p_2) + n_3 p_3}{n_1 + n_2 + n_3 + n_k}$$

$$\bar{p} = \frac{(3350 \times 0.0093) + (3354 \times 0.0337) + (1509 \times 0.0186) + \dots + (4642 \times 0.0730)}{3350 + 3354 + 1509 + \dots + 4642}$$

$$\bar{p} = \frac{712.1447}{33,687}$$

$$\bar{p} = \underline{0.0211}$$

$$4. \bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{k}$$

$$\bar{n} = \frac{3350 + 3354 + 1509 + \dots + 4642}{12}$$

$$\bar{n} = \frac{33,687}{12}$$

$$\bar{n} = \underline{2807.25}$$

$$5. LMM = \bar{n} \times 1.25$$

$$LMM = 2807.25 \times 1.25$$

$$LMM = \underline{3509.0625}$$

$$LmM = \bar{n} \times 0.75$$

$$LmM = 2807.25 \times 0.75$$

$$LmM = \underline{2105.4375}$$

Como vemos que tenemos muestras más pequeñas y más grandes, debemos calcular los límites de control para cada uno de los subgrupos aplicando las siguientes fórmulas:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad = 1, 2, 3, \dots, 12$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad = 1, 2, 3, \dots, 12$$

Calculemos: $Z_1 = 3 * \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}}$

$$Z_1 = 3 * \sqrt{\frac{(0.0211)(1-0.0211)}{3350}}$$
$$Z_1 = \underline{0.0074}$$

Por lo tanto:

$$LSCp_1 = \bar{p} + Z_1$$

$$LICp_1 = \bar{p} - Z_1$$

$$LSCp_1 = 0.0211 + 0.0074$$

$$LICp_1 = 0.0211 - 0.0074$$

$$LSCp_1 = \underline{0.0285}$$

$$LICp_1 = \underline{0.0137}$$

De igual modo calculamos de Z_2 a Z_{12} , con sus respectivos límites de control (LSC y LIC) y los anotamos en la tabla respectiva de hoja de registro.

6. Graficamos los puntos y analizamos.

Teniendo la tabla ya con los límites de control nos vamos a la sección de LSC (Límite Superior de Control) y de p (donde $p=x/n$), comparamos ambas, es decir:

LSC p_1 contra p_1

LSC p_2 contra p_2

Etc.

Si LSC p_1 es mayor que p_1 entonces tachamos,

1	0.0093 es mayor que 0.0285 (no)	0.0093
2	0.0337 es mayor que 0.0285 (si).	0.0337
3	0.0186 es mayor que 0.0322 (no)	0.0186
.	.	.
.	.	.
11	0.0131 es mayor que 0.0294 (no)	0.0131
12	0.0730 es mayor que 0.0274 (si).	0.0730

Ahora sumemos de la tabla la parte correspondiente a las x y luego a las n excluyendo los días 2 y 12 que tachamos.

x :

$$x = 31+28+1+22+20+35+17+68+3+35$$

$$x = \underline{260}$$

n:

$$\Sigma n = 3350 + 1509 + 2086 + 1572 + 2190 + 2678 + 3382 + 3252 + 2993 + 2679$$

$$\Sigma n = \underline{25,691}$$

Por lo tanto:

$$p' = x/n$$

$$p' = 260/25,691$$

$$p' = \underline{0.0101}$$

$$p' = \bar{p}$$

$$\bar{n} = \frac{25,691}{10} = 2569.1$$

$$\bar{n} = \underline{2600} \text{ (redondeando a centenas).}$$

8. Calculamos los límites de control nuevos:

$$LSC_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0.0101 + 3 \sqrt{\frac{(0.0101)(1-0.0101)}{2600}} = \underline{0.0160}$$

$$LIC_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = 0.0101 - 3 \sqrt{\frac{(0.0101)(1-0.0101)}{2600}} = \underline{0.0042}$$

Ahora hay que esperar los datos del siguiente mes o del siguiente muestreo para verificar si el proceso ya es estable y trabaje con los límites de control obtenidos. De lo contrario habrá que hacer todos los pasos de nuevo.

GRAFICAS DE CONTROL
TIPO np

GRAFICAS DE CONTROL PARA EL
NUMERO DE UNIDADES DEFECTUOSAS

(np)

En este tipo de gráficas se utilizan unidades defectuosas y además el tamaño de muestra será constante. Como en todos los gráficos se debe establecer la frecuencia para la toma de datos considerando que los intervalos cortos permiten una rápida retroalimentación del proceso. La experiencia en el uso de este tipo de gráficos indica que los tamaños de muestra no deben ser menores que 50 unidades.

OBJETIVOS DE LOS GRAFICOS np:

1. Investigar la media de artículos defectuosos de muestras constantes sometidas a inspección.
2. Retroalimentar el proceso mediante el descubrimiento de puntos fuera de control.
3. Identificar y corregir causas de los artículos defectuosos.
4. Someter a la Dirección cualquier cambio en un porcentaje o nivel medio de calidad.
5. Proporcionar un criterio para poder enjuiciar los datos sucesivos que se tomen si son o no representativos del proceso y determinar nuevos criterios para contrastar las siguientes muestras.

ETAPAS PARA LA ELABORACION DEL GRAFICO np.

1. Obtención de datos y registro de los mismos.

3. Calcular los límites de control:

$$LSC_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LIC_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

4. Graficar e interpretar los resultados.

EJEMPLO:

Los datos de la inspección realizada en el área de Montaje I de los chicotes para espejo Topaz, para elaborar el gráfico np son los siguientes:

1)

NOMBRE DEL PRODUCTO: <u>CHICOTES</u> DEPARTAMENTO: <u>PRODUCCION</u>		
REGISTRADO POR: <u>LUIS ROCHA</u> AREA: <u>MONTAJE I</u>		
LOTE	TAMAÑO DE MUESTRA	Nº UNIDADES DEFECT.
	n	np
1	300	12
2	300	15
3	300	17
4	300	21
5	300	40
6	300	0
7	300	25
8	300	31
9	300	27
10	300	0
11	300	11
12	300	13
T O T A L E S	3600	212

2. El promedio de unidades defectuosas: $n\bar{p}$

$$n\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{12} np_i}{12} = \frac{212}{12}$$

$$n\bar{p} = \underline{17.67}$$

El promedio de fracción defectuosa: \bar{p}

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{12} np_i}{\sum_{i=1}^{12} n_i} = \frac{212}{3600}$$

$$\bar{p} = \underline{0.059}$$

3. Calculemos los límites de control:

$$LSC_{np} = n\bar{p} + 3 \times \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LSC_{np} = 17.67 + 3 \times \sqrt{17.67(1-0.059)}$$

$$LSC_{np} = 17.67 + 3 \times \sqrt{16.63}$$

$$LSC_{np} = 17.67 + 3 \times (4.078)$$

$$LSC_{np} = 17.67 + 12.234$$

$$LSC_{np} = \underline{29.90}$$

$$LIC_{np} = n\bar{p} - 3 \times \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$LIC_{np} = 17.67 - 3 \times \sqrt{17.67(1-0.059)}$$

$$LIC_{np} = 17.67 - 3 \times \sqrt{16.63}$$

$$LIC_{np} = 17.67 - 3 \times (4.078)$$

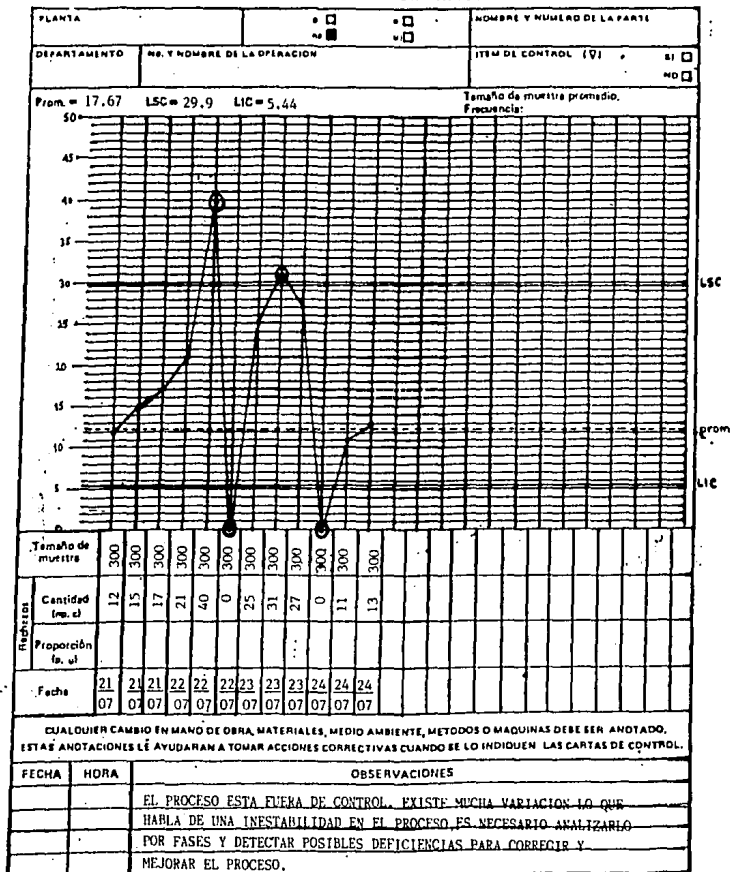
$$LIC_{np} = 17.67 - 12.234$$

$$LIC_{np} = \underline{5.44}$$

LABORO:

FREDO HUERTA

GRAFICA DE CONTROL POR ATRIBUTOS



PRODUCTIVIDAD 786.]

COMPROBACION ESTADISTICA DE LOS TAMAÑOS DE MUESTRA PARA
 GRAFICAS POR ATRIBUTOS TIPO P Y NP.
 ($n \geq 50$)

Tanto la gráfica por atributos tipo P como la gráfica por atributos tipo NP siguen una distribución binomial debido a que tienen las siguientes características:

- son datos discretos
- tienen dos resultados posibles
- las pruebas son estadísticamente independientes
- la probabilidad del resultado permanece fijo sobre el tiempo

Las características antes mencionadas corresponden al Proceso Bernoulli y, por lo tanto, aquellos problemas en los que la probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento pueda suponerse constante, pueden resolverse mediante una fórmula basada en el conocido binomio de Newton: $(a + b)^n$.

Este desarrollo binomial es la base de una distribución de probabilidad de gran importancia en el Control Estadístico de la Calidad, como es la Distribución Binomial o de Bernoulli:

$$\frac{n!}{x! (n-x)!} p^x \cdot q^{n-x}$$

donde:

- p = la probabilidad de que se tenga un artículo defectuoso
- q = la probabilidad de que se tenga un artículo bueno
- x = número de defectuosos encontrados en una muestra de tamaño n
- n = número de artículos inspeccionados

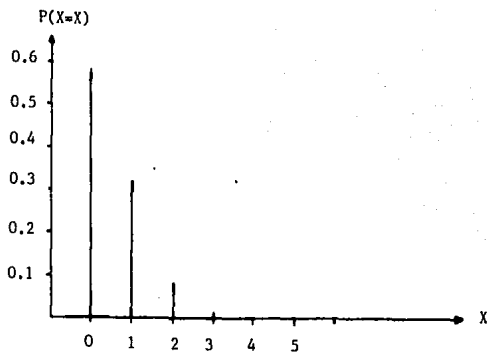
Partiendo de que éstas gráficas tienen la Distribución Binomial, comprobaremos que a medida que n aumenta dado una p y una q constante las gráficas tenderán a comportarse como una distribución normal, objetivo que se persigue en todos los procesos y con un tamaño de n=50 aseguraremos esa normalidad.

X	P(X=X)
0	0.5905
1	0.3281
2	0.0729
3	0.0081
4	0.0004
5	0.0000

$$N = 5$$

$$P = 0.1$$

$$q = 0.9$$



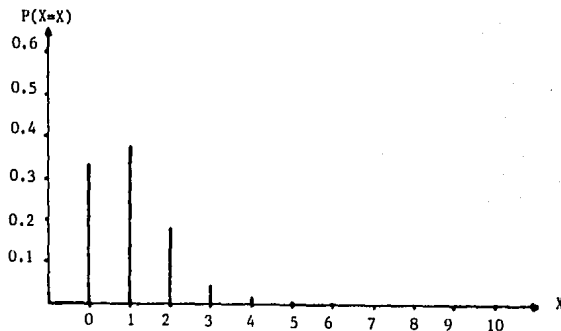
CUANDO P ES PEQUEÑA Y EL TAMAÑO DE MUESTRA TAMBIEN LO ES,
EL COMPORTAMIENTO DE LA DISTRIBUCION ES PUNTIAGUDA HACIA
LA DERECHA.

X	P(X=X)
0	0.3487
1	0.3874
2	0.1937
3	0.0574
4	0.0112
5	0.0015
6	0.0001
7	0.0000
8	0.0000
9	0.0000
10	0.0000

$$N = 10$$

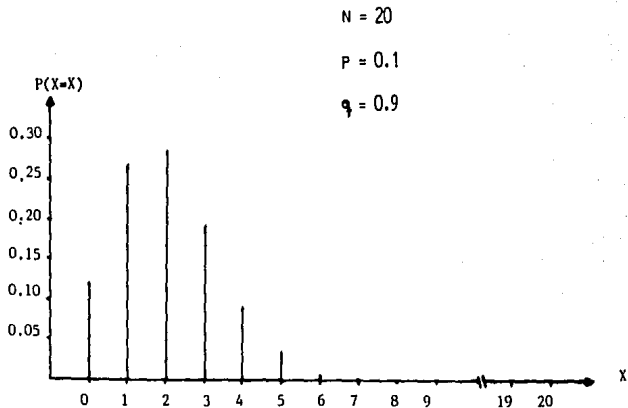
$$P = 0.1$$

$$q = 0.9$$



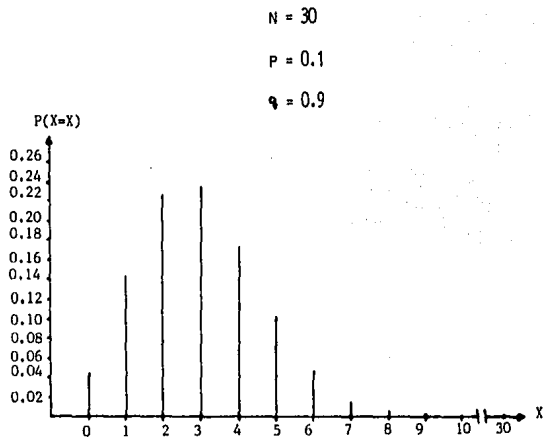
A MEDIDA QUE EL TAMAÑO DE MUESTRA AUMENTA DADA LA MISMA P Y q, LA DISTRIBUCION ES MENOS PUNTIAGUDA COMO SE PUEDE OBSERVAR EN ESTA GRAFICA, AUNQUE ES TODAVIA TENUE.

X	P(X=X)	X	P(X=X)
0	0.1216	11	0.0000
1	0.2702	12	0.0000
2	0.2852	13	0.0000
3	0.1901	14	0.0000
4	0.0898	15	0.0000
5	0.0319	16	0.0000
6	0.0089	17	0.0000
7	0.0020	18	0.0000
8	0.0003	19	0.0000
9	0.0000	20	0.0000
10	0.0000		

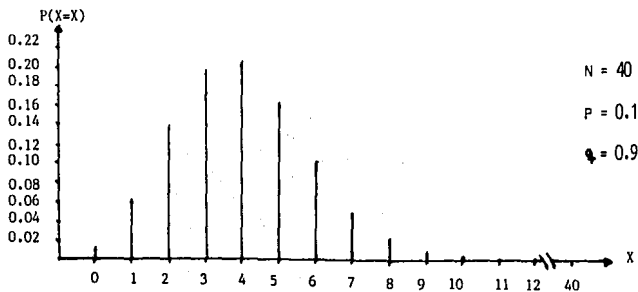


A MEDIDA QUE N AUMENTA LAS GRAFICAS TIENDEN A FORMAR UNA CAMPANA
 CADA VEZ " MAS SUAVIZADA " COMO SE MUESTRA CUANDO $N=20$, $N=30$,
 $N=40$ Y $N=50$.

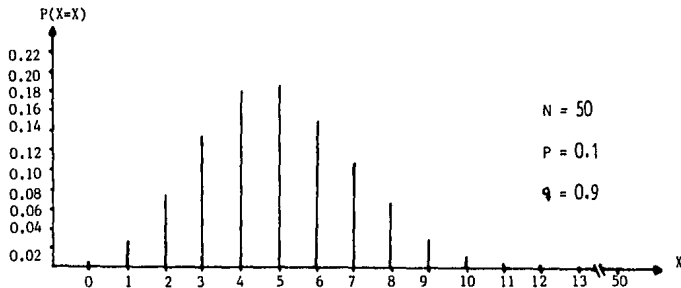
X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)
0	0.0424	11	0.0000	21	0.0000
1	0.1413	12	0.0000	22	0.0000
2	0.2277	13	0.0000	23	0.0000
3	0.2361	14	0.0000	24	0.0000
4	0.1771	15	0.0000	25	0.0000
5	0.1023	16	0.0000	26	0.0000
6	0.0474	17	0.0000	27	0.0000
7	0.0180	18	0.0000	28	0.0000
8	0.0058	19	0.0000	29	0.0000
9	0.0016	20	0.0000	30	0.0000
10	0.0003				



X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)
0	0.0148	9	0.0104	17	0.0000	25	0.0000	33	0.0000
1	0.0657	10	0.0036	18	0.0000	26	0.0000	34	0.0000
2	0.1423	11	0.0011	19	0.0000	27	0.0000	35	0.0000
3	0.2003	12	0.0004	20	0.0000	28	0.0000	36	0.0000
4	0.2059	13	0.0000	21	0.0000	29	0.0000	37	0.0000
5	0.1647	14	0.0000	22	0.0000	30	0.0000	38	0.0000
6	0.1068	15	0.0000	23	0.0000	31	0.0000	39	0.0000
7	0.0576	16	0.0000	24	0.0000	32	0.0000	40	0.0000
8	0.0264								



X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)	X	P(X=X)
0	0.0052	9	0.0333	18	0.0000	27	0.0000	35	0.0000	43	0.0000
1	0.0286	10	0.0152	19	0.0000	28	0.0000	36	0.0000	44	0.0000
2	0.0779	11	0.0061	20	0.0000	29	0.0000	37	0.0000	45	0.0000
3	0.1386	12	0.0022	21	0.0000	30	0.0000	38	0.0000	46	0.0000
4	0.1809	13	0.0007	22	0.0000	31	0.0000	39	0.0000	47	0.0000
5	0.1849	14	0.0004	23	0.0000	32	0.0000	40	0.0000	48	0.0000
6	0.1541	15	0.0000	24	0.0000	33	0.0000	41	0.0000	49	0.0000
7	0.1076	16	0.0000	25	0.0000	34	0.0000	42	0.0000	50	0.0000
8	0.0643	17	0.0000	26	0.0000						



Así con $n = 30$ la distribución binomial tiende a comportarse como una distribución normal, pero con $n \geq 50$ se garantiza esa normalidad, como puede observarse en las gráficas anteriores, por lo que se recomienda en este tipo de gráficas que el tamaño de muestra no sea menor que 50.

Es por esta razón, y dado que los cálculos usando la distribución binomial se vuelven más complicados, se acostumbra a usar la distribución normal como aproximación a la distribución binomial. Los parámetros de la distribución normal se calculan a partir de los de la distribución binomial con las siguientes fórmulas:

$$\mu = np$$

$$\sigma = \sqrt{npq}$$

bajo las condiciones de que n sea suficientemente grande ($n = 50$) para garantizar la normalidad, $np \geq 5$ y $nq \geq 5$.

GRAFICAS DE CONTROL

TIPO c

GRAFICOS DE CONTROL PARA EL NUMERO DE
DEFECTOS POR MUESTRA INSPECCIONADA (c)

INTRODUCCION

El gráfico de control por defectos "c" es empleado en un campo mas restringido de la industria, sin embargo hay procesos en donde es el tipo de gráfico que se debe emplear.

El gráfico "c" se ha utilizado con provecho en situaciones como: contabilizar defectos, los cuales deben ser eliminados en una inspección del 100%; en este caso la ventaja esencial es disminuir los costos del reproceso. Cuando se tolera un número de defectos por unidad, clasificados de acuerdo a su influencia sobre el producto y se desea reducir a un mínimo éste. Cuando se intenta hacer un estudio de corta duración del proceso o de un artículo en particular.

OBJETIVOS:

1. Para reducir el costo relativo del proceso.
2. Informar a los supervisores de producción y a la administración acerca del nivel de calidad.
3. Determinar que tipo de defectos no son permisibles en el producto.
4. Informar de la probabilidad de la ocurrencia de los defectos en una unidad.

PASOS PARA LA CONSTRUCCION DE GRAFICOS c:

1. Obtención de datos

TIP*: tamaño de muestra debe ser constante.

2. Calcular el número promedio de defectos "c":

$$c = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + \dots + c_k}{k}$$

3. Calcular los límites de control:

$$LSCc = c + 3\sqrt{c}$$

$$LICc = c - 3\sqrt{c}$$

4. Interpretar el gráfico.

EJEMPLO:

Los 25 datos recopilados que se presentan a continuación proporcionan errores en el producto final de calavera V.W. se quiere reducir los costos, por lo que se trabajará gráfica "c":

TAMAÑO DE MUESTRAS = 100

LOTE	DEFECTOS
	c
1	7
2	6
3	6
4	7
5	4
6	7
7	8
8	12
9	9
10	9
11	8
12	5
13	5
14	9
15	8
16	15
17	6
18	4
19	13
20	7
21	8
22	15
23	6
24	6
25	10

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k}$$

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{25} c_i}{25} = \frac{7 + 6 + 6 + 7 + 4 + 7 + 8 + 12 + \dots + 6 + 10}{25}$$

$$\bar{c} = \frac{200}{25} = 8$$

$$\text{LSCc} = \bar{c} + 3 \sqrt{c}$$

$$\text{LSCc} = 8 + 3 \sqrt{8}$$

$$\text{LSCc} = 8 + 3 (2.83)$$

$$\text{LSCc} = 8 + 8.49$$

$$\text{LSCc} = \underline{16.49}$$

$$\text{LICc} = \bar{c} - 3 \sqrt{c}$$

$$\text{LICc} = 8 - 3 \sqrt{8}$$

$$\text{LICc} = 8 - 3 (2.83)$$

$$\text{LICc} = 8 - 8.49$$

$$\text{LICc} = \underline{-0.49} = \underline{0}$$

GRAFICAS DE CONTROL
TIPO u

GRAFICAS DE CONTROL u

u = Número de defectos por unidad inspeccionada.

INTRODUCCION

La gráfica "u" mide la cantidad de defectos por unidad inspeccionada en una muestra de "n" unidades.

Los objetivos son similares a los de la gráfica "c", y se emplea en situaciones semejantes, cuando la muestra incluye mas de una unidad o el tamaño varía de muestra a muestra.

En este gráfico se tienen que determinar los límites para cada muestra (límites variables) y la línea central (promedio de u), procurar ir estandarizando los valores de manera que lleguemos a tener un solo par de límites, objetivo que logremos cuando el proceso ya esté bajo control. Es cierto que se requiere de tiempo y de constancia el ir estandarizando los valores, pero es oportuno señalar que este método favorece el proceso y nos presenta una serie de datos que no son nada despreciables para decisiones futuras.

OBJETIVOS:

1. Proporcionar información a la Administración acerca del proceso.
2. Reducir el reproceso.
3. Confirmar o cambiar los procedimientos de producción.

Eliminar causas que originan la variación en el producto o modificar los métodos empleados, si con ellos no se logran las especificaciones del producto.

4. Proporcionar información de los procedimientos de inspección y/o de aceptación.

ETAPAS DE ELABORACION DEL GRAFICO TIPO "u":

1. Obtención y registro de datos en una hoja de registro.
a) El tamaño de muestra variable.

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____ DEPTO.: _____		
REGISTRADO POR: _____ AREA : _____		
TAMAÑO DE LA MUESTRA	DEFECTOS	DEFECTOS POR UNIDAD (u)
(n)	(c)	$u = \frac{c}{n}$

2. Calcular los defectos por unidad en cada subgrupo (u).

$$u = \frac{c}{n}$$

$$u_1 = \frac{c_1}{n_1}$$

$$u_2 = \frac{c_2}{n_2}$$

$$u_3 = \frac{c_3}{n_3}$$

ETC...

NOTA: Los valores de "u" deben ser de preferencia redondeados a 2 decimales.

3. Calcular la media o promedio de u:

$$\bar{u} = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_k}{k}$$

4. Calcular el promedio de los tamaños de muestra: n:

$$\bar{n} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{k}$$

5. Calcular el $\pm 25\%$ calculando los límites de tamaño de muestra:

$$\text{Límite Máximo Muestra : LMM} = \bar{n} \times 1.25$$

$$\text{Límite mínimo Muestra : LmM} = \bar{n} \times 0.75$$

Teniendo los límites máximo y mínimo de muestra hay que compararlos con los tamaños de muestra que tenemos en la hoja de registro. Si algún valor está por arriba del límite máximo o por abajo del límite mínimo se deberán calcular los límites de control para cada subgrupo.

$$6. \text{LSCP}_1 = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_1}$$

$$\text{LICP}_1 = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n_1}$$

Lo único que varía en el cálculo de los límites de control de cada subgrupo es el tamaño de inspeccionados (n).

7. Se procede a graficar y analizar el gráfico.

8. Checamos que puntos de "u" son mayores que su LSCp, los separamos excluyéndolos y sumamos las cantidades restantes de "x" y de "n". Todo esto con el fin de calcular u' (un nuevo valor de defectuosos por unidad).

$$u' = \frac{\sum c_i}{\sum n_i}$$

Excluyendo de la suma los valores separados.

9. Obtenemos la nueva media de "n": excluyendo de ésta los valores separados.

$$\bar{n}' = \frac{\sum n_i}{k}$$

Esperamos a la obtención de datos del siguiente mes o semana, etc., para ver posible estabilidad del proceso.

Se vuelve a checar de manera independiente los datos del siguiente mes:

- Paso 1
- Paso 2
- Paso 3
- Paso 4
- Paso 5

a) Si no hay ningún tamaño de muestra mayor al límite máximo de muestras o menor al límite mínimo de muestras, entonces se calculan los límites de control.

$$\begin{aligned} LSCp_i &= \bar{u}' + 3 \sqrt{\bar{u}'/\bar{n}'} \\ LICp_i &= \bar{u}' - 3 \sqrt{\bar{u}'/\bar{n}'} \end{aligned}$$

Donde u' y n' son valores del pasado mes, se grafica y se observa si son los límites óptimos, de lo contrario se calculan los límites con la \bar{u} y \bar{n} obtenidos en los pasos 3 y 4 de este mes.

b) Si hay tamaños de muestras por arriba o por abajo del límite máximo o mínimo de muestras se continua los pasos 6,7,8 y 9 y se esperan datos del siguiente mes.

EJEMPLO:

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____ DEPTO.: _____			
REGISTRADO POR: _____ AREA : _____			
L O T E	TAMAÑO DE MUESTRA	Nº UNIDADES DEFECTUOSAS	DEFECTOS POR UNIDAD (u)
	n	c	$u = \frac{c}{n}$
1	8	7	0.88
2	8	17	2.13
3	9	14	1.56
4	11	17	1.55
5	7	21	3.00
6	8	16	2.00
7	7	14	2.00
8	9	23	2.56
9	8	13	1.63
10	7	15	2.14
11	7	12	1.71
12	6	14	2.33
13	8	24	3.00
14	4	12	3.00
15	8	11	1.38
16	9	13	1.44
17	6	18	3.00
18	7	11	1.57
19	6	12	2.00
20	8	11	1.38
TOTAL	151	295	40.26

$$2. \quad u_1 = \frac{c_1}{n_1}$$

$$u_1 = \frac{7}{8}$$

$$u_1 = \underline{0.88}$$

$$u_2 = \frac{c_2}{n_2}$$

$$u_2 = \frac{17}{8}$$

$$u_2 = \underline{2.13}$$

$$u_3 = \frac{c_3}{n_3}$$

$$u_3 = \frac{14}{9}$$

$$u_3 = \underline{1.56}$$

⋮

$$u_{20} = \frac{c_{20}}{n_{20}}$$

$$u_{20} = \frac{11}{8}$$

$$u_{20} = \underline{1.38}$$

3. Media de u:

$$\bar{u} = \frac{0.88 + 2.13 + 1.56 + 1.55 + \dots + 2.0 + 1.38}{20}$$

$$\bar{u} = \frac{40.26}{20}$$

$$\bar{u} = \underline{2.013}$$

4. Promedio de tamaño de muestras: \bar{n}

$$\bar{n} = \frac{8 + 8 + 9 + 11 + 7 + 8 + \dots + 6 + 8}{20}$$

$$\bar{n} = \frac{151}{20}$$

$$\bar{n} = \underline{7.55}$$

5. Límite Máximo Muestra: $LMM = \bar{n} \times 1.25$

$$LMM = 7.55 \times 1.25$$

$$LMM = \underline{9.44} = \underline{9}$$

Límite mínimo Muestra: $LmM = \bar{n} \times 0.75$

$$LmM = 7.55 \times 0.75$$

$$LmM = \underline{5.66} = \underline{6}$$

Por lo tanto se tienen que sacar límites de control a cada subgrupo.

6. Se grafica y se analiza. Si ese está bajo control se toma el promedio de muestras como dato a seguir por otros muestreos.

HOJA DE REGISTRO

NOMBRE DEL PRODUCTO: _____ DEPARTAMENTO: _____						
REGISTRADO POR: _____ AREA: _____						
FECHA	NUMERO DE INSPECC.	NUMERO DE DEFECTUOSOS	DEFECTOS POR UNIDAD	Z	LIMITE SUP. DE CONTROL	LIMITE INF. DE CONTROL
	n	c	$u = \frac{c}{n}$	$Z = 3 \times \sqrt{\frac{u}{1-u}}$	$LSCu = \bar{u} + Z$	$LICu = \bar{u} - Z$
1	8	7	0.88	1.50	3.51	0.51
2	8	17	2.13	1.50	3.51	0.51
3	9	14	1.56	1.42	3.43	0.59
4	11	17	1.55	1.28	3.29	0.73
5	7	21	3.00	1.61	3.62	0.40
6	8	16	2.00	1.50	3.51	0.51
7	7	14	2.00	1.61	3.62	0.40
8	9	23	2.56	1.42	3.43	0.59
9	8	13	1.63	1.50	3.51	0.51
10	7	15	2.14	1.61	3.62	0.40
11	7	12	1.71	1.61	3.62	0.40
12	6	14	2.33	1.74	3.75	0.27
13	8	24	3.00	1.50	3.51	0.51
14	4	12	3.00	2.13	4.14	0
15	8	11	1.38	1.50	3.51	0.51
16	9	13	1.44	1.42	3.43	0.59
17	6	18	3.00	1.74	3.75	0.27
18	7	11	1.57	1.61	3.62	0.40
19	6	12	2.00	1.74	3.75	0.27
20	8	11	1.38	1.50	3.51	0.51

7. Obtención límites de control únicos.

$$LSCu = \bar{u} + 3 \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$$

$$LSCu = 2.013 + 3 \sqrt{\frac{2.013}{7.55}}$$

$$LSCu = 2.013 + 3 \sqrt{0.2666}$$

$$LSCu = 2.013 + 3 (0.52)$$

$$LSCu = 2.013 + 1.55$$

$$LSCu = \underline{3.56}$$

$$LICu = \bar{u} - 3 \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$$

$$LICu = 2.013 - 3 \sqrt{\frac{2.013}{7.55}}$$

$$LICu = 2.013 - 3 \sqrt{0.2666}$$

$$LICu = 2.013 - 3 (0.52)$$

$$LICu = 2.013 - 1.55$$

$$LICu = \underline{0.463}$$

De acuerdo a ésto el proceso está bajo control y por lo tanto en el siguiente muestreo se tomarán estos límites como base.

INTERPRETACION DEL PROCESO
DE LOS GRAFICOS DE CONTROL POR:

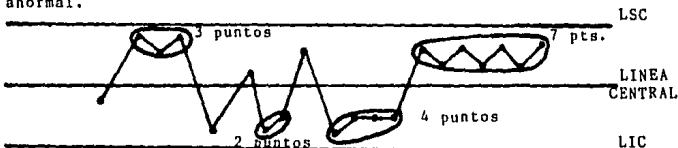
- VARIABLES
- ATRIBUTOS

Una regla práctica para decidir que un proceso está bajo control es que no exista más de un punto fuera de los límites considerando 35 muestras o más de 2 considerando 100. También podemos decir que un proceso está dentro de control, siempre que todos los puntos se encuentren dentro de los límites de control, y que estos puntos no muestran ninguna tendencia.

Podemos considerar varios tipos de tendencias:

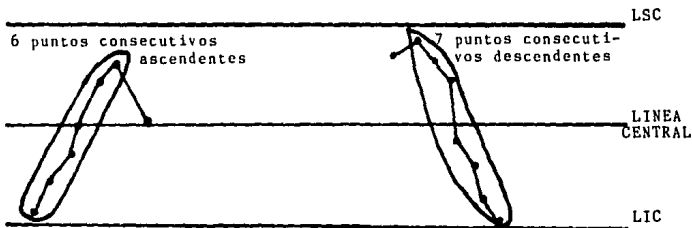
1) CORRIDA.

La forma en que los puntos se mueven por arriba o por abajo de la línea central. El número consecutivo de puntos arriba o abajo de la línea central es llamada Longitud de la Corrida. Si esta longitud es más de 7 puntos, el proceso es juzgado anormal.



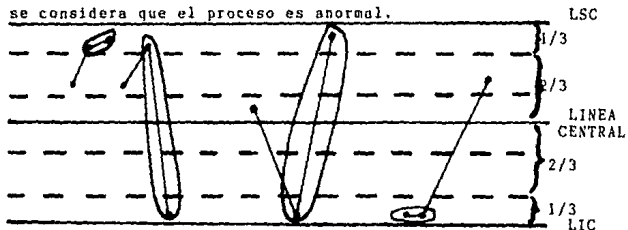
2) TENDENCIAS.

En caso de que los puntos vayan en secuencia ascendente o descendente, se dice que tenemos una tendencia. No existe un criterio para decidir si la tendencia es anormal o no, pero si dicha tendencia continua, los puntos caerán fuera de los límites de control o asumirán la forma de una corrida.



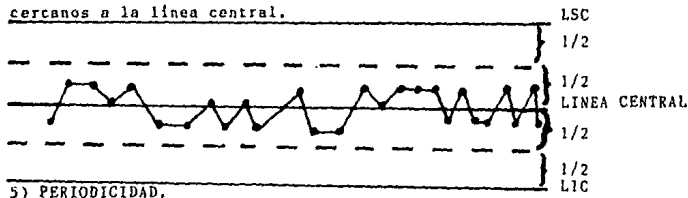
3) ADHESION DE LOS PUNTOS A LOS LIMITES DE CONTROL.

Dividir el ancho entre la línea central y las líneas de control en tres partes iguales. Si dos de tres puntos consecutivos caen dentro del tercio cercano a las líneas límites, se considera que el proceso es anormal.



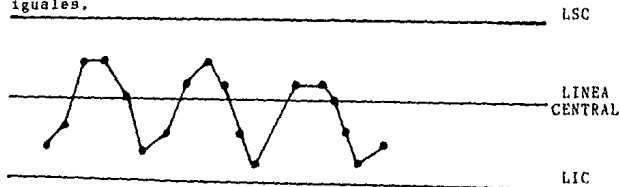
4) ADHESION A LA LINEA CENTRAL.

Si los puntos se concentran en el centro, el proceso es juzgado anormal. Para decidir si hay adhesión a la línea central, hay que dividir la zona entre los límites en 4 partes iguales y observar si los puntos caen dentro de los sectores cercanos a la línea central.



5) PERIODICIDAD.

Se dice que el proceso muestra periodicidad, si los puntos se mueven hacia arriba y hacia abajo más o menos a intervalos iguales.

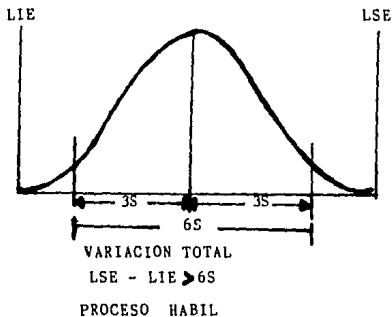


HABILIDAD DEL PROCESO
PARA GRAFICAS POR VARIABLES
Y GRAFICAS POR ATRIBUTOS

HABILIDAD DEL PROCESO

La habilidad del proceso se puede definir como el cociente de la variación especificada o permitida entre la variación total del proceso. (20)

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 S}$$



Un proceso es potencialmente hábil cuando es capaz de sacar piezas dentro de especificaciones a un nivel máximo de variación de $6S$.

Un proceso es potencialmente hábil si $CP \geq 1$ para $\pm 3S$ ó $CP \geq 1.33$ para $\pm 4S$.

Un proceso es realmente hábil si es realmente capaz de sacar piezas dentro de especificaciones con una variación total de $6S$.

La habilidad real se codifica como CPK y se calcula con la ecuación:

$$CPK = CP(1-K)$$

(20) Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para proveedores y la industria nacional. Módulo V. México 1985

$$\text{Donde: } K = \frac{2D}{LSE-LIE}$$

$$D = |M - \bar{X}|$$

$$M = \frac{LSE + LIE}{2}$$

Para considerar que un proceso es realmente hábil debemos tener como mínimo:

CPK \geq 1 para $\pm 3 S$
CPK \geq 1.33 para $\pm 4 S$

HABILIDAD DEL PROCESO MEDIANTE LA CURVA NORMAL

a) Si las especificaciones son bilaterales

$$Z_S = \frac{LSE - \bar{X}}{S}$$

$$Z_I = \frac{LIE - \bar{X}}{S}$$

Z_S = Valor Z de la tabla de distribución normal que codifica el área hasta el punto LSE.

Z_I = Valor Z de la tabla de distribución normal que codifica el área hasta el punto LIE.

Después de obtenidas las Z_S y Z_I se consultan las tablas.

Luego de obtener las áreas y sumar las que quedan fuera de los límites de especificación aplicamos el criterio para determinar la habilidad del proceso.

EJEMPLO:

Para el doblado de un clip, cuyas especificaciones son 0.50 a 0.90 mm., se llevan gráficos de control y los resultados son:

$$\bar{X} = 0.716$$

$$LSC_{\bar{X}} = 0.819$$

$$LIC_{\bar{X}} = 0.613$$

$$\bar{R} = 0.178$$

$$LSC_R = 0.376$$

$$LIC_R = 0$$

Calcular habilidad del proceso.

1º Calcular S

$$S = \bar{R}/d_2$$

$$S = 0.178/2.326$$

$$S = 0.076$$

$$2^\circ Z_S = \frac{LSE - \bar{X}}{S}$$

$$Z_S = \frac{0.90 - 0.716}{0.076}$$

$$Z_S = 2.42$$

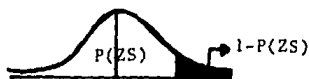
$$Z_I = \frac{LIE - \bar{X}}{S}$$

$$Z_I = \frac{0.50 - 0.716}{0.076}$$

$$Z_I = -2.84$$

3º En la tabla se buscan los valores

$$P(Z_S) = P(2.42) = 0.9922$$



$$1 - P(Z_S) = 1 - 0.9922 = 0.008 = 0.8\%$$

$$P(Z_I) = P(-2.84) = 0.0023 = 0.23\%$$



$$P(\text{total}) = [1 - P(ZS)] + P(ZI)$$

$$P(\text{total}) = 0.8 + 0.23$$

$$P(\text{total}) = 1.03\% \text{ Area de aceptación} = 100 - 1.03\% = 98.97\%$$



4º Aplicar criterio

Area de aceptación $\geq 99.73\%$ para $\pm 3S$

Area de aceptación $\geq 99.996\%$ para $\pm 4S$

\therefore El proceso no es hábil ya que:

$$98.97 < 99.73$$

Este mismo ejemplo por el otro método:

$$S = \bar{R}/d_2$$

$$S = 0.178/2.326$$

$$S = 0.076$$

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6S}$$

$$CP = \frac{0.90 - 0.50}{6(0.076)} = \frac{.4}{.456} = 0.877$$

$CP < 1$ \therefore El proceso no es potencialmente hábil.

$$CPK = CP(1-K)$$

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE}$$

$$D = |M - \bar{X}|$$

$$D = |0.7 - 0.716| = 0.016$$

$$K = \frac{2(0.016)}{0.90 - 0.50} = \frac{0.032}{0.4} = 0.08$$

$$CPK = 0.8068$$

$\therefore CPK < 1$ El proceso no es realmente hábil.

$$CPK = 0.877(1 - 0.08)$$

$$CPK = 0.877(0.92)$$

b) Con un sólo límite de especificación:

Cuando para el proceso sólo se estipula un límite de especificación la determinación de la habilidad del proceso se efectúa mediante:

$$Z = \frac{LE - \bar{X}}{S}$$

En donde Z se toma de tablas de distribución normal y leemos la codificación del área hasta el punto LE.

Luego de encontrar Z se aplica el criterio respectivo para determinar la habilidad del proceso.

Es hábil el proceso si $Z \geq -3.00$
ó $P(Z) \geq 99.87\%$

EVALUACION DE LA HABILIDAD DEL PROCESO MEDIANTE
CARTAS DE CONTROL PARA ATRIBUTOS

El muestreo aleatorio proporciona elementos suficientes para determinar el comportamiento de la población.

Gráfico P: En el caso de este gráfico, para determinar si el proceso es hábil se aplica la ecuación.

$$C_p = (1 - \bar{p})$$

. donde \bar{p} = la media ó promedio de p de los subgrupos

. C_p se compara con el valor establecido para 3 σ ' ó 4 σ ' y será hábil si:

$C_p \geq 99.73\%$ para 3S

$C_p \geq 99.994\%$ para 4S

La habilidad del proceso nos indica qué % de artículos producidos son defectuosos y éste no variará a menos que se tomen acciones correctivas para modificar el proceso.

Gráfica np:

$$C_p = (1 - \bar{p})$$

$$\bar{p} = \frac{\sum np_i}{ni}$$

$C_p \geq 99.73\%$ para 3S

$C_p \geq 99.994\%$ para 4S

EJEMPLO GRAFICO p:

FECHA	n	x
1	1221	23
2	1321	41
3	1422	31
4	1500	73
5	1250	44
6	2021	58
7	685	28
8	2251	73
9	2321	43
10	2416	115
11	1947	40
12	2332	53
TOTAL	20687	622

$$\bar{p} = 0.0301$$

$$C_p = (1 - \bar{p})$$

$$C_p = 1 - 0.0301$$

$$C_p = 0.9699$$

$$96.99\% < 99.73\%$$

∴ el proceso no es hábil

EJEMPLO GRAFICO np:

L O T E	n	np
1	300	2
2	300	3
3	300	3
4	300	2
5	300	3
6	300	0
7	300	2
8	300	3
9	300	3
10	300	0
11	300	2
12	300	3
TOTAL	3600	26

$$\bar{p} = \frac{\text{suma de np}}{\text{suma n}}$$

$$\bar{p} = \frac{26}{3600} = 0,0072 = 0,72\%$$

$$C_p = (1 - \bar{p})$$

$$C_p = (1 - 0,0072)$$

$$C_p = 0,9927 = 99,27\%$$

$$99,27\% \triangleleft 99,73\%$$

∴ el proceso no es hábil

TABLAS DE AREA BAJO LA CURVA NORMAL

Tabla A Área bajo la curva normal

Proporción del área total bajo la curva que está entre $-z$ y $\frac{X_i - \bar{X}'}{s'}$ (X representa cualquier valor que convenga de la variable X).

$\frac{X_i - \bar{X}'}{s'}$	0.00	0.05	0.07	0.08	0.08	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
-2.4	0.0017	0.0017	0.0018	0.0018	0.0019	0.0020	0.0021	0.0022	0.0023	0.0024
-2.4	0.0024	0.0025	0.0026	0.0027	0.0028	0.0029	0.0030	0.0031	0.0032	0.0033
-2.3	0.0034	0.0035	0.0036	0.0037	0.0038	0.0039	0.0040	0.0041	0.0042	0.0043
-2.3	0.0044	0.0045	0.0046	0.0047	0.0048	0.0049	0.0050	0.0051	0.0052	0.0053
-2.2	0.0054	0.0055	0.0056	0.0057	0.0058	0.0059	0.0060	0.0061	0.0062	0.0063
-2.2	0.0064	0.0065	0.0066	0.0067	0.0068	0.0069	0.0070	0.0071	0.0072	0.0073
-2.1	0.0073	0.0074	0.0075	0.0076	0.0077	0.0078	0.0079	0.0080	0.0081	0.0082
-2.1	0.0083	0.0084	0.0085	0.0086	0.0087	0.0088	0.0089	0.0090	0.0091	0.0092
-2.0	0.0092	0.0093	0.0094	0.0095	0.0096	0.0097	0.0098	0.0099	0.0100	0.0101
-2.0	0.0102	0.0103	0.0104	0.0105	0.0106	0.0107	0.0108	0.0109	0.0110	0.0111
-1.9	0.0111	0.0112	0.0113	0.0114	0.0115	0.0116	0.0117	0.0118	0.0119	0.0120
-1.9	0.0121	0.0122	0.0123	0.0124	0.0125	0.0126	0.0127	0.0128	0.0129	0.0130
-1.8	0.0131	0.0132	0.0133	0.0134	0.0135	0.0136	0.0137	0.0138	0.0139	0.0140
-1.8	0.0141	0.0142	0.0143	0.0144	0.0145	0.0146	0.0147	0.0148	0.0149	0.0150
-1.7	0.0151	0.0152	0.0153	0.0154	0.0155	0.0156	0.0157	0.0158	0.0159	0.0160
-1.7	0.0161	0.0162	0.0163	0.0164	0.0165	0.0166	0.0167	0.0168	0.0169	0.0170
-1.6	0.0171	0.0172	0.0173	0.0174	0.0175	0.0176	0.0177	0.0178	0.0179	0.0180
-1.6	0.0181	0.0182	0.0183	0.0184	0.0185	0.0186	0.0187	0.0188	0.0189	0.0190
-1.5	0.0191	0.0192	0.0193	0.0194	0.0195	0.0196	0.0197	0.0198	0.0199	0.0200
-1.5	0.0201	0.0202	0.0203	0.0204	0.0205	0.0206	0.0207	0.0208	0.0209	0.0210
-1.4	0.0211	0.0212	0.0213	0.0214	0.0215	0.0216	0.0217	0.0218	0.0219	0.0220
-1.4	0.0221	0.0222	0.0223	0.0224	0.0225	0.0226	0.0227	0.0228	0.0229	0.0230
-1.3	0.0231	0.0232	0.0233	0.0234	0.0235	0.0236	0.0237	0.0238	0.0239	0.0240
-1.3	0.0241	0.0242	0.0243	0.0244	0.0245	0.0246	0.0247	0.0248	0.0249	0.0250
-1.2	0.0251	0.0252	0.0253	0.0254	0.0255	0.0256	0.0257	0.0258	0.0259	0.0260
-1.2	0.0261	0.0262	0.0263	0.0264	0.0265	0.0266	0.0267	0.0268	0.0269	0.0270
-1.1	0.0271	0.0272	0.0273	0.0274	0.0275	0.0276	0.0277	0.0278	0.0279	0.0280
-1.1	0.0281	0.0282	0.0283	0.0284	0.0285	0.0286	0.0287	0.0288	0.0289	0.0290
-1.0	0.0291	0.0292	0.0293	0.0294	0.0295	0.0296	0.0297	0.0298	0.0299	0.0300
-1.0	0.0301	0.0302	0.0303	0.0304	0.0305	0.0306	0.0307	0.0308	0.0309	0.0310
-0.9	0.0311	0.0312	0.0313	0.0314	0.0315	0.0316	0.0317	0.0318	0.0319	0.0320
-0.9	0.0321	0.0322	0.0323	0.0324	0.0325	0.0326	0.0327	0.0328	0.0329	0.0330
-0.8	0.0331	0.0332	0.0333	0.0334	0.0335	0.0336	0.0337	0.0338	0.0339	0.0340
-0.8	0.0341	0.0342	0.0343	0.0344	0.0345	0.0346	0.0347	0.0348	0.0349	0.0350
-0.7	0.0351	0.0352	0.0353	0.0354	0.0355	0.0356	0.0357	0.0358	0.0359	0.0360
-0.7	0.0361	0.0362	0.0363	0.0364	0.0365	0.0366	0.0367	0.0368	0.0369	0.0370
-0.6	0.0371	0.0372	0.0373	0.0374	0.0375	0.0376	0.0377	0.0378	0.0379	0.0380
-0.6	0.0381	0.0382	0.0383	0.0384	0.0385	0.0386	0.0387	0.0388	0.0389	0.0390
-0.5	0.0391	0.0392	0.0393	0.0394	0.0395	0.0396	0.0397	0.0398	0.0399	0.0400
-0.5	0.0401	0.0402	0.0403	0.0404	0.0405	0.0406	0.0407	0.0408	0.0409	0.0410
-0.4	0.0411	0.0412	0.0413	0.0414	0.0415	0.0416	0.0417	0.0418	0.0419	0.0420
-0.4	0.0421	0.0422	0.0423	0.0424	0.0425	0.0426	0.0427	0.0428	0.0429	0.0430
-0.3	0.0431	0.0432	0.0433	0.0434	0.0435	0.0436	0.0437	0.0438	0.0439	0.0440
-0.3	0.0441	0.0442	0.0443	0.0444	0.0445	0.0446	0.0447	0.0448	0.0449	0.0450
-0.2	0.0451	0.0452	0.0453	0.0454	0.0455	0.0456	0.0457	0.0458	0.0459	0.0460
-0.2	0.0461	0.0462	0.0463	0.0464	0.0465	0.0466	0.0467	0.0468	0.0469	0.0470
-0.1	0.0471	0.0472	0.0473	0.0474	0.0475	0.0476	0.0477	0.0478	0.0479	0.0480
-0.1	0.0481	0.0482	0.0483	0.0484	0.0485	0.0486	0.0487	0.0488	0.0489	0.0490
0.0	0.0491	0.0492	0.0493	0.0494	0.0495	0.0496	0.0497	0.0498	0.0499	0.0500

GLOSARIO DE TERMINOS

GLOSARIO DE TERMINOS UTILIZADOS EN EL CAPITULO

. Variables y tipos de defectos:

Al estudiar una característica de calidad de un artículo en un proceso de producción se tienen dos tipos de observaciones:

- a) Si la característica de calidad puede ser medida como diámetro, espesor, peso, presión, temperatura, etc...será observación por mediciones.
- b) Si solo se registra la presencia o ausencia de una cualidad en un artículo como etiquetar con aceptado o rechazado un producto, si el artículo satisface o no la cualidad será observación por atributos.

Las variables cuyos valores provienen de mediciones se llaman continuas. Las variables cuyos valores provienen de conteos referentes a atributos o a decir pasa o no pasa se llaman discretas.

. Variación:

En una línea de producción en la que se fabrica un cierto tipo de artículo en una máquina en excelentes condiciones, operario con experiencia, materia prima de alta calidad se puede verificar que la longitud de 2 artículos producidos consecutivamente con solo segundos de diferencia son distintos.

No hay dos artículos exactamente iguales, así la variación o variabilidad es la diferencia entre los valores de una variable.

. Estadística

Es la ciencia que se ocupa de recopilar, organizar, representar, analizar, extraer y generalizar información contenida en un conjunto de datos.

. Población

Será el conjunto de elementos sobre los cuales se realiza un estudio estadístico.

. Población Estadística

Está constituida por todos las posibles observaciones (mediciones o descripciones) que se pueden hacer en los elementos que se desea estudiar.

. Muestra

Parte de los elementos de una población.

. Muestra Representativa o Aleatoria

Aquella en la cual cada uno de los elementos de la población tienen la misma posibilidad de participar en ella.

. Estadística Inductiva o Inferencial

La parte de la estadística que trata con una muestra representativa y hace inferencias o generalizaciones con base a resultados obtenidos de ella.

. Estadística Descriptiva

La parte de la estadística que versa sobre la recolección, organización y análisis de datos.

C A P I T U L O I V

I M P L A N T A C I O N

INTRODUCCION

Para una implantación adecuada se requirió de una planeación en forma ordenada de manera de involucrar tanto a Directivos, Gerentes, Jefes de Areas, Supervisores y Operarios en su momento oportuno y de manera continua.

Para lograr este involucramiento fué necesario adiestrar, capacitar y concientizar de la necesidad de cambio a los elementos que forman el Departamento de Productividad y de la importancia que tienen en todo el proceso de la implantación.

Se ve que el proceso de implantación es a largo plazo y se requiere de mucha consistencia y de sacrificio por parte de todos.

Antes de llevar a cabo el Programa de Implantación se requirió de que el Departamento de Productividad y en especial los ingenieros industriales llevarán a cabo la aplicación de las herramientas de control para ver resultados de este proceso en mejoras de calidad.

En la compañía dentro de Producción se tienen las siguientes áreas:

- Zamak
- Galvanoplastia
- Pulido
- Pintura
- Plásticos
- Montaje I
- Montaje II
- Prensas

Para iniciar esta aplicación se requirió de analizar cada área con base en Costo por Rechazos de acuerdo a la lista de Rechazos oficial dada por el Departamento de Costos de la compañía. Se analizó el comportamiento de cada una desde Enero de 1985 a la fecha, y se determinó que el área más problemática fué Plásticos.

Se hicieron entonces análisis de muestreos que consistieron desde qué es lo que se va a muestrear, cómo se va a muestrear, qué y cómo se va a corregir. Se elaboraron los siguientes procedimientos:

- a) Determinación de Variables
- b) De Muestreo
- c) Obtención de Gráficas de Control
- d) **Acciones** correctivas preventivas

Posteriormente dentro del área de Plásticos se analizaron los rechazos obtenidos de cada producto elaborado y se determinaron los diez principales con el fin de que cada ingeniero industrial (2) llevará 5 productos, llevando el control estadístico en base a los procedimientos elaborados. Al cabo de un mes se determinó el comportamiento, se hicieron análisis de correcciones mediante Diagramas de Pareto y de Causa y Efecto, por otro lado se realizan semanalmente reportes de rechazos, y mediante las gráficas de control y Diagramas de Causa y Efecto junto con Diagramas de Pareto se realizan Juntas de rechazos de Plásticos con la gente involucrada y el gerente del Departamento de Productividad como mediador para analizar problemas, asignar responsabilidades y obtener resultados. Actualmente, al cabo de unos meses el área de Plásticos ha pasado a ser segundo o tercer lugar de Costos de Rechazos del Departamento de Producción.

Esto nos da una idea y pauta de que se puede realizar de manera muy eficiente la implantación del Control Estadístico del Proceso como medida del mejoramiento continuo de la calidad en toda la empresa.

PROGRAMA DE IMPLANTACION

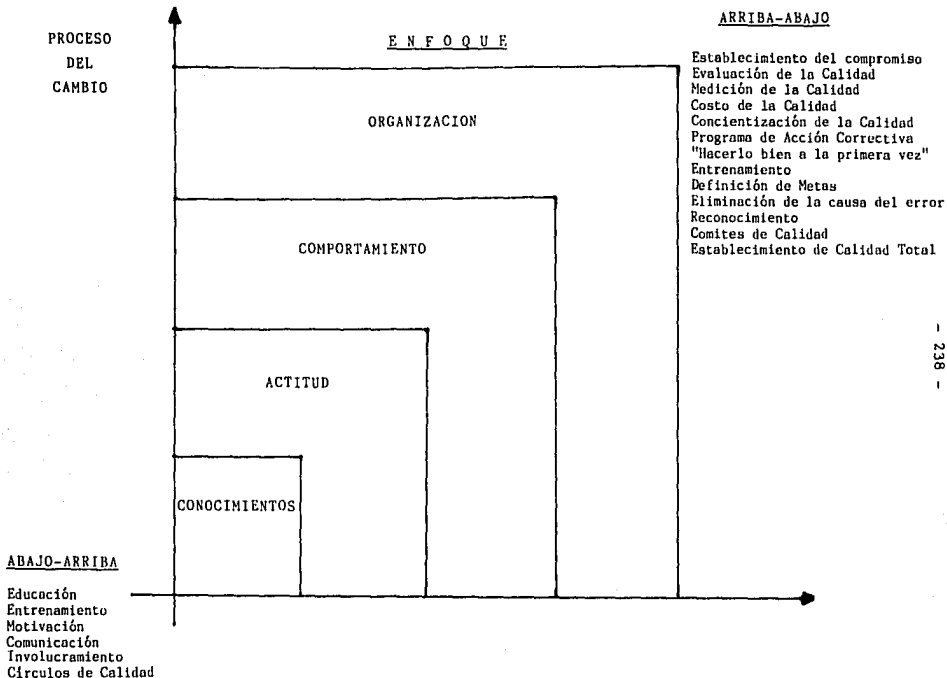
A continuación se da el programa sobre herramientas de control a la Alta Gerencia, Gerencia Media, Supervisores y Operarios elaborados por el Departamento de Productividad.

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA CALIDAD														
PROGRAMA: CALIDAD TOTAL														
1986														
DIAS	HORA	DIRIGIDO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
MIÉRCOLES	15:00 A 16:00	ALTA DIRECCION			↔					↔ 10 hrs				
LUNES A VIERNES		GERENCIA MEDIA								↔ 33 hrs				
LUNES A VIERNES	12:30 A 13:30	SUPERVISORES MONTAJE T, II						↔ 40 hrs						
LUNES A VIERNES	17:00 A 13:00	SUPERVISORES PRENSAS ZARCAS PLASTICOS PULIDO CALVANOPLASTIA									↔ 43 hrs			
LUNES A VIERNES		OPERARIOS												45 hrs.

En este programa queda involucrada toda la gente de producción así como directores y gerentes de la compañía.

PLAN ESTRATEGICO DE CALIDAD-PRODUCTIVIDAD

Diariamente se sigue este Plan Estratégico de Calidad-Productividad diseñado por el Departamento de Productividad de la compañía con el fin de mantener conciente a la gente de la empresa de todos los niveles y cuyo objetivo primordial es mejorar la calidad y la productividad.



CONTENIDO DE CURSOS

Para el contenido de los cursos para algunos niveles fué necesario analizar el nivel de estudios de cada empleado y su comportamiento desde su llegada a la empresa. Es por esta razón que el contenido de cada curso fué diferente y su elaboración fué muy cuidadosa.

a) Por lo que respecta al curso de Alta Gerencia, las herramientas de control vistas en el Capítulo III se dieron en forma completa. En el curso se toman ejemplos de problemas de cualquier nivel ya sea administrativos ó producción, se analiza y dan posibles soluciones asignando responsabilidades a involucrados, los resultados han sido buenos. En este curso tanto expositores como instruidos sugieren de la importancia de continuidad en esta implantación y del papel que juega el Directivo de la compañía.

b) En cuanto a la Gerencia Media existe un poco de desequilibrio en cuanto a nivel de estudios. La mayor parte tienen estudios de Ingeniería, sin embargo, existen otros que tienen hasta secundaria o vocacional y que han llegado a Jefatura por la experiencia adquirida a través de su paso por la compañía. El curso básicamente es el mismo que el de Alta Gerencia sólo que aquellas personas que tienen estudios de secundaria o vocacional reciben una capacitación además individual para no contrarrestar el nivel del curso y crear aburrimiento y pérdida de interés. Algo muy positivo es que estas personas tienen una actitud de superación que ayudan a que la capacitación individual sea mas sencilla y fácil. También se analizan problemas relacionados con producción, se ven productos que tienen que ver de una manera u otra con todas las áreas de producción, se analizan, se asignan responsabilidades y se dan soluciones. Además se está viendo un cambio muy bueno en el sentido de cooperación de buscar soluciones, no culpables y ésto se refleja ya en su gente que tienen una actitud muy po-

sitiva en cuanto a producir calidad y no cantidad, que con la calidad la cantidad se dará automáticamente.

c) En cuanto a supervisores, el nivel de estudios es bajo por lo que el contenido del curso se dá en forma muy básica y sólo se recalca la importancia del Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa y Efecto y Gráficas de Control. Las otras herramientas se dan en forma muy sencilla de manera que las conozcan. Se ha visto que la iniciativa de esta gente es enorme y tienen disposición de superación personal y de la compañía; es gente muy noble y que influyen mucho en su personal a supervisar. Aquí el curso se dividió en varios grupos:

- 1) De Transformación donde intervienen supervisores de Zamak, Plásticos, Pulido, Galvanoplastia, Prensas y Pintura.
- 2) De Ensamble como son Montaje I y II. Ya se empiezan a ver resultados de acciones correctivas en donde hacen intervenir mucho a la gerencia media y alta ya que muchos problemas son del sistema, y son ellos los indicados a cambiarlos. (21)

d) En cuanto a operarios, la situación es muy especial, ya que muchos de ellos no tienen estudios mínimos y por lo mismo es muy difícil capacitarlos y sobre todo en Estadística.

Se acaba de realizar una prueba piloto con una línea de Producción del área de Montaje II. En ella había personas con estudios hasta de preparatoria y otras en cambio que no sabían leer y apenas escribían. A este grupo se le dió una introducción sobre herramientas de control y se les habló principalmente de las tres herramientas básicas que son Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa y Efecto y Gráficas de Control; se hicieron ejemplos de problemas reales en clase con

(21) El 85% de los problemas pertenecen al sistema y 15% a los operarios

duración de dos horas diarias (teoría) y otras tantas de práctica. Se analizó en forma detallada el proceso de la línea (Espejos Atlantic), se vieron problemas presentados en el mismo, se analizó por Diagrama de Pareto y posteriormente por Diagrama de Causa y Efecto, se involucró a todas las personas ligadas a la línea, esto es, desde operarias, supervisor, Jefe de Area, Inspector de Calidad, Gerente de Producción, asistente, gente de productividad, etc.; se asignaron responsabilidades y actualmente se tienen resultados.

Esta prueba piloto nos sirvió para diseñar un curso especial para los operadores de "Herramientas Básicas de Control" como son Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa y Efecto y Gráficas de control.

Además se solicitó al Departamento de Relaciones Industriales un estudio académico completo de todos los operarios u obreros de la compañía para hacer grupos de aprendizaje de lectura y escritura antes de entrar a Herramientas de Control, y también se impartirán cursos de Relaciones Humanas en la Familia y el Trabajo.

GRUPOS DE CALIDAD

Ante problemas presentados en el departamento de producción diariamente, la gerencia del departamento de Productividad elabora quincenalmente o semanalmente según se requiera, reportes de costo por rechazos y principales causas de los mismos sobre artículos elaborados en cada área de producción, con el objetivo de determinar los principales problemas que se tienen y tomar acciones correctivas a la brevedad posible.

Se tienen por lo tanto grupos de calidad de cada área de producción formados por personas involucradas o indirectamente en el área; se encuentran el Director Técnico, el Gerente de Producción, Gerente de Programación, Jefe de Area, Supervisores de Area, en ocasiones operadores del Area, el Gerente de Productividad como mediador y algunas otras personas pueden influir ó intervenir en el problema.

Estos grupos han tenido respuestas positivas y muchos problemas han sido solucionados. Sin embargo, se necesita de mucha consistencia por parte de todos para tener el éxito que se espera tengan, porque se requiere para subsistir de CALIDAD TOTAL.

OBSTACULOS Y PROBLEMAS.

Se ha tenido un gran obstáculo para la implantación adecuada del Control Estadístico de Proceso y es el problema que se vive hoy en día en México. La situación económica por la que atraviesa el país es muy crítica, ocasionando que la rama Automotriz esté sufriendo en forma considerable, y por lo mismo, problemas internos de la Compañía han ocasionado la baja del casi 50% de los obreros y algunos reajustes de empleados, lo que tiene en tensión a la gente de la compañía y su dedicación e interés en realizar eficientemente su trabajo ha pasado en ocasiones a segundo término.

Por otro lado el personal de gerencia media (jefes de Departamento), supervisores y los obreros se han cuestionado acerca de la consistencia del propósito, tiempo de duración del programa, consistencia de parte de la Alta Dirección, etc., lo que en un principio los tuvo un poco reservados en su involucramiento. Sin embargo, en el transcurrir del tiempo la consistencia de la Alta Dirección ha ido contagiándose en el resto del personal ya que serán las compañías con consistencia de propósito por la Calidad/Productividad y servicios las únicas sobrevivientes para las siguientes décadas.

Otro problema importante consiste en la Educación del personal, en especial de los obreros. Un gran porcentaje no cuenta con estudios de algún tipo, lo que dificulta el accionar de implantación del Control Estadístico de Proceso.

CONCLUSION.

Sin embargo, ante los problemas u obstáculos presentados, la implantación continúa. Por otro lado El Departamento de Aseguramiento de Calidad está impartiendo cursos de Herramientas de control a toda la gente de su departamento y a los departamentos Administrativos de la empresa como Compras, Ventas, Contabilidad y Costos, Programación, Sistemas, etc., junto con el Director de su respectivo Departamento, ya involucrado anteriormente por la Gerencia de Productividad.

La empresa requiere de un cambio para no verse envuelto por el entorno en que se mueve , y ese cambio se requiere HOY. LA ACTITUD DE CAMBIO LA TOMAMOS TODOS, YA QUE ES UN OBJETIVO EN COMUN EMPRESA-EMPLEADOS Y SOLO JUNTOS PODREMOS SALIR ADELANTE.

CONCLUSIONES.

Los desafíos que nos presenta el mundo de hoy y principalmente México, caracterizados por el cambio constante y acelerado del medio ambiente, - pleno de crisis, convulsiones y sorpresas - deben hacernos reflexionar y convencernos de que el Directivo que se requiere de ahora en adelante tiene que ser un Directivo renovado, con nueva visión y nuevas estrategias ya que las empresas requieren de un cambio de ACTITUD hacia la CALIDAD TOTAL para ser competitivas y poder subsistir.

Esta empresa de la rama automotriz está conciente de ésos cambios constantes y sus dirigentes, con perspectivas - globales del sistema y del entorno en que se mueve, han sido promotores del cambio de ACTITUD con un alto sentido de responsabilidad, convencidos de cumplir uno de sus objetivos - principales: SER LIDERES EN EL MERCADO DE LA RAMA AUTOMOTRIZ EN AUTOPARTES.

Se ha iniciado la Implantación del Control Estadístico del Proceso en toda la empresa y ha sido el Departamento de Productividad el encargado de capacitar a todo el personal de Producción (Gerente, Jefes, Supervisores y Operarios) así como a la Alta Gerencia de la empresa. Por su parte el Departamento de Aseguramiento de Calidad se ha encargado de capacitar a toda el área administrativa de la empresa, al personal de su propio departamento y a proveedores, ya que se está conciente del papel que desempeñan éstos últimos y que de una u otra manera forman parte del cambio de ACTITUD de la empresa.

Los cursos de Herramientas de Control fueron diseñados de acuerdo a cada nivel de la compañía y expuestos conforme al Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad elaborado por el Departamento de Productividad.

Existen grupos de Calidad formados por empleados de la compañía de todos los niveles, que analizan y mejoran procesos cuando se requiere recordando que el 85% de las deficiencias son originadas por el sistema y el 15% por los trabajadores.

B I B L I O G R A F I A

- A. I. Grant Eugene, y S. Leavenworth Richard. Control Estadístico de Calidad. México, C.E.C.S.A., 1984. 708 pp
- B. Kennedy John, y M. Neville Adam. Estadística para Ciencias e Ingeniería. México, HARLA, 1982. 468 pp
- C. Duhne Carlos. Técnicas Estadísticas y Administrativas para la Productividad. México, LIMUSA, 1984.
- D. Universidad Panamericana. Seminario de Productividad. México, 1985.
- E. Programa FORD-ITESM. Control Estadístico del Proceso para Proveedores y la Industria Nacional. México, 1985.
- Módulo I : Introducción al C.E.P.
- Módulo II : Matemáticas Básicas
- Módulo III : Herramientas Básicas I
- Módulo IV : Herramientas Básicas II
- Módulo V : Proceso dentro de Control Estadístico y Evaluación de la habilidad del proceso
- Módulo VI : Probabilidad
- Módulo VII : Inferencia Estadística
- Módulo VIII : Muestreos de Aceptación
- F. Gerencia de Productividad. Necesidad del Mejoramiento de la Calidad. México, E.O.S.A., 1985.