



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

12
Zej.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

SISTEMA DE CALIDAD TOTAL EN
PROCESOS DE MANUFACTURA.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A I
DELGADO GOMEZ ARIEL

DIRECTOR DE TESIS,
ING JUAN GARIBAY BERMUDEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MEX.

ENERO 1994



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'NI: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
"Sistema de Calidad Total en Procesos de Manufactura".

que presenta el pasante Ariel Delgado Gómez
con número de cuenta: 8406472-9 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR NI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 29 de Noviembre de 1993

PRESIDENTE	Ing. Juan R. Caribay Ferrández	
VOCAL	Ing. Juan de la Cruz Hernández Zanudio	
SECRETARIO	F.M. Fernando Flores Perfez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Armando Aguilar Márquez	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Antonio Trejo Luque	

UAE/DEP/VAP/01

mipr*

Agradecimientos.

Al creador por las maravillas de la vida y del Universo.

A mis padres Ariel y María del Refugio, que gracias a su virtuoso ejemplo, rectitud y Educación debo mi ser y mis logros; a ellos les estaré eternamente agradecido y lucharé por nunca defraudarlos, enriqueciendome continuamente con sus sabios consejos.

A mis hermanas Patricia, Araceli, Elsa y Georgina por su apoyo en todos los momentos de mi formación a quienes agradezco su motivación y coraje para impulsarme a emprender nuevas metas.

A mis sobrinos Edmundo Ariel, Yanick, Yohann, y a la pequeña Mariela quienes llenan mi corazón de ternura y alegría.

A todos mis familiares, Amigos y Profesores que siempre estuvieron conmigo en todo momento compartiendo experiencias y conocimientos.

A todos ellos les dedico este trabajo.

Ariel.

INDICE

- 1.- Título: Sistema de Calidad Total en Procesos de Manufactura.
- 2.- Objetivo: Conocer como opera un sistema de calidad Total para enfrentar los requerimientos Industriales de competitividad y productividad.

Capítulo 1 Características del Control Total de Calidad

- 1.1.- Breve historia del control total de calidad. p 1
1.2.- ¿Que es control total de calidad? p 5
1.3.- El significado de control en la industria. p 6
1.4.- El nacimiento de los círculos de Control de Calidad. p 8
1.5.- La Garantía de calidad. p 10

Capítulo 2 El Sistema de Calidad Total

- 2.1.- Definición del sistema de calidad total. p 14
2.2.- Ventajas del Control Total de Calidad y el papel de la Gerencia General. p 14
2.3.- Establecimiento del Sistema de Calidad Total. p 15
2.4.- Control de Calidad para Proveedores y Subcontratistas. p 27
2.5.- Costos del sistema de Calidad Total. p 32

Capítulo 3 El Método Deming

- 3.1.- El Doctor Edward Deming. p 33
3.2.- El Método Gerencial Deming y sus 14 Puntos. p 34

Capítulo 4 Utilización de Métodos Estadísticos

- 4.1.- Diagrama Causa Efecto. p 52
4.2.- Diagrama de flujo. p 57
4.3.- Diagrama de Pareto. p 59
4.4.- Gráfica de tendencia. p 63
4.5.- Histograma. p 64
4.6.- Diagrama de dispersión. p 67
4.7.- Gráficas de control de mediciones. p 70
- 4.7.1.- Gráficos de Mediciones:
- a) Gráfico \bar{X} -R p 71
 - b) Gráfico \bar{X} -S p 85
 - c) Gráfico \bar{X} -R p 96
 - d) Gráfico \bar{x} (Lecturas Individuales) p 106
- 4.7.2.- Gráficos de Atributos:
- a) Gráfico p p 119
 - b) Gráfico np p 128
 - c) Gráfico c p 137
 - d) Gráfico u p 143

Capítulo 5 Caso Practico.

- 5.1.- Caso en la Industria Automotriz p 150

Capítulo 6 Conclusiones. p 183

CAPITULO 1

Características del control total de Calidad.

1.1.- Breve historia del Control Total de Calidad.

1.- Cómo mejorar la calidad mediante el ciclo de Planear, hacer, Verificar y Actuar (PHVA, o ciclo Deming, relacionado con Diseño, producción, ventas, encuestas y rediseño.) Este es el círculo más comunmente conocido como el ciclo de la mejora continua debido a que si se utiliza adecuadamente siempre que llegemos a la etapa de planeación ya habremos desarrollado una nueva etapa de bienes y servicios que cuentan con un mejor grado de adelantos y de calidad.

2.- La importancia de captar la dispersión en las estadísticas.

3.- Control de Procesos mediante cuadros de control y cómo aplicarlos.

MODELO DE MEJORA CONTINUA

VOZ DEL PROCESO

MÉTODOS
ESTADÍSTICOS

GENTE
EQUIPO
MATERIALES
MÉTODOS
MEDIO
AMBIENTE



PRODUCTOS
O SERVICIOS

CLIENTES

IDENTIFICACION DE
CAMBIOS DE NECESIDADES Y
EXPECTATIVAS

ENTRADAS

PROCESO/SISTEMA

SALIDAS

VOZ DE LOS CLIENTES

La importancia de la garantía de calidad en productos nuevos.
Si en vez de acudir a la inspección dejamos de producir artículos defectuosos desde el comienzo, en otras palabras, si controlamos los factores del proceso que ocasionan productos defectuosos, ahorraremos mucho dinero que de otra manera se gastaría en inspección.

Las normas de calidad se elevan constantemente de acuerdo con las expectativas crecientes del consumidor; Será imposible resolver los problemas de confiabilidad, seguridad y economía del producto si el diseño es defectuoso o los materiales son mediocres, es indispensable controlar todos los procesos relacionados con el desarrollo, planificación y diseño de nuevos productos, se necesita un programa de control de calidad cuya aplicación sea más amplia que en el pasado.

Necesidad de la participación total.

Será preciso que todas las divisiones de la empresa y todos sus empleados participen en el control total de calidad. La convergencia de estas dos tendencias ha dado origen al control de calidad en toda la empresa, ésta es la característica más importante del control total de Calidad.

Es un sistema de métodos de producción que económicamente genera bienes o servicios de calidad, acordes con los requisitos de los consumidores. El control de calidad moderno

utiliza métodos estadísticos y suele llamarse control de calidad estadístico.

Practicar el control de calidad es desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el más útil y siempre satisfactorio del consumidor.

En su interpretación más estrecha, calidad significa calidad del producto. En su interpretación más amplia, calidad significa calidad en el trabajo, calidad del servicio, calidad de la información, calidad del proceso, calidad de la división, calidad de las personas incluyendo a los trabajadores, ingenieros gerentes y ejecutivos, calidad del sistema, calidad de la empresa, calidad de los objetivos etc. Nuestro enfoque básico es controlar la calidad en todas sus manifestaciones.

Por muy buena que sea la calidad, el producto no podrá satisfacer al cliente si el precio es excesivo. En otras palabras, no podemos definir la calidad si no tenemos en cuenta el precio. Esto cobra importancia al planear y diseñar la calidad.

Hacer control de calidad significa:

- * Emplear el control de calidad como base.
- * Hacer control de costos, precios y utilidades.
- * Controlar la cantidad (volúmen de producción, de ventas y de existencias) así como las fechas de entrega.

Por esta razón el control total de calidad se llama también " control de calidad integrado " control de calidad con plena participación " y " Control de calidad gerencial ".

1.2.- ¿ Qué es control Total de Calidad ?

La meta de la industria competitiva, respecto a la calidad del producto, se puede expresar claramente: proporcionar un producto o servicio en el cual su calidad haya sido diseñada, producida y conservada a un costo económico y que satisfaga por completo al consumidor.

El control total de calidad es un sistema efectivo de los esfuerzos de varios grupos en una organización para la integración del desarrollo, del mantenimiento y de la superación de la calidad con el fin de hacer posibles mercadotecnia, ingeniería, fabricación y servicio, a la satisfacción total del consumidor y al nivel más económico. Su amplitud y esencialidad hacen del control total de calidad una nueva e importante área de la administración, el control total de calidad ha producido relevantes mejoras en la calidad y confiabilidad del producto para muchas organizaciones del mundo. El control total de la calidad proporciona las bases

fundamentales de la motivación de calidad positiva para todos los empleados de la compañía desde altos ejecutivos hasta trabajadores de ensamble, personal de oficina, agentes y personal de servicio.

Los términos de " Control de calidad " y " Aseguramiento de la calidad " han llegado a tener diferentes significados en varias organizaciones cada término se refiere a diversos aspectos de la actividad de la satisfacción de calidad en el cliente.

1.3.- El Significado de control en la industria.

Control en la terminología industrial se puede definir como: "Un proceso para delegar responsabilidad y autoridad para la actividad administrativa con objeto de asegurar resultados satisfactorios."

El procedimiento para alcanzar la meta industrial de calidad es, por tanto llamada control de calidad, de la misma manera que los procedimientos para alcanzar la producción y objetivos de costos se llaman, respectivamente, " Control de producción y control de costos ". Normalmente hay cuatro pasos para este control:

- 1.- *Establecimiento de estandares.* Determinación de estandares requeridos para los costos de calidad, para el funcionamiento, seguridad y para la confiabilidad del producto.

- 2.- *Estimación de conformidad.* Comparación de la concordancia entre el producto manufacturado o el servicio ofrecido y los estándares.
- 3.- *Ejercer acción cuando sea necesario.* Corrección de los problemas y sus causas a través de la gama completa de los factores de mercadotecnia, diseño, ingeniería, producción y mantenimiento que influyen en la satisfacción del usuario.
- 4.- *Hacer planes para el mejoramiento.* Desarrollar un esfuerzo continuo para mejorar los estándares de los costos, del comportamiento de la seguridad y confiabilidad del producto.

El control efectivo es hoy un requisito central para la administración exitosa.

Los cambios importantes dentro de la próxima década se presentarán en la forma que las actividades operacionales están estructuradas (para el control). Para el campo de la calidad, es una reafirmación de principios básicos. Estos principios son aquellos de control en el sentido positivo, autónomo de establecer los estándares orientados preventivamente al control; valuación del desempeño del producto y conformación de resultados contra estos estándares; y asegurar entonces las acciones necesarias de ajuste a través de todo ciclo de mercadotecnia, ingeniería de diseño, producción y mantenimiento.

1.4.- El nacimiento de los círculos de control de calidad.

Una de las formas más extendidas de participación de grupos de empleados es el círculo de calidad. Un círculo de calidad es un grupo de empleados normalmente de un área de la planta y de la actividad de la compañía normalmente pequeños que se reúnan periódicamente a menudo una hora a la semana para propósitos como:

- * Señalar, examinar y resolver problemas, normalmente de calidad, pero también de productividad, seguridad, relaciones de trabajo, costos, almacenes etc.

- * Para realizar la comunicación entre empleados y administradores.

Una de las características únicas del círculo de calidad, es el énfasis estructural sobre la solución organizada de los puntos y problemas relevantes de la planta y compañía. Uno de los factores principales en la actividad del círculo de calidad es el entrenamiento de los participantes del círculo en estas técnicas de análisis y síntesis.

El grupo del círculo de calidad normalmente incluye de 8 a 12 empleados, cuya participación es normalmente voluntaria, con un líder de grupo que puede ser normalmente voluntario, o como es el caso al inicio del programa alguno asignado con éste propósito.

Cada grupo puede tener también lo que ha venido a ser llamado un facilitador, específico, entrenar al líder del círculo, así como a los miembros, en las técnicas de solución de problemas, actuando algunas veces como un consultor técnico y en ayudar al círculo durante los períodos difíciles.

El programa de círculos de calidad para una planta será guiado por un comité gobernante. Este comité gobernante puede incluir personal o administración de planta, personal de producción, supervisión y de relaciones con empleados, personal de ingeniería, mercadotecnia, así como personal de producción y oficinas.

Este comité gobernante es el mecanismo administrativo de proporcionar los recursos a la planta para hacer posible la actividad del círculo, autorizar las acciones del círculo, así como de establecer políticas y guías, sugerir áreas para la atención apropiada del círculo, e indicar las áreas que no son muy apropiadas, generar recomendaciones etc.

Una característica principal de los círculos de calidad es que están estructurados para dirigir su atención sobre los problemas de la planta y compañía de una forma organizada. Los líderes del círculo de calidad estarán entrenados para la identificación de puntos de mejora. Este entrenamiento normalmente incluye los conceptos de participación de grupo, creatividad y esfuerzo mental, identificación de temas y solución de problemas, el desarrollo de la conciencia de calidad y productividad, técnicas estadísticas.

El ímpetu de establecer un programa de círculo de calidad, generalmente viene de la función de control de calidad de la planta y compañía, debido a la contribución que puede ser hecha tanto por el compromiso de calidad como a las mejoras de calidad. La evolución del programa queda implementada con mayor efectividad a través del liderazgo directo de la función de producción, la experiencia ha demostrado que la efectividad a largo plazo de los círculos de calidad se relaciona a que tan cercanamente su operación sea constante y efectiva.

1.5.- La Garantía de Calidad.

Este tema trata de la gerencia según el principio de la calidad primero o de la garantía de calidad, que constituye la esencia misma del control total de calidad.

Al ocuparnos de la garantía de calidad debemos tener en cuenta tres consideraciones importantes.

1.- La empresa debe garantizar una calidad acorde con los requisitos de los consumidores (características de calidad reales). No se trata de cumplir las normas nacionales, aunque la empresa no podría hablar de garantía de calidad si sus productos ni siquiera cumplen con estas normas.

2.- Debe expresarse igual interés en el caso de productos de exportación. Todo artículo despachado al exterior deberá de satisfacer las exigencias de los consumidores extranjeros.

3.- Los altos ejecutivos deberán reconocer la importancia de la garantía de calidad y asegurar que toda la empresa de lo máximo para alcanzar esta meta común. Si la compañía lleva a cabo la garantía de calidad, podrá (a) traer felicidad y satisfacción a sus clientes en todo el mundo, lo que aumentará las cifras de ventas, y (b) ganará buenas utilidades a la larga, lo cual será satisfactorio para los ejecutivos, empleados y accionistas.

¿ Que es la garantía de Calidad ?

Garantía de calidad es asegurar la calidad de un producto de modo que el cliente pueda comprarlo con confianza y utilizarlo largo tiempo con confianza y satisfacción.

Para que el cliente compre convencido, debe de tener confianza de determinado producto de un fabricante que haya ganado un buen nombre merced a haber estado suministrando artículos de calidad por largo tiempo.

El siguiente punto es la satisfacción del cliente. El producto no ha de tener fallas ni defectos, pero esto solo no basta. Es necesario asegurar la calidad de diseño, viendo que el producto sea realmente funcional tal como el cliente espera el producto debe de tener características de calidad reales, siempre es necesario un servicio eficiente y competente después de la venta.

Para dar una buena verdadera garantía de calidad, los altos ejecutivos deberán fijar políticas firmes que abarquen las siguientes divisiones, investigación, planificación, diseño, manufactura, ventas y servicio. Estas políticas también deben llegar hasta los subcontratistas que suministran las piezas a las empresas y a los diversos sistemas de distribución. No se podrá dar una buena garantía de calidad completa sin la participación de todos.

Adelantos en los métodos de garantía de Calidad.

Antiguamente la garantía de calidad cumplió con las siguientes etapas:

- 1a.- Garantía de calidad orientada hacia la inspección.
- 2a.- Garantía de calidad orientada hacia el proceso.
- 3a.- Garantía de calidad con énfasis de nuevos productos.

Garantía de calidad orientada hacia la inspección.

Históricamente, la garantía de calidad comenzó haciendo buena inspección, En occidente muchos siguen pensando que inspección equivale a garantía de calidad. Durante el período en que se hacía énfasis principalmente en la inspección, el CC correspondía a la división de control de calidad o de inspección, esto ocasionó varios problemas.

Lo primero es que los inspectores son personal innecesario que reducen la productividad global de la empresa. Lo segundo es que en el Japón de la posguerra el CC se ha promovido con la idea de que la responsabilidad por la garantía de calidad incumbe a los productores. El CC se ha extendido a los subcontratistas y fabricantes que trabajan en conjunto. Las piezas y los materiales subcontratados deberán tener su garantía de calidad de los proveedores. Los compradores (por ejemplo ensambladores y usuarios) inspeccionaban en el momento de comprar, si dudaban de la confiabilidad del proveedor. Si éste es confiable en materia de calidad, la compra puede efectuarse sin inspección. Este es el llamado sistema de compra garantizada.

CAPITULO 2

El Sistema de calidad total.

2.1.- Definición del sistema de calidad total.

El concepto de control total de calidad fué originado por el Doctor V. Freigenbaum en los años 50. Según Freigenbaum, el control total de calidad (CTC) puede definirse como " Un sistema eficaz para integrar los esfuerzos en materia de desarrollo de calidad, mantenimiento de calidad y mejoramiento de calidad realizados por los diversos grupos en una organización, de modo que sea posible producir bienes y servicios a los niveles más económicos y que sean compatibles con plena satisfacción de los clientes." Freigenbaum sugirió que el CTC estuviera respaldado por una función gerencial bien organizada, cuya única área de especialización fuera la calidad de los productos y cuya única área de operaciones fuera el control de calidad.

2.2.- Ventajas del control total de calidad y el papel de la gerencia general.

Las ventajas del control total de calidad son entre otras para establecer una empresa cuya salud y carácter corporativos permitan un crecimiento sostenido, combinando las energías creativas de todos los empleados, y con la meta de alcanzar la mejor calidad del mundo. Para desarrollar los productos más modernos y mejorar nuestro sistema de asegurar la calidad, también para crear un lugar de trabajo más agradable en donde

se produzca una calidad impecable, superior a las normas internacionales pero a menor costo, y que tomen en cuenta los requisitos de clientes y usuarios. Para alcanzar la prosperidad de la empresa mediante las mejoras en el control administrativo, La responsabilidad básica para sobresalir en la creación, mejoras y operación de los sistemas de calidad debe ahora descansar en las manos de la administración de la compañía en sí, en vez de hacerlo sólo en las manos de sus componentes funcionales, ésto se dá como resultado de que el papel de la gerencia sea tan importante en toda compañía, y la filosofía de calidad comienza predicando con el ejemplo por parte de la alta dirección esto se difundirá en cascada al resto del personal de toda la corporación.

2.3.- Establecimiento del Sistema de Calidad total.

El sistema moderno de calidad total es el resultado de un diseño, instalación y mantenimiento disciplinados y estructurados del rango completo de todas las actividades de calidad de las personas, máquinas e información que genuinamente aseguran la calidad para el cliente y costos bajos de calidad para la planta y la compañía.

Hay varios principios que son fundamentales para la ingeniería de sistemas de la calidad total que pueden ser enunciados:

● La integración de sistemas de la calidad, relaciona la tecnología de la calidad a los requisitos de calidad. Esto quiere decir que primeramente escucha la voz del cliente para poder diseñar en base a la retroalimentación del consumidor de bienes y servicios, utilizando la tecnología y/o creándola para así satisfacer estas necesidades.

● La Ingeniería de sistemas de calidad relaciona esta tecnología de la calidad a los requisitos de calidad en una manera organizada de los procedimientos y controles específicos necesarios.

● La Ingeniería de Sistemas de calidad considera el rango total de todos los factores relevantes humanos, de información y de equipo necesarios para estos procedimientos y controles.

● La Ingeniería de sistemas de calidad establece específicamente las medidas de "retroalimentación" contra las cuales el sistema de calidad se evaluará cuando esté operando.

● La Ingeniería de sistemas de calidad estructura entonces el sistema de calidad necesario objetivamente y proporciona las auditorías al sistema.

● La Ingeniería y administración de sistemas proporcionan el control continuo al sistema de calidad en uso.

Actividades principales para el control total de calidad.

El sistema de calidad total está estructurado para satisfacer los objetivos, tales como los siguientes:

- Políticas y objetivos bien definidos y específicos.
- Fuerte orientación hacia el cliente.
- Todas las actividades necesarias para lograr estas políticas y objetivos de calidad.
- Integración de las actividades en toda la compañía
- Asignaciones claras de personal para el logro de la calidad.
- Actividades específicas de control de proveedores.
- Identificación completa del equipo de calidad.
- Flujo definido y efectivo de información, procesamiento y control de la calidad.
- Fuerte interés en la calidad, motivación y entrenamiento positivo sobre la calidad total en toda la compañía.
- Costo de calidad y otras mediciones y estándares de desempeño de calidad.
- Efectividad positiva de las acciones correctivas.
- Control continuo del sistema, incluyendo la prealimentación y la retroalimentación de la información, el análisis de resultados y comparación con los estándares presentes.
- Auditoría periódica de las actividades sistémicas.

Las actividades sistemicas principales que satisfagan mejor los objetivos de una compañía especifica, serán desde luego, de acuerdo con los requisitos de esa compañía, sus recursos y metas. La tarea de la ingeniería de sistemas para la compañía implicará la documentación de los varios sistemas y subsistemas que conforman el sistema de calidad total que " funciona " para la compañía en particular! Estos subsistemas son:

- 1.- **Valuación de la calidad antes de producción.** Se tienen establecidos procedimientos para analizar formalmente tanto los diseños de productos como los de procesos, para asegurar que el producto resultante satisficera al cliente. La evaluación del producto debe hacerse, cuando sea factible, en condiciones semejantes a las de uso, durante el curso de la evaluación, cualquier experiencia insatisfactoria que pudiera resultar debe ser observada y debe tomarse una acción correctiva. Durante la evaluación de calidad, en la preproducción, se procede a cumplir con otras tareas, tales como la identificación de las características de calidad de importancia y su clasificación.
- 2.- **Planeación de la calidad del producto y proceso.** Durante las fases de diseño del producto y proceso, se deben formalizar los planes para medir, sostener y controlar la calidad deseada del producto.

3.- Planeación, Valuación, y control de calidad de materiales comprados. Este subsistema del sistema proporciona los procedimientos necesarios para controlar la calidad de un suministro muy importante:

El material comprado. El establecimiento de procedimientos se aplica cuando los vendedores certifican la calidad de los lotes que remiten por medio de mediciones objetivas de calidad que acompañan a cada lote. Otros procedimientos incluyen evaluación de los materiales comprados y retroalimentación de la calidad a los vendedores; correlación entre los métodos de medida de calidad y el equipo usado por los vendedores en la inspección de los materiales comprados y las pruebas de aceptabilidad inspección y pruebas de laboratorios. Todos estos procedimientos permiten, una vez establecidos y seguidos, llevar a efecto de control de los materiales adquiridos. Esto exige una integración estrecha con la unidad de compras.

4.- Valuación y control de la calidad del producto y proceso.

Los procedimientos establecidos en este componente del sistema de calidad suministran los implementos para formar los planes de la calidad en producto y procesos. Los procedimientos que se ocupan en prestar servicio al operador de taller incluye lo que enseguida se describe:

- 1.- Hágase una estimación de la calidad durante el proceso para asegurarse de su conformidad con las especificaciones.
- 2.- Háganse pruebas en el curso de la fabricación, en componentes y subensambles a fin de estar ciertos de que el ensamble final funcionará en las condiciones de uso al que se destine.
- 3.- Haga auditorías; verifíquese una auditoría sobre el apego a los procedimientos de calidad durante el proceso.
- 4.- Verifíquense inspecciones y evaluaciones de la calidad al final de la línea.
- 5.- Verifíquense al final de la línea estimaciones de buen funcionamiento y pruebas de calidad.
- 6.- Háganse supervisiones de calidad de salida, enfocadas al cliente, pruebas de resistencia al tiempo, que sirvan para estimar el grado de confiabilidad.
- 7.- Establézcanse índices de calidad de salida, basándose en los resultados obtenidos en las auditorías.
- 8.- Proporcionar un servicio de estimación de la calidad.
- 9.- Evaluar el material que no sea completamente aceptable y determinar lo que se deba hacer con él.
- 10.- Calcular la productividad total, la efectividad y estimar si el control de proceso y producto se han llevado a cabo con oportunidad y que acción correctiva es necesario aplicar.

Todavía hay otros procedimientos que tienen conexión con el trabajo desarrollado para mantenimiento del equipo y a la habilidad de las herramientas para la calidad.

- * Poner en práctica un sistema operativo preventivo de mantenimiento, de herramientas, de portaherramientas y ajustes.

- * Calibrar y conservar en buen estado de uso los instrumentos para hacer mediciones.

- * Correlacionar los datos de resultados obtenidos en la fábrica y en el campo de uso, a fin de prevenir fallas y deducir la frecuencia de llamadas de servicio externo.

- * Establecer análisis de quejas y programas para reducirlas.

Retroalimentación informativa de la calidad.

El sistema de información suministra toda la información necesaria al personal clave de cada una de las áreas funcionales. Se establecen procedimientos para analizar las necesidades de información de la calidad de cualquier puesto: Vendedores, Compradores, Personal de control de producción, Supervisores de taller, Personal de talleres, Ingenieros de Manufactura, Ingenieros de control de la calidad y diseñadores de equipo, Supervisores y personal de aseguramiento de la calidad; Ingenieros diseñadores del producto , planeadores del producto, oficina de ventas, supervisores y personal de servicio, clientes y

Gerentes generales y funcionales, Esto se hace para cada una de las posiciones, a fin de que cuenten con el tiempo necesario para formular decisiones de acción efectiva en las áreas de calidad.

Se establecen procedimientos específicos que implementan la recolección de datos, tabulación, análisis y sus distribuciones.

Es necesario la revisión periódica del sistema de información de la calidad para tenerlo al corriente y satisfacer las necesidades cambiantes de la compañía.

Servicio de la calidad después de la producción.

Cuando el cliente o consumidor compra un producto, la compra es, en efecto, de la función que se espera que desempeñe el producto. Además, el comprador espera que el producto continúe proporcionándole esa función durante un lapso de tiempo. Si el producto falla en proporcionar su función durante su vida esperada, la mayoría de las compañías se sienten obligadas a ver que el cliente reciba la función del producto que se esperaba como resultado de la compra. Muchas compañías tienen un componente organizacional conocido como servicio al producto que satisface a esta función. El control de calidad tiene varias responsabilidades que ayudan, al servicio de calidad después de la producción. Se establecen procedimientos para responder a las quejas y

hacer ajustes que tendrán como resultado un cliente satisfecho, éste sistema de calidad incluye procedimientos que cubren las siguientes actividades: Revisión de las garantías del producto para establecer la relación con respecto a la confiabilidad del producto, para fijar los límites de la responsabilidad de la compañía, y para hacer los ajustes o conexiones mas allá del período de la garantía.

Administración de las actividades de calidad. Este componente del sistema de calidad incluye los procedimientos que usa el administrador al hacer las tareas de la gerencia, procedimientos para planeación, organización, integración y medición. Estos procedimientos incluyen los siguientes : Acumulación, compilación, reporte de los costos de calidad, establecimiento de metas de reducción de costos de calidad y programas, desarrollo de sistemas de medición del verdadero nivel saliente de calidad del producto; establecimiento de metas y programas de mejoras en la calidad del producto por líneas; establecimiento de metas, objetivos y programas para el componente organizacional del control de calidad y la publicación de éstos para uso del personal apropiado.

Estudios de calidad especial. Procedimientos y técnicas para identificar problemas específicos de calidad y para encontrar soluciones específicas para estos problemas. Se incluyen en estos procedimientos el análisis de capacidad de máquina y proceso, análisis de capacidad y repetición del equipo medidor de la calidad; análisis formales de áreas específicas de la variabilidad en la manufactura que contribuyen a grandes pérdidas en la producción; ajuste óptimo de procesos basado en la correlación de las características de calidad con condiciones de proceso, tomar acción correctiva y seguimiento para medir la efectividad de la acción.

Areas principales de medición de sistemas.

MEDICION DE COSTOS

La medición y análisis periódicos de los costos de calidad monitorea la efectividad del costo del sistema de calidad. El objetivo es rastrear las tendencias de costos de calidad tanto total como individualmente, en las áreas de costo de calidad. Esta medida de calidad muy importante, es fundamental a la meta sistemática de la calidad de la satisfacción total del cliente sobre la calidad a los menores costos de calidad posibles.

MEDICION DE CALIDAD

Medición y reportes puntuales de los datos del nivel de la calidad, se utilizan en asegurar el desempeño de la calidad, fijar metas de niveles de calidad, y valorar los esfuerzos de las acciones correctivas.

MEDICION DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.

Un examen intensivo de pequeñas muestras del producto terminado únicamente a partir del punto de vista del usuario puede ser un predictor útil de la satisfacción del cliente. Resultados de este tipo de una auditoría de calidad centrada al cliente. Estas mediciones incluyen datos sobre tasas de fallas en el campo y de llamadas para servicio, y el análisis y reporte de las tendencias de la actitud de los clientes con respecto a la calidad, seguridad, servicio y confiabilidad del producto. Estos datos no solo alertan a la administración sobre la necesidad de una acción correctiva rápida del producto, sino que también proporciona insumos valiosos para el desarrollo de nuevos modelos y productos similares.

EL MANUAL DE LOS SISTEMAS DE CALIDAD

- 1.- Verificación del diseño.
- 2.- Planeación de la calidad.
- 3.- Plan de abastecimiento.
- 4.- Control de fábrica.

- 5.- Estudios especiales.
- 6.- Entrenamiento y desarrollo.
- 7.- Servicio al cliente.
- 8.- Administración del programa.

Reconocimiento de un sistema de calidad efectivo.

- Controla la calidad en una base integrada, en toda la organización.
- Proporciona lazos de toma de decisiones primarias sobre la calidad con alta gerencia.
- Genera una base presupuestaria suficiente y competencia técnica para difundir esfuerzos preventivos.
- Establece el control de calidad como un conjunto de disciplinas a ser aplicadas en todo negocio.
- Construye el acoplamiento del control de calidad con los clientes en una base positiva de prealimentación.
- Estructura y reporta los costos de calidad claramente.
- Hace de la motivación por calidad un proceso continuo.
- Ayuda para la medición y monitoreo continuo de la satisfacción del cliente.
- Proporciona un buen servicio al producto, rápida y económicamente.
- Añade un panorama de trabajo principal en toda la compañía de la función de calidad.

2.4.- CONTROL DE CALIDAD PARA PROVEEDORES Y SUBCONTRATISTAS.

Los fabricantes son responsables de la calidad de los productos y servicios que abastecen, las actividades de toda empresa deben proporcionar la asesoría necesaria para el cumplimiento de esta responsabilidad.

Es importante que toda compañía vea a sus proveedores como sus socios, hecha previamente una selección de los mismos para poner en concurso al proveedor que permanecerá como proveedor principal en cada una de las ramas de los insumos necesarios para llevar a cabo la producción, por tal motivo se debe de establecer un compromiso entre ambas empresas con el fin de tener una estrecha relación y desarrollo mutuo así como la empresa grande deberá ayudar a desarrollar a la empresa pequeña (proveedor) proporcionándole entrenamiento, fondos para algunos herramientas, proporcionándole la asesoría necesaria, e implantando en ella el mismo sistema de calidad total (como se mencionó anteriormente) que se desarrolla en la empresa más grande para poder tener el mismo sistema y estándares de calidad. Para lo cual se debe formar un departamento de Asesoría y Mejoramiento de calidad a proveedores, el cual debe estar formado por un Staff de Ingenieros especialistas en sistemas de calidad y especialistas en producto para que tengan una estrecha interacción con los proveedores ayudándoles en cada uno de sus procesos, con el fin de tener los niveles de calidad requeridos por las normas corporativas de calidad lo cual se

verá reflejado en la durabilidad de los componentes y productos suministrados a producción, todo ello encaminado a darle mayor valor al producto final.

Diez Principios para de CC para las relaciones Comprador - Proveedor.

Entre Comprador y Vendedor debe existir mutua confianza y cooperación, y la decision de vivir y dejar vivir basada en las responsabilidades que las empresas tienen respecto del público. Con este espíritu, ambas partes deben practicar sinceramente los diez principios siguientes:

- 1.- Tanto el comprador como el proveedor son totalmente responsables de por la aplicacion del control de calidad, con recíproca comprensión y cooperación entre sus sistemas de CC.
- 2.- El comprador y el proveedor deben ser independientes el uno del otro y respetar esta independencia recíprocamente.
- 3.- El comprador tiene la responsabilidad de suministrar al proveedor información clara y adecuada sobre lo que se requiere, de modo que el proveedor sepa con toda precisión qué es lo que debe fabricar.

- 4.- Antes de entrar en transacciones de negocios, el comprador y el proveedor deben celebrar un contrato racional en cuanto a la calidad, cantidad, precio, condiciones de entrega y forma de pago.
- 5.- El proveedor tiene la reponsabilidad de garantizar una calidad que sea satisfactoria para el comprador, y también tiene la obligación de presentar datos necesarios y actualizados a solicitud del comprador.
- 6.- El comprador y el proveedor deben acordar previamente un método de evaluación de diversos artículos, que sea aceptable y satisfactorio para ambas partes.
- 7.- El comprador y el proveedor deben incluir en su contrato sistemas y procedimientos que les permitan solucionar amistosamente las posibles discrepancias cuando surja cualquier problema.
- 8.- El comprador y el proveedor , teniendo en cuenta el punto de vista de la otra parte, deben intercambiar la información necesaria para ejecutar un mejor control de calidad.
- 9.- El comprador y el proveedor deben siémpre controlar eficientemente las actividades comerciales, tales como pedidos, planeación de la producción y de los inventarios, trabajos de oficina, y sistemas, de manera que sus relaciones se mantengan sobre una base amistosa y satisfactoria.

10.- El comprador y el proveedor, en el desarrollo de sus transacciones comerciales, deben prestar siempre la debida atención a los intereses del consumidor.

SELECCIÓN DE PROVEEDORES

El comprador generalmente escoge dos proveedores y les compra a ambos. Es decir, que el comprador debe comprar a los dos proveedores los mismos materiales y las mismas piezas. Hay varias razones en apoyo a esta práctica. Una de ellas es que en caso de incendio o desastre natural (Huracanes, terremotos) o calamidades artificiales (como huelgas), no es prudente depender de una sola fuente de abastecimiento.

Los negocios oficiales confirman el hecho de que a ambas partes les conviene mantener los convenios de compra por tiempo largo. El proveedor debe esforzarse continuamente por mejorar la calidad, los precios y la eficiencia en las entregas. Por su parte, el comprador tiene que prestar asesoría y asistencia cuando el proveedor lo requiera y lo solicite. El comprador debe seguir examinando si el proveedor es aquel con quién puede seguir negociando en el futuro con toda confianza. Con ese fin, el comprador debe:

- Mantener un contacto estrecho con los encargados en la compañía del proveedor, para enterarse de lo que sucede en esa entidad en todo momento y también establecer una relación de confianza mutua.

- Debe examinar, analizar y evaluar los registros de su propia aceptación de la mercancía así como los documentos de entrega y de los comportamientos de los bienes comprados, tanto durante su uso como después de convertidos en productos terminados.

- Realizar auditorías de CC en la fabrica del proveedor, identificando los problemas importantes en cuanto a la calidad que le interesen, y comunicarselos al proveedor. Si es necesario darle consejos del caso y ayudarle a resolver los problemas.

- Establecer un sistema de premios para todos los proveedores, otorgados por ejecutar el control de calidad. Con este sistema se estimula la implantación de programas de control de calidad. El comprador también debe dar consejos y hacer recomendaciones al proveedor, con base en los resultados de su auditoría de CC.

2.5 .- Costos del sistema de Calidad Total.

Los costos de calidad son un medio para medir y optimizar las actividades del control total de calidad. Los costos operativos de calidad se dividen en cuatro grandes clasificaciones distintas:

a).- Costos de prevención. Que incluyen la planeación de la calidad y otros costos asociados con la prevención de malconformidades y defectos.

b).- Costos de evaluación. O los costos en los que se incurre al evaluar la calidad del producto para mantener niveles de calidad establecidos.

c).- Costos por fallas internas. Ocasionados por materiales defectuosos o malconformados y por productos que no cumplen las especificaciones de calidad de la compañía. Estas incluyen desperdicio, retrabajo y mermas.

d).- Costos por fallas externas. Ocasionados por productos defectuosos o malconformados que llegan al cliente. Incluyen quejas y costos de servicio al producto dentro de la garantía, costos de retracción de productos, costos de corte y castigos de demandas legales.

Un gasto en el área de prevención puede tener ventajas múltiples en la reducción de costos en las áreas de fallos internos y externos. Con frecuencia se experimenta un ahorro de muchos dólares por cada dólar gastado en prevención.

CAPITULO 3

3.1.- El Doctor W. Edwards Deming.

El Doctor W. Edwards Deming es un asesor de renombre internacional mejor conocido por su trabajo en Japón, y quién revolucionó la calidad y productividad Japonesa. A la filosofía y a los métodos del Dr. Deming se debe en gran parte el éxito de la industria Japonesa Actual.

En 1950 La Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses invitó al Dr. Deming a hablar ante sus dirigentes industriales quienes estaban preocupados por la penetración en los mercados extranjeros y por la fama que tenía el Japón de producir artículos de mala calidad. El Dr. Deming los convenció, a pesar de las reservas de ellos, de que la calidad Japonesa podría ser la mejor del mundo, siémpre y cuando que instituyeran los métodos de él, los Industriales tomaron dicha filosofía en serio y ahora la historia ha cambiado.

Cada año la industria Japonesa otorga el prestigiado premio Deming a la empresa que haya hecho los mayores avances en materia de calidad. La acogida brindada de los métodos del Dr. Deming se está extendiendo por fin a los Estados Unidos, hasta hace poco el Dr. Deming no había recibido la misma atención en los Estados Unidos que en el Japón. Ahora empresas como la Nashua Corporation, Ford Motor Company etc. están escuchándolo y procurando cambiar su cultura empresarial para cosechar sus beneficios. El Dr. Deming ha escrito mucho sobre estadística y es profesor emérito de la Escuela de Postgrado en

Administración de Empresas de la Universidad de Nueva York.

3.2.- El método gerencial Deming y sus 14 Puntos.

Punto Uno : Crear constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio.

La gerencia tiene dos clases de problemas, los de hoy y los de mañana en el supuesto caso de que exista un mañana para la compañía que espera continuar como negocio.

Los problemas de hoy tienen que ver con las necesidades inmediatas de la compañía: cómo mantener la calidad; cómo igualar la producción con las ventas ;el presupuesto;el empleo;las utilidades, el servicio etc; la gran parte de las compañías Norteamericanas tienden a hacer incapié en tales problemas, sin preocuparse en gran forma por el futuro.

Sin tomar en consideración si dentro de cinco años estarán o no en el negocio. Pero que valor tiene un aumento del 25% en los dividendos trimestrales para una compañía que dentro de cinco años estará liquidada?.

Ninguna compañía que carezca de un plan para el futuro podrá continuar en el negocio. Los empleados que trabajan para una compañía que esta invirtiendo para el futuro, se sienten más seguros y están menos deseosos de buscar empleo en compañías que parecen ser más prometedoras.

Ser más constante en el propósito significa 1) Innovación: 2) Investigación e Instrucción: 3) Mejoramiento continuo del producto y del servicio: 4) Mantenimiento de los equipos, de los muebles , de las instalaciones y nuevas ayudas para la producción tanto en la oficina como en la planta.

INNOVACIÓN

La innovación no consiste en la introducción de algún producto nuevo y llamativo, Una compañía que se proponga a permanecer en el negocio no puede tomar decisión alguna sobre la innovación sin algún plan que responda satisfactoriamente a las siguientes preguntas:

- * ¿Qué materiales se requerirán? ¿A que costo?
- * ¿Cuál será el método de producción?
- * ¿Qué gente nueva deberá contratarse?
- * ¿Qué cambios serán necesarios en el equipo?
- * ¿Qué nuevas habilidades se requerirán y para cuantas gentes?
- * ¿Cómo serán entrenados en estas nuevas capacidades los empleados actuales?
- * ¿Cómo serán capacitados los supervisores?
- * ¿Cuál será el costo de producción?
- * ¿Cuál será el costo de mercadeo? ¿Cuáles serán el costo y los métodos de servicio?

* ¿Como sabrá la compañía si el cliente está satisfecho? Por obvias que parezcan estas preguntas, es sorprendente cuan numerosas son las compañías que siguen adelante sin las respuestas correctas.

Por su naturaleza misma, la innovación requiere fé en el futuro, no tiene posibilidad de éxito a menos que la alta gerencia haya declarado su inquebrantable compromiso con la calidad y la productividad.

INVERTIR RECURSOS EN INVESTIGACIÓN Y EN INSTRUCCIÓN

Para prepararse hacia el futuro, una compañía debe invertir hoy. No puede haber innovación sin investigación, y no puede haber investigación sin empleados apropiadamente instruidos.

MEJORAMIENTO CONTINUO DEL PRODUCTO Y DEL SERVICIO.

Este compromiso que se adquiere con el consumidor nunca debe de terminar, siempre es necesario un mejoramiento contínuo de los bienes y servicios desde el diseño y el desempeño de los productos ya existentes.

INVERTIR EN EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS, MUEBLES, E
INSTALACIONES Y EN NUEVAS AYUDAS PARA LA PRODUCCIÓN TANTO EN
LA OFICINA COMO EN LA PLANTA.

Normalmente una compañía no puede mejorar sus productos con equipos que no funcionan satisfactoriamente ni puede lanzar un nuevo producto con maquinaria obsoleta, para esto siempre es necesaria una planeación de la calidad con tiempo de anticipación y con la interrelación de todas las áreas de la compañía en las cuales se deben de poner fechas y actividades desde la planeación, hasta las pruebas de herramientas y equipos nuevos, estas etapas se deben cumplir conforme a los calendarios pactados para su efecto, para no detener la óptima realización de las actividades y el lanzamiento de los nuevos productos.

Punto Dos : Adoptar la Nueva filosofía.

La calidad debe convertirse en la nueva religión. El Japón ha introducido una nueva era económica de confiabilidad y de operación sin contratiempos. Hay nuevos estándares. Ya no podemos darnos el lujo de vivir con errores, defectos, mala calidad, malos materiales, manejando daños, trabajadores temerosos e ignorantes, entrenamiento deficiente o ninguno en lo absoluto, cambios de empleo a otro por parte de los

ejecutivos y un servicio desatento y hosco. Los defectos no son gratuitos.

"El costo de vida depende inversamente de los bienes y servicios que determinada suma de dinero puede comprar"

"Un servicio confiable reduce los costos. Las demoras y los errores aumentan los costos."

Las empresas rara vez aprenden de la insatisfacción de sus clientes. Los clientes, dice el Dr. Deming, no se quejan simplemente cambian de proveedor. Cuánto mejor sería tener clientes que elogiarán los productos y dieran origen a nuevos negocios.

El Dr. Deming sugiere que, así como una vez creíamos en el progreso, debemos ahora creer en la calidad.

Punto Tres : No depender mas de la inspección masiva.

"La inspección que se hizo con el ánimo de descubrir los productos malos y botarlos es demasiado tardía, ineficáz y costosa". "Por una parte, no se puede encontrar a los malos, no a todos. Por otra parte, cuesta demasiado". El resultado de tal inspección es desperdicio, degradación y reproceso, lo cual resulta costoso, es ineficáz y no mejora el proceso.

"La calidad no se logra por la inspección sino por el mejoramiento de los procesos.

"La manera antigua: Eliminar la mala calidad mediante la inspección.

"La nueva manera: Incorporar la buena calidad"

Como cuestión práctica siempre será necesario de ejercer cierto grado de inspección, aunque sea para averiguar lo que se está produciendo. Evidentemente, la inspección o revisión es necesaria , a fin de obtener datos para gráficos de control. La inspección viene a ser una manera de averiguar lo que se está haciendo.

En algunos casos, podría ser necesaria una inspección del ciento por ciento, por razones de seguridad " o para evitar situaciones embarazosas, y algunas veces incluso para lograr un costo total mínimo". "Estas circunstancias existen donde la conformidad absoluta o cero errores está fuera de la capacidad del hombre."

El objetivo de toda compañía debe ser abolir la calidad por inspección. Ciertamente, la inspección será necesaria durante el período en que se está mejorando progresivamente la calidad, pero no ha llegado el punto en que una inspección se vuelve innecesaria a causa de rendimientos decrecientes. En general, la inspección no debe de dejarse para el producto final, cuando resulta difícil determinar en que parte del proceso se produjo un defecto.

El Dr. Deming llama la atención sobre lo absurdo que es cumplir las especificaciones, Esta práctica implica que todo lo que esté incluido en las especificaciones puede estar muy bien, mientras que algo que se aleje un tanto de ellas, está mal. "El Dr. G. Taguchi advirtió lo absurdas que eran tales suposiciones, y propuso que el principio fuera mejorado notablemente. Dos productos pueden cumplir las mismas especificaciones, pero pueden ser tan diferentes que uno funcione y el otro no.

Punto Cuatro : Acabar con la práctica de adjudicar contratos de compra basándose exclusivamente en el precio.

Esta práctica tiene tres grandes desventajas : La primera es que, casi invariablemente, conduce a una proliferación de proveedores, " Habiendo dos o más proveedores para un mismo artículo se multiplicarán los males que son inherentes a cualquier proveedor. En el caso de un solo proveedor La variación de un lote a otro y dentro de los lotes es muy grande ". La variación causa problemas en producción y deteriora la calidad. Recíprocamente la buena calidad también aumenta progresivamente a lo largo de la línea, produciendo una calidad cada vez mejor.

La segunda desventaja es que los compradores saltan de proveedor en proveedor. Y la tercera, que se produce una dependencia de las especificaciones, las cuales se convierten

en barreras que impiden el mejoramiento continuo.

" El precio no tiene significado alguno sin una medida de la calidad que se está comprando".

La mejor forma es desarrollando una relación a largo plazo de lealtad y confianza con un solo proveedor, en colaboración con el departamento de ingeniería y algunos otros departamentos, para reducir los costos y mejorar la calidad.

Cerrar tratos con el proveedor más barato es la manera más aceptada de hacer negocios en Estados Unidos. Pero cuando el bajo costo garantiza una baja calidad en cualquier punto de la cadena de suministro, entonces el producto final, aunque sea más barato, será asimismo de mala calidad. En efecto, a menudo la baja calidad del producto final puede atribuirse a problemas de los materiales que entran.

El agente de compras debe estar capacitado en evidencia estadística, completada por la experiencia.

El Dr. Deming es el primero en admitir que no tiene todas las respuestas para elegir un solo proveedor " Esto requiere mucha reflexión ". ¿Tiene experiencia?, ¿Tiene el conocimiento?, ¿Tiene la intención de seguir en el negocio?, ¿Cuántos proveedores tiene para un artículo?; Un Proveedor que tiene la seguridad de contar con contratos a largo plazo es más probable que se arriesgue a ser innovador o a modificar los

procesos de producción que un proveedor que tiene un contrato a corto plazo y no puede darse el lujo de adaptar un producto a las necesidades de un comprador.

Punto Cinco : Mejorar continuamente y por siempre el sistema de producción y de servicios.

El mejoramiento no se logra de buenas a primeras, hay que incorporar la calidad durante la etapa de diseño y el trabajo en equipo es esencial para el proceso. Todos los departamentos de la compañía deben convenir en el mejoramiento continuo, éste no debe limitarse a los departamentos de producción o de servicio, todos tienen un papel que desempeñar; Deming subraya que la Gerencia debe tomar la iniciativa. Solamente la gerencia puede iniciar el mejoramiento de la calidad y la productividad.

La reflexión estadística es crítica para el mejoramiento de un sistema. Unicamente mediante el uso de datos apropiadamente interpretados pueden tomarse decisiones inteligentes; Apagar incendios no es mejoramiento, Encontrar una situación fuera de control, hallar una causa especial y eliminarla, solo equivale a poner el proceso en donde estaba desde un principio; Eso no es mejoramiento de la calidad. Es apagar incendios.

Punto Seis : Instituir la capacitación en el trabajo.

El caso de los trabajadores que aprenden su oficio por medio de otros trabajadores o que se ven obligados a depender de instrucciones escritas, a menudo es poca o ninguna la capacitación que han recibido. También sucede con frecuencia que los trabajadores no saben si han hecho correctamente su trabajo.

Es muy difícil borrar una capacitación inadecuada; Esto solo es posible si el método nuevo es totalmente diferente o si a la persona la están capacitando en una nueva clase distinta de habilidades para un trabajo diferente.

La misma clase de gráficos de control que se emplea para determinar si un proceso se encuentra bajo control estadístico, se puede emplear para hacer un registro gráfico del desempeño de un trabajador. Cuando la producción total ha alcanzado un nivel estable, la capacitación adicional no le servirá de ayuda al trabajador. Deming pone énfasis en que la capacitación no debe finalizar mientras el desempeño no haya alcanzado el control estadístico y mientras haya una posibilidad de progreso. Todos los empleados tendrán que recibir alguna capacitación en el significado de la variación, y es preciso que tengan un conocimiento rudimentario de los gráficos de control. Si se establecen nuevos equipos o procesos, también debe haber reentrenamiento.

Punto Siete : Instituir el liderazgo.

Es responsabilidad de la gerencia descubrir barreras que les impiden a los trabajadores enorgullecerse de lo que están haciendo. Los trabajadores saben exactamente cuáles son esas barreras: Énfasis en la cantidad, no en la calidad; fabricar un producto rápidamente, en lugar de apropiadamente; oídos sordos a sus sugerencias; demasiado tiempo dedicado a la reposición de trabajo; herramientas deficientes, problemas con los materiales que entran.

En lugar de ayudarles a los trabajadores a hacer su trabajo en forma correcta, la mayor parte del personal de supervisión hace exactamente lo contrario. Antiguamente el supervisor conocía su oficio, ahora algunos recién egresados no lo conocen.

Como no disponen de otra base para formar un criterio, se sienten cómodos en un sistema que les impone a los empleados cantidad o cuotas. La tarea de un gerente es guiar, ayudarles a los empleados a realizar mejor su trabajo, la gerencia asume la responsabilidad de su éxito o fracaso. La mayor parte de las personas que no realizan bien su trabajo, no es que sean perezosas, es que no se encuentran bien dirigidas a las actividades y resultados que se espera de ellos, Si no tiene quién le ayude, ¿ A caso no tiene derecho a alguna ayuda?,

¿Dónde está el supervisor que sabe encontrar a la persona que tiene necesidad de atención individual?, esas personas frecuentemente están realizando un trabajo que no es apropiado para ellas o tienen una gerencia deficiente.

Punto Ocho : Desterrar el temor.

La mayor parte de las personas que trabajan especialmente las que ocupan posiciones gerenciales, no entienden en que consiste su trabajo, ni lo que está bien o mal. Además no saben como averiguarlo. Muchas temen hacer preguntas o asumir una posición. La pérdida económica a causa del temor es aterradora. La gente tiene miedo de señalar los problemas por temor de que se inicie una discusión, o peor aún, de que la culpen del problema; Teme que sus superiores puedan sentirse amenazados y se desquiten de algún modo si se muestra demasiado audáz o si hace demasiadas preguntas.

Para lograr mejor calidad y productividad es necesario que la gente se sienta segura.

Sin temor, no tener miedo de expresar ideas, no tener miedo de hacer preguntas. Los trabajadores no deberán temer de informar sobre un equipo dañado, de pedir instrucciones adicionales o de llamar la atención sobre las condiciones que son perjudiciales para la calidad.

El miedo desaparecerá a medida que mejore la gerencia y a medida que los empleados adquieran confianza con ella; El miedo tiene un precio terriblemente alto. El miedo está en todas partes, despojando a la gente de su orgullo, hiriéndola, privándola de una oportunidad de contribuir a la compañía. Es increíble lo que sucede cuando la gente se libera de las garras del temor.

Punto Nueve : Derribar las barreras que hay entre las áreas staff.

Todas las compañías u organizaciones Pueden contar historias que ilustran lo que sucede cuando los departamentos persiguen objetivos diferentes y no trabajan en equipo para solucionar los problemas, para fijar las políticas o para trazar nuevos rumbos.

Los departamentos de compras, por ejemplo, por lo general hacen pedidos que se basan en especificaciones escritas. Los compradores no entienden cómo se usan los materiales que adquieren.

Los diseñadores están constantemente creando productos que le causan dolores de cabeza a los Ingenieros. Y con mucha frecuencia los Ingenieros son personas no gratas en las líneas de producción. La gente que es obligada a aplicar políticas en cuyo diseño no tuvo parte y con las cuales puede estar en desacuerdo, hace su trabajo con indiferencia y sin uniformidad, lo cual produce clientes irritados.

Aunque las personas trabajen sumamente bien en sus respectivos departamentos, si sus metas están en conflicto, pueden arruinar a la Compañía. Es mejor trabajar en equipo, trabajar para la Compañía.

Habiendo sido perfeccionado en el Japón, la producción " Justo a tiempo " está gozando de una gran popularidad. Con éste sistema, los suministros llegan a medida que se requieren, de modo que el dinero y el espacio de almacenamiento no están atados al inventario. Pero el sistema justo a tiempo no funcionaría sin el trabajo en equipo.

Punto Diez : Eliminar los Slogans, las exhortaciones y las metas numéricas para la fuerza laboral.

Los slogans nunca le sirvieron a nadie para hacer un buen trabajo, " Generan frustraciones y resentimientos. Los slogans norteamericanos son imaginativos " Cero defectos " " Hágalo bien a la primera vez ". Tienen una intención noble, pero

¿ Cómo podría un hombre hacerlo bien a la primera vez cuando el material que entra no se ajusta a las especificaciones ni al color, que tiene algún otro defecto, o cuando su máquina no está en buenas condiciones ?. El hecho de recurrir a tales slogans lleva implícitamente a la suposición de que los empleados podrían, si lo intentaran, desempeñarse mejor. A ellos les ofende, no los inspira ésta sugerencia. Al verse obligados a trabajar con equipos inadecuados o en mal estado, con iluminación o ventilación deficiente, con una supervisión

incompetente, interpretan los slogans como señal de que la gerencia no solo no entiende sus problemas, sino que tampoco se toma la molestia de averiguarlos.

Deming sitúa los objetivos numéricos en la misma categoría. Una meta sin un método para alcanzarla es inútil, no se cansa de decir; Es totalmente imposible para cualquier persona o para cualquier grupo desempeñarse fuera de un sistema estable, si un sistema es inestable cualquier cosa puede suceder.

Punto Once : Eliminar las Cuotas numéricas.

Las cuotas u otros estándares de trabajo tales como el trabajo diario acumulado o las tasas, obstruyen la calidad quizás más que cualquier otra condición de trabajo. Considere una cuota que se fija para la producción promedio de un grupo de trabajadores. La mitad será por encima de dicha cuota y la mitad por debajo. La presión de los compañeros, hace que la mitad superior cumpla la tasa promedio, mientras que los que están por debajo no pueden alcanzarla. El resultado de lo anterior es la pérdida, el caos, el descontento y el cambio de personal. En ocasiones la gerencia fija expresamente un estándar de trabajo por lo alto, con el propósito de descartar a la gente que no puede cumplirlo. Cuando las cuotas se fijan para los que pueden cumplirlas, la desmoralización es mayor aún.

Una vez que los trabajadores han cumplido sus cuotas del día, dejan de trabajar y andan por ahí sin hacer mayor cosa hasta el final de turno.

Más devastador aún es el trabajo por unidad producida, a la gente se le paga por unidad que produce, ya sean defectuosas o no.

Un sistema que fomenta una atmósfera de receptividad y reconocimiento resulta mucho mas conveniente que uno que mide a la gente según cantidades que produce.

Punto Doce : Derribar las barreras que impiden sentir orgullo de hacer bien un trabajo.

Hoy en día a la gente la consideran como si fuera una mercancía que se usa cuando se necesita. Si no se necesita, se devuelve al mercado.

Los gerentes trabajan largas horas, y con buena voluntad les hacen frente a muchas situaciones molestas. Para afrontar los problemas de la gente, suelen establecer programas que comprometan la participación de los empleados. " Los círculos de control de calidad" están actualmente de moda. Y estos son los foros en donde se encuentran los trabajadores y se manifiestan para ser escuchados, la solución de sus peticiones es determinante para que cada uno de ellos se sienta orgulloso de pertenecer a un equipo de trabajo y por ende sentir orgullo por el trabajo que desempeña.

Punto Trece : Instituir un programa vigoroso de educación y reentrenamiento.

El hecho de que usted tenga gente buena en su organización no es suficiente. Ella debe estar adquiriendo continuamente los nuevos conocimientos y las nuevas habilidades que se necesitan para manejar nuevos métodos. La educación y reentrenamiento que es una inversión en la gente, son necesarios para la planificación a largo plazo. Cualquier compañía debe poner en claro que nadie perderá su empleo debido al aumento en la productividad.

La educación y el entrenamiento deben preparar a la gente para asumir nuevos cargos y responsabilidades. Habrá necesidad de una mayor preparación en estadística. La preparación en técnicas estadísticas sencillas pero poderosas será necesaria en todos los niveles.

Punto Catorce : Tomar medidas para lograr la transformación.

La gerencia tendrá que organizarse como equipo para poner en marcha los otros trece puntos. Se necesitará un asesor estadístico. Todos los empleados de la compañía, deben tener idea de como mejorar continuamente la calidad, la iniciativa debe venir de la gerencia. ¿Por donde empezar? siga el ciclo de la mejora continúa en japon lo llaman el ciclo Deming o ciclo de PHVA, (Planear , Hacer , Verificar y Actuar). Además

es vital que todos empiecen a pensar que el trabajo que se haga debe satisfacer tanto a los clientes internos como a los externos.

Es importante que todos trabajen conjuntamente y que todos entiendan los trece puntos anteriores y cómo ponerlos en práctica, de lo contrario todos partirán en diferentes direcciones, con buenas intenciones pero mal encaminados.

Los miembros de la gerencia deben sentirse apenados e insatisfechos por el desempeño pasado y deben tener coraje para cambiar.

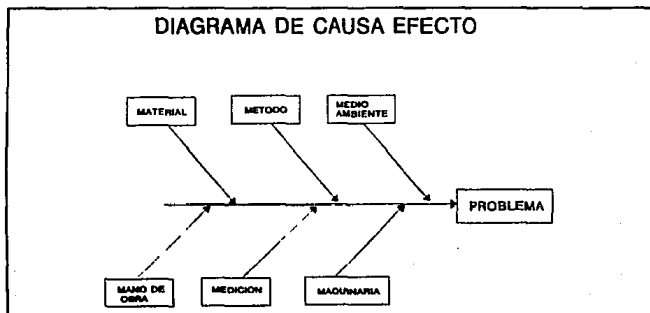
Toda actividad es un proceso y puede ser mejorado, la constancia de propósito, el conjunto de mejoramiento continuo de productos y servicios; los diseños para la producción y servicios futuros.

CAPITULO 4

4.0.- Utilización de métodos estadísticos.

4.1.- Diagrama de causa efecto.

También conocido como diagrama "espina de pescado" por su forma o diagrama de "Ishikawa" en honor a Kaoru Ishikawa, persona que creó dicho diagrama, los diagramas de causa efecto se usan en sesiones de tormenta de ideas a fin de examinar los factores que pueden influir en determinada situación. Un "efecto" es una situación, condición o evento deseable o no deseable producido por un sistema de "causas". Las causas menores con frecuencia están agrupadas en cinco categorías básicas o comúnmente conocidas como las cinco emes "M" que son: Materiales, Método, Mano de Obra, Maquinaria, Medio Ambiente y una adicional Medición. En cada una de estas emes se agrupan diferentes subcausas que pueden estar originando la falla o el problema; ver figura



El diagrama anterior muestra la relación entre las características y los factores causales, por lo cuál recibe el nombre de diagrama causa efecto; El número de factores causales es infinito, en cualquier trabajo que se escoja se pueden identificar diez o veinte factores causales diferentes inmediatamente, Sería imposible controlarlos todos y aún si fuera posible sería antieconómico, Aunque los factores causales son muchos, los verdaderamente importantes, los que tendrán un impacto grande sobre los efectos son muy pocos, Si se sigue el principio establecido por Vilfredo Pareto, todo lo que tenemos que normalizar son dos o tres de los factores causales más importantes y controlarlos, lo primero es encontrar los factores causales importantes.

En la búsqueda hay que consultar con personas especializadas o conocedoras del proceso, como lo son los trabajadores , Ingenieros, e investigadores, tienen que discutir el proceso en forma franca y abierta, las opiniones presentadas tienen que analizarse estadísticamente y verificarse en forma científica. A esto se le llama análisis de procesos.

El procedimiento para la elaboración del diagrama de Ishikawa se describe a continuación:

- 1.- Se elige la característica de calidad en la cuál se desea hacer mejoras o tener bajo control.

2.- Se traza una flecha de izquierda a derecha y se escribe al final de la misma la característica de calidad a analizar.

3.- Se anotan los principales factores causales del problema, relacionándolos con la característica de calidad en cuestión, mediante flechas que caen sobre la flecha principal; a estas flechas se les llaman ramas y representan a los factores causales que influyen en la característica a controlar.

Una recomendación importante es hacer una tormenta de ideas en cada uno de los posibles factores o causas de dispersión del proceso éstos factores reciben el nombre de las cinco emes y corresponden a lo más común en proceso productivo como lo es:

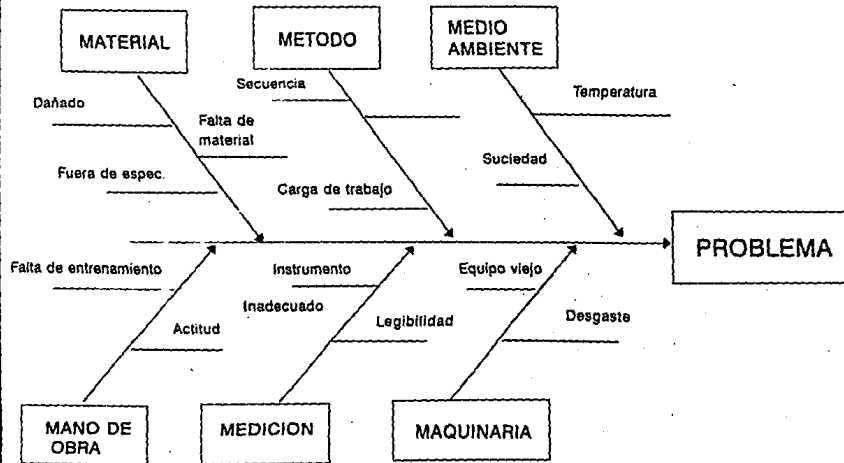
- Mano de Obra (personal trabajador, inspectores etc.).
- Materia Prima (Son los materiales involucrados).
- Maquinaria y Equipo. (Necesarios para la producción)
- Método de trabajo (Corresponde a factores del proceso).
- Medio Ambiente (condiciones climatológicas etc.).
- Medición (Corresponde a equipos de medición)

4.- Cada uno de los factores anteriores se subdividen en sub-causas, que se agrupan como pequeñas ramas en torno a las ramas principales.

El análisis de las sub-causas en cada una de las ramas permite identificar mejor qué factor puede ser responsable de la característica de calidad en cuestión, el diagrama será mas útil en la medida en que resulte más completo.

- 5.- Teniendo el diagrama completo de los factores que sean las posibles causas de la característica de calidad, se identifica cuáles de estos factores, son en el caso concreto, las verdaderas causas del problema.

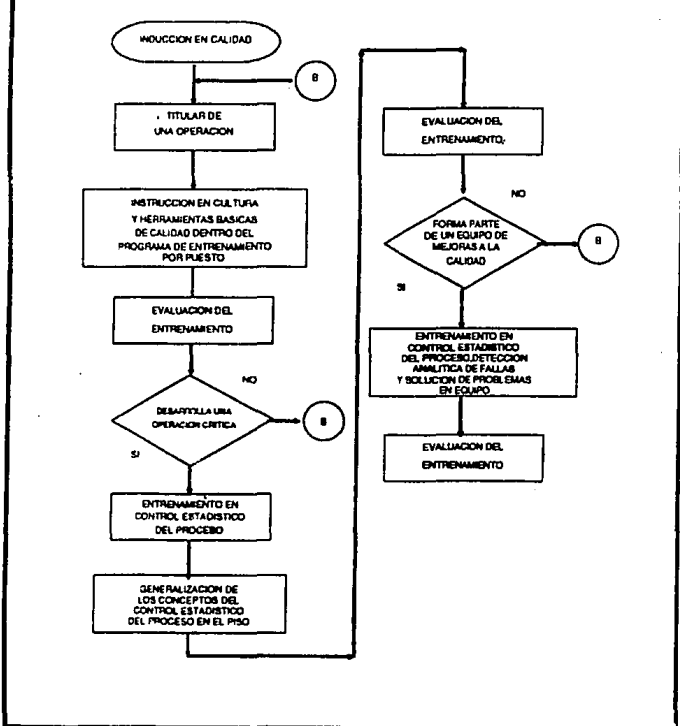
DIAGRAMA DE CAUSA EFECTO



4.2.- Diagrama de flujo.

Con frecuencia, el primer paso que se dá en un equipo que está buscando maneras de mejorar un proceso, es trazar un diagrama de flujo de ese proceso. Se considera que no es posible mejorar un proceso a menos de que todos entiendan en qué consiste ese proceso y se pongan de acuerdo al respecto. Una forma de empezar es determinar como debe funcionar el proceso, para luego trazar en forma gráfica como está funcionando en realidad. Al proceder de esta manera, se pueden descubrir de inmediato fallas, tales como la redundancia, la ineficiencia o malas interpretaciones.

ENTRENAMIENTO EN CALIDAD PARA TRABAJADORES



4.3.- Diagrama de Pareto.

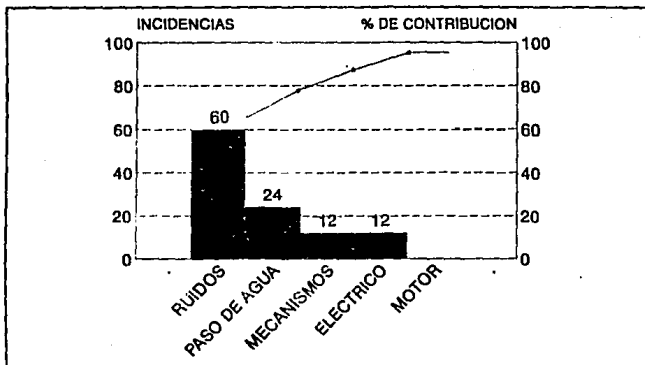
Los diagramas de Pareto están entre las técnicas gráficas de uso más común. El diagrama se usa para determinar las prioridades. El Pareto se describe a veces como una forma de separar los "Pocos vitales" de los "Muchos triviales", y es de gran importancia para la toma de decisiones.

Cuando se hace una lista de los factores que afectan a la calidad de un proceso o sistema, por lo general sólo un pequeño número de causas contribuyen a la mayor parte del efecto, mientras que las restantes causas tienen una participación mínima en el fenómeno.

El diagrama de Pareto sirve precisamente para identificar las causas principales que afectan la calidad y por tanto, para establecer que acciones prioritarias deben ponerse en marcha, a fin de reducir en un grado considerable las causas de un mal desempeño del proceso o sistema. En esta forma se aprovechan mejor los recursos y se canalizan más eficazmente los esfuerzos de las personas.

Procedimiento para la elaboración de un diagrama de Pareto:

- * El diagrama de Pareto se asemeja a un diagrama de barras. Se elabora en dos etapas: En la primera se recolectan y se ordenan los datos, en la segunda estos datos se transcriben en la gráfica.



- 1.- Se elabora una lista de los factores o causas potenciales del problema.
- 2.- Se establece el período de tiempo dentro del cual se obtendrán los datos.
- 3.- Obtenidos los datos sobre la frecuencia con que ocurre cada causa o tipo de defecto dentro del período fijado, se transcriben dichos datos en una hoja de registro.
- 4.- Con base en la hoja de registro, se ordenan las distintas causas que influyen en el problema con forme al número de veces con que ocurren, comenzando con la que se dá con mayor frecuencia y terminando con la de menor frecuencia.
- 5.- Se calcula el porcentaje absoluto de artículos defectuosos con respecto al número total de artículos inspeccionados.

Con esta información se puede saber el grado de mejoramiento que se lograría en la producción si se tomaran acciones efectivas para eliminar algún tipo de defecto.

- 6.- Se obtiene el porcentaje relativo de productos defectuosos atribuibles a cada causa, con respecto al número total de casos defectuosos.
- 7.- Se calcula el porcentaje relativo que se va acumulando sumando el porcentaje de cada causa. Con esta información se comprende que porcentaje de productos se eliminaría si se emprenden acciones efectivas que supriman las causas principales de los productos defectuosos .
- 8.- La información obtenida se presenta en una tabla como se mostrará posteriormente.

Para la elaboración de la gráfica se procede de la siguiente forma:

- 9.- Se trazan un eje horizontal y dos ejes verticales, cada uno en cada extremo del eje horizontal.
El eje horizontal se divide de tal forma que queden representadas las causas, las cuales se anotan de izquierda a derecha teniendo en cuenta en este ordenamiento el número en que ocurren. La que ocurre con

mayor frecuencia a la izquierda y la de menor frecuencia a la derecha.

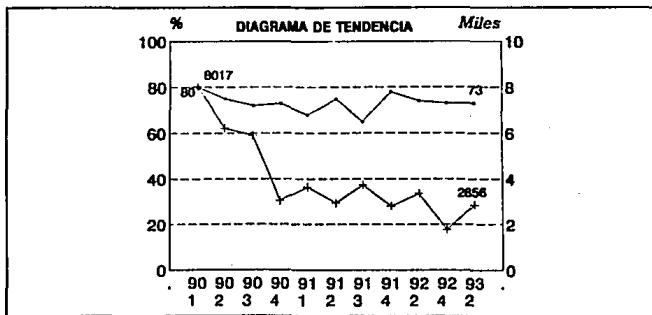
En el eje vertical izquierdo se gradúa en tal forma que sirva para mostrar el número de productos defectuosos que se da en razón de cada una de las causas.

El eje vertical derecho se gradúa en tal forma que sirva para mostrar el porcentaje relativo acumulado. La escala se divide en cuatro o cinco partes iguales para ubicar el porcentaje.

- 10.- Se ponen las barras correspondientes a los distintos factores o causas. La altura de las barras representa el número de veces que ocurrió la causa. Las barras se dibujan con la misma amplitud, conectadas unas con otras como en un histograma.
- 11.- Se colocan los puntos que representan el porcentaje relativo acumulado, teniendo en cuenta para esto la graduación de la barra vertical derecha; los puntos se colocan en la posición que corresponde al extremo derecho de cada barra; y se traza una curva que una dichos puntos. En esta forma queda graficada la curva del porcentaje relativo.

4.4.- Gráfica de tendencia.

Un gráfico de tendencias es quizás la mas sencilla de las técnicas estadísticas. Los datos se representan en forma gráfica a través de un período de tiempo, con objeto de buscar tendencias o cierto tipo de comportamiento de algún evento o fenómeno determinado, para poder predecir resultados, ayuda mucho para la toma de decisiones, el estado del tiempo es un caso típico del uso de un gráfico de tendencias, por ejemplo la época de lluvias la cuál se presenta en cierta época del año, otro caso típico del uso de este tipo de gráficos es el del desgaste de un buril, La tendencia de ventas etc. a continuación se muestra este tipo de diagrama.



4.5.- Histograma.

Un histograma se usa para medir la frecuencia con que ocurre algo, y es una gráfica integrada por un conjunto de barras que representan los intervalos o clases, ubicadas en un eje de coordenadas.

La línea vertical sirve para indicar la cantidad de datos que contiene cada clase; por consiguiente, se gradúa teniendo en cuenta el número de datos que corresponden a cada clase. La línea horizontal se divide en el número establecido de clases. Las barras corresponden a cada clase.

En el extremo izquierdo de la primera barra se anota el límite inferior del primer grupo; en la barra siguiente, el límite superior del primer grupo, cantidad que coincide con el límite inferior de la segunda barra; y así sucesivamente. En la parte central del ancho de la barra se anota la cantidad que corresponde a la marca de clase.

I = Intervalos

LS = Límite Superior

LI = Límite Inferior

K = No. de intervalos

A = Amplitud o ancho de dicho intervalo

n = Número de datos de la muestra

f = Frecuencia absoluta en cada intervalo

f_r = Frecuencias relativas

F = Frecuencias acumuladas

F_r = Frecuencias acumuladas relativas

x = Marca de clase. (punto medio del intervalo).

$$A = LS - LI$$

$$f_r = \frac{f}{n}$$

$$F_r = \frac{F}{n}$$

Se recomienda que: $5 < k < 15$

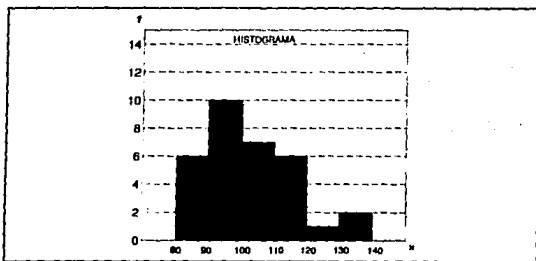
siempre se fija A o k

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

Tabla de calculos

96	101	96	93
82	99	89	101
108	100	118	96
120	100	118	111
100	113	95	83
101	114	112	87
94	130	137	92
90	89	86	94

i	f	fr	F
80 - 90	6	0.1875	6
90 - 100	10	0.3125	16
100 - 110	7	0.2187	23
110 - 120	6	0.1875	29
120 - 130	1	0.0312	30
130 - 140	2	0.0625	32
Σ		1	



4.6.- Diagrama de dispersión.

Un diagrama de dispersión nos ayuda a visualizar las relaciones que existen entre las diferentes características de la calidad y entre las variables que entran en juego en las distintas etapas del proceso; todo esto con el propósito de identificar el factor o los factores de mayor influencia en un determinado proceso o sistema.

El diagrama de dispersión es una gráfica en la que se representan dentro de un par de ejes (x,y) la forma como ocurren en un proceso dos determinadas variables.

Cada punto trazado dentro de dichos ejes representa un par de valores observados. Los valores de cada punto se obtienen por pareja, esto es, cuando en la variable x se observó el valor x_1 , en la variable y se registró la medición y, etc.

Procedimiento para elaborar el diagrama:

Paso 1.- En una hoja de registro se anotan los valores observados de las variables cuya relación va a ser estudiada. Se recomienda que el número n de parejas de datos sea por lo menos 30.

Paso 2.- Se trazan los ejes horizontal y vertical del diagrama seccionandolos en intervalos iguales para cada uno de los ejes.

Paso 3.- Se procede a graficar las parejas (x_i, y_i) de la hoja de registro.

Si en la tabla están registradas parejas iguales se emplea alguna forma de registro para distinguir la medición que se repite, por ejemplo se puede trazar un círculo o una cruz sobre el punto anterior.

A partir del diagrama de dispersión, se puede observar si las variables x y y están relacionadas entre sí o no.

La relación que puede existir entre dos variables es de dos tipos: lineal o curvilínea.

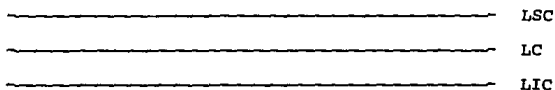
Es lineal, si todos los puntos del diagrama están localizados cerca de una línea recta.

La relación es curvilínea, si los puntos en el diagrama no se pueden aproximar con una recta.

4.7.- Gráficas de control.

4.7.1.- Gráficos de control de mediciones

Las gráficas de control muestran la forma como se comporta un proceso en un determinado lapso de tiempo, fueron desarrolladas por el Dr. Shewhart. Estas gráficas de control tienen una línea central (LC) o media, una línea superior que marca el límite superior de control (LSC) y una línea inferior que marca el límite inferior de control (LIC).



En los espacios de estas líneas se transcriben los resultados de las observaciones hechas a determinados intervalos de tiempo acerca del comportamiento del proceso con respecto a una determinada variable.

Las gráficas de control proporcionan información acerca de:

- * Del nivel medio en el que opera un determinado proceso.
- * Del grado de variación dentro del cuál se da dicho proceso.
- * Y de su consistencia.

Debido a la información que las gráficas de control proporcionan, estas se usan, entre otras cosas, para observar

cómo se comporta el proceso productivo; lo cuál nos va a permitir juzgar si dicho proceso es normal o no y en que grado, y para verificar si los datos obtenidos poseen condiciones semejantes.

La elaboración de las gráficas de control se inicia con las mediciones. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que las mediciones dependen tanto de instrumentos, como de las personas que miden y de las circunstancias del medio ambiente. Por eso, siempre es muy conveniente anotar en las gráficas de control observaciones tales como cambio de turno, la temperatura ambiental, etc.

4.7.1 a).- Gráfica de promedios rangos. X-R.

Antes de elaborar una gráfica de promedios y rangos, es necesario establecer con claridad los siguientes puntos:

- El propósito de la gráfica.
- La variable a considerar.
- El criterio a adoptar en la selección de los datos.
- El tamaño de la muestra.

Pueden ser propósitos, entre otros, para la elaboración de una gráfica de promedios y rangos los siguientes:

- * Obtener información para establecer o cambiar especificaciones.
- * Obtener información para establecer o cambiar procedimientos de producción.
- * Obtener información para establecer o cambiar procedimientos de inspección.
- * Lograr un criterio para decidir si conviene investigar causas de variación del proceso de producción.
- * Lograr un criterio para decisiones rutinarias sobre la situación de rechazo de un producto manufacturado o comprado.
- * Familiarizar al personal con el uso de esta gráfica.

La variable a considerar debe ser siempre algo que pueda ser medido: Dimensiones, Dureza, Fragilidad, Resistencia, Peso, Torques etc. o bien, el número de objetos calificados como pasa o no pasa. El tamaño de la muestra El Dr. Shewhart sugirió la elección de 4 elementos por cada sub-grupo; sin embargo, parece ser que es mejor que los sub-grupos se formen con 5 elementos consecutivos, ya que con menos de 5 la gráfica pierde sensibilidad con respecto a la detección de problemas, mientras que con más de 5 se obtiene muy poca información adicional.

Durante su estudio inicial, los elementos del sub-grupo pueden ser tomados consecutivamente o a intervalos cortos, a fin de detectar si el proceso puede cambiar mostrando inconsistencia en breves períodos de tiempo, se recomienda que el intervalo sea de media

hora a dos horas. Si se hace con mayor frecuencia, puede representar demasiado tiempo invertido; si es menos frecuente la toma de muestras, pueden perderse eventos importantes poco usuales.

La gráfica $\bar{X} - R$ consta de dos secciones: La de la parte superior, que se dedica a los promedios; y la de la parte inferior, que se dedica a los rangos.

Abajo, a lo largo del eje horizontal, se anotan los datos cronológicos que se relacionan con las magnitudes de los promedios y de los rangos.

El límite superior de control (LSC) se expresa generalmente mediante una línea horizontal discontinua. El límite inferior de control (LIC) se expresa mediante una línea horizontal discontinua. Los pasos a seguir para la construcción de estas gráficas son los siguientes:

Paso 1.- Se calcula la media de los promedios. ($\bar{\bar{X}}$)

Paso 2.- Se calculan los límites superior e inferior de la gráfica de los promedios.

Paso 3.- Se transcriben en la parte superior de la gráfica los datos de los promedios.

Paso 4.- Se calcula la media de rangos. ($\bar{\bar{R}}$)

Paso 5.- Se calculan los límites superior e inferior de la gráfica de rangos.

Paso 6.- Se transcriben en la parte inferior de la gráfica los datos de los rangos.

Las ecuaciones necesarias para elaborar la parte de la gráfica destinada a los promedios son las siguientes:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n}$$

Donde: n es el número de datos

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

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

Donde A_2 , D_3 y D_4 son factores de tablas para gráficas de control.

Las ecuaciones necesarias para elaborar la parte de la gráfica destinada a los rangos son las siguientes:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

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

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

Es importante que una vez realizada la gráfica de control se hagan las siguientes observaciones en las gráficas de promedios y rangos.

Se dice que un proceso está bajo control, cuando no muestra ninguna tendencia y, además, ningún punto sale fuera de los límites de control, si se trata de menos de 35 muestras.

Los tipos de tendencia mas frecuentes se listan a continuación:

CORRIDAS

Se llaman corridas a la forma que adquieren los puntos cuando se mueven bien sea por arriba o por abajo de la línea central. Se llama longitud de la corrida al número consecutivo de puntos que están arriba o abajo de la línea central. Si la longitud de la corrida es de 7 o más puntos, se juzga al proceso como anormal.



TENDENCIAS

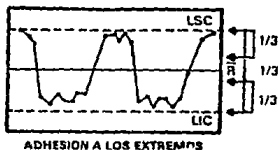
Se dice que se dá una tendencia, cuando los puntos van en secuencia ascendente o descendente. No existe un criterio para decidir si la tendencia es anormal o no; pero si dicha

tendencia continúa, los puntos caerán fuera de los límites de control o asumirán la forma de una corrida.



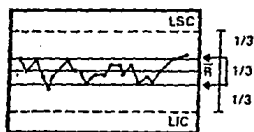
ADHESIÓN A LOS LÍMITES DE CONTROL

Para identificar este tipo de tendencia, es necesario, primero, dividir el espacio comprendido 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.



ADHESIÓN A LA LÍNEA CENTRAL

Si los puntos se concentran en el centro, se juzga al proceso como anormal. Para decidir si hay adhesión a la línea central, hay que dividir el espacio comprendido entre la línea central y los límites en 4 partes iguales y observar si los puntos caen dentro de los sectores cercanos a la línea central. Si todos los puntos caen en las dos partes más cercanas a la línea central, podemos decidir que existe la adhesión.



ADHESION AL CENTRO

PERIODICIDAD

Se dice que el proceso muestra periodicidad, si los puntos se mueven más o menos a intervalos iguales hacia arriba y hacia abajo.

A continuación se presenta un ejemplo para la elaboración de una gráfica $\bar{X} - R$.

Se presenta en un proceso de la industria Automotriz se monitorea el proceso de ensamble del compartimiento de cajuela de topaz en el cuál se toman lecturas de la holgura de la cajuela contra ambos cuartos traseros y la información requerida se presenta a continuación:

Company : FORD Department: CALIDAD TOTAL
 Plant : AUTOS Part # : CAJUELA
 Job Desc : Process ID:
 Character : Frequency :

Engineering Specifications

Lower: 0.50 Nominal: 0.70 Upper: 0.90 Units:

Descriptive Statistics - 1 to 25

Total Samples: 125 Total Subgroups: 25
 Xbar: 0.72 Avg Sam/Sub: 5.00
 Rbar: 0.18
 sbar: 0.07 Std Dev (n - 1): 0.09
 Mbar: 0.71 Variance (n - 1): 7.28E-3
 3rd Moment: -4.85E-6 Coeff. of Skewness: -7.80E-3
 4th Moment: 1.26E-4 Coeff. of Kurtosis: -0.62
 Cp: 0.78 Projected % out upper = 1.55
 C_p: 1.28 Projected % out lower = 0.57
 Cpk: 0.72
 Beta1: 6.23E-5
 Beta2: 2.42
 Kappa: -4.05E-5 Curve Type: Assumed Normal (*)

Control Limit Range 1 - 25: Auto

n = 5 : LCLxbar = 0.61; Xbar = 0.72; UCLxbar = 0.82
 LCLR = 0.00; Rbar = 0.18; UCLR = 0.38

Subgroup:	1	2	3	4	5	
Sample :	1	0.65	0.75	0.75	0.60	0.70
	2	0.70	0.85	0.80	0.70	0.75
	3	0.65	0.75	0.80	0.70	0.65
	4	0.65	0.85	0.70	0.75	0.85
	5	0.85	0.65	0.75	0.65	0.80
Sum :	3.50	3.85	3.80	3.40	3.75	
Xbar :	0.70	0.77	0.76	0.68	0.75	
Rnge :	0.20	0.20	0.10	0.15	0.20	

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	6	7	8	9	10
Sample :	1 0.60	0.75	0.60	0.65	0.60
	2 0.75	0.80	0.70	0.80	0.70
	3 0.75	0.65	0.80	0.85	0.60
	4 0.85	0.75	0.75	0.85	0.80
	5 0.70	0.70	0.75	0.75	0.65
Sum :	3.65	3.65	3.60	3.90	3.35
Xbar :	0.73	0.73	0.72	0.78	0.67
Rnge :	0.25	0.15	0.20	0.20	0.20

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	11	12	13	14	15
Sample :	1 0.80	0.85	0.70	0.65	0.90
	2 0.75	0.75	0.70	0.70	0.80
	3 0.90	0.85	0.75	0.85	0.80
	4 0.50	0.65	0.75	0.75	0.75
	5 0.80	0.70	0.70	0.60	0.85
Sum :	3.75	3.80	3.60	3.55	4.10
Xbar :	0.75	0.76	0.72	0.71	0.82
Rnge :	0.40	0.20	0.05	0.25	0.15

Date :
 Time :
 Code :

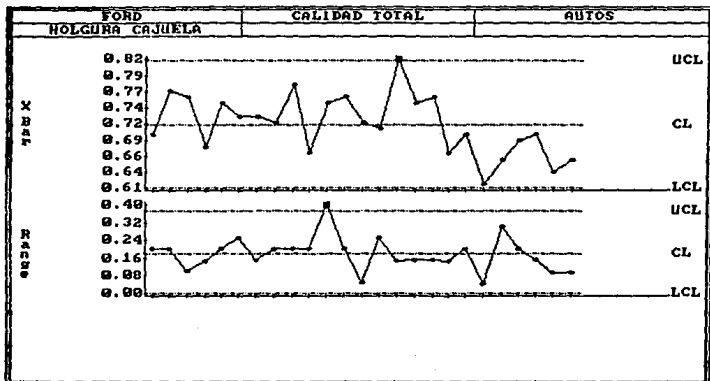
Subgroup:	16	17	18	19	20
Sample :	1 0.75	0.75	0.75	0.65	0.60
	2 0.80	0.70	0.70	0.65	0.60
	3 0.75	0.85	0.60	0.85	0.65
	4 0.80	0.70	0.70	0.65	0.60
	5 0.65	0.80	0.60	0.70	0.65
Sum :	3.75	3.80	3.35	3.50	3.10
Xbar :	0.75	0.76	0.67	0.70	0.62
Rnge :	0.15	0.15	0.15	0.20	0.05

Date :
 Time :
 Code :

File: X-R.VAR Page 3
Date: Wed Nov 3 1993 Time: 7:20:57 pm

Subgroup:	21	22	23	24	25	
Sample :	1	0.50	0.60	0.80	0.65	0.65
	2	0.55	0.80	0.65	0.60	0.70
	3	0.65	0.65	0.75	0.65	0.70
	4	0.80	0.65	0.65	0.60	0.60
	5	0.80	0.75	0.65	0.70	0.65
Sus :	3.30	3.45	3.50	3.20	3.30	
Aber :	0.66	0.69	0.70	0.64	0.66	
Range :	0.30	0.20	0.15	0.10	0.10	

Date :
Time :
Code :



Como se puede observar en la gráfica se notan puntos fuera de control en la gráfica de promedios y de rangos, lo cuál se considera como una condición anormal y por lo cuál se debe hacer una análisis al proceso para detectar causas especiales en la variación del proceso para corregirlas y tener el proceso dentro de control estadístico.

4.7.1 b).- Gráfica de medias y desviaciones estándar. X-S.

La gráfica de medias y desviaciones estándar es el instrumento estadístico que sirve para identificar el comportamiento del proceso con respecto a su desviación estándar con muestras de tamaño variable o constante.

Se emplea para verificar la homogeneidad de la calidad en procesos paralelos en los cuales intervienen diferentes máquinas, varios operarios, oficinas independientes etc.

La información que proporciona esta gráfica sirve para determinar si un proceso dado está, o no, bajo control.

Hay una regla que se aplica la cuál nos informa que:

Si el sub-grupo más grande no supera al más pequeño en más de dos veces su tamaño, el cálculo con medias no ponderadas se considera suficientemente correcto.

COMO SE CONSTRUYE LA GRÁFICA DE MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR.

El proceso para elaborar esta gráfica consta de las mismas etapas que se siguen para la elaboración de la gráfica de promedios y rangos. Se hace la gráfica de corridas, se obtienen los datos, se calculan los límites de control y se transcriben los resultados en una gráfica similar a la de promedios y rangos.

Cuando tenemos que los sub-grupos son de diferente tamaño, la manera de implementar la gráfica de control se complica un

poco, pues además, y antes de las etapas anteriores es preciso, estimar un promedio a partir de los datos, con este promedio ir calculando límites individuales para cada sub-grupo; en caso de comportamientos anormales el analista debe verificar sus datos con límites individuales para los sub-grupos que se comportan de manera anormal.

A continuación se enumeran los pasos necesarios para calcular los límites de control.

Paso 1. Se obtiene la media de la media de los datos:

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

Si no se emplean medias ponderadas,

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}$$

Paso 2. Se obtiene la media de desviación estándar.

Ecuaciones con desviaciones estándar ponderadas.

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

Con desviaciones estándar sin ponderar:

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k}$$

Paso 3.- Se calcula la media del tamaño de los grupos

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

Paso 4.- Se calcula el factor A_1 .

$$A_1 = \frac{3}{\sqrt{\bar{n}}}$$

Paso 5.- Se calcula el factor B_4 .

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

Paso 6.- Se calcula el factor B_3 .

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

Paso 7.- Se obtiene el límite superior de control para las medias.

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{S}$$

Si no se emplean medias ponderadas :

$$LSC_x = \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{S}$$

Paso 8.- Se obtiene el límite inferior de control para las medias.

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{S}$$

Si no se emplean medias ponderadas :

$$LIC_x = \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{S}$$

Paso 9.- Se obtiene el límite superior de control para las desviaciones estándar.

$$LSC_s = B_4 \bar{S}$$

Si no se emplean valores ponderados los factores B4 y B3 se obtienen de tablas para gráficos promedios desviaciones estándar.

Paso 10.- Se obtiene el límite de control inferior para las desviaciones estándar.

$$LIC_s = B_3 \bar{S}$$

Si no se emplean valores ponderados los factores B4 y B3 se obtienen de tablas para gráficos promedios desviaciones estándar.

Paso 11.- Se grafican la línea central, los límites de control para medias y se incluyen los puntos.

Paso 12.- Se grafican la línea central, los límites de control para desviaciones estándar y se incluyen los puntos.

Paso 13.- Se analizan ambos gráficos.

Paso 14.- Se interpreta la gráfica resultante.

En un proceso de manufactura se monitorea el proceso de espesores de primer en el area de pintura se toman lecturas y la información requerida se presenta a continuación:

```

-----
File:                                     Page: 1
Date: Wed Nov 3 1993                    Time: 7:48:47 pm
-----
Company : FORD                           Department: CALIDAD TOTAL
Plant   : PINTURA                        Part #    : ESPESOR PRIMER
Job Desc :                               Process ID:
Character :                               Frequency :
-----

```

Engineering Specifications

Lower: 0.50 Nominal: 1.50 Upper: 2.50 Units: mm

Descriptive Statistics - 1 to 25

```

-----
Total Samples:      125      Total Subgroups:      25

Xbar:               1.12      Avg Sam/Sub:          5.00
Rbar:               0.26
sbar:               0.10      Std Dev (n - 1):      0.11
Mbar:               1.11      Variance (n - 1):    0.01
3rd Moment:         2.66E-4   Coeff. of Skewness:   0.20
4th Moment:         3.80E-4   Coeff. of Kurtosis:  -0.47
Cp:                 3.01      Projected % out upper = 5.16E-34
Cr:                 0.33      Projected % out lower = 1.12E-6
Cpk:                1.86
Beta1:              0.04
Beta2:              2.57
Kappa:              -0.03      Curve Type: Assumed Normal (*)
-----

```

Control Limit Range 1 - 25: Auto

n = 5 : LCLxbar = 0.97; Xbar = 1.12; UCLxbar = 1.26
LCLs = 0.00; sbar = 0.10; UCLs = 0.21

```

-----
Subgroup:      1      2      3      4      5
-----
Sample : 1      1.30      1.01      1.22      1.08      0.98
          2      1.10      1.10      1.05      1.12      1.30
          3      1.20      1.15      0.93      1.11      1.31
          4      1.25      0.97      1.08      1.28      1.12
          5      1.05      1.25      1.15      1.00      1.08

Sun :      5.90      5.48      5.43      5.59      5.79
Rbar :      1.18      1.10      1.09      1.12      1.16
Stdv :      0.10      0.11      0.11      0.10      0.14
-----

```

Date :
Time :
Code :

Subgroup:	6	7	8	9	10	
Sample :	1	1.12	0.92	1.04	1.08	1.20
	2	1.30	1.10	1.14	0.92	1.13
	3	1.01	1.13	1.18	1.14	1.19
	4	1.20	1.02	1.12	1.20	1.16
	5	1.11	0.93	1.00	1.02	1.03
Sum :	5.74	5.10	5.48	5.36	5.71	
Xbar :	1.15	1.02	1.10	1.07	1.14	
Stdv :	0.11	0.10	0.07	0.11	0.07	

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	11	12	13	14	15	
Sample :	1	1.25	1.24	1.13	1.08	1.08
	2	0.91	1.34	1.16	1.31	1.26
	3	0.96	1.30	1.12	1.12	1.13
	4	1.04	1.26	1.22	1.18	0.94
	5	0.93	1.13	1.12	1.15	1.30
Sum :	5.09	6.27	5.75	5.84	5.71	
Xbar :	1.02	1.25	1.15	1.17	1.14	
Stdv :	0.14	0.08	0.04	0.09	0.14	

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	16	17	18	19	20	
Sample :	1	1.14	1.06	1.14	1.07	1.13
	2	1.02	1.12	1.22	1.05	0.90
	3	1.14	0.98	1.18	0.97	1.12
	4	0.94	1.12	1.27	1.05	1.04
	5	1.30	1.20	1.17	1.16	1.40
Sum :	5.54	5.48	5.98	5.30	5.59	
Xbar :	1.11	1.10	1.20	1.06	1.12	
Stdv :	0.14	0.08	0.05	0.07	0.18	

Date :
 Time :
 Code :

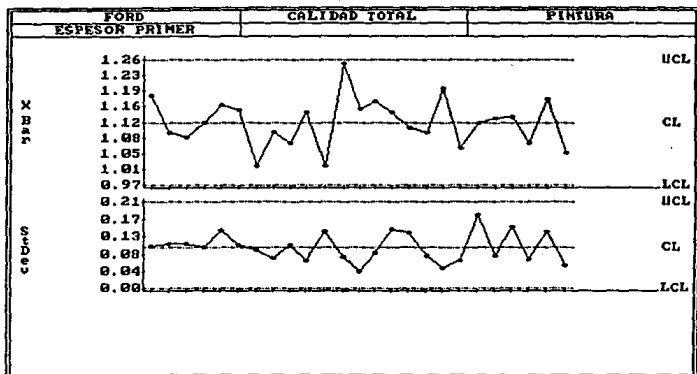
```

=====
File:                               Page 3
Date: Wed Nov 3 1993                Time: 7:48:47 pm
=====
Subgroup:    21      22      23      24      25
-----
Sample : 1    1.15    1.08    1.02    1.26    1.02
         2    1.07    0.94    1.19    1.15    1.02
         3    1.02    1.12    1.03    1.07    1.14
         4    1.22    1.15    1.02    1.02    1.07
         5    1.18    1.36    1.09    1.36    1.00

Sum      :    5.64    5.65    5.35    5.86    5.25
Xbar     :    1.13    1.13    1.07    1.17    1.05
Stdv    :    0.08    0.15    0.07    0.14    0.06

Date     :
Time     :
Code     :
=====

```



En esta gráfica se puede observar el proceso se encuentra dentro de control estadístico, debido a que no se aprecian causas especiales de variación, tanto para medias como para desviaciones estándar.

4.7.1 c).- Gráfica de medianas y rangos. (\bar{X} - R).

La gráfica de medianas y rangos es un instrumento estadístico que permite evaluar el comportamiento del proceso a partir de la mediana y el rango.

Se hace uso de esta gráfica cuando se dá un universo normal que permite estimar el valor de la media a partir de la mediana.

Se trata, pues, de una gráfica de control que se aplica una vez que se ha controlado en forma estable al proceso.

Mediante la gráfica de medianas y rangos se puede obtener, de una manera continua, información rápida y eficiente de un proceso que esta bajo control.

Al igual que la gráfica de medias, es muy conveniente trabajar con grupos de igual tamaño. Se sugiere que estos sean de 5, 7, o 9 observaciones cada uno, a fin de que no sea necesario calcular el valor central; lo cuál facilita los cálculos.

Como es tan sencilla de llevar , el mismo operario puede ir graficando los puntos, obteniendo la mediana y uniendo las sucesivas medianas para verificar si el proceso continúa bajo control.

Proceso para la elaboración de la gráfica.

Dada a la naturaleza de la gráfica, se pueden distinguir dos etapas en el proceso de su elaboración.

La primera se remonta a la gráfica de medias y rangos hasta tener la certeza de que el proceso esté bajo control, en esta etapa se trabaja con los límites anteriores obtenidos empleando la gráfica de medias y rangos.

En la segunda etapa se trazan los límites para las medianas utilizando la constante A_1 que varía un poco respecto a la constante que se emplea para la gráfica de Rangos y medias. Con estos nuevos límites se continúa tomando nuevas lecturas para verificar si el proceso sigue o no bajo control.

Primera etapa Graficamos los puntos obtenidos, empleando como límites y línea central los obtenidos en la gráfica de control de medias y rangos.

Paso 1 Gráfica de datos.

La persona involucrada en la producción puede ir tomando y graficando los datos de manera especial la mediana o sea el dato central de cada sub-grupo, así en el momento en que encuentra que las medianas se sitúan fuera de los límites de control, es una llamada de atención, si se detecta que representa una causa especial se busca identificarla y se anota la observación. Esto es una ayuda en la historicidad del proceso.

Paso 2 Interpretación como verificamos que el proceso continúa bajo control obtenemos límites y línea central para los sucesivos gráficos empleando el factor A_2

Tabla de Factores para media de medianas A_2

Ver apéndices

Segunda etapa. Se calculan la media de las medianas y de rangos con las siguientes ecuaciones:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{x}_i}{n}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

Paso 3.- Se calcula el límite de control superior para medianas.

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

Paso 4.- Se calcula el límite inferior para medianas.

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

Paso 5.- Se calcula el límite superior para rangos.

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

Paso 6.- Se calcula el límite inferior de rangos.

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

Paso 7.- Se gráfica.

Paso 8.- Se interpretan los datos. Exponga sus comentarios comparando los gráficos que se han considerado.

Se presenta en un proceso de la Industria Automotriz se monitorea el proceso de ensamble de cople de dirección de Camiones en el cuál se toman lecturas del torque de aplicación y la información requerida se presenta a continuación:

```

-----
File: MED-R.VAR                               Page 1
Date: Wed Nov 3 1993                          Time: 7:27:45 pm
-----
Company : FORD                                Department: CALIDAD
Plant   : CHASIS                              Part #   : CDPLE DE DIRECCION
Job Desc : TORQUE                             Process ID:
Character :                                   Frequency :
-----

```

Engineering Specifications

Lower: 10.00 Nominal: 15.00 Upper: 20.00 Units: Lb-Ft

Descriptive Statistics - 1 to 26

```

-----
Total Samples:      130      Total Subgroups:      26
Xbar:              14.98      Avg Sm/Sub:           5.00
Rbar:              4.69
sbar:              1.91      Std Dev (n - 1):     2.17
Mbar:              14.85      Variance (n - 1):   4.70
3rd Moment:        0.52      Coeff. of Skewness:  0.05
4th Moment:        60.16     Coeff. of Kurtosis: -0.27
Cp:                 0.77      Projected % out upper = 1.03
Cr:                 1.30      Projected % out lower = 1.07
Cpk:                0.77
Beta1:              2.70E-3
Beta2:              2.77
Kappa:              -4.32E-3   Curve Type: Assumed Normal (*)
-----

```

Control Limit Range 1 - 26; Auto

```

n = 5 :      LCLM = 11.60;      Mbar = 14.85;      UCLM = 18.09
          LCLR = 0.00;      Rbar = 4.69;      UCLR = 9.92
-----

```

Subgroup:	1	2	3	4	5
Sample :	16.00	16.00	16.00	15.00	16.00
2	14.00	15.00	13.00	13.00	15.00
3	13.00	13.00	16.00	13.00	16.00
4	12.00	15.00	15.00	13.00	14.00
5	17.00	17.00	15.00	14.00	17.00
Sum :	72.00	76.00	75.00	68.00	78.00
Med :	14.00	15.00	15.00	13.00	16.00
Range :	5.00	4.00	3.00	2.00	3.00

```

Date :
Time :
Code :
-----

```

```

-----
File: MED-R.VAR                               Page 2
Date: Wed Nov 3 1993                          Time: 7:27:45 pm
-----
Subgroup:      6          7          8          9          10
-----
Sample : 1    13.00     13.00     14.00     13.00     15.00
         2    13.00     11.00     16.00     17.00     14.00
         3    14.00     15.00     17.00     14.00     17.00
         4    17.00     17.00     14.00     17.00     20.00
         5    18.00     13.00     14.00     13.00     18.00

Sum   :    75.00     69.00     75.00     74.00     84.00
Med   :    14.00     13.00     14.00     14.00     17.00
Rnge  :     5.00     6.00     3.00     4.00     6.00

Date  :
Time  :
Code  :
-----
Subgroup:      11         12         13         14         15
-----
Sample : 1    11.00     17.00     20.00     18.00     12.00
         2    19.00     16.00     19.00     16.00     13.00
         3    14.00     14.00     18.00     13.00     15.00
         4    15.00     11.00     19.00     15.00     12.00
         5    17.00     16.00     16.00     13.00     13.00

Sum   :    76.00     74.00     92.00     75.00     65.00
Med   :    15.00     16.00     19.00     15.00     13.00
Rnge  :     8.00     6.00     4.00     5.00     3.00

Date  :
Time  :
Code  :
-----
Subgroup:      16         17         18         19         20
-----
Sample : 1    11.00     17.00     13.00     19.00     14.00
         2    20.00     17.00     15.00     13.00     14.00
         3    14.00     15.00     18.00     10.00     16.00
         4    17.00     13.00     11.00     12.00     14.00
         5     9.00     15.00     13.00     14.00     13.00

Sum   :    71.00     77.00     70.00     68.00     71.00
Med   :    14.00     15.00     13.00     13.00     14.00
Rnge  :    11.00     4.00     7.00     9.00     3.00

Date  :
Time  :
Code  :
-----

```

```

-----
Subgroup:      21          22          23          24          25
-----
Sample : 1    13.00      16.00      18.00      14.00      15.00
          2    17.00      15.00      18.00      15.00      14.00
          3    17.00      14.00      17.00      16.00      16.00
          4    16.00      17.00      17.00      15.00      14.00
          5    14.00      16.00      13.00      14.00      14.00

Sum :        77.00      78.00      83.00      74.00      73.00
Med :        16.00      16.00      17.00      15.00      14.00
Rnge :         4.00       3.00       5.00       2.00       2.00

Date :
Time :
Code :
-----

```

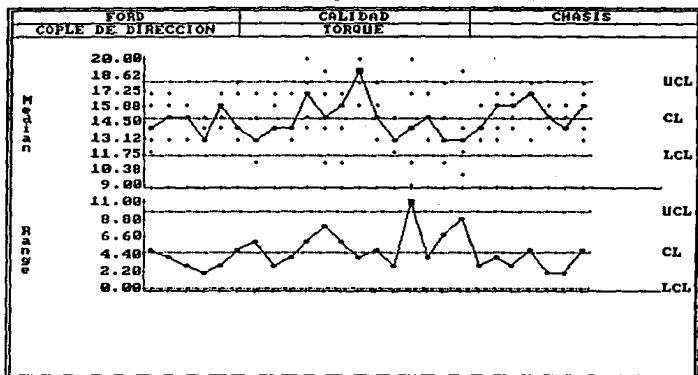
```

-----
Subgroup:      26
-----
Sample : 1    17.00
          2    14.00
          3    18.00
          4    13.00
          5    16.00

Sum :        78.00
Med :        16.00
Rnge :         5.00

Date :
Time :
Code :
-----

```



Como se puede observar en la gráfica se notan puntos fuera de control en la gráfica de medianas y de rangos, lo cual se considera como una condición anormal y por lo cuál se debe hacer una análisis al proceso para detectar causas especiales en la variación del proceso para corregirlas y tener el proceso dentro de control estadístico.

4.7.1 d).- Gráfica de lecturas o mediciones individuales.

(\bar{X} - R).

La gráfica de control de lecturas o mediciones individuales es el instrumento estadístico que nos proporciona información del proceso a partir de lecturas individuales.

Esto tiene lugar cuando la característica a medir es relativamente homogénea y cuando hay que estimar la variedad de vida a causas especiales.

Igual que en las gráficas anteriores podemos iniciar por graficar corridas, y detectar cambios grandes, luego de confirmar la estabilidad, situar los límites de control y la línea central. Aquí como en todas las gráficas de control es importante decidir el número de elementos procedentes del muestreo para obtener un buen índice de confiabilidad, si analizamos las gráficas de control de variables con respecto al tamaño de sub-grupo, este tamaño o número de elementos se relaciona en forma inversa con la amplitud del rango o región comprendida entre los límites de control.

Es de notar que mientras la variable este bajo control el parámetro poblacional es el mismo, así modifiquemos o no, el tamaño del sub-grupo.

Otra de las cuestiones a considerar en las gráficas de control, es la cantidad de sub-grupos que necesitamos para determinar con validéz si la variable presenta un

comportamiento "estático" o controlado. Al respecto existen diversidad de reglas, sin embargo, concretamente las reglas pueden resumirse en :

Si se trata de mediciones individuales o de sub-grupos en los cuáles consideramos un elemento solamente para cada uno, necesitamos de 50 a 500 sub-grupos, o sea el mismo número de mediciones individuales y la medición de todos ellos indicando estar bajo control; Esta es una buena cantidad para poder calcular los límites de control.

Si se trata de sub-grupos de dos o mas elementos, de acuerdo a los programas incluidos en las computadoras para elaborar las gráficas de control, tendríamos los siguientes superiores para cada caso: (2,333), (3,250), (4,200), (5,166), (6,142)..., Una vez que en esta cantidad de sub-grupos detectemos control, podemos proceder a evaluar la habilidad del proceso.

PROCESO PARA LA ELABORACION DE LA GRAFICA

Al igual que en las gráficas anteriores, también en ésta es necesario obtener datos, calcular los límites de control y saber interpretar los resultados.

Para calcular el límite superior de control, se suman 3 desviaciones estándar(s) a la media de las mediciones individuales; y el límite inferior es el resultado de la diferencia de la media menos 3 s.

Es importante, además , tomar en cuenta que el rango que se

utiliza en la gráfica es un rango movable, que resulta de la diferencia entre el mayor dato y el menor de varios datos consecutivos ($n=2$, si son dos los datos que se consideran).

Paso 1.- Se llena el encabezado de la gráfica.

Paso 2.- Se gráfica los datos y se unen mediante una línea continua.

Paso 3.- Se estima la media de los datos.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Paso 4.- Se gráfica la media.

Paso 5.- Se calculan los rangos movibles.

$$R_1 = | X_1 - X_2 | ; R_2 = | X_2 - X_3 | ; \dots$$

Paso 6.- Se grafican los rangos y se les une mediante una línea continua.

Paso 7.- Se calcula la media de los rangos.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1}}{n - 1}$$

Paso 8.- Se grafica la media de los rangos.

Paso 9.- Se calculan los límites superior e inferior de control para las lecturas individuales y para los rangos.

$$LSC_i = \bar{X} + E_2 \bar{R}$$

$$LIC_i = \bar{X} - E_2 \bar{R}$$

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

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

Para la aplicación de fórmulas se deben de tomar las constantes del apéndice:

Paso 10.- Se interpreta la gráfica.

Ejemplo: Se tiene en el proceso de pintura de camiones el uso de una gráfica de lecturas individuales para el espesor de pintura en mm. registrándose los siguientes datos:

Company : FORD Department: CALIDAD
 Plant : PINTURA Part # : ESPESORES
 Job Desc : Process ID:
 Character : Frequency :

Engineering Specifications

Lower: 3.00 Nominal: 5.00 Upper: 7.00 Units: MM

Descriptive Statistics - 1 to 76

Total Samples: 76 Total Subgroups: 76
 Xbar: 4.64 Avg Sam/Sub: 1.00
 Rbar: 0.88
 sbar: Undefined Std Dev (n - 1): 0.94
 Mbars: 4.64 Variance (n - 1): 0.88
 3rd Moment: 9.40E-3 Coeff. of Skewness: 0.01
 4th Moment: 1.54 Coeff. of Kurtosis: -1.02
 Cp: 0.71 Projected % out upper = 0.59
 Cr: 1.41 Projected % out lower = 4.08
 Cpk: 0.58
 Beta1: 1.34E-4
 Beta2: 2.03
 Kappa: -5.40E-5 Curve Type: Assumed Normal (*)

Control Limit Range 1 - 76: Auto

n = 1 : LCLX = 2.28; Xbar = 4.64; UCLX = 6.99
 LCLR = 0.00; MRbar = 0.88; UCLR = 2.89

Subgroup:	1	2	3	4	5
Sample : 1	5.00	6.00	4.00	3.50	6.00
Sum :	5.00	6.00	4.00	3.50	6.00
Indv :	5.00	6.00	4.00	3.50	6.00
MovR :	Undefined	1.00	2.00	0.50	2.50

Date :
 Time :
 Code :

Subgroups:	6	7	8	9	10
Sample : 1	4.00	5.50	5.20	4.00	3.90
Sum :	4.00	5.50	5.20	4.00	3.90
Indv :	4.00	5.50	5.20	4.00	3.90
MovR :	2.00	1.50	0.30	1.20	0.10

Date :
 Time :
 Code :

Subgroups:	11	12	13	14	15
Sample : 1	3.00	6.00	3.00	5.50	5.00
Sum :	3.00	6.00	3.00	5.50	5.00
Indv :	3.00	6.00	3.00	5.50	5.00
MovR :	0.90	3.00	3.00	2.50	0.50

Date :
 Time :
 Code :

Subgroups:	16	17	18	19	20
Sample : 1	3.00	5.00	3.50	4.00	4.90
Sum :	3.00	5.00	3.50	4.00	4.90

Inch :	3.00	5.00	3.50	4.00	4.90
Novt :	2.00	2.00	1.50	0.50	0.90

Date :
Time :
Code :

Subgroup:	21	22	23	24	25
-----------	----	----	----	----	----

Sample : 1	4.70	5.20	6.00	4.20	3.90
------------	------	------	------	------	------

Sum :	4.70	5.20	6.00	4.20	3.90
Inch :	4.70	5.20	6.00	4.20	3.90
Novt :	0.20	0.50	0.80	1.80	0.30

Date :
Time :
Code :

Subgroup:	26	27	28	29	30
Sample : 1	4.01	5.00	3.00	3.50	3.90
Sum :	4.01	5.00	3.00	3.50	3.90
Indv :	4.01	5.00	3.00	3.50	3.90
NovR :	0.11	0.99	2.00	0.50	0.40

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	31	32	33	34	35
Sample : 1	4.50	5.50	6.00	6.20	6.10
Sum :	4.50	5.50	6.00	6.20	6.10
Indv :	4.50	5.50	6.00	6.20	6.10
NovR :	0.60	1.00	0.50	0.20	0.10

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	36	37	38	39	40
Sample : 1	5.80	4.60	4.40	4.60	5.00
Sum :	5.80	4.60	4.40	4.60	5.00
Indv :	5.80	4.60	4.40	4.60	5.00
NovR :	0.30	1.20	0.20	0.20	0.40

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	41	42	43	44	45
Sample : 1	5.40	5.60	3.80	3.70	3.90
Sum :	5.40	5.60	3.80	3.70	3.90
Indv :	5.40	5.60	3.80	3.70	3.90
NovR :	0.40	0.20	1.80	0.10	0.20

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	46	47	48	49	50
Sample : 1	4.20	4.50	4.80	5.00	3.80
Sum :	4.20	4.50	4.80	5.00	3.80
Indv :	4.20	4.50	4.80	5.00	3.80
NovR :	0.30	0.30	0.30	0.20	1.20

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	51	52	53	54	55
Sample : 1	3.40	4.20	5.00	6.00	6.20
Sum :	3.40	4.20	5.00	6.00	6.20
Indv :	3.40	4.20	5.00	6.00	6.20
NovR :	0.40	0.80	0.80	1.00	0.20

Date :
 Time :
 Code :

Subgroups:	56	57	58	59	60
Sample : 1	3.40	5.70	4.60	5.20	3.90
Sum :	3.40	5.70	4.60	5.20	3.90
Indv :	3.40	5.70	4.60	5.20	3.90
NovR :	2.80	2.30	1.10	0.60	1.30
Date :					
Time :					
Code :					

Subgroup:	61	62	63	64	65
Sample : 1	4.60	3.00	3.00	4.60	5.00
Sum :	4.60	3.00	3.00	4.60	5.00
Indv :	4.60	3.00	3.00	4.60	5.00
NovR :	0.70	1.60	0.00	1.60	0.40

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	66	67	68	69	70
Sample : 1	5.10	4.80	3.90	3.60	4.00
Sum :	5.10	4.80	3.90	3.60	4.00
Indv :	5.10	4.80	3.90	3.60	4.00
NovR :	0.10	0.30	0.90	0.30	0.40

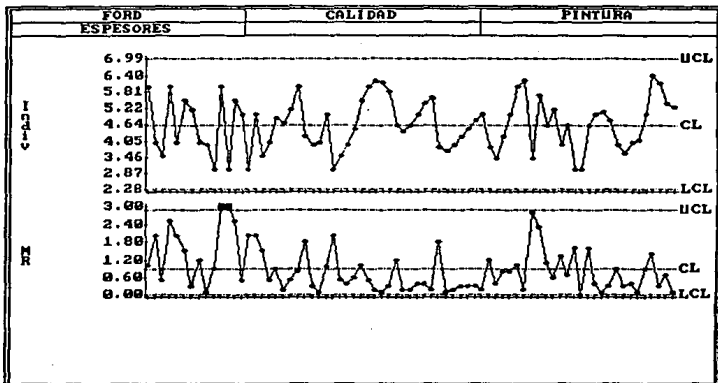
Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	71	72	73	74	75
Sample : 1	4.10	5.00	6.40	6.10	5.40
Sum :	4.10	5.00	6.40	6.10	5.40
Indv :	4.10	5.00	6.40	6.10	5.40
NovR :	0.10	0.90	1.40	0.30	0.70

Date :
 Time :
 Code :

Subgroup:	76
Sample : 1	5.30
Sum :	5.30
Indv :	5.30
NovR :	0.10

Date :
 Time :
 Code :



Se puede apreciar que en la gráfica de promedios se encuentra el proceso dentro de control estadístico, pero en la gráfica de rangos, se observan dos puntos fuera de control; por lo tanto se debe de hacer un análisis en el proceso, para detectar si se trata de alguna condición anormal u ocurrió alguna causa especial en la variación del proceso.

4.7.2.- Gráficos de control por Atributos.

Características de las gráficas de control de atributos: Por atributos se entienden las características de calidad que no pueden ser medidas con una escala numérica, pues se trata de características cuya existencia se juzga a través de un criterio mas o menos subjetivo.

El juicio, que es el resultado de una clasificación por atributos, se suele expresar de la siguiente manera:

Pasa	no pasa
Conforme	no conforme
aprobado	no aprobado

Estos índices pueden referirse al producto, desperdicio, rechazo de materiales, seguridad etc.

Elementos de clasificación por atributos, para poder llevar a cabo la clasificación por atributos se requiere:

- De un criterio.
- De una prueba.
- Y de una decisión.

El criterio se establece de acuerdo con especificaciones.

La prueba consiste en la operación que se realiza para averiguar la existencia o no de lo establecido.

La prueba se efectúa de una manera mecánica, cuando un aparato discrimina los elementos que no cumplen con la especificación. Física, cuando la característica se somete a un cambio físico como lo es diferente grado de temperatura.

Química, cuando el producto se somete a reacciones químicas. La decisión determina que título (pasa o no pasa) debe darse al producto.

Tipos de gráficos de control por atributos

Las gráficas de control por atributos mas usuales son las siguientes:

- p** Porcentaje de unidades defectuosas. Esta gráfica se usa cuando los tamaños de la muestra pueden ser variables.
- np** Número de unidades defectuosas. Esta gráfica se utiliza cuando el tamaño de muestras debe ser constante.
- c** Número de defectos. Esta gráfica se utiliza cuando el tamaño de las muestras es constante.
- u** Número de defectos por unidad (Porcentaje). Esta gráfica se utiliza cuando el tamaño de la muestra es variable.

Es muy importante dominar los diferentes tipos de gráficas para atributos a fin de emplearlas lo mejor posible.

4.7.2 a).- Gráfica de porcentaje de unidades defectuosas (p)

La fracción de unidades defectuosas (p) es el conjunto de aquellos artículos que se encontraron defectuosos (x) dentro de un total de artículos examinados (n).

Este conjunto de artículos defectuosos se expresa como fracción decimal para el cálculo de los límites de control. La fracción, sin embargo, se convierte generalmente en porcentaje, cuando se transcribe en la gráfica y en la presentación general de los resultados. Esta gráfica sirve para averiguar la proporción media de artículos defectuosos sometidos a inspección.

Las muestras que se utilizan para elaborar esta gráfica pueden ser variables. Las muestras de tamaño grande permiten evaluaciones más estables del desarrollo del proceso y son más sensibles a cambios pequeños.

Mientras mayor sea la muestra y el número de artículos defectuosos permanezca constante mayor será la calidad. Si la muestra permanece constante y el número de artículos defectuosos disminuye el comportamiento es similar.

La elaboración de una gráfica del porcentaje de unidades defectuosas p se lleva a cabo en 4 etapas.

En la primera se grafican las corridas.

Paso 1.- Se registran los datos en un formato.

Paso 2.- Se calcula la fracción defectuosa de cada sub-grupo.

$$p = \frac{X}{n}$$

donde p = porcentaje de defectuosos.

X = Número de defectuosos.

n = número de artículos inspeccionados.

Paso 3.- Se hace la gráfica de corridas con los porcentajes. en este paso se puede apreciar si el proceso se comporta en forma normal, o hay variaciones que es preciso disminuir para llegar a un proceso estable. Dado el caso que hubiese grandes variaciones se recomienda proceder a hacer tomas sucesivas y quedarnos en la primera etapa hasta que se considere que el porcentaje es suficientemente estable.

En la segunda etapa se estima para el porcentaje de defectuosos y se comparan las tomas sucesivas de datos con límites obtenidos en forma individual para cada sub-grupo. Esta etapa tiende a estabilizar el proceso.

Paso 4.- Se calcula la media de p con la siguiente ecuación:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Paso 5.- Se obtienen los límites individuales de control para cada sub-grupo.

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

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

donde n varía, se toma el tamaño de cada sub-grupo.

Paso 6.- Se grafican límites para cada sub-grupo.

En la tercera etapa se estima una nueva media, obtenida a partir de los sub-grupos descartando los puntos que estuviesen fuera de control por encima del límite superior siempre y

cuando hayamos encontrado la causa especial de esas variaciones.

Paso 7.- Identificar los puntos que debemos descartar. Los puntos que debemos descartar son los que salen de control por encima del límite superior de control.

Paso 8.- Calcular la media de los porcentajes con los puntos restantes.

$$p' = \frac{\sum_{i=1}^{k-d} X_{i,d}}{\sum_{i=1}^{k-d} n_{i,d}}$$

Paso 9.- Continuar graficando datos, hasta tener estabilidad en el proceso, o sea que todos los puntos estén bajo control.

En la cuarta etapa se estima un par de límites de control. esta etapa presenta estabilidad en el proceso e indica si el mismo, mejora o no. En esta etapa se recalculan límites si es preciso. El mismo proceso nos informa cuándo.

Paso 10.- Estimar el tamaño promedio de grupo.

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

Paso 11.- Calcular límites generales y graficar.

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

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

Paso 12.- Interpretar el gráfico resultante, dado caso de presentar inestabilidad, recalculer límites.

Consideremos el siguiente ejemplo. En el departamento de recibo de materiales se lleva una gráfica p para monitorear el porcentaje de unidades defectuosas de un material a granel cuyos datos se presentan a continuación:


```

*****
File: PATRIB.ATT                               Page 1
Date: Mon 8 Nov 1993                           Time: 7:22:56 pm
*****
Company : Ford                                Department: Calidad Total
Plant : Recibo Materiales                     Part # : Tuberías Frenos
Job Desc :                                    Process ID:
Character :                                    Frequency : Diaria
*****

```

```

Control Limit Range 1 - 25: Auto
n = 500; LCLp = 0.009; pbar = 0.032; UCLp = 0.056
*****

```

Pattern Analysis

[16] Point lies outside control limit.

```

% within middle third of chart: 64.000
Process capability: 0.032

```

Subgroup:	1	2	3	4	5
# Concern @ Samples	500	500	500	500	500
1 defect	12	15	19	13	9
Date	6 Jun	7	8	11	12
Time					
Code					
p (non-conforming)	0.024	0.030	0.038	0.026	0.018
np	12	15	19	13	9
Subgroup:	6	7	8	9	10
# Concern @ Samples	500	500	500	500	500
1 defect	26	18	14	17	18
Date	13	14	15	18	19
Time					
Code					
p (non-conforming)	0.052	0.036	0.028	0.034	0.036
np	26	18	14	17	18
Subgroup:	11	12	13	14	15
# Concern @ Samples	500	500	500	500	500
1 defect	16	24	11	31	16
Date	20	21	22	25	26
Time					
Code					
p (non-conforming)	0.032	0.048	0.022	0.062	0.032
np	16	24	11	31	16

```

=====
File: PATRIB.ATT                               Page 2
Date: Mon 8 Nov 1993                          Time: 7:22:57 pm
=====
Subgroup:          16          17          18          19          20
-----
# Concern @ Samples 500      500      500      500      500
-----
1 defect           10         16         17         20         15

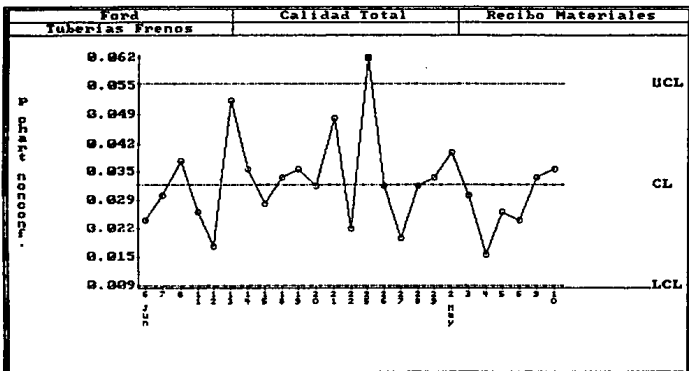
Date              27         28         29         2 May       3
Time
Code

p (non-conforming) 0.020     0.032     0.034     0.040     0.030
np                10         16         17         20         15
=====
Subgroup:          21          22          23          24          25
-----
# Concern @ Samples 500      500      500      500      500
-----
1 defect           8          13         12         17         18

Date              4          5          6          9          10
Time
Code

p (non-conforming) 0.016     0.026     0.024     0.034     0.036
np                8          13         12         17         18
=====

```



Se puede apreciar que en la gráfica p se encontraría el proceso dentro de control estadístico, de no ser por la presencia de un punto fuera de los límites de control, pero en este caso habría de investigarse la causa por la cuál se salió de control, en el proceso, para detectar si se trata de alguna condición anormal u ocurrió alguna causa especial en la variación del proceso.

4.7.2 b).- Gráfica para el número de unidades defectuosas
(np).

La gráfica para el número de unidades defectuosas es el instrumento estadístico que se utiliza cuando se desea graficar precisamente las unidades defectuosas, y no el porcentaje que estas representan, siendo constante el tamaño de la muestra.

Como en todas las gráficas, es necesario establecer la frecuencia para la toma de datos, teniendo en cuenta que los intervalos cortos permiten una rápida retroalimentación del proceso.

Las muestras deben ser suficientemente grandes, de tal modo que encontramos una o varias unidades defectuosas en cada subgrupo. La experiencia enseña que los tamaños de las muestras no deben ser menores que 50 unidades.

Los pasos a seguir para la elaboración de la gráfica es el siguiente:

Paso 1.- Se calcula el promedio de unidades defectuosas.

$$\bar{np} = \frac{\sum_{i=1}^k X}{k}$$

En donde X es la variable que representa los defectuosos en cada lote.

np es el promedio de defectuosos por cada lote.

k es el número total de inspeccionados.

Paso 2.- Se calcula la fracción defectuosa promedio.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k X}{\sum_{i=1}^k n} = \frac{\bar{np}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k X}{kn}$$

$$\bar{np} = \frac{np_1 + np_2 + \dots + np_k}{k}$$

donde: np_1, np_2, \dots, np_k representan la cantidad de unidades defectuosas en cada uno de los k subgrupos.

Paso 3.- Se calculan los límites superior e inferior de control.

$$LSC_p = \bar{np} + 3 \sqrt{\bar{np} \left[1 - \frac{\bar{np}}{n} \right]}$$

$$LIC_p = \bar{np} - 3 \sqrt{\bar{np} \left[1 - \frac{\bar{np}}{n} \right]}$$

Paso 4.- Se grafican los datos.

Paso 5.- Se interpreta el gráfico.

Consideremos el siguiente ejemplo. En el departamento de Carrocerías se lleva una gráfica np para monitorear el número de unidades defectuosas (tamaño) de stud weld, de parabrisas y los datos obtenidos se presentan a continuación:

Company : Ford Department: Calidad Total
 Plant : Carrocerías Part # : Stud weld pequeños
 Job Desc : Process ID:
 Character : Frequency : Diaria

Control Limit Range 1 - 25: Auto
 n = 62; LCLnp = 0.000; npbar = 4.040; UCLnp = 9.870

Subgroup:	1	2	3	4	5
# Concern \ Samples	62	62	62	62	62
1 defect	2	5	4	3	3

Date
 Time
 Code

np (non-conforming) 2 5 4 3 3

Subgroup: 6 7 8 9 10

Concern \ Samples 62 62 62 62 62

1 defect 6 5 0 7 5

Date
 Time
 Code

np (non-conforming) 6 5 0 7 5

Subgroup: 11 12 13 14 15

Concern \ Samples 62 62 62 62 62

1 defect 4 1 2 3 6

Date
 Time
 Code

np (non-conforming) 4 1 2 3 6

Subgroup: 16 17 18 19 20

Concern \ Samples 62 62 62 62 62

1 defect 3 8 4 4 4

Date
 Time
 Code


```
=====
rp (non-conforming)      3      8      4      4      4
=====
Subgroup:                21     22     23     24     25
-----
# Concern \ Samples      62     62     62     62     62
-----
1 defect                  6      4      2      3      7
```

Date
Time
Code

```
rp (non-conforming)      6      4      2      3      7
=====
```

```

File: NP.ATT Page 1
Date: Mon 8 Nov 1993 Time: 7:30:23 pm
Company : Ford Department: Calidad Total
Plant : Carrocerias Part # : Stud weld pequeños
Job Desc : Process ID:
Character : Frequency : Diaria

```

```

Control Limit Range 1 - 2S: Auto
n = 62; LCLnp = 0.000; npbar = 4.040; UCLnp = 9.870
Subgroup: 1 2 3 4 5
# Concern \ Samples 62 62 62 62 62
1 defect 2 5 4 3 3

Date
Time
Code

```

```

np (non-conforming) 2 5 4 3 3
Subgroup: 6 7 8 9 10
# Concern \ Samples 62 62 62 62 62
1 defect 6 5 0 7 5

Date
Time
Code

```

```

np (non-conforming) 6 5 0 7 5
Subgroup: 11 12 13 14 15
# Concern \ Samples 62 62 62 62 62
1 defect 4 1 2 3 6

Date
Time
Code

```

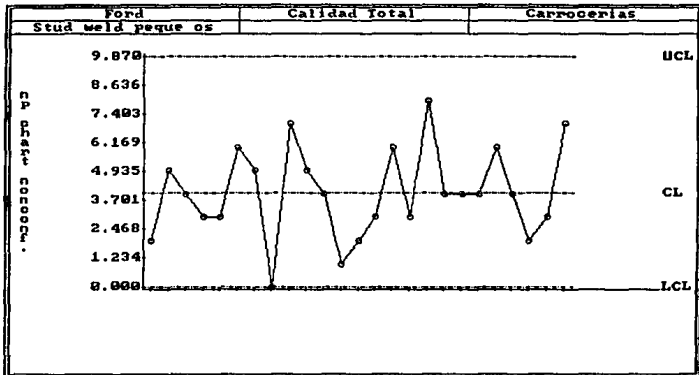
```

np (non-conforming) 4 1 2 3 6
Subgroup: 16 17 18 19 20
# Concern \ Samples 62 62 62 62 62
1 defect 5 5 4 4 4

Date
Time
Code

```

np (non-conforming)		3	8	4	4	4
Subgroup:		21	22	23	24	25
# Concern \	Samples	62	62	62	62	62
1 defect		6	4	2	3	7
Date						
Time						
Code						
np (non-conforming)		6	4	2	3	7



Se puede apreciar que en la gráfica no se encuentra el proceso dentro de control estadístico, por lo que se debe seguir monitorando continuamente la variación del proceso.

4.7.2 c).- Gráfica para el número de defectos por unidad inspeccionada (c).

Al igual que el gráfico anterior aquí también graficamos número de unidades defectuosas.

El objetivo de estos gráficos puede ser asimismo, reducir el costo relativo al reproceso, informar a los supervisores de producción y a la administración acerca del nivel de calidad, determinar que tipo de defectos no son permisibles en un producto, informar de la probabilidad de ocurrencia de los defectos en una unidad.

Para la elaboración de la gráfica se siguen los siguientes pasos :

Paso 1.- Se obtienen los datos.

Paso 2.- Se calculan \bar{c} promedio y límites de control.

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

$$LSC_c = \bar{c} + 3 \sqrt{\bar{c}}$$

$$LIC_c = \bar{c} - 3 \sqrt{\bar{c}}$$

Paso 3.- Se gráfica.

Paso 4.- Se interpreta la gráfica.

Consideremos el siguiente ejemplo. En el departamento de Costura se lleva una gráfica c para monitorear el número de defectos por unidad de asientos y los datos obtenidos se presentan a continuación:

Company : Ford Department: Calidad Total
 Plant : Costura Part # : Asientos
 Job Desc : Process ID:
 Character : Frequency : C / Rollo de tela

Control Limit Range 1 - 25: Auto
 n = 1; LCLc = 0.000; cbar = 7.560; UCLc = 15.809

Pattern Analysis

- [5] Point lies outside control limit.
- [19] 7 consecutive points on one side of center line.
- [20] 7 consecutive points on one side of center line.
- [21] 7 consecutive points on one side of center line.

% within middle third of chart: 36.000
 Process capability: 7.560

Subgroup:	1	2	3	4	5
# Concern \ Samples	1	1	1	1	1
1 Imperfecciones	9	15	11	8	17
Date					
Time					
Code					

c (non-conforming) 9 15 11 8 17

Subgroup:	6	7	8	9	10
# Concern \ Samples	1	1	1	1	1
1 Imperfecciones	11	5	11	13	7
Date					
Time					
Code					

c (non-conforming) 11 5 11 13 7

Subgroup:	11	12	13	14	15
# Concern \ Samples	1	1	1	1	1
1 Imperfecciones	10	12	4	3	7
Date					
Time					
Code					

c (non-conforming) 10 12 4 3 7

Subgroup: 16 17 18 19 20

# Concern \ Samples	1	1	1	1	1
1 Imperfecciones	2	3	3	6	2

Date
 Time
 Code

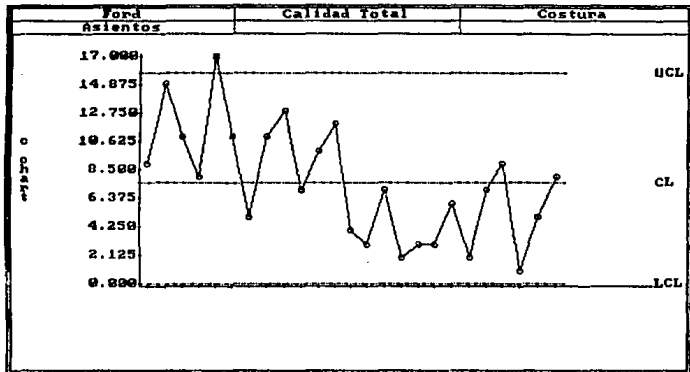
c (non-conforming) 2 3 3 6 2

Subgroup: 21 22 23 24 25

# Concern \ Samples	1	1	1	1	1
1 Imperfecciones	7	9	1	5	8

Date
 Time
 Code

c (non-conforming) 7 9 1 5 8



Se puede apreciar que en la gráfica c se encuentra el proceso inestable, debido a que se presentan puntos fuera de los límites de control y se observa una tendencia descendente lo que está ocasionando un cambio de distribución en el proceso. Por lo cuál se deben tomar las acciones pertinentes para mejorar el proceso y seguir monitorando para observar su comportamiento y eliminar las causas especiales de variación.

4.7.2 d).- Gráfica de fracción de unidades defectuosas (u).

La gráfica de control por unidad inspeccionada en muestras de tamaño constante o variable de más de una unidad (u) es el instrumento estadístico que sirve para medir la cantidad de defectos por unidad inspeccionada y una muestra de n unidades. La gráfica se emplea en situaciones en las que la muestra incluye más de una unidad, o en las que el tamaño varía de muestra a muestra. Si la muestra varía continuamente el proceso de implementación de este tipo de gráficas debe llevarse a efecto como el que se estudió para las gráficas p. Si no es tan variable, la implementación de gráficas u es más sencilla. Consideremos este segundo caso que es también aplicable a los gráficos p si la variación es mínima, algunos autores dicen que el dato mayor no debe superar en más de dos veces el tamaño, y otros autores deciden que la variación debe ser menor que el 25 % a partir del tamaño promedio de las muestras.

Los límites para este tipo de gráficas son variables, por lo tanto, debemos observar los siguientes procedimientos:

- * Determinar los límites para cada muestra (límites variables).
- * Determinar la línea central (promedio de u).

* Estandarizar los valores de manera que lleguemos a tener un solo par de límites, objetivo que se logra cuando el proceso ya está bajo control. Este método favorece al proceso y nos presenta una serie de datos que contribuyen a decisiones futuras.

Se usa además, para determinar si el proceso está bajo control, mostrándonos un historial del mismo.

Se elabora de la siguiente manera:

Paso 1.- Se obtienen datos y se registran.

Paso 2.- Se estiman los límites de control de prueba.

Para obtener el tamaño medio del sub-grupo aplicamos la regla si el máximo no supera en más de dos veces el tamaño.

$$\bar{\bar{n}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k}$$

La línea central para la gráfica de control se estima con la siguiente ecuación:

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

Para los límites de control:

$$LSC_u = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

$$LIC_u = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{\bar{n}}}$$

Paso 3.- Se interpreta la gráfica.

Consideremos el siguiente ejemplo. En el departamento de Embarques se lleva una gráfica \bar{u} para monitorear la fracción de unidades defectuosa de soportes y los datos obtenidos se presentan a continuación:

Company : Ford Department: Calidad Total
 Plant : Embarques Part # : Soportes
 Job Desc : Process ID:
 Character : Frequency : C / Rollo de tela

Control Limit Range 1 - 25: Auto

n = 8,000 : LCLu = 0.497; UCLu = 1.995; UCLu = 3.493
 n = 9,000 : LCLu = 0.583; UCLu = 1.995; UCLu = 3.408
 n = 7,000 : LCLu = 0.393; UCLu = 1.995; UCLu = 3.597
 n = 4,000 : LCLu = 0.000; UCLu = 1.995; UCLu = 4.114
 n = 12,000 : LCLu = 0.772; UCLu = 1.995; UCLu = 3.218
 n = 16,000 : LCLu = 0.936; UCLu = 1.995; UCLu = 3.054

Pattern Analysis

[21] Point lies outside control limit.
 [22] Point lies outside control limit.

% within middle third of chart: 56.000
 Process capability: 1.995

Subgroup:	1	2	3	4	5
# Concern # Samples	8,000	8,000	9,000	8,000	8,000
1 Defectuosos	8	17	18	15	23
Date	9 Feb	10	11	12	15
Time					
Code					
u (non-conforming)	1.000	2.125	2.000	1.875	2.875
c	8	17	18	15	23

Subgroup:	6	7	8	9	10
# Concern # Samples	7,000	7,000	8,000	8,000	8,000
1 Defectuosos	9	19	6	14	17
Date	16	17	18	19	22
Time					
Code					
u (non-conforming)	1.286	2.714	0.750	1.750	2.125
c	9	19	6	14	17

Subgroup:	11	12	13	14	15
# Concern # Samples	7,000	8,000	9,000	9,000	8,000
1 Defectuosos	13	15	16	22	13
Date	23	24	25	26	1 Mar
Time					
Code					

```

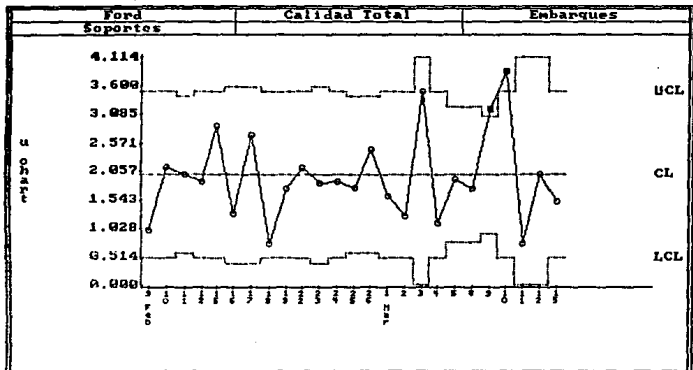
*****
      u (non-conforming)    1.857    1.875    1.778    2.444    1.625
      c                      13      15      16      22      13
*****
Subgroup:                    16      17      18      19      20
-----
# Concern # Samples    8,000    4,000    8,000    12,000    12,000
-----
1 Defectuosos              10      14      9       23      21

  Date                      2       3       4       5       8
  Time
  Code

      u (non-conforming)    1.250    3.500    1.125    1.917    1.750
      c                      10      14      9       23      21
*****
Subgroup:                    21      22      23      24      25
-----
# Concern # Samples    16,000    8,000    4,000    4,000    8,000
-----
1 Defectuosos              51      31      3       8       12

  Date                      9       10      11      12      15
  Time
  Code

      u (non-conforming)    3.188    3.875    0.750    2.000    1.500
      c                      51      31      3       8       12
*****
  
```

Se puede apreciar que en la gráfica u se encuentra el proceso inestable, debido a que se presentan puntos fuera de los límites de control y se observa una ligera tendencia descendente lo que está ocasionando un cambio de distribución en el proceso. Por lo cuál se deben tomar las acciones pertinentes para mejorar el proceso y seguir monitorando para observar su comportamiento y eliminar las causas especiales de variación.

CAPITULO 5

CASO PRACTICO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

SINFIN A LARGUERO

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

TABLA DE CONTENIDO

MIEMBROS DEL EQUIPO.

HISTORIA.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.

POR PUNTO DE CONTROL

PLAN DE CONTROL.

PLAN DE REACCION.

ESTUDIOS R & R.

ESTUDIO DE HABILIDAD DE LA MAQUINA

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.

PLAN DE ACCION.

SUMARIO DE ACCIONES TOMADAS

SUMARIO DE CARTAS DE CONTROL

CARTAS DE CONTROL

RESUMEN DE HABILIDADES

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

MIEMBROS DEL EQUIPO DE REDUCCION DE VARIABILIDAD

N O M B R E	PUESTO	EXTENSION
MANUEL FERNANDEZ	SUPV. 1er. TURNO	7115
ERNESTO VEGA	SUPV. 2do. TURNO	7115
LORENZO SANCHEZ	ING. PROCESO	7368
JOSE LAZCANO	C. DE CALIDAD	7383
LINO NIEVES	C. DE CALIDAD	7383
ARIEL DELGADO	CALIDAD TOTAL	7383
RICARDO CERVANTES	COORDINADOR DE C.E.P.	7368
DAVID JUAREZ	HTAS. NEUMATICAS	7317
FERNANDO SANTOS	HTAS. NEUMATICAS	7317
JUAN GUTIERREZ	OPERARIO 1er. TURNO	7115
CRISTOBAL JESUS	OPERARIO 2do. TURNO	7115
RICARDO GALLEGOS	SPT. PRODUCCION	7246

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

SINFIN A LARGUERO

HISTORIA

1.) IMPACTO EN EL CLIENTE . -

ESTA CARACTERISTICA NO HA PRESENTADO PROBLEMA EN CAMPO, SIN EMBARGO, ES UN ITEM DELTA POR TAL MOTIVO DEBE SER MONITOREADA A TRAVES DE UN GRAFICO DE CONTROL, EL CUAL NOS PERMITE CONTROLAR EL PROCESO Y PODER DETECTAR LAS CAUSAS ESPECIALES PARA LA ESTABILIDAD DEL PROCESO Y LAS CAUSAS COMUNES PARA LA REDUCCION DE LA VARIABILIDAD, PARA ASEGURAR EL CUMPLIMIENTO Y GARANTIZAR LA FUNCIONALIDAD DEL VEHICULO Y LA SATISFACCION DEL CLIENTE.

2.) IMPACTO DE LOS INDICADORES DE CALIDAD . -

AL REVISAR LA HISTORIA QUE ES REPORTADA POR NUESTROS CLIENTES A TRAVES DE NUESTROS INDICADORES INTERNOS Y EXTERNOS COMO SON : -

INTERNOS

F.R.C.
M-10
NOVA
QSR

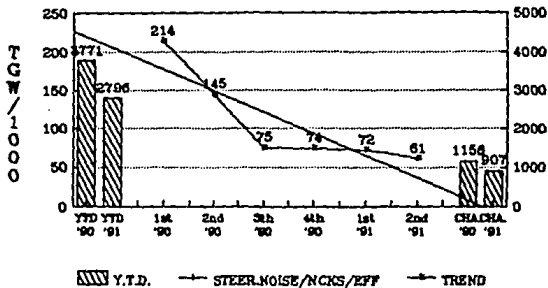
EXTERNOS

PREVIA ENTREGA
2000 KMS.
R/1000
NVQS

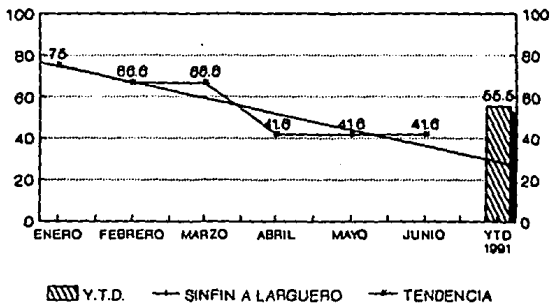
NOS ENCONTRAMOS CON QUE ESTA CARACTERISTICA NO HA SIDO REPORTADA POR ESTOS, SIN EMBARGO, DESDE EL INICIO DEL MONITOREO DE ESTE PROCESO A TRAVES DE LA HERRAMIENTA ESTADISTICA SE OBSERVO UN PROCESO FUERA DE CONTROL.

POR TAL MOTIVO EL GRUPO DE TRABAJO DECIDIO MONITOREARLE PARA REDUCIR LA VARIABILIDAD Y PODER PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DEL PROCESO.

TGW F-SERIES TGW/1000



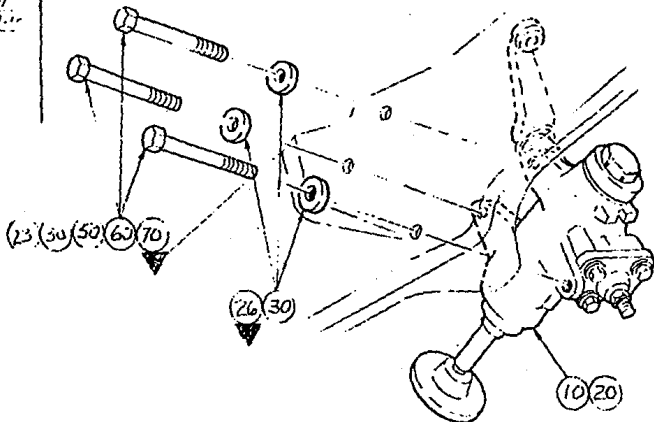
AUDITORIA DE TORQUES F-SERIES % RANGO USADO



ENGINEERING INFORMATION SHOWN IS SUBJECT TO CHANGE PER LATEST REVISED PARTS SPECIFICATION SHEETS

PROCESS CODE
CONTROL NO **664 30**

DATE	REVISION
10/11/71	REVISED TO 100% S.D.D. 12
11/17/71	REVISED TO 25% S.D.D. 12
1/1/72	REVISED TO 50% S.D.D. 12
4/1/72	REVISED TO 75% S.D.D. 12
7/1/72	REVISED TO 100% S.D.D. 12



CONCURRENCES	SUBSYSTEM 1100.FF	SEQUENCE	SHEET CONT 1 OF 1
PROCESS ENGINEER	DRAWN BY GPH/L	PROGRAM	OPERATING SHEET NO CI 3020
SECTION CHASSIS	CHECKED BY	VENUE	PLT SEQ NO CODE 11/1/71

TITLE
ASSEMBLY STEERING GEAR TO FRAME

AAO 831233
REV. 12/82

B AND A-ASSEMBLY PROCESS ILLUSTRATION SHEET
BODY AND ASSEMBLY OPERATIONS

ROLES

R - LIGHT B - BRONCO E - ECONOLINE
V - BRONCH B - BANGER F - APPROX

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

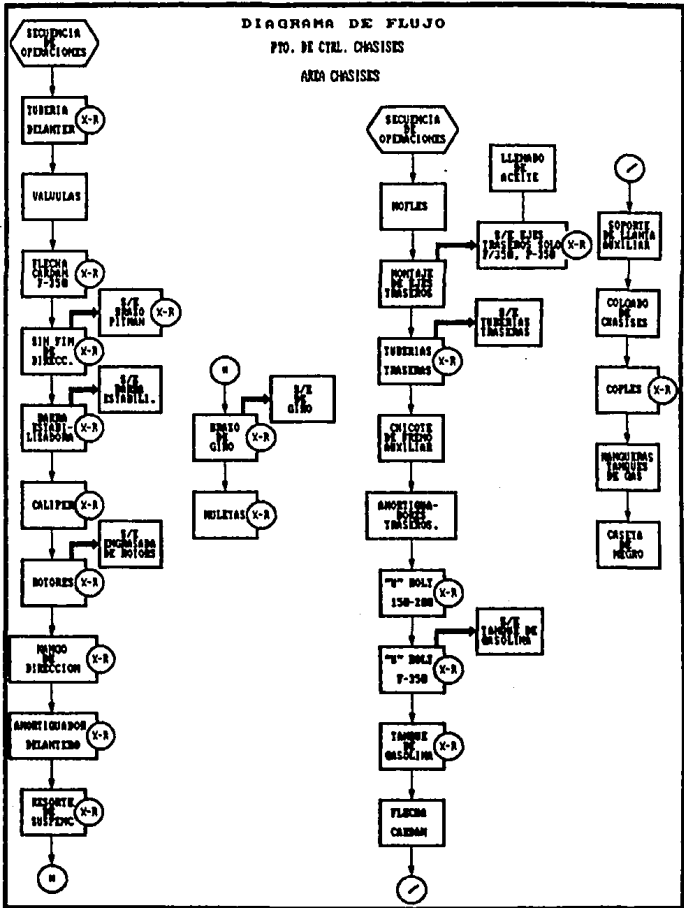
AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL
PROCESO :**

- POR PUNTO DE CONTROL

DIAGRAMA DE FLUJO
 PTO. DE CTRL. CHASISES
 ARRA CHASISES



PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

PLAN DE CONTROL

PLAN DE CONTROL

FORD MOTOR COMPANY PLANTAS DE ENSAMBLE CHIAUTLA		PLANTA: TUCUMAN ZONA: CHARRAS PUNTO DE CONT.: ENSAMBLE CHARRAS VEHICULO: F-1000 1981		APROBADO POR:		FECHA EMISION: 10/01/81 REVISOR: [Signature] AUTORIZADO: [Signature]		PLAN DE REACCION PARA CONDICIONES ENCONTRADAS TABLA DE CONTROL			
FLUJO DEL PROCESO		CARACTERISTICA		REFERENCIA		METODOS		PLAN DE REACCION PARA CONDICIONES ENCONTRADAS TABLA DE CONTROL			
NO. P.C.	DESCRIPCION DEL PROCESO	MARQUEMOS TOP O-BAND	PARAMETROS PRINCIPALES	CARACTERISTICA DEL PROCESO	REFERENCIA	CLASE	ESPECIFICACION	EVALUACION	TIPO DE MUESTRA Y FREC.	METODO DE ANALISIS	PLAN DE REACCION PARA CONDICIONES ENCONTRADAS TABLA DE CONTROL
10	MANEJO DE FRENO A CALIENTE	CAN-11		TORQUE DE FUEGION	CJ-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=17 F=CS 5 HR	CARTE 2-B	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
11	CHARRAS EN PLENO CARGA A SOPORTE F-100	CAN-11		TORQUE DE FUEGION	MM 8077 8078-1	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=17 F=CS 5 HR	OIR	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
12	ENSAMBLE BARRA DE EJE CON A BARRA Y PIVOTE Y BARRA	TORQUE CLECO CAN-1		TORQUE DE FUEGION	O-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=100 N=30 F=CS 5 HR	CARTE 2-B AUTOCHEC	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
13	MANEJO DEL A PLENO FRENO	TORQUE CLECO		TORQUE DE FUEGION	CJ-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=100 N=30 F=CS 5 HR	OIR	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
14	INSTALACION VUELTA A B	CAN-1		TORQUE DE FUEGION	CJ-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=100 N=30 F=CS 5 HR	OIR	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
15	APORTE DE PIVOTE A LAMBRE	MANTUA MULTIPLE		TORQUE DE FUEGION	O-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=175 U F=CS 5 HR	CARTE 2-B AUTOCHEC	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
16	APORTE DE PIVOTE DIRECTO	TORQUE CLECO		TORQUE DE FUEGION	O-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=175 F=CS 5 HR	OIR	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
17	ENSAMBLE DE BARRA CON A BARRA	TORQUE CLECO CAN-1		TORQUE DE FUEGION	O-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=175 U F=CS 5 HR	CARTE 2-B	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
18	FUENTE DE ESCAPE CON CONDICIONES CATALITICAS			EMISION DE HUMOS DEL MOTOR EN VELOCIDAD	CM-1040	=	MIGAL	EMISION DE HUMOS	N=100%	CHEC LIMIT ESPECIALISTA	APUGAR PLAN DE REACCION NO. 20 ENTRE BAR REPORTS DAÑO
19	PLATO TRAMPA A BARRA F-100	CAN-1		TORQUE DE FUEGION PLATO TRAMPA A BARRA	CM-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=100 F=CS 5 HR	CARTE 2-B	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
20	FLECHA LATERAL A BARRA F-100	CAN-1		TORQUE DE FUEGION	TF-10-10 CM-1040	V	27-10 LB-FT	TORQUEMETRO R=1-100 L=10 LB-FT	N=100 F=CS 5 HR	OIR	APUGAR PLAN DE REACCION GENERAL DE TORQUES
21	ABRIGADO DE BARRA TRAMPA F-100	MEDIACION DE CARTELA		ABRIGADO	CM-1040	V	27-10 LB-FT	CARTELA EN 100%	N=100 F=CS 5 HR	CHEC LIMIT ESPECIALISTA	APUGAR PLAN DE REACCION NO. 20 ENTRE BAR REPORTS DAÑO

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

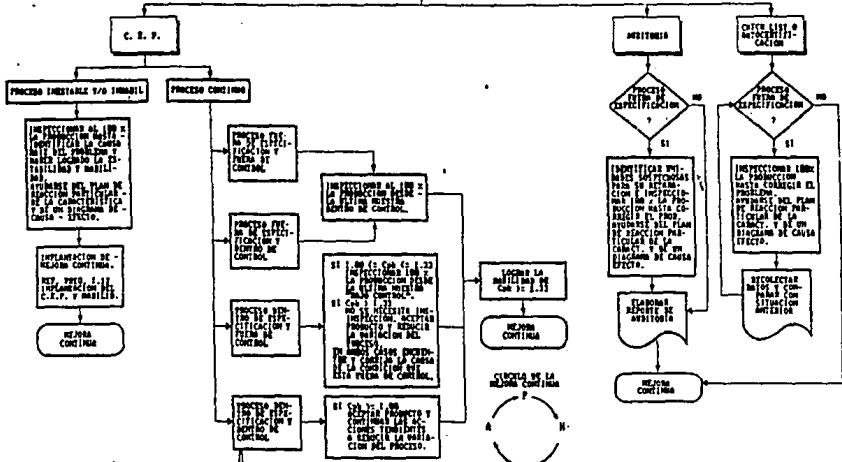
PLAN DE REACCION

PLAN DE REACCION GENERAL

CARACTERISTICA: TODAS
 AREA: ENSAMBLE VEHICULO: TODOS

PLAN DE REACCION GENERAL
 PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

ANALISIS EL METODO DE ANALISIS PROPOSTO



CARACTERISTICAS Y PRODUCTOS

VEHICULO

DEFECTOS IDENTIFICADOS

CAUSAS

EFECTOS Y ACCIONES

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

ESTUDIO R & R

GAGE REPEATABILITY and REPRODUCIBILITY REPORT (Long Method)

Part No. & Name	TMC-0115-100	Gage Name	TORQUIMETRO	Date	
Characteristic		Gage No.	TMC-0115-100	Performed By/A.	DELGADO
Specification	54,000 66,000	Gage Type	TORQUIMETRO		

From Data Sheet: $\bar{R} = 0.300$ $\bar{K} = 0.200$
 Diff.

MEASUREMENT UNIT ANALYSIS

REPEATABILITY - EQUIPMENT VARIATION (E.V.)

$$E.V. = \left(\frac{\bar{R}}{1} \right) \times \left(\frac{K}{1} \right)$$

$$= (0.300) \times (4.560)$$

$$= 1.368$$

Trials	1	2	3
K	1	4.65	3.05

% TOLERANCE ANALYSIS

$$\% E.V. = 100 [(E.V.) / (TOLERANCE)]$$

$$= 100 [(1.368) / (12,000)]$$

$$= 11.400 \%$$

REPRODUCIBILITY - APPRAISER VARIATION (A.V.)

n = number of parts
 r = number of trials

Operators	1	2	3
K	2	3.65	2.70

$$A.V. = \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{[(\bar{K}) \times (n)]^2 - [(E.V.)^2 / (n \times r)]}{diff^2}}$$

$$= \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{[(0.200) \times (3)]^2 - [(1.368)^2 / (10 \times 2)]}{(10.200)^2}}$$

$$= 0.663$$

$$\% A.V. = 100 [(A.V.) / (TOLERANCE)]$$

$$= 100 [(0.663) / (12,000)]$$

$$= 5.524 \%$$

REPEATABILITY AND REPRODUCIBILITY (R & R)

$$R \& R = \frac{1}{\sigma} \sqrt{(E.V.)^2 + (A.V.)^2}$$

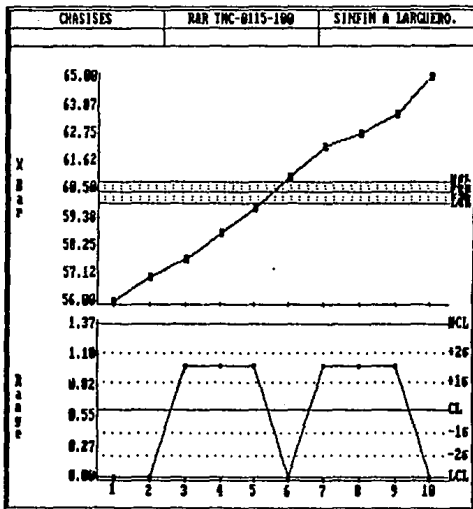
$$= \frac{1}{\sigma} \sqrt{(1.368)^2 + (0.663)^2}$$

$$= 1.520$$

$$\% R \& R = \frac{1}{\sigma} \sqrt{(\% E.V.)^2 + (\% A.V.)^2}$$

$$= \frac{1}{\sigma} \sqrt{(11.400)^2 + (5.524)^2}$$

$$= 12.668 \%$$



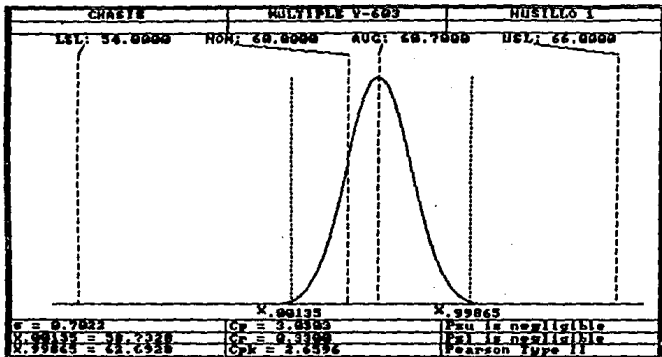
PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

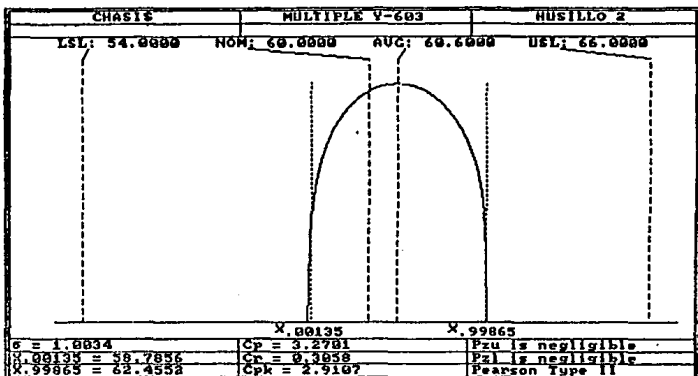
SINFIN A LARGUERO

**ESTUDIO DE HABILIDAD DE
MAQUINA**

SIZE: 6

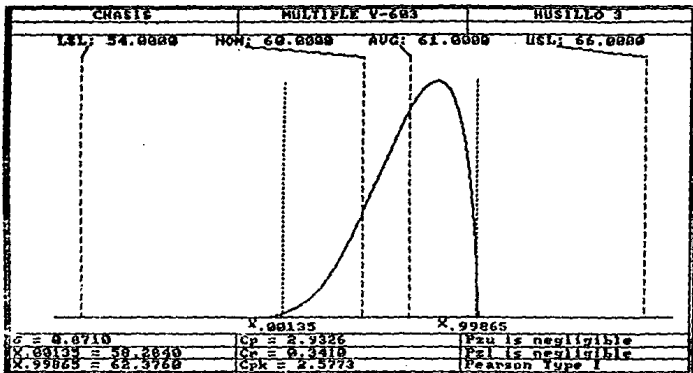


SIZE: 6



SIZE:

6



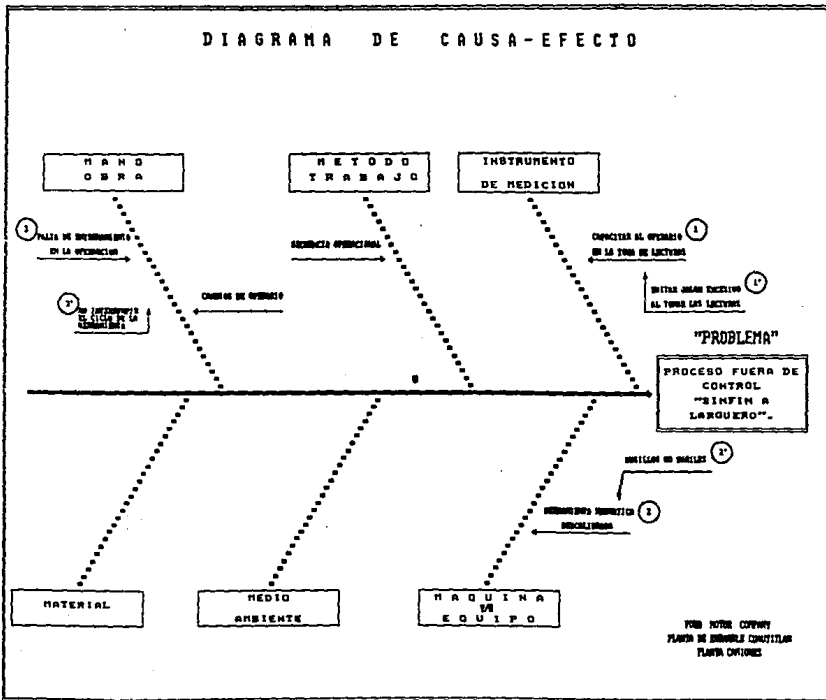
PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

AREA : CHASIS

SINFIN A LARGUERO

DIAGRAMA CAUSA EFECTO

DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO



PLAN DE ACCION

CARACTERISTICA SINTIN A LARGUERO PLANTA I VEHICULO F - SERIES P. CONTROL 2

DESCRIPCION DE LA ACCION	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION	RESPONSABLE	AVANCE				
				20	40	60	80	100
1.- CAPACITAR AL OPERARIO EN TOMA DE LECTURAS	JUL 1993	JUL 1993	CALLADO	//	//	//	//	//
2.- HERRAMIENTAS DESGASTADAS.	JUL 1993	JUL 1993	HERRAMIENTAS HIDRAULICAS	//	//	//	//	//
3.- ENTRENAMIENTO AL OPERARIO EN LA REALIZACION DE LA OPERACION.	JUL 1993	JUL 1993	PRODUCCION	//	//	//	//	//
4.- SECCION OPERACIONAL.	JUL 1993	JUL 1993	PROCESOS	//	//	//	//	//
5.- CAMBIOS DE OPERARIO.	CONTINUO	CONTINUO	PRODUCCION	//	//	//	//	//

SUMARIO DE ACCIONES TOMADAS

PLANTAS DE ENSAMBLE CUAUITILAN
CHASIS

FECHA DE EMISION : 12 - JUL - 93
FECHA DE REVISION : 25 - OCT - 93

PLANTA : 1
AREA : CHASIS
PTO. CTL. : 2
VEHICULO : F - SERIES

CARACTERISTICA
SINFIN A LARGUERO

FACTOR A CONTROLAR	SUB-CAUSA	ACCIONES	RESPON-SABLE	FECHA DE REALIZACION	COMENTARIOS
1.- MEDICION	MALA TOMA DE LECTURAS	ENTRENAR OPERARIO EN TOMA DE LECTURAS	CALIDAD TOTAL	12-JUL-93	SE ENTRENO AL OPERARIO EN LA TOMA DE LECTURAS PARA EVITAR JALON EXCESIVO.
2.- MAQUINARIA Y EQUIPO	HERRAMIENTA DESCALIBRADA	CALIBRAR HERRAMIENTA NEUMATICA.	HERRAMIENTA NEUMATICAS	23-JUL-93	SE CALIBRO LA HTA. DINAMICAMENTE Y SE REALIZO ESTUDIO DE HABILIDAD POR HUSILLO.
3.- MANO DE OBRA	MALA REALIZACION DE LA OPERACION	ENTRENAR AL OPERARIO EN LA FORMA CORRECTA DE REALIZAR LA OPERACION.	PRODUCCION	19-JUL-93	SE ENTRENO AL OPERARIO EN LA FORMA DE REALIZAR LA OPERACION ASI COMO NO INTERRUPIR EL CICLO DE LA HERRAMIENTA.

PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

CARTAS DE CONTROL DURANTE EL ESTUDIO

1.) PROCESO INICIAL. -

ESTAS GRAFICAS MUESTRAN COMPORTAMIENTOS INESTABLES POR FALTA DE ENTRENAMIENTO EN USO DE LA HERRAMIENTA YA QUE EL OPERARIO INTERRUMPIA EL CICLO DE LA HERRAMIENTA Y AL TOMAR LA LECTURA CON EL TORQUIMETRO SE EXCEDIA INCREMENTANDO EL TORQUE, OCASIONANDO CON ELLO PUNTOS FUERA DE CONTROL CORRIDAS Y TENDENCIAS.

2.) PROCESO DURANTE ACCIONES DE MEJORA. -

DURANTE EL PERIODO DE TOMA DE ACCIONES PARA LLEGAR A LA ESTABILIDAD SE REALIZARON LAS SIGUIENTES ACCIONES.

A) SE ENTRENO AL OPERADOR EN LA TOMA CORRECTA DE LAS LECTURAS.

B) SE REALIZO CALIBRACION Y AJUSTE DE LA HERRAMIENTA NEUMATICA, EVITANDOSE LA VARIACION EXCESIVA DE TORQUE, ESTE AJUSTE SE REALIZO POR HUSILLO Y SE ELABORO PROCESS CAPABILITY DEJANDO LA HERRAMIENTA A LA MEDIDA ESPECIFICADA.

C) SE ENTRENO AL OPERADOR EN EL USO CORRECTO DE LA HERRAMIENTA, DEBIENDO DE MANTENER LA HERRAMIENTA FIRME HASTA EL TERMINO DEL CICLO DE LA MISMA.

3.) PROCESO MOSTRANDO ESTABILIDAD Y HABILIDAD

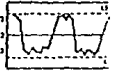
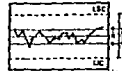
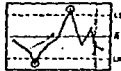
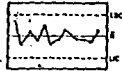
ESTE GRAFICO MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DEL PROCESO UNA VEZ QUE LAS ACCIONES DE MEJORA FUERON TOMADAS LOGRANDO LA ESTABILIDAD Y HABILIDAD.

①

GRAFICA DE CONTROL P



PLANTA DE ENSAMBLE

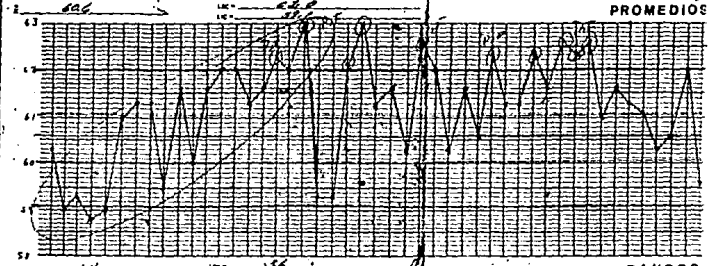


DEPARTAMENTO: *Alarjos*

NUMERO Y MOMENTO DE OPERACION O TURNO: *Solo de tarde*

CARACTERISTICA MEDIDA: *Torque*

ESPECIFICACION: *5.00 - 11.0*



FECHA	HORA	OPERARIO	VALOR
1	1		
1	2		
1	3		
1	4		
1	5		
1	6		
1	7		
1	8		
1	9		
1	10		
1	11		
1	12		
1	13		
1	14		
1	15		
1	16		
1	17		
1	18		
1	19		
1	20		
1	21		
1	22		
1	23		
1	24		
1	25		
1	26		
1	27		
1	28		
1	29		
1	30		
1	31		
1	32		
1	33		
1	34		
1	35		
1	36		
1	37		
1	38		
1	39		
1	40		
1	41		
1	42		
1	43		
1	44		
1	45		
1	46		
1	47		
1	48		
1	49		
1	50		
1	51		
1	52		
1	53		
1	54		
1	55		
1	56		
1	57		
1	58		
1	59		
1	60		
1	61		
1	62		
1	63		
1	64		
1	65		
1	66		
1	67		
1	68		
1	69		
1	70		
1	71		
1	72		
1	73		
1	74		
1	75		
1	76		
1	77		
1	78		
1	79		
1	80		
1	81		
1	82		
1	83		
1	84		
1	85		
1	86		
1	87		
1	88		
1	89		
1	90		
1	91		
1	92		
1	93		
1	94		
1	95		
1	96		
1	97		
1	98		
1	99		
1	100		
1	101		
1	102		
1	103		
1	104		
1	105		
1	106		
1	107		
1	108		
1	109		
1	110		
1	111		
1	112		
1	113		
1	114		
1	115		
1	116		
1	117		
1	118		
1	119		
1	120		
1	121		
1	122		
1	123		
1	124		
1	125		
1	126		
1	127		
1	128		
1	129		
1	130		
1	131		
1	132		
1	133		
1	134		
1	135		
1	136		
1	137		
1	138		
1	139		
1	140		
1	141		
1	142		
1	143		
1	144		
1	145		
1	146		
1	147		
1	148		
1	149		
1	150		
1	151		
1	152		
1	153		
1	154		
1	155		
1	156		
1	157		
1	158		
1	159		
1	160		
1	161		
1	162		
1	163		
1	164		
1	165		
1	166		
1	167		
1	168		
1	169		
1	170		
1	171		
1	172		
1	173		
1	174		
1	175		
1	176		
1	177		
1	178		
1	179		
1	180		
1	181		
1	182		
1	183		
1	184		
1	185		
1	186		
1	187		
1	188		
1	189		
1	190		
1	191		
1	192		
1	193		
1	194		
1	195		
1	196		
1	197		
1	198		
1	199		
1	200		

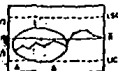
Control de Torque

Form. 100 - 10 - 1964

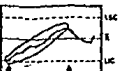
ROL POR VARIABLES



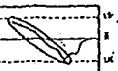
A LÍNEA EXTREMA



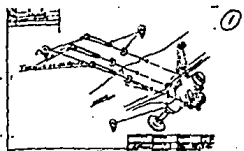
ÁREAS POR COMPARA



TENDENCIA ANTERIORES

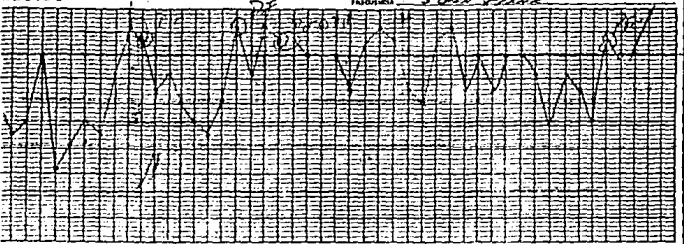


TENDENCIA DESEMPUJE



RESUMEN No. DE FOLIA Y HORAS: 10/10/100

AEDIOS



HGOS



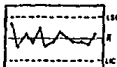
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

© 1964 International Business Machines Corporation

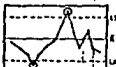
GRAFICA DE CONTROL PO



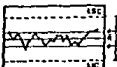
PLANTA DE ENSAMBLE



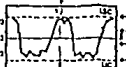
DENTRO DE CONTROL



FUERA DE CONTROL



Admisión AL CENTRO



Admisión A LOS EXTREMOS

DEFINICIÓN DE

CAMPESINOS

CONJUNTO DE PARTES

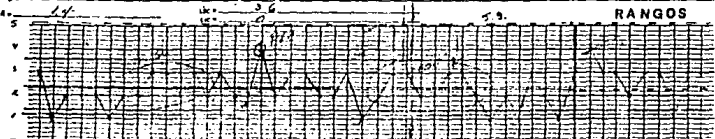
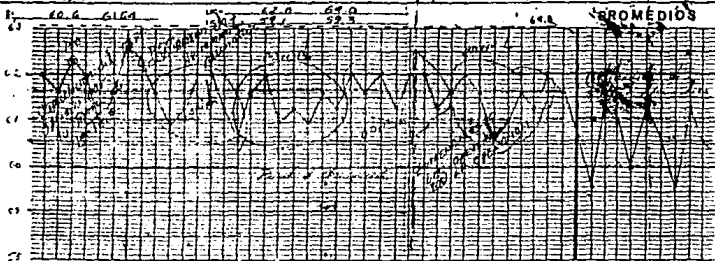
102004

NÚMERO Y NOMBRE DE OPERACIONES DEL EQUIPO

303031 A 303032

OPERACIONES

75200 6111-11

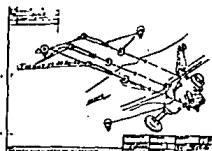
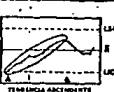
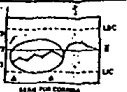


FECHA	OPERACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						

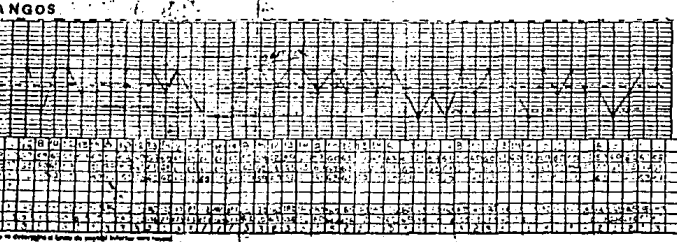
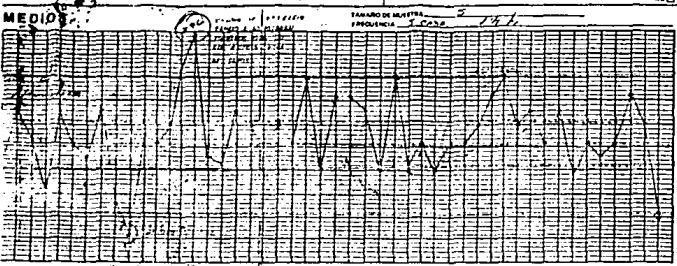
Suma a la derecha
 + Total

Para obtener el número de muestra se debe multiplicar el total

CONTROL POR VARIABLES

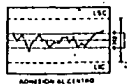
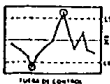


No de PIEZA Y NÚMERO 150/200/350 TENDENCIA
 MEDIO 150 P. 11

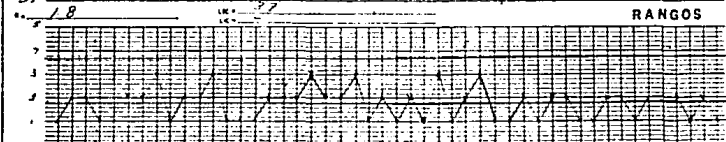
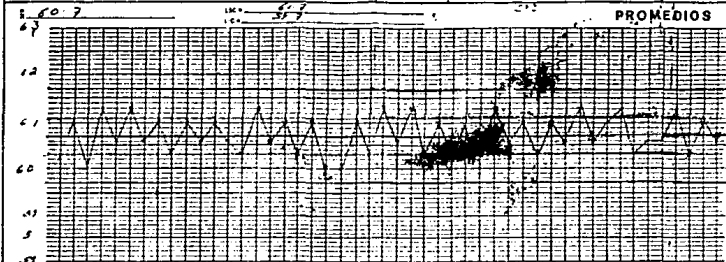


© 1975 por el Departamento de Estadística de la Universidad de California, Berkeley, California.

GRAFICA DE CONTROL POI



PLANTA: CONCRETE LINEA: CHASSIS PISO CONTROL: J.C NOMBRE DE LA OPERACION Y EQUIPO: SIN FIN A JEREBITO
 CARACTERISTICA MEDIDA: _____ ESPECIFICACION: 54.66 +/- FT

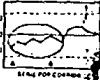


HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	59.8	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
2	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
3	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2
5	60.4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
7	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
8	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2
9	60.4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
10	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
11	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
12	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2
13	60.4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
14	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
15	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
16	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2
17	60.4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
18	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
19	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
20	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2
21	60.4	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6
22	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1
23	60.3	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6	60.1	60.4	60.2	60.5	60.3	60.6
24	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2	60.5	60.1	60.4	60.3	60.6	60.2

ROL POR VARIABLES



ALOS EXTREMOS



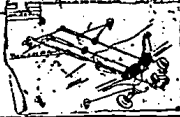
SEÑAL POR CORRIENTE



TENDENCIA ASCENDENTE



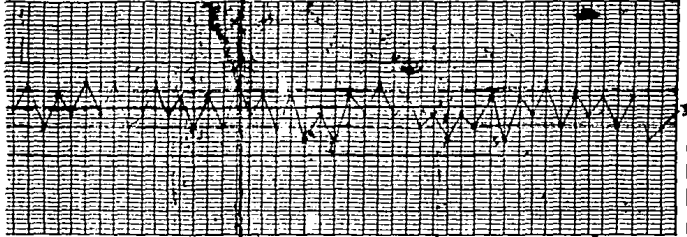
TENDENCIA DESCENDENTE



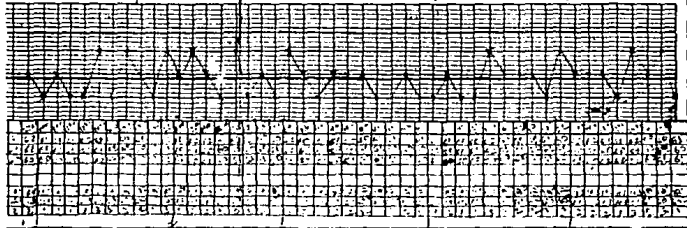
20	TURNO 2.2	VEHICULO 1.50415 2.71	GRUPO No. 10 2.71	OPERARIO J. J. GARCIA J. J. GARCIA	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
----	--------------	-----------------------------	-------------------------	--	--

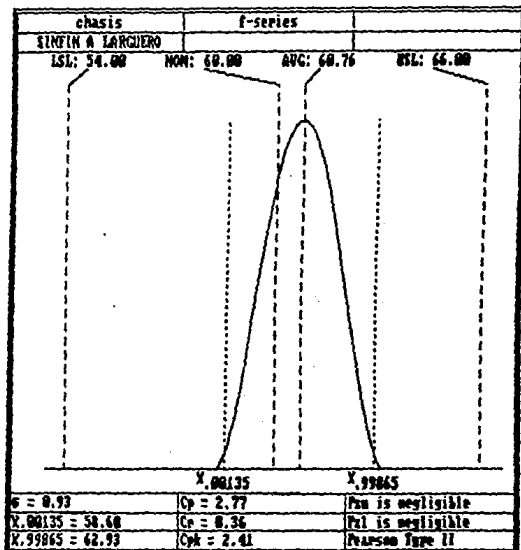
MEDIOS

PARADA DE MEDIOS: 3
FRECUENCIA: 1000 Hz



NGOS





PLANTA DE ENSAMBLE CUAUTITLAN

RESUMEN DE HABILIDADES

SINFIN A LARGUERO

ESTUDIO AL INSTRUMENTO DE MEDICION

R & R = 12.92 %

ESTUDIO DE HABILIDAD DE LA MAQUINA

HUSILLO 1

Cp = 3.03

Cpk = 2.66

HUSILLO 2

Cp = 3.27

Cpk = 2.91

HUSILLO 3

Cp = 2.93

Cpk = 2.58

ESTUDIO DE HABILIDAD DEL PROCESO

Cp =
Cpk = INESTABLE
 \bar{R} =

Cp = 2.77
Cpk = 2.41
 \bar{R} = 1.8

CALIFICACION :

15

CAPITULO 6 Conclusiones

Como se puede apreciar, en la presente tesis se da a conocer la forma de como debe estar estructurada una organización con un compromiso hacia la calidad total, mostrando algunas de las filosofías, métodos y técnicas básicas involucradas en el control total de calidad, así como sus formas de retroalimentación, mismas que están encaminados a mejorar la productividad, competitividad y el trabajo en equipo dentro de cualquier organización, para tener un mejor involucramiento y participación del personal tanto de confianza, como obrero, y proveedores, respaldado por un compromiso de la alta dirección.

El empleo de técnicas estadísticas, como se pudo apreciar son una parte esencial en toda organización y en cualquier equipo de trabajo, para identificar las áreas de oportunidad de mejora, y tomar las decisiones y acciones pertinentes para la prevención de factores que atenten a la calidad, como se pudo apreciar las herramientas estadísticas expuestas son las más frecuentemente utilizadas como herramientas básicas y se expusieron de una forma sencilla para dar a conocer como pueden ser empleadas. Todo esto encaminado a producir bienes y servicios que cumplan con los requerimientos de los clientes, para poder alcanzar un mejor nivel de penetración y competitividad en un mercado cada vez más exigente y con

una perspectiva de expansión internacional (TLC), en el que las compañías que ofrezcan los mejores bienes y servicios al menor precio, serán las que se encontrarán a la vanguardia en el mercado, imponiendo con esto condiciones cada vez más adversas a las compañías que no tengan implantado un sistema de calidad total como forma de vida, buscando siempre la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

- | | | |
|---|--|--|
| * "Control Total de la Calidad " | Armand V. Freigenbaum | ed. Cecca. |
| * " ¿Que es Control Total de Calidad? " | Kaoru Ishikawa | ed. Norma. |
| * " Como Administrar con el Método Deming " | Mary Walton | ed. Norma. |
| * " Como mejorar la calidad y productividad Con el Método Deming " | Howard S. Gitlow | ed. Norma. |
| * " Basic Statistical Process Control Course Manual " | Ministry of Industry trade and technology | Ontario |
| * " Continuous Process Control and Process Capability Improvement. " | Corporate Quality education and Training Center. | Corporate Quality Office Ford Motor Company. |
| * " Total Quality Excellence Award Program Orientation Guide. " | Supply Policy and Planning | Corporate Quality Office Ford Motor Company. |
| * " Manual de Planeación de Calidad " | Oficina de Calidad Corporativa | Ford Motor Company. |
| * " Manual de Análisis del Modo y Efecto de Falla Potencial (AMEF). " | SQA.TOO. | Ford Motor Company. |
| * " Control de Calidad y Estadística Industrial " | Acheson J. Duncan. | ed. Alfa Omega |

APENDICE

FORMULAS Y TABLAS

Gráficas $\bar{X} - R$.

Observaciones en la muestra de tamaño n	Gráfica de Promedios (\bar{X})		Gráfica de Rangos (R)	
	Factores para los Límites de Control		Factores para los Límites de Control	
	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1,880	1,128	—	3,267
3	1,023	1,693	—	2,574
4	0,729	2,059	—	2,282
5	0,577	2,326	—	2,114
6	0,483	2,534	—	2,004
7	0,419	2,704	0,076	1,924
8	0,373	2,847	0,136	1,864
9	0,337	2,970	0,184	1,816
10	0,308	3,078	0,223	1,777
11	0,285	3,173	0,256	1,744
12	0,266	3,258	0,283	1,717
13	0,249	3,336	0,307	1,693
14	0,235	3,407	0,328	1,672
15	0,223	3,472	0,347	1,653
16	0,212	3,532	0,363	1,637
17	0,203	3,588	0,378	1,622
18	0,194	3,640	0,391	1,608
19	0,187	3,689	0,403	1,597
20	0,180	3,735	0,415	1,585
21	0,173	3,778	0,425	1,575
22	0,167	3,819	0,434	1,566
23	0,162	3,858	0,443	1,557
24	0,157	3,895	0,451	1,548
25	0,153	3,931	0,459	1,541

APENDICE

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$$

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

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

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

Gráficas de Medianas y Lecturas Individuales

Observaciones en la Muestra de Tamaño n	GRAFICAS DE MEDIANAS				GRAFICAS DE LECTURAS INDIVIDUALES			
	Gráficas de Medianas (X)	Gráficas de Rangos (R)			Gráfica de Lecturas Individuales (X)	Gráfica de Rangos (R)		
	Factores para los Límites de Control	Factores p/ Estimar Desviación Estándar	Factores para los Límites de Control		Factores para los Límites de Control	Factores p/ Estimar Desviación Estándar	Factores para los Límites de Control	
	\bar{A}_2	d_2	D_3	D_4	E_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	—	3.267	2.660	1.128	—	3.267
3	1.187	1.693	—	2.574	1.772	1.693	—	2.574
4	0.796	2.059	—	2.282	1.457	2.059	—	2.282
5	0.691	2.326	—	2.114	1.290	2.326	—	2.114
6	0.548	2.534	—	2.004	1.184	2.534	—	2.004
7	0.508	2.704	0.076	1.924	1.109	2.704	0.076	1.924
8	0.433	2.847	0.136	1.864	1.054	2.847	0.136	1.864
9	0.412	2.970	0.184	1.816	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.362	3.078	0.223	1.777	0.975	3.078	0.223	1.777

$$LSC_{\bar{X}}, LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \pm \bar{A}_2 \bar{R}$$

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

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

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$

$$LSC_X, LIC_X = \bar{X} \pm E_2 \bar{R}$$

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

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

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2$$