



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón

127

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE
ASEGURAMIENTO DE CALIDAD A
PROVEEDORES PARA UNA PLANTA
TERMINAL AUTOMOTRIZ

Sist. 29253

T E S I S

para obtener el título de :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a n :

JORGE LUIS TELLO BAEZA

VICTOR MANUEL OJEDA VILLANUEVA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

NUESTRO RECONOCIMIENTO:

**PARA TODAS AQUELLAS PERSONAS
QUE DE ALGUNA FORMA COLABORA
RON EN LA REALIZACION DE ESTA
TESIS PROFESIONAL.**

CON SINCERO AGRADECIMIENTO:

**AL ING. FEDERIQUE JAUREGUI
POR SU VALIOSA ASESORIA.**



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

JORGE LUIS TELLO BAEZA
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 20 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD A PROVEEDORES PARA UNA PLANTA TERMINAL AUTOMOTRIZ ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., mayo 12 de 1983.
EL DIRECTOR


LIC. SERGIO ROSAS ROMERO



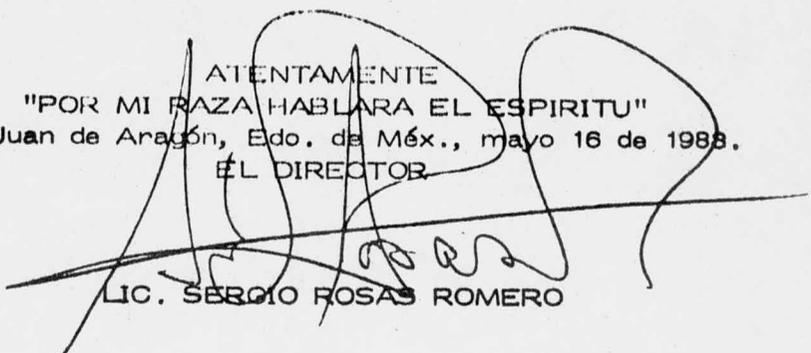
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

VICTOR MANUEL OJEDA VILLANUEVA
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 20 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD A PROVEEDORES PARA UNA PLANTA TERMINAL AUTOMOTRIZ ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., mayo 16 de 1988.
EL DIRECTOR



LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

INDICE GENERAL

PROLOGO	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO PRIMERO	
I. Organización de un departamento de Aseguramiento de Calidad de Origen	14
1.1 Descripción general de la Organización .	14
1.2 Ubicación y jerarquía de la Organización	18
1.3 Descripción de puestos y responsabilidades del personal	21
1.4 Recopilación, control y diagrama de flujo de la información	26
CAPITULO SEGUNDO	
I. Tipos de visitas a proveedores	33
2.1 Visitas preventivas	36
2.1.1 Auditoría general al sistema integral de la Calidad	36
2.1.2 Pruebas cíclicas de aseguramiento	41
2.1.3 Visitas periódicas de aseguramiento de -- Calidad	44
2.1.4 Visitas de desarrollo de partes nuevas e integración de parte importadas	48
2.1 Visitas correctivas	50
2.2.1 Visitas de corrección de problemas	51
2.2.2 Visitas de seguimiento a la corrección - de problemas en inspección de origen ...	54

CAPITULO TERCERO

I.	Descripción de los requerimientos y características que debe cubrir un proveedor	66
3.1	Evaluación del sistema de Calidad en Planta del Proveedor	67
3.2	Cuestionario para evaluación del proveedor.	72
3.3	Calificación y puntaje de un proveedor ...	86

CAPITULO CUARTO

I.	Distribución de frecuencia y gráficas de control ..	91
4.1	Distribución de frecuencias	93
4.1.1	Operaciones matemáticas en las distribuciones de frecuencia	101
4.1.2	La distribución de frecuencia en acción ..	123
4.2	Gráficas de Control	125
4.2.1	Concepto de las gráficas de control	126
4.2.2	Gráficas de control por variables	140
4.2.3	Gráficas de control por atributos	146

CAPITULO QUINTO

I.	Tablas de Muestreo y Predicción de la Confiabilidad	163
5.1	Tablas de Muestreo	163
5.1.1	Muestras de aceptación	164
5.1.2	Tipos de tablas estadísticas de muestreo ..	170
5.1.3	Muestreo sencillo, doble y múltiple	174
5.1.4	Tablas de muestreo publicadas	180
5.1.5	Inspección normal reducida y severa	188
5.2	Confiabilidad del producto	190
5.2.1	La medición de la confiabilidad	196
5.2.2	Actividades de la confiabilidad	199

CONCLUSIONES 205

BIBLIOGRAFÍA 209

PROLOGO

Dada la diversidad de oferta existente en la actualidad en el mercado internacional de bienes de consumo, se ha creado la necesidad de fabricar productos que se encuentren en niveles de calidad y precio competitivos.

Los países con alto grado de industrialización, abarcan un gran porcentaje del mercado mundial, para esto cuentan con equipos automatizados de alta precisión, así como con sistemas de producción y control bien definidos y estructurados con lo cual se reduce al mínimo la posibilidad de error. De esta forma pueden garantizar una calidad aceptable mundialmente a precios adecuados.

Por otro lado, los países como México que no han alcanzado un nivel de desarrollo industrial e intentan lograr una mayor penetración de sus productos en el mercado mundial, dado los bajos volúmenes de producción que manejan, se encuentran atrapados en un círculo vicioso de difícil salida ya que, al intentar mejorar su calidad, rebasan los límites de precio competitivo, y de otra forma al intentar reducir costos caen sin control en niveles de calidad que no les permiten competir internacionalmente.

Sin embargo, aún queda la opción de lograr el balance óptimo en el binomio calidad-precio, siendo responsabilidad de los jóvenes Ingenieros el hecho de comprender esta problemática y seleccionar adecuadamente las piezas a fabricar nacionalmente, además de establecer sistemas de proceso y control aplicables a las características y necesidades peculiares de nuestro país.

Resulta necesario entonces, fortalecer los futuros planes de estudio de nuestras escuelas técnicas superiores en el sentido

de crear conciencia en la nueva generación de ingenieros que estará al frente del aparato productivo nacional.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES, EVOLUCION Y PERSPECTIVAS DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Desde la mitad de los años veinte, hasta principios de los sesentas, la industria automotriz mexicana estuvo constituida exclusivamente por operaciones de ensamblado de vehículos a partir de sus componentes importados de Estados Unidos y de Europa. Al iniciar las subsidiarias de los grandes consorcios estadounidenses el ensamblado de automóviles en México, el comercio exterior de la industria se limitó a la importación de prácticamente todos los componentes necesarios para la integración de los vehículos. En 1940 cuando ya existía en el país tres empresas ensambladoras de vehículos, todavía no se había impuesto ninguna restricción a la importación de partes y componentes. Sin embargo, durante la segunda guerra mundial la industria estadounidense de los automotores sufrió una reestructuración parcial para orientar su producción hacia finalidades militares. Esta situación obligó a las empresas ensambladoras a fabricar internamente algunos componentes, sentándose las bases para el desarrollo posterior de la industria automotriz auxiliar.

Fue en 1948 cuando se permitió, por otra parte, la importación de vehículos armados en el exterior, los cuales abastecían el mercado conjuntamente con la producción de las ensambladoras inter-

nas. Sin embargo, en los años posteriores la creciente demanda, en particular la de vehículos importados, comenzó a provocar una considerable salida de divisas. Además, esa preferencia por los vehículos foráneos obstaculizaba el desarrollo de las ensambladoras situadas en territorio nacional. Por tanto, en dicho año el gobierno sometió a los automóviles al régimen de permisos previos de importación e introdujo al mismo tiempo, el mecanismo de cuotas para controlar el número de unidades importadas.

A principios de los sesentas, la industria automotriz mexicana estaba integrada por once empresas ensambladoras y 20 importadoras de vehículos terminados.

En este contexto, a medida que aumentaba el número de unidades ensambladas en el país, la importación de componentes comenzó a constituir un factor de peso y preocupación.

En aquel momento, la solución que pareció más atinada fue la de emprender un esfuerzo intensivo para sustituir las importaciones de componentes, esto fue básicamente, el propósito del decreto de 1962 con el que se pretendía:

1. Elevar el contenido nacional de los vehículos fabricados en -

México.

2. Estimular el establecimiento de nuevas industrias de autopartes.
3. Crear empleos.
4. Reducir el déficit comercial.

Durante los años posteriores a la promulgación del decreto -- creció considerablemente la producción de automóviles y hubo una acelerada expansión de la industria auxiliar. De 1960 a 1970 la producción de automóviles y camiones tuvo un incremento global de más del 100 por ciento, mientras que el déficit comercial de los automotores se elevó al 57 por ciento, lo que en buena medida fue el reflejo de la sustitución de las importaciones que tuvo durante ese período.

La industria automovilística terminal se desarrolló en ese marco institucional hasta 1969, cuando se estableció una nueva modalidad para el otorgamiento de las cuotas básicas de producción. El motivo principal de las nuevas medidas fue que, a pesar del crecimiento de la industria de autopartes, el déficit comercial automovilístico continuó ampliándose en términos absolutos, debido, por un lado, al acelerado crecimiento de la demanda y producción internasy, por otro, al insuficiente avance en la producción nacional de --

componentes.

Se gestó entonces un cambio importante en la concepción de la política industrial del sector, consistente en combinar la preocupación por sustituir importaciones con el fomento de la exportación de componentes, sobre todo a mediano plazo. Esta fue de las consideraciones fundamentales que llevaron a promulgar las disposiciones oficiales de octubre de 1969 y el decreto de 1972.

Según el ordenamiento de 1969, las cuotas básicas de producción que se habían venido asignando a las empresas, deberían justificarse mediante la compensación con exportaciones de un porcentaje creciente de sus importaciones. Asimismo, las empresas que registraran ventas al exterior superiores a esos niveles, se harían acreedores a cuotas adicionales. Esas medidas se ratificaron y se ampliaron mediante el decreto de 1972. Se esperaba que en 1979 las empresas compensaran con exportaciones el 100 por ciento de las importaciones de su cuota básica.

Como resultado de estas medidas, la industria automotriz comenzó a registrar, por primera vez desde su establecimiento en México, exportaciones significativas. En 1969 las ventas externas del sector apenas rebasaron los ocho millones, cifra que contrasta con-

las importaciones, que fueron del orden de 136 millones de dólares.- En 1972, las exportaciones eran ya de 64 millones de dólares, y en 1975 de 122 millones.

Sin embargo, a partir de 1975 las exportaciones dejaron de alcanzar los niveles preestablecidos. En ese año se esperaba compensar un 50 por ciento de las importaciones totales de la industria, pero en realidad sólo se llegó a algo menos de 40 por ciento. Entre las causas de esta situación cabe mencionar la recesión que afectó a la industria automovilística mundial durante 1974 y 1975 y que redujo la demanda de los productos que México pretendía exportar. A ello se debe añadir la sobre evaluación acumulativa del peso, en función de los diferenciales de inflación con el exterior, que poco después sería una de las causas evidentes de la devaluación de Agosto de 1976. Por último, debe destacarse que, durante esos años, las empresas ensambladoras no emprendieron proyectos orientados al mercado exterior. Lo mismo ocurrió con las productoras de componentes. --- Ello hizo sumamente difícil penetrar en el mercado exterior, principalmente el estadounidense, caracterizado por sus altos niveles de especialización, calidad y eficiencia.

En el decreto de 1977 se reforzó la política de sustituir importaciones y se establecieron nuevos mecanismos para inducir las --

exportaciones. En el decreto se señala que, a partir del año 1978 - las empresas deberían compensar el valor de las importaciones que -- realizaran con un monto equivalente de exportaciones. Para cumplir- estos propósitos, se estableció el presupuesto de divisas de la in-- dustria terminal.

Para efectos de ese presupuesto se consideraría como ingreso - las exportaciones de vehículos partes y componentes, así como las -- ventas de autos nuevos en la franja y zona libre del norte del país. Además, al considerar que las empresas no estarían a corto plazo ca- pacitadas para exportar a los niveles requeridos, el decreto otorgó- una cuota inicial a cada una, que se contabilizaría como exportacio- nes. En total dicha cuota fue de 511 millones de dólares en 1978 y - fue decreciendo progresivamente hasta desaparecer en el año modelo - 1982.

Por el lado de los egresos, se considerarían como salida de di- visas las importaciones de partes para ensamble y repuesto de vehícu- los nuevos, así como el pago de regalías y otros gastos en el exte-- rior.

Como resultado de estas medidas la industria terminal se vio - obligada a realizar esfuerzos de exportación para hacerse acreedora-

a los estímulos del gobierno federal, así como para conservar o incrementar su posición en el mercado interno. A partir de 1977 se comenzó a registrar un crecimiento sostenido de las exportaciones de la industria automovilística, que se elevaron de 192 millones de dólares en 1976 a 404 millones en 1980. El incremento medio anual de 27 por ciento, tasa muy superior a la tendencia histórica y al crecimiento observado por el resto de las exportaciones, excluidas las de hidrocarburos.

Sin embargo, debe subrayarse que la generación de exportaciones fue siempre insuficiente para cumplir con las metas establecidas en el decreto de 1977, pues la industria automotriz se mantuvo con un rezago considerable.

Las empresas de la industria terminal lograron un saldo positivo durante 1978 y 1979, que se debió, principalmente, a las cuotas de divisas otorgadas (12,779 millones de pesos en el primer año y 10,286 millones en el segundo). Sin embargo, durante 1980 y 1981, al reducirse las cuotas de divisas el saldo fue negativo y creciente. Esta situación dio lugar a que la Comisión Intersecretarial de la Industria Automotriz diera a las empresas "anticipos" de divisas por un monto equivalente al déficit registrado en esos años; los adelantos deberían compensarse en ejercicios posteriores.

Un análisis más detallado del presupuesto de divisas indica -- que el deterioro del saldo se debió tanto al estancamiento de los ingresos como principalmente al crecimiento acelerado de los egresos.

El gasto de divisas creció a una tasa media de 33 por ciento -- anual de 1978 a 1981. La mayor parte fue el llamado costo importado de los vehículos (CMV), que representa alrededor de dos tercios de -- las importaciones totales. Le siguen en importancia los gastos indirectos de divisas (GID) y las importaciones de refacciones; ambos conceptos se incrementaron también considerablemente.

Por la devaluación de la moneda, el incremento al I.V.A., al -- precio de la gasolina y los nuevos precios de los automóviles, la industria automotriz ha registrado un fuerte descenso en su ritmo de -- crecimiento.

Especialistas del ramo consideran que el descenso registrado -- en las ventas durante el año pasado sólo significaba el comienzo de -- la crisis, acentuándose para el primer semestre de 1983, y prolongándose hasta 1985.

Aunque la actual crisis ha afectado y sigue afectando a los -- autos de alto cilindraje, camiones, tractores y autobuses, la Volks

wagen, Nissan y Renault también sufrirán las consecuencias. Se estima que la producción de autos presentó una reducción del 30 por ciento, durante 1982, en tanto que para el sector de camiones la reducción fue del 40 por ciento.

HISTORIA Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Dadas las necesidades y exigencias cada día más grandes del mercado, se ha propiciado el desarrollo de tecnologías altamente complejas y sofisticadas, sin las cuales no dispondríamos, como lo hacemos ahora, de un sinnúmero de bienes y servicios capaces de satisfacerlas. Sin embargo, el nivel de satisfacción que el mercado obtiene de ellos depende fundamentalmente del grado con el cual fueron desarrollados desde su concepción hasta su entrega.

Lo anterior demuestra que si bien es importante el tipo de producto o servicio requerido, más lo es el grado de calidad con el que se proporciona.

Esto significa que paralelamente al ciclo de desarrollo de un bien o servicio específico, se requiere de toda una serie de actividades técnico-administrativas que permitan asegurar el óptimo cumplimiento de todas y cada una de sus etapas. Cuando estas actividades se realizan en forma organizada, nos encontramos frente a lo que se conoce como Sistema Integral de la Calidad. Se hace necesario entonces definir el concepto de calidad:

"La calidad es la bondad con la que un producto responde a las ex--

pectativas de un comprador por el precio que paga por él; para un -- uso determinado, y dentro de un mercado existente en ese momento".

La calidad como tal tiene muchas facetas, y una de ellas es la que nos confiere en particular a este estudio, siendo ésta el aseguramiento de calidad.

Uno de sus objetivos básicos es el de garantizar o asegurar -- que los productos u operaciones cumplan con su función con mayor con fiabilidad al entrar en servicio, por lo cual en estos últimos años se le ha dado un gran impulso..

Específicamente el aseguramiento de calidad ha tomado un incremento a raíz del desarrollo de las plantas nucleoelectricas y fue establecido, en un principio, para dar la máxima garantía posible en la operación de las mismas; sin embargo, dado sus grandes beneficios se ha extendido su aplicación a muchas otras ramas de la industria, operación o servicio, ajenas al campo de las plantas nucleares, habiendo integrado algunas empresas este sistema en todas sus líneas, en especial de la industria automotriz.

Para evitar confusiones entre los conceptos de control de calidad y aseguramiento de calidad, es oportuno resumir lo que ambas --

significan:

Control de Calidad.- Es el conjunto de actividades encaminadas a -- certificar que las características de un producto determinado estén-- de acuerdo a ciertos requisitos preestablecidos.

Aseguramiento de Calidad.- Se refiere a todas aquellas acciones pla-- neadas sistemáticamente que son necesarias para garantizar que los - productos se comporten en forma razonablemente satisfactoria cuando-- entren en servicio.

Uno de los aspectos más importantes que deberá garantizarse,- es el adecuado control sobre la calidad de las partes suministradas-- por todos y cada uno de los proveedores, para lo cual se hace nece-- sario contar con un departamento con la suficiente autoridad y capa-- cidad técnica para llevar a buen efecto dichas actividades. En base a lo anterior en el presente estudio se desarrollará un sistema de - aseguramiento de calidad, cuya función básica sea la de certificar - que los proveedores de partes automotrices cumplan con los requisi-- tos necesarios para garantizar que su producto manufacturado se en-- cuentre dentro de especificaciones, logrando un adecuado funciona--- miento en servicio.

Asimismo, se realizará de tal forma que satisfaga las necesi

dades actuales de la industria Terminal Automotriz Mexicana, tomando en cuenta que los proveedores actuales en su mayoría, desconocen y carecen de dichos sistemas, los cuales son indispensables para garantizar un nivel de calidad aceptable en la manufactura de sus piezas y con esto lograr la confiabilidad de cada uno de ellos.

CAPITULO I

ORGANIZACION DE UN DEPARTAMENTO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE ORIGEN

1.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ORGANIZACION

El departamento de auditoría externa, también llamado aseguramiento de calidad de origen o auditoría a proveedores, colaborará -- estrechamente con la gerencia de calidad en todas sus áreas con el objetivo de mejorar y mantener el nivel de calidad de los vehículos realizando actividades de prevención y/o corrección con todos y cada uno de los proveedores de origen nacional. (Ver cuadro 104) De manera general las funciones de esta sección son las siguientes:

Evaluación de proveedores.- Se evalúa el sistema de calidad de los proveedores y se les clasifica en diferentes niveles de confiabilidad.

Corrección de problemas de origen.- Análisis de las causas de los problemas de ensamble de partes imputables a proveedor, estableciendo correcciones y acciones necesarias para eliminarlos.

Pruebas cíclicas.- Elaboración de programas de pruebas cíclicas a efectuarse con los proveedores como garantía de la calidad del producto.

Evaluación de partes nuevas y de integración.- Se analizarán las --

partes como tales y los medios con los que cuenta el proveedor para manufacturarlas, asegurando la homogeneidad de una producción en -- serie y de los niveles de calidad requeridos por una planta terminal. (Ver cuadro 105)

Liberación de lotes de producción.- Se certificará de origen (en -- planta del proveedor) la calidad de las partes antes de ser embarcadas a la planta terminal por primera vez, o posteriormente a una --- corrección de problema.

Asesoría de calidad a proveedores.- El departamento de calidad de - origen ofrecerá asesoría técnica y de proceso a los proveedores que-- así lo requieran, indicando las necesidades y fallas de sus sistemas.

Dicha sección estará constituida por auditores, dependiendo en forma directa de la superintendencia de aseguramiento de calidad y - en forma indirecta de la gerencia de calidad, manteniendo contacto - estrecho con las secciones de auditoría interna y laboratorios, y -- teniendo comunicación con los departamentos de control de calidad, - compras nacionales, mexicanización, planeación e ingeniería del producto, siendo su función principal la relación que se tenga con los proveedores nacionales.

Todas las actividades que desarrolle esta sección pueden cau--

sar efectos directa o indirectamente en los siguientes departamentos.

PRODUCCION	CONTROL DE CALIDAD	PLANEACION	
PROCESOS	<table border="1"><tr><td>ASEGURAMIENTO EXTERNO</td></tr></table>	ASEGURAMIENTO EXTERNO	MEXICANIZACION
ASEGURAMIENTO EXTERNO			
COMPRAS			
ING. INDUSTRIAL	SERVICIO	ING. DEL PRODUCTO	

De esta misma forma, la gerencia de calidad reportará directamente a la dirección del área, conservando una estrecha relación y -- contando con el mismo nivel que la gerencia de control de calidad. -- A su vez dicha dirección de calidad dependerá de la dirección general de la empresa.

A fin de entender con mayor facilidad el funcionamiento general de la organización, se presenta al final de capítulo el organigrama correspondiente a la sección en estudio, mostrando desde la -- dirección general (ver cuadro 101) hasta el personal operativo (ver cuadro 102).

La agrupación de los auditores, tal y como se muestra en el organigrama (ver cuadro 102) se efectuó dividiendo el total de proveedores en dos grupos generales: Partes mecánicas y partes de carrocería y vestiduras.

Dicha división se realizó por considerarse necesaria la especialización de cada uno de los auditores en diferentes tipos de partes dependiendo de los diversos materiales y procesos de fabricación de cada pieza, siendo como sigue:

PARTES MECANICAS:

- Grupo 1.- Partes mecánicas troqueladas.
- Grupo 2.- Llantas y elastómeros en general.
- Grupo 3.- Partes de suspensión.
- Grupo 4.- Tren motriz.
- Grupo 5.- Partes de motor.

PARTES DE CARROCERIA Y VESTIDURAS:

- Grupo 1.- Vestiduras y alfombras.
- Grupo 2.- Partes troqueladas.
- Grupo 3.- Accesorios.
- Grupo 4.- Sistema de enfriamiento y aire acondicionado.
- Grupo 5.- Partes eléctricas

1.2 UBICACION Y JERARQUIA DENTRO DE LA ORGANIZACION

Tal y como se ha enunciado en el punto anterior, la dirección de calidad reportará a la dirección general, contando de esta forma con la suficiente autoridad para lograr cubrir los objetivos del -- área, impidiendo que otros departamentos intervengan con intereses-ajenos, obstaculizando las labores proyectadas. El área de calidad deberá ser independiente de los departamentos de producción y pla-- neación específicamente, a pesar de la relación estrecha de trabajo que se mantiene con ellos, y de manera general con todos los departamentos restantes. (Ver cuadro 103)

La gerencia de calidad deberá tener comunicación constante -- con la gerencia de control de calidad en planta, cuya función será-- de manera general, controlar los sistemas de calidad en la línea de ensamble, verificando que se lleve a cabo un proceso adecuado para-- garantizar la calidad del producto.

A su vez, la gerencia de calidad planificará actividades de - auditoría tanto en el sistema interno como con todos y cada uno de- los proveedores con el objeto de certificar la calidad de las par-- tes, el ensamble de las mismas y su buen funcionamiento.

De forma particular, refiriéndonos específicamente a la sección enfocada en el presente trabajo, la superintendencia de aseguramiento de calidad requiere de la suficiente jerarquía para poder tomar decisiones que afecten directa o indirectamente el suministro de partes a la línea de ensamble, fungiendo como elemento de enlace entre la gerencia de calidad y los auditores externos.

Se contará con la estrecha colaboración de la superintendencia de calidad del producto y de su sección de auditoría interna, la cual analizará los problemas de línea de ensamble reportándolos cuando así corresponda.

Por lo que respecta a laboratorios, actuará como auxiliar, realizando los análisis necesarios solicitados por la sección, y sirviendo además, como soporte técnico en caso de ser requerido.

Los auditores serán los directamente involucrados con los sistemas de control de los proveedores, contando con el nivel suficiente para clasificar la confiabilidad de los mismos, determinar si las partes que fabrican cumplen con los requerimientos marcados por el departamento de ingeniería del producto y decidir sobre el envío o retención de un lote interviniendo incluso, en caso necesario, en la línea de fabricación del proveedor.

Para lograr lo anterior, el auditor estará capacitado para indicar y solicitar a los proveedores, los cambios o implementos que considere necesarios.

Los auditores podrán coordinar juntas a nivel directivo de las compañías manufactureras con funcionarios de la planta automotriz, para dar soluciones adecuadas a problemas críticos que afecten a ambas partes y requieran de otro tipo de negociaciones.

Por otro lado, cuando sea indispensable podrá solicitar cambios a planos y especificaciones al departamento de ingeniería -- del producto.

En caso de que algún proveedor mantenga un nivel defectivo-constante, el auditor podrá solicitar la intervención oportuna -- del departamento de compras para ejercer presión encaminada a -- corregir las fallas, negociar algún implemento de control o herramienta que se considere necesario, o en caso extremo, cancelar al proveedor.

1.3 DESCRIPCION DE PUESTOS Y RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL

1.3.1 Características necesarias para aspirar al puesto de Auditor Externo.

El aspirante al puesto de auditor externo deberá haber concluido sus estudios profesionales en alguna rama de la ingeniería de acuerdo con el grupo de proveedores que le vaya a corresponder, además de tener un conocimiento mínimo del 50 por ciento en el idioma inglés o cualquier otro que se requiera. Será también requisito indispensable contar con tres años mínimo de experiencia dentro del área de control de calidad, preferentemente en alguna empresa automotriz.

Se requieren amplios conocimientos sobre procesos de manufactura, dispositivos de control, interpretación de planos, metrología y manejo de información y especificaciones. En cuanto a las características de personalidad necesitará buena presentación, amplio criterio ético profesional, iniciativa y mente analítica.

La persona que resulte seleccionada deberá recibir una capacitación adecuada durante un período de tres a seis meses, recomendándose cursos específicos sobre el área en la cual carezca de experiencia o preparación.

El auditor deberá trabajar en base a programas mensuales de actividades elaborados por objetivos que puedan ser cuantificados periódicamente, teniendo la responsabilidad directa de la implementación y funcionamiento adecuado de los sistemas que requiera cada uno de los proveedores a su cargo.

Llevará un control estadístico de cada uno de ellos en base a la calificación que se les adjudique en las evaluaciones correspondientes, para poder clasificarlos según su grado de confiabilidad y planear de esta forma las labores en forma preventiva.

1.3.2 Superintendente de Auditoría Externa.

Características necesarias para aspirar a este puesto:

Haber concluido los estudios en alguna rama de la ingeniería, de preferencia titulado y con estudios de especialización en aspectos referentes al tema, tener amplios conocimientos de inglés o de aquel idioma que sea utilizado con mayor frecuencia en la empresa. También será necesario que cuente con conocimientos técnicos de procesos de manufactura y sistemas de aseguramiento de calidad con proveedores.

Por otra parte, será indispensable una experiencia mínima de tres años en un puesto similar de alguna otra empresa o en su defecto, cinco años como auditor externo.

En cuanto a las características de personalidad se requiere de don de mando, capacidad administrativa, conocimientos sobre relaciones humanas, ética profesional, iniciativa y dinamismo.

Aquella persona designada a ocupar el puesto, será directamente responsable de dirigir y supervisar las labores de los auditores externos, mediante la planeación organizada de sus actividades.

Reportará en forma directa a la gerencia de control de calidad los resultados obtenidos por el personal a su cargo, elaborando un reporte mensual de las actividades desarrolladas y de los avances logrados en base a los objetivos previamente establecidos.

Será su obligación otorgar apoyo técnico a cualquier auditor que lo llegue a solicitar asistiendo incluso a la planta de algún proveedor con la finalidad de ejercer una mayor presión, o apoyándolo en alguna decisión según lo requiera el caso.

1.3.3 Gerente de Control de Calidad.

Por tratarse en este caso de un puesto ejecutivo en el cual las relaciones de trabajo se mantendrá a nivel directivo, la persona que aspire a ocupar el puesto necesitará cubrir los requisitos enlistados a continuación:

Deberá ser una persona con título en alguna área de ingeniería relacionada con la rama automotriz, preferentemente con cursos de especialidad o maestría en administración o finanzas.

Amplios conocimientos sobre sistemas de manufactura y de aseguramiento de calidad, experiencia de tres años o más en un puesto similar o de cinco años como superintendente dentro del área.

Por otra parte, en lo referente a sus características personales necesitará de don de mando, agilidad para la toma de decisiones, capacidad administrativa, amplia ética, madurez profesional y personalidad bien definida.

Será su responsabilidad la decisión final respecto de la aceptación de cualquier aspirante a ocupar un puesto en el departamento, así como de coordinar la planeación adecuada de las actividades de capacitación inherente a su personal.

Una parte muy importante de las actividades que deberá desarrollar, será el control administrativo de los recursos y/o presupuesto con que cuente la sección, realizando estudios de adquisición de equipo o instrumentos de trabajo en caso necesario.

Organizará el aprovechamiento de los recursos humanos administrando adecuadamente los sueldos, incentivos y proyecciones -- correspondientes, motivando positivamente a todo el personal por medios que juzgue necesarios dentro de los recursos disponibles.

El gerente de calidad deberá planear y dirigir directamente los objetivos a seguir por la sección a su cargo, planteándolos -- de manera sistemática y evaluando el desempeño del personal en base a los resultados obtenidos, los cuales serán presentados a la -- dirección de calidad.

1.4 RECOPIACION, CONTROL Y DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INFORMACION

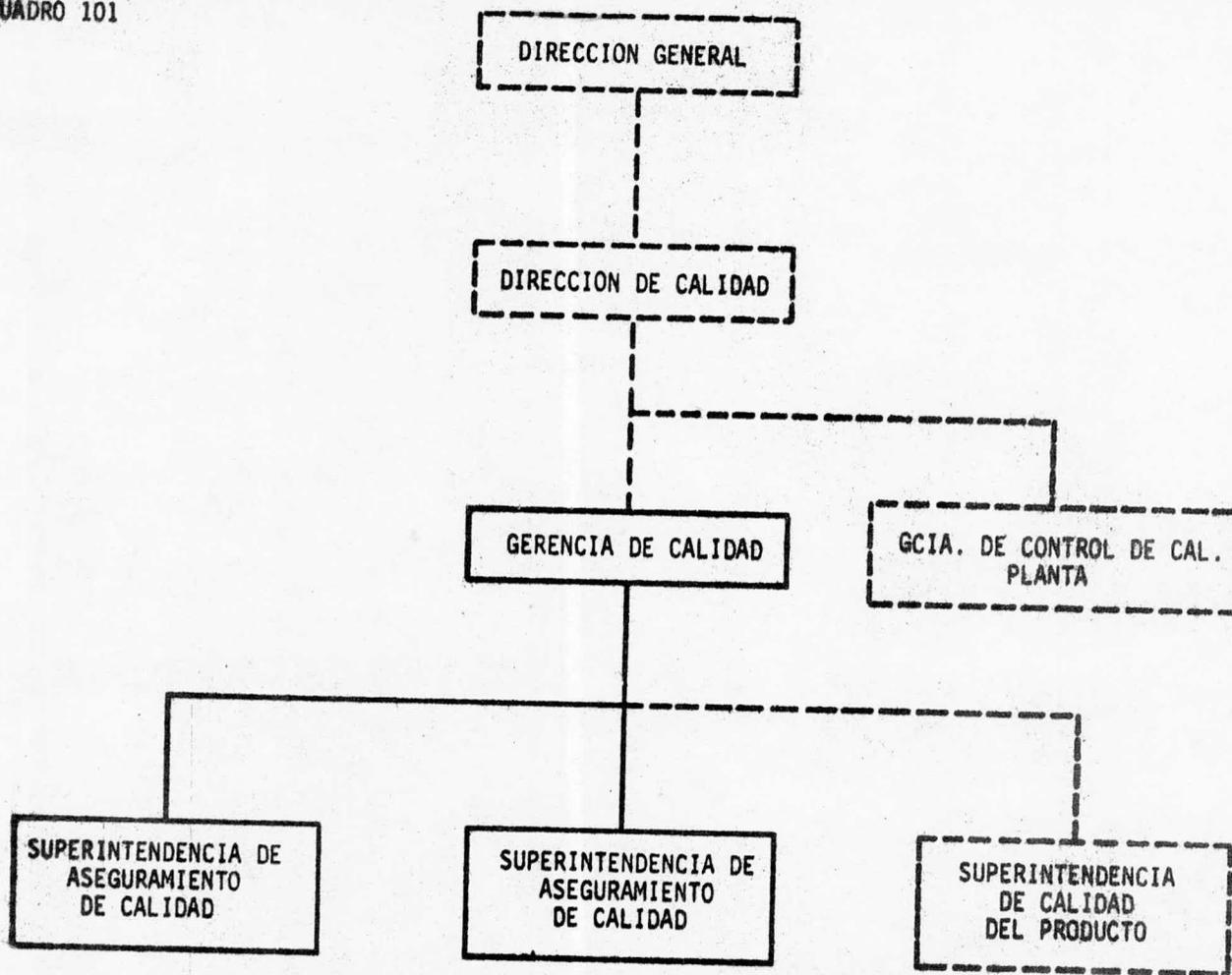
De manera general, los auditores deberán manejar con fluidez, la información técnica generada por el departamento de ingeniería del producto, verificando periódicamente, que los proveedores estén actualizados.

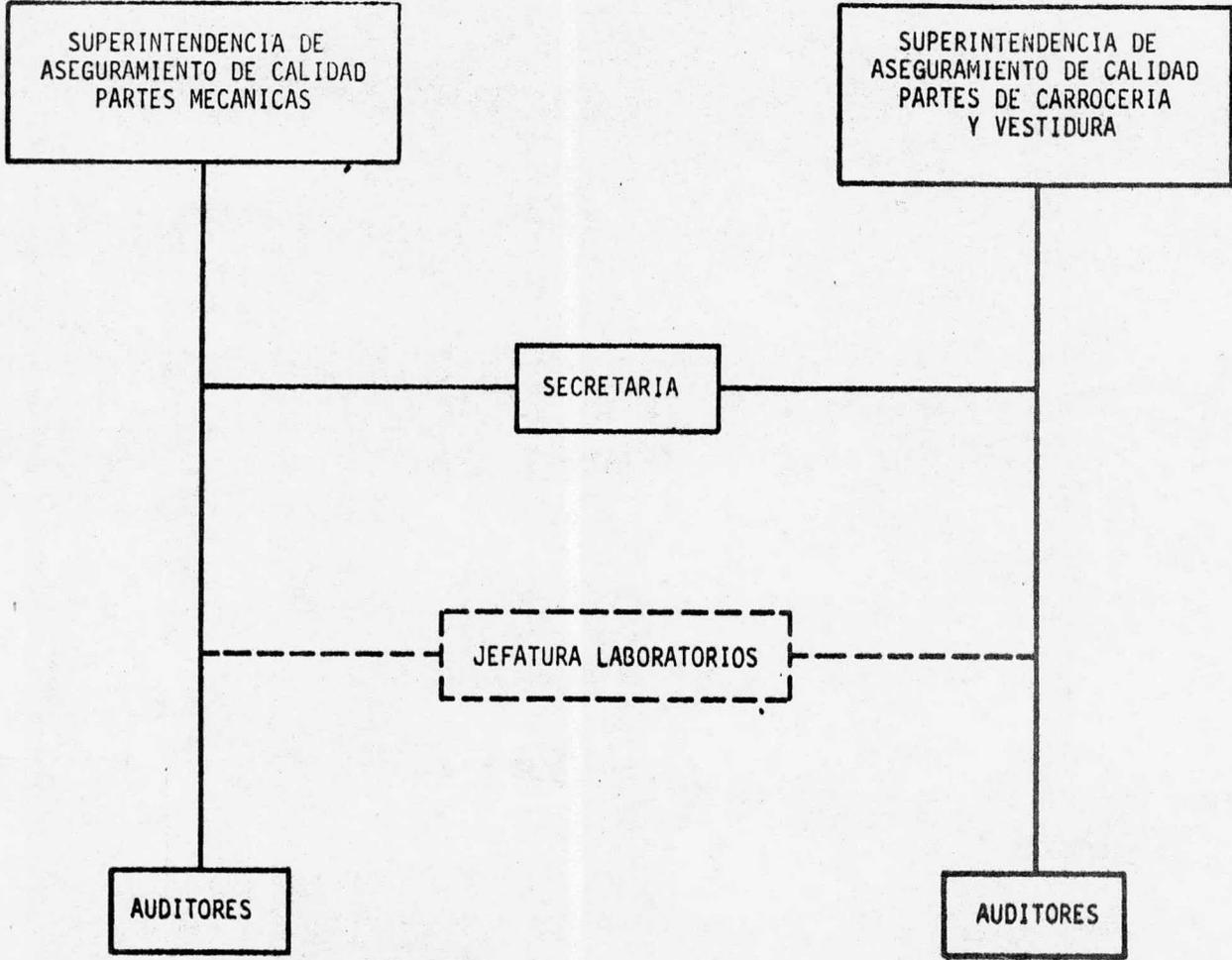
Al emitir algún nuevo diseño o cualquier modificación, el departamento de ingeniería del producto deberá notificarlo de inmediato a la gerencia de calidad para que sea distribuida a la sección correspondiente. Cuando la información llega a la superintendencia específica, deberá ser distribuida con los auditores para su coordinación con cada proveedor.

Es importante aclarar que el responsable directo de la actualización de información con los proveedores en general, es el departamento de compras, en razón de que en ocasiones se incurren en modificaciones de precio o simplemente cotizaciones.

En cuanto a la información de los problemas de calidad de partes que sean responsabilidad de algún proveedor, deberá ser transmitida a la sección correspondiente por medio de la gerencia de calidad.

Los reportes generados por cualquier auditor deberán contar con copias para cada uno de los departamentos involucrados, que puede ser alguno de los enunciados en el punto 1.1 (Ver cuadro-103).





CUADRO 103

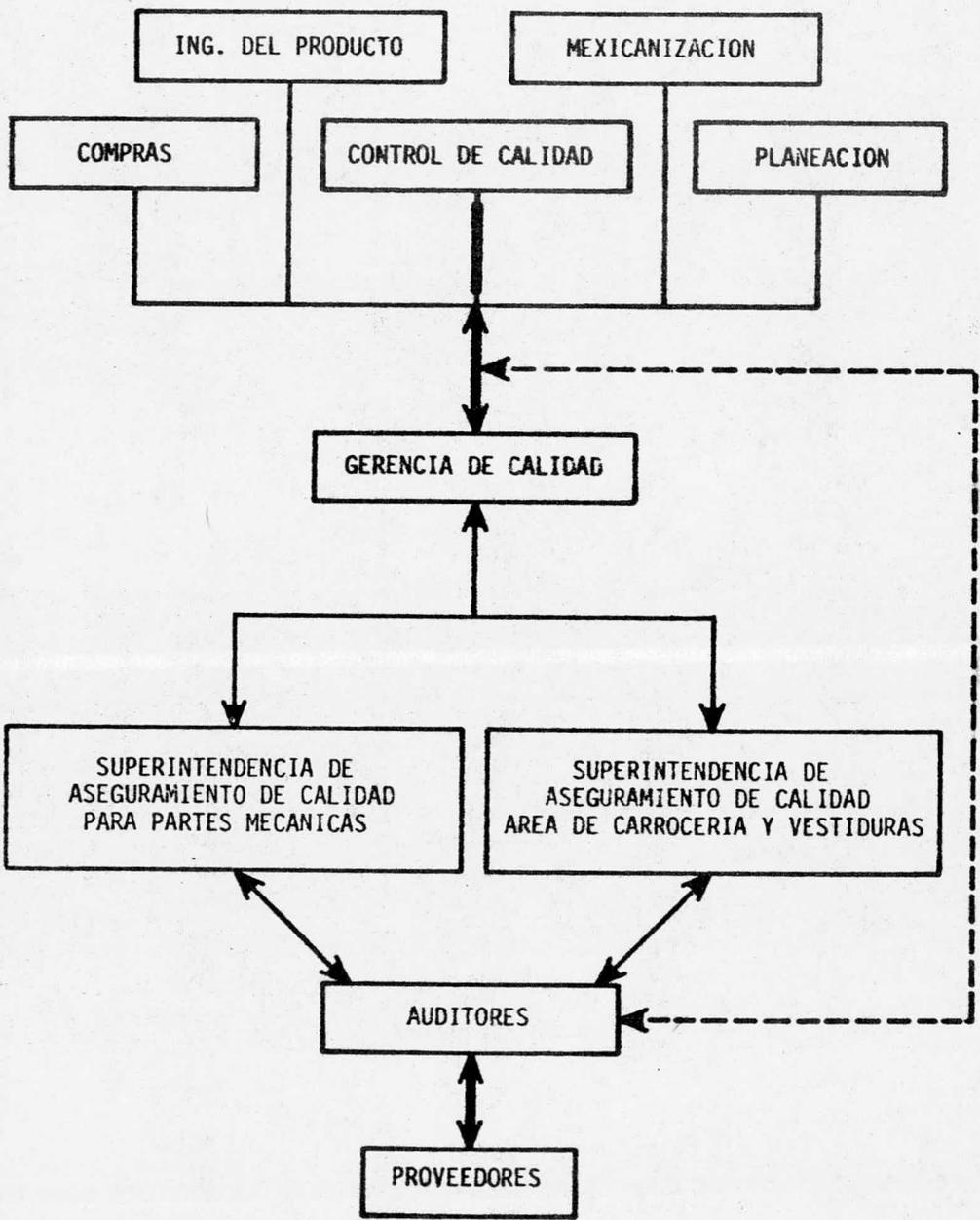


DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DE ACTIVIDADES
DE UN AUDITOR EXTERNO

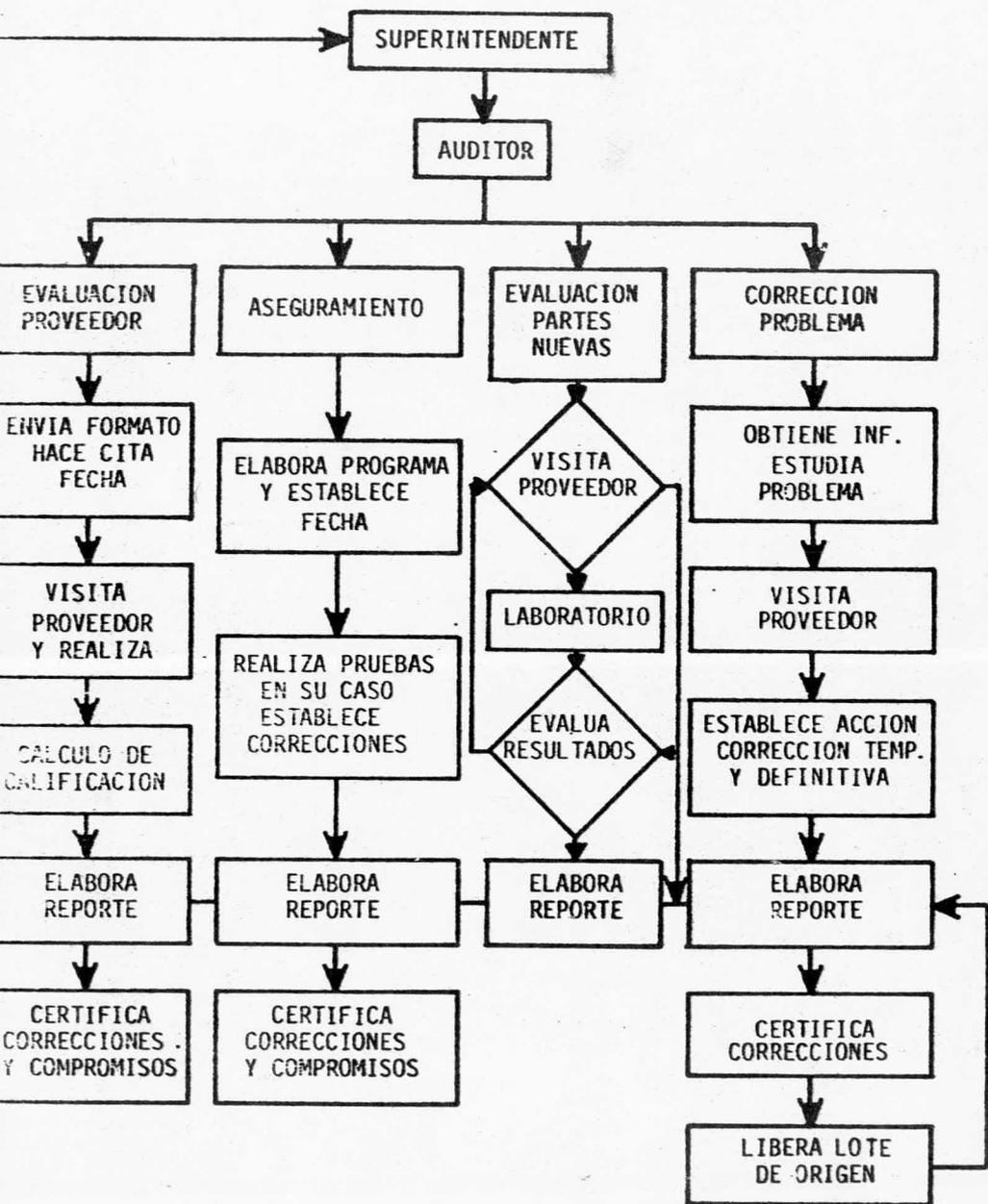
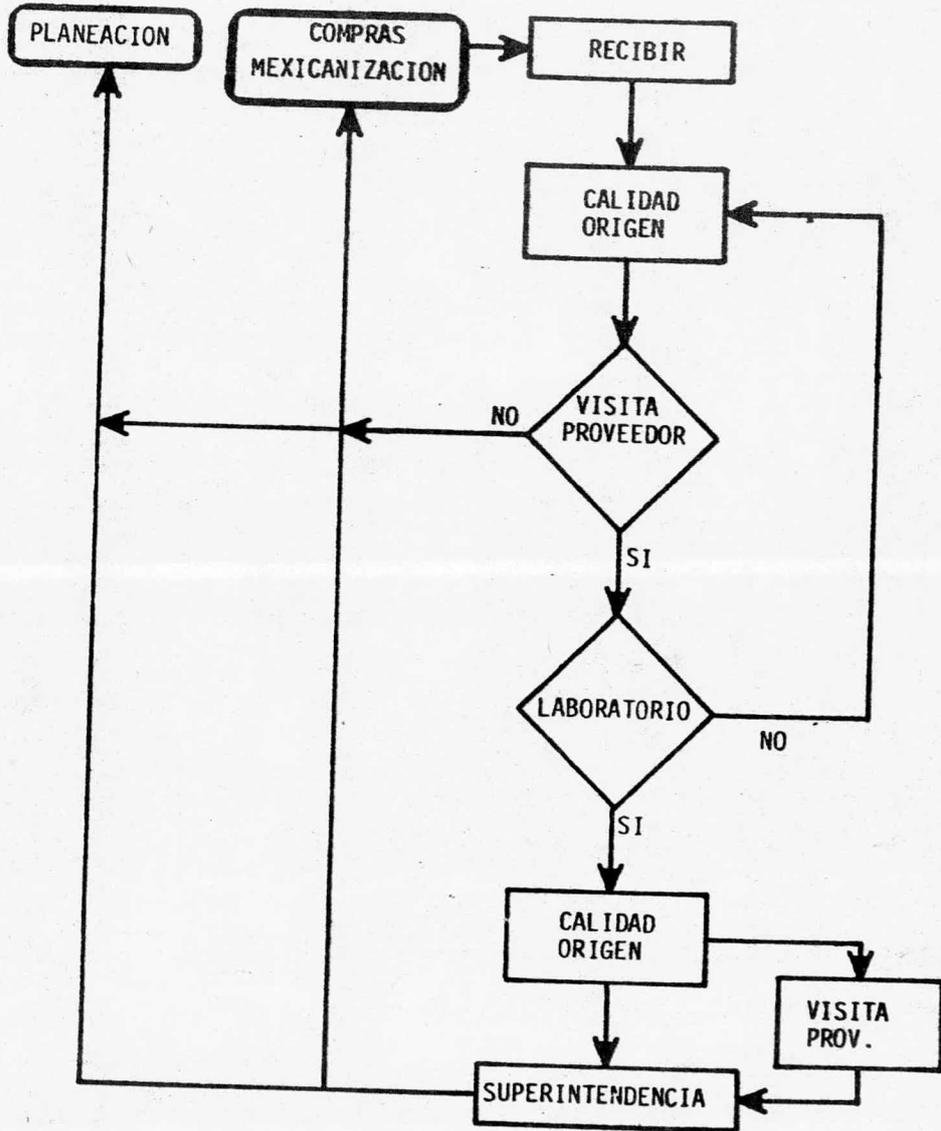


DIAGRAMA DE FLUJO PARA RECEPCION
EVALUACION Y APROBACION DE
PARTES NUEVAS Y DE INTEGRACION



CAPITULO II

TIPOS DE VISITAS A PROVEEDORES

Como ya se ha mencionado con anterioridad, la función principal de la sección de auditoría de origen es garantizar que las partes fabricadas por proveedores nacionales cumplan con las características indicadas en los planos y especificaciones, para lo cual se requiere que las actividades del personal sean planeadas sistemáticamente.

El auditor estará constantemente en contacto con el proveedor verificando aquellos aspectos que considere importantes para cumplir con los objetivos de la sección, planeando previamente en base a programas definidos por la sección, la periodicidad con la que se realizarán las visitas a cada planta.

Cuando el departamento de auditoría a proveedores sea implementado por primera vez en una planta terminal, será de suma importancia hacer del conocimiento del personal que vaya a estar constantemente en contacto con la sección, el funcionamiento del nuevo sistema y la importancia del apoyo que le brinden.

Dentro de las actividades que se desarrollarán directamente en las plantas de los fabricantes de partes automotrices, existen -

dos grupos principales de visitas:

- a) Preventivas
- b) Correctivas

Las primeras irán enfocadas a evitar que se presenten problemas que puedan afectar la calidad del producto, mediante una serie de actividades destinadas a eliminar de raíz todas las deficiencias que se lleguen a detectar en el proceso del proveedor, eliminando - así la posibilidad de que se presenten súbitamente problemas inesperados que lleguen a romper todo el esquema de planeación de los volúmenes de producción y la calidad del producto.

Las actividades correctivas serán un complemento de las primeras y si el sistema preventivo funciona adecuadamente, no deben llegar a ser el tipo de visita más frecuente, ya que es prácticamente imposible planearlas, es decir: la eficacia con que se aplique el sistema de visita preventivas, redundará en la facilidad de planeación de las actividades, en la disminución de las acciones correctivas y en la mayor facilidad para alcanzar los objetivos previstos.

La función principal de las visitas correctivas será la de resolver satisfactoriamente y en el menor tiempo posible, aquellos problemas de calidad que afecten directamente el suministro regular

de componetes a la planta de ensamble mediante la implementación de alguna solución inmediata y trabajando además en la búsqueda de la corrección definitiva que se requiera.

A continuación, se explicará con mayor detalle los tipos y características de las visitas pertenecientes a cada grupo.

2.1 VISITAS PREVENTIVAS

Las actividades de prevención consistirán en una serie de acciones encaminadas a detectar y eliminar todas aquellas deficiencias en los procesos de fabricación que puedan llegar a ocasionar problemas de calidad en las partes.

Para detectar oportunamente dichas deficiencias, se hace necesario que el auditor tenga acceso a las instalaciones de los proveedores con la finalidad de conocer todos aquellos sistemas y dispositivos con los que cuenta para garantizar la homogeneidad de las partes, teniendo así la posibilidad de sugerir alguna modificación que considere pertinente.

A continuación se describirán las visitas clasificadas dentro de este grupo:

2.1.1 Auditoría general al sistema integral de la calidad.

Es requisito indispensable que antes de entablar tratos financieros con un proveedor, se verifique que éste cubra los requisitos de calidad necesarios para garantizar que su proceso de fabricación sea confiable y que cuente con capacidad suficiente para asegurar el

suministro de partes de acuerdo a las necesidades de la planta terminal.

Para este fin, se ha elaborado una evaluación que se aplicará en forma de cuestionario a los proveedores, clasificándolos en porcentajes de 0 a 100, y considerando el 70 por ciento como parámetro mínimo satisfactorio para que un fabricante pueda ser aceptado por la planta terminal. (Ver Capítulo III)

Dicho cuestionario será aplicado periódicamente, con una frecuencia determinada por la calificación que obtenga cada proveedor, con la finalidad de observar en forma estadística la tendencia de los mismos y de esta forma poder planear mejoras en sus sistemas a corto y mediano plazo.

Todas las evaluaciones que se lleven a cabo, serán dadas a conocer al departamento de compras, para que los volúmenes de producción otorgados a cada proveedor vayan de acuerdo con su grado de confiabilidad, encontrando en este aspecto, un motivo de superación constante.

La calificación final adjudicada al proveedor, se realiza en dos etapas que son:

- a) En planta del proveedor
- b) En planta terminal

2.1.1.1 En planta del proveedor.

Es primordial destacar la importancia de la evaluación que se efectúa en las instalaciones del fabricante, ya que es el lugar donde se puede asegurar la calidad desde la producción, mediante la implementación de sistemas preventivos adecuados.

La evaluación abarca las áreas que afectan la calidad del producto, que son:

Calidad Administrativa.

Se evalúan los sistemas de calidad con los que cuenta el proveedor desde el punto de vista administrativo, analizando la organización de la empresa, verificando los programas de trabajo y capacitación, sistemas de operación, controles estadísticos, enfocados globalmente.

Este aspecto es de suma importancia, ya que de ellos deriva - el buen funcionamiento de toda la empresa.

Calidad de recibo.

El área donde se verifica la calidad de las materias primas adquiridas, es denominada inspección de recibo, en la cual se evalúa el adecuado control de la recepción técnica e identificación de los materiales, equipo, factor humano, así como los registros escritos y procedimientos del trabajo que se desempeña.

Calidad de manufactura.

En el proceso de fabricación, se evalúan los sistemas de control con los que cuenta el proveedor, certificando que garantizan la oportuna detección de alguna falla que pudiera demeritar la calidad del producto. Asimismo, se verifica que el proveedor cuente con los dispositivos de control necesarios.

Calidad de producto terminado.

Una vez que la pieza ha terminado su recorrido por el proceso de fabricación, el proveedor deberá verificar la calidad global del producto, por lo que en este aspecto, se analizará si el sistema utilizado garantiza el nivel de calidad final requerido.

Laboratorios.

Existen piezas que requieren de cierto tipo de pruebas para las cuales es necesario un laboratorio especial, en cuyo caso es -

indispensable verificar que se cuente con el equipo adecuado para --
efectuarlas confiablemente.

Por considerarse independiente, se evaluará toda la estructu-
ra funcional del laboratorio incluyendo los sistemas y métodos de --
prueba.

2.1.1.2 En planta terminal.

Una vez concluidas las evaluaciones correspondientes a la ---
planta del proveedor se procederá a realizar un estudio del comporta-
miento defectivo de las partes en la planta terminal, considerando -
los volúmenes entregados por el proveedor en un cierto lapso de tiem
po y las cantidades de material rechazado. Para dicho fin, se reali-
zará lo siguiente:

Calidad en recibo de planta de ensamble.

El departamento de recibo de materiales es el responsable de-
verificar que las partes entregadas por los proveedores cumplan con-
las especificaciones correspondientes, certificando inclusive algún-
aspecto especial reportado por la sección de auditoría externa.

Según sea el caso, podrá checar desde el empaque, hasta la --
totalidad de la pieza incluyendo algún análisis de laboratorio si se
requiere.

Será el filtro que reducirá al máximo la posibilidad de que -
llegue material defectuoso a la línea de ensamble, realimentando a -
la sección de auditoría externa con información del comportamiento -
defectivo de cada proveedor, la cual será cuantificada, formando una
parte importante de su calificación global.

Calidad de manufactura en planta de ensamble.

Toda fabricación de piezas en serie, implica un cierto riesgo
de aparición de defectos en un porcentaje de partes que estará dado-
por el nivel de calidad que se aplique, el cual será definido según-
el tipo de pieza y la característica por checar. De acuerdo con di-
cho riesgo, generalmente, a pesar del trabajo que se realiza en plan-
ta del proveedor y en inspección de recibo, se llega a encontrar ma-
terial defectuoso en la línea de ensamble, el cual también será cuan-
tificado con la finalidad de ampliar el alcance de la calificación -
que se otorgue al proveedor.

2.1.2 Pruebas cíclicas de aseguramiento.

Existen algunos componentes de un automóvil que se encuentran agrupados en una clasificación especial denominada "partes de seguridad", formada por aquellas piezas que se consideran críticas, porque en caso de alguna falla pondrían en peligro la vida de los ocupantes del vehículo.

En algunos países el gobierno se encarga de indicar cuáles son las partes críticas y qué tipo de normas deben cubrir. En México, - sólo algunas partes han sido agrupadas por la D.G.N. (Dirección General de Normas), sin embargo, como la mayoría de los diseños son extranjeros, los planos vienen identificados con alguna señal de seguridad, en cuyo caso el proveedor tendrá la obligación de garantizar que las partes que fabrica cumplan con las pruebas correspondientes.

Con la finalidad de certificar que dichas partes realmente cubren las pruebas indicadas en los planos y normas, se deberá elaborar un programa de visitas periódicas con cada proveedor, eligiendo la frecuencia de las mismas de acuerdo con los volúmenes de producción y el tipo de pieza por checar, de acuerdo con la forma No. 201, -- anexa al final de este capítulo.

El proveedor deberá contar con el equipo necesario para efectuar todas y cada una de las pruebas que requieran las partes que fa-

brica, siendo la obligación del auditor externo, verificar que se lleven a cabo satisfactoriamente y de acuerdo con los parámetros -- especificados.

Las piezas de prueba deberán ser seleccionadas al azar de un lote de producción en presencia del auditor externo, sin cuya intervención el proveedor no podrá dar inicio.

Los resultados que se obtengan deberán ser vaciados en la forma No. 202 la cual se archivará durante un periodo de tiempo considerable (cinco años mínimo) para cualquier aclaración posterior.

Con la finalidad de ilustrar ampliamente, se presenta el ejemplo de un programa de pruebas a tubos de frenos y gasolina utiliza-dos por cierto fabricante de automóviles, de acuerdo con sus especificaciones. (Ver ejemplo 201-A)

Por otra parte, las piezas que no son consideradas dentro de la clasificación de seguridad requerirán de visitas de pruebas pe--riódicas, cuando se presente el caso de que el fabricante no tenga aun el grado de confiabilidad suficiente y se requiera de verificar ciertas características que deban ser corregidas.

2.1.3 Visitas periódicas de aseguramiento de calidad.

Además de las visitas de pruebas cíclicas, existen otras que también se realizarán periódicamente y que complementan la labor de aseguramiento que se requiere efectuar con cada proveedor mediante actividades que van enfocadas, por un lado a mantener activa la atención del fabricante en el aspecto calidad por medio de visitas de liberación de lotes de origen y por otro lado a certificar que los instrumentales y dispositivos utilizados se encuentren en condiciones que garanticen la homogeneidad de la producción, dentro de las características preestablecidas.

Existen específicamente dos tipos de visitas que quedan enmarcadas en este grupo y son las siguientes:

2.1.3.1 Visitas de inspección de lotes de origen.

En el momento que una pieza ha sido liberada por el departamento de ingeniería del producto en base al desarrollo con algún proveedor, se realizará la primera visita de liberación de origen, que consiste en efectuar en planta del fabricante una inspección por muestreo de algún lote de producción, verificando aquellas características que el analista considere primordiales.

Una vez realizado lo anterior se deberá elaborar conjuntamente con el proveedor un programa de visitas periódicas de este tipo mediante el establecimiento de fechas tentativas, cuya frecuencia variará de acuerdo con los programas de producción (forma 203). Con la finalidad de confirmar la existencia de un lote en cierta fecha determinada, se realizará una comunicación telefónica con el proveedor, hecho lo cual, se procederá a visitar su planta para efectuar la evaluación en base a la forma 204.

Posteriormente a la inspección del lote, se deberá identificar el material con tarjetas de aceptación o rechazo, en el primer caso, podrá ser enviado a la planta de ensamble debidamente empacado, llevando además una copia del reporte que ampare su liberación.

Cuando el material resulte rechazado, se procederá de acuerdo con lo indicado en la sección 2.2.1.

2.1.3.2. Visitas de revisión general de herramientas y dispositivos de control.

La forma más efectiva de garantizar la calidad de un producto es precisamente verificando que los medios de industrialización sean elaborados con precisión y reúnan ciertas características que nos --

aseguren un proceso de manufactura correcto desde su inicio.

Definiendo los medios de industrialización en un contexto general, podemos decir que engloba todos aquellos elementos que intervienen en la fabricación de una pieza, desde la primera transformación que se efectúe a las materias primas que reciba un proveedor, - hasta la última operación de manufactura, denominados herramientas de fabricación.

También existen elementos que no intervienen directamente en la manufactura de la pieza, ya que no afectan su forma ni tampoco -- alguna otra característica, esto es, son utilizados como referencias de ensamble, para verificar que ciertas especificaciones de la pieza se encuentren de acuerdo al plano correspondiente o para facilitar - alguna operación que requiera de algún dispositivo auxiliar.

Estos elementos indirectos son denominados dispositivos de -- control y serán de gran ayuda para que el proveedor pueda detectar - oportunamente, cualquier deficiencia que presente su proceso de fa-- bricación.

Cada pieza deberá contar en su expediente con un listado de - los herramientas y dispositivos de control que se hayan elaborando-

durante su desarrollo, con la finalidad de facilitar la labor del auditor, el cual deberá verificar periódicamente el estado físico de los mismos.

Para este fin, deberá elaborar un programa de visitas periódicas que serán tan frecuentes como lo requiera el desgaste de dichos elementos según los volúmenes de producción. (Forma 205)

El proveedor tendrá la obligación de contar con un programa periódico interno de verificación y mantenimiento preventivo de los mismos, llevando registros por escrito de los resultados obtenidos, los cuales serán verificados por el auditor.

Asimismo, el auditor deberá verificar, en base al listado mencionado, que todos los dispositivos estén siendo utilizados sin -- excepción en la línea de producción del fabricante.

Habrán dispositivos que se utilicen como elementos de verificación final de alguna pieza, en cuyo caso se deberán fabricar un -- juego adicional que será utilizado por la sección de inspección de recibo en la planta terminal.

Cuando se presente el caso de que algún elemento requiera de-

alguna reparación o reemplazo total, el proveedor tendrá la obligación de llevar a cabo de inmediato las acciones respectivas y a su vez el departamento de compras será notificado para que efectúe el pago o la negociación correspondiente.

Es importante que al diseñar los dispositivos de control, se evite al máximo dejar alguna característica de inspección, al criterio de las personas que lo vayan a utilizar para eliminar la posibilidad de que ocurra algún error humano.

2.1.4 Visitas de desarrollo de partes nuevas e integración de partes importadas.

Tal y como se mencionó en la introducción del presente estudio, un cierto porcentaje de partes componentes son de origen importado. Dicha porción es limitada por restricciones definidas -- por el gobierno, con la finalidad de disminuir la importación de productos.

Se comentó que la única posibilidad de obtener permisos de importación de algunas partes, es compensando esa erogación de divisas por medio de ciertos porcentajes de exportación de otras piezas.

Cuando se toma la decisión de desarrollar algún nuevo modelo-

de vehículo, o simplemente sufren cambios los ya existentes, es ne
cesario determinar cuáles partes serán desarrolladas con proveedor
es nacionales.

El departamento encargado de efectuar el desarrollo tanto de
las partes nuevas como de integración, será Mexicanización, el cual
tendrá la obligación de negociar sus productos únicamente con pro-
veedores que hayan sido evaluados por el departamento de asegu--
miento de calidad obteniendo resultados satisfactorios.

En caso de que dicho departamento tenga la necesidad de desa-
rrollar un nuevo proveedor, deberá solicitar la intervención del -
departamento de aseguramiento de calidad para que lo evalúe otor--
gándole el visto bueno o desechándolo.

Al efectuar el desarrollo de una parte cualquiera, el auditor
de calidad deberá realizar una visita conjuntamente con el departa-
mento involucrado, con la finalidad de detectar oportunamente cual-
quier problema de carácter técnico que se pueda llegar a presentar.

Una vez que se defina junto con el proveedor los diferentes -
herramientales y dispositivos de control que se requieran, se elabo-
rará un programa en el que se indique: el tiempo estimado para la

fabricación de los mismos, fecha de entrega de muestras, tiempo --
estimado de prueba, etc., de acuerdo a la forma No. 206.

A partir de ahí, se efectúan visitas al proveedor en las fe-
chas preestablecidas, con la finalidad de verificar que se cumpla--
con los acuerdos tomados.

Es de suma importancia que el auditor verifique las muestras
que sean entregadas a ingeniería, hayan sido fabricadas con los --
herramientales y equipo que serán utilizados en la producción de se-
rie para garantizar que sean representativos.

Se deberá llevar a cabo la planeación del proyecto para saber
si se podrá cubrir con los objetivos de la planta terminal o se --
tendrá que modificar la planeación de los volúmenes de producción.

2.2 VISITAS CORRECTIVAS

Inicialmente el trabajo de la sección de Aseguramiento de Ca-
lidad de Origen consistirá en gran medida en llevar a cabo una la--
bor de corrección de todos aquellos problemas de calidad imputables
a proveedores, que estén afectando directamente a la planta termi--
nal, pudiendo ser detectados en línea de ensamble o directamente --

en la sección de inspección de recibo de materiales. Sin embargo, el propósito principal de este estudio, es evitar en lo posible -- las visitas correctivas, las cuales una vez implementado el sistema integral de aseguramiento de calidad a proveedores, deberán de reducirse notoriamente y llegará el momento en que sólo se efectúen esporádicamente y en caso de extrema necesidad, siendo sustituidas por las mencionadas en la sección 2.1 y denominadas preventivas.

En la medida que el sistema de calidad clasificado como preventivo se vaya extendiendo a todos los proveedores, el índice de rechazos por material defectuoso disminuirá e incluso tenderá a -- desaparecer.

No obstante lo anterior, estas visitas son de suma importancia y están contempladas en el presente estudio, dado que los proveedores nacionales tardan en cubrir los requerimientos marcados -- por la industria terminal, necesitando normalmente este tipo de -- aseguramiento.

Existen dos tipos básicos de visitas correctivas, que son -- las enlistadas a continuación.

2.2.1 Visitas de Corrección de Problema.

Son las más frecuentes dentro de esta clasificación, y se originan cuando alguna parte de fabricación nacional presenta defectos que sean detectados en la planta terminal en porcentaje que lle--guen a afectar por su magnitud, el suministro oportuno de componen--tes.

El auditor será el único autorizado para efectuar estas visi--tas, teniendo la responsabilidad de tomar las decisiones referentes a la aplicación de las alternativas de solución viables, persiguien--do como único fin, encontrar las correcciones inmediatas y definitivas que garanticen la eliminación total del problema.

El proveedor tendrá la obligación de efectuar todas y cada una de las correcciones y modificaciones que el auditor considere neces--arias, ya sea que éstas impliquen cambios en el proceso, mayor inspección en el mismo o implementación de nuevos dispositivos o herra--mentales.

Si a criterio del auditor, el defecto no ha sido corregido, -podrá solicitar la detención de la línea de producción, para reini--ciar su marcha hasta asegurar que las correcciones estén integradas en el proceso.

Los departamentos de compras y planeación deberán respaldar

cualquier decisión tomada por el auditor, interviniendo incluso en caso necesario para ejercer mayor presión y con ello lograr los resultados requeridos en el menor tiempo posible.

Las actividades específicas que deberá realizar el auditor de calidad para corregir un problema son los siguientes:

Deberá recopilar toda la información necesaria referente al problema, como: proveedor responsable y su clasificación, incidencia de rechazos, causa aparente, consecuencias, etc., para posteriormente visitarlo y así determinar conjuntamente las causas reales y soluciones idóneas.

En planta del proveedor se hará un análisis minucioso hasta encontrar la raíz del problema existente, evaluando el proceso de fabricación y los controles que se tengan en el mismo, una vez hecho ésto, se procederá a tomar las acciones correspondientes, asentándose por escrito en una minuta según forma No. 207 en la que se describirán con detalle las actividades realizadas y los compromisos contraídos por ambas partes a corto plazo, indicando las fechas establecidas previo acuerdo.

En caso de que en planta de ensamble o en la del proveedor --

haya material defectuoso en existencia, se hará lo siguiente:

Si el material no tiene recuperación deberá ser destruido por el proveedor en su planta, en presencia de un auditor.

Cuando sea posible, el proveedor deberá efectuar una selección al cien porciento del material rechazado, con la finalidad de separar el material bueno del defectuoso.

Si así lo determina, el auditor podrá autorizar un retrabajo propuesto por el proveedor para que las piezas sean funcionales, -- siempre y cuando se cuente con el visto bueno del departamento de ingeniería del producto.

Adicionalmente, en base a los acuerdos que se hayan tomado, -- el auditor establecerá un programa de visitas considerando las fechas de corrección, con la finalidad de verificar personalmente su cumplimiento.

2.2.2 Visitas de seguimiento a la corrección de problemas e -
 inspección de origen.

Después de haber determinado conjuntamente con el fabricante-

1

las causas y correcciones del problema, el auditor se presentará --
nuevamente en la planta del proveedor en base a su programa, debiendo
verificar el cumplimiento de los compromisos contraídos.

En caso de ser satisfactorio el resultado de dicha visita, el
auditor dará su autorización para reanudar su producción, informando
de inmediato a los departamentos afectados.

Cuando el resultado no sea satisfactorio, se solicitará la --
intervención del departamento de compras para que ejerza mayor presi
sión sobre el proveedor, quedando incluso la alternativa de cancel
arlo y desarrollar uno sustituto o alterno.

Es de suma importancia que el auditor acuda puntualmente a la
planta del proveedor en las fechas marcadas, a exigir los resultado
s prometidos, para que los fabricantes tomen la suficiente respons
sabilidad y seriedad al efectuar un compromiso.

Tal y como se mencionó en la sección 2.2.1, habrá ocasiones -
en las cuales mediante una desviación se autorice un retrabajo al -
material ya fabricado o exista la posibilidad de efectuar una selecci
ción realizada por el proveedor en base a parámetros de funcionalid
dad, en cuyo caso el auditor acudirá a la planta del fabricante a -

fin de certificar el cumplimiento de los acuerdos tomados, efectuando nuevamente inspecciones de origen.

En el caso más común de que se tome el acuerdo de fabricar material nuevo, será también necesario el realizar inspecciones co---rrectivas de origen con el criterio antes indicado, haciendo notar-que cuando el proveedor fabrique el nuevo lote, deberá indentificar lo tal y como lo solicite el auditor (calcomanías, pintura, punto -de golpe) con la finalidad de evitar contaminación con material de-fectivo y facilitar su localización.

Se deberá evitar en la medida de lo posible, el otorgar con--cesiones especiales a los proveedores, y siempre la inspección deberá de basarse en las tablas de muestreo correspondientes.

A criterio del auditor y según los resultados que se hayan obtenido en las primeras inspecciones de origen, podrá prolongarlas -hasta garantizar al cien por ciento la completa corrección del pro--blema; siendo entonces cuando el proveedor estará facultado a rea-nudar los embarques sin la necesidad de que éstos sean inspecciona-dos en su planta.

Es importante mencionar que la función principal de este tipo

de visitas es verificar que las correcciones implementadas hayan dado buen resultado, garantizando a la vez que el material que será enviado a la planta se encuentre dentro de especificaciones o de -- ciertas características autorizadas con anterioridad.

Sin embargo, es aún más importante verificar que las correcciones mencionadas garanticen de alguna forma que la característica marcada como defectiva en las piezas, sea modificada por igual en toda la producción; esto es, no sólo se deberá garantizar una pieza o -- un lote corregidos, sino toda la fabricación futura durante un pe--riodo de tiempo razonable. Esto es, el auditor deberá cerciorarse--de que las implementaciones realizadas garanticen la homogeneidad -- de la fabricación.

PROVEEDOR : _____ FECHA DE EMISION : _____ MODELO : 8100

NO. DE PARTE : VARIAS DESCRIPCION : TUBOS PARA FRENOS Y TUBOS PARA GASOLINA

ESPECIFICACION DE LA PARTE : ASTM-A254 SAE J 5276 NO. DE DIBUJO : VARIOS

ESPECIF. O PRUEBA A REALIZAR.	PERIODO DE PRUEBA											
	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.
LIMITE DE RUPTURA 29.5 Kg f/mm ² min	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PUNTO DE FLUENCIA 17.6 Kg. f/mm ² min	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ALONGAMIENTO 25.0 % min	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
EXPANSION 20.0 % min	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ACHATAMIENTO SIN DEFECTOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
TEST DE CURVATURA SIN DEFECTOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
LIMPIEZA INTERNA 0.194 q/m ²	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
DUREZA 65 max.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
RECUBRIMIENTO ESPECIFICACION	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
PBA. DIMENCIONAL Ø EXTERNO Ø INTERNO	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

REV.	FECHA REV.

DE CONFORMIDAD
PROVEEDOR

DE CONFORMIDAD PLANTA
TERMINAL

NO. PARTE : _____

PROVEEDOR : _____

DESCRIPCION : _____

AUDITOR : _____

MODELO : _____

FECHA : _____

TIPO DE ANALISIS O PRUEBA	ESPECIFICACION	RESULTADOS OBTENIDOS

PROVEEDOR : _____

AUDITOR : _____

FECHA : _____

NO. PARTE	DESCRIPCION	MOD.	NIVEL DE CALIDAD	TIPO DE MUESTREO	TAMAÑO LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	PIEZA DEFECT.	DISPOSICION

NO. PARTE : _____

DESCRIPCION : _____

MODELO : _____

AUDITOR : _____

PROVEEDOR	DESCRIPCION HERRAMENTALES	DESCRIPCION EQUIPO CONTROL	FECHA TRAM.	FECHA MUESTS.	FECHA RES. PDA	RESULTADO

PROVEEDOR : _____

FECHA : _____

LUGAR : _____

ASISTENTES : _____

ASUNTO :

ANTECEDENTES :

DESARROLLO :

ACUERDOS Y FECHAS :

FIRMAS : _____

CAPITULO III

DESCRIPCION DE LOS REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS QUE DEBE CUBRIR UN PROVEEDOR

Es de suma importancia destacar aquellos aspectos que deba cubrir satisfactoriamente cualquier proveedor desde el punto de vista de los intereses de la planta terminal y de esta forma lograr orientarlos sobre las características mínimas solicitadas.

El hecho de tener una definición más o menos exacta de los elementos con los que deberán contar, nos dará la facilidad de llevar un mejor control sobre cada uno de ellos desde su desarrollo mismo, es decir, desde el momento en que algún fabricante hace sus primeros intentos por integrarse al grupo de proveedores de la industria terminal automotriz.

Como se mencionó en el Capítulo II se ha desarrollado un procedimiento de evaluación, que podrá ser aplicado en forma estricta -- tanto a algún fabricante antes de establecer cualquier contrato, como a aquellos que ya sean proveedores activos.

Por medio de esta evaluación se logrará realizar una adecuada selección de aquellos fabricantes que convengan más a los intereses de la planta terminal, y por otro lado clasificarlos según su grado

de confiabilidad, en forma periódica, exigiéndoles cada vez mayor - grado de acercamiento al nivel óptimo de los requerimientos de calidad.

De manera general, esta evaluación deberá aplicarse a todos y cada uno de los proveedores de origen nacional, sin importar el tipo de material que fabrique, siendo necesario realizarla directamente - en sus instalaciones, con la finalidad de poder certificar, objetivamente, cualquier aspecto que así lo requiera.

Adicionalmente, se realiza una recopilación estadística del -- comportamiento defectivo de las partes entregadas por el proveedor - para complementar la evaluación y obtener de este modo la calificación total.

3.1 EVALUACION DEL SISTEMA DE CALIDAD EN PLANTA DEL PROVEEDOR

La parte de la evaluación que se realiza en planta del proveedor, se encuentra dividida en las siguientes secciones.

- . Calidad administrativa
- . Calidad de recibo
- . Calidad de manufactura

- . Calidad de producto terminado
- . Laboratorios
- . Control de calidad exterior

a las cuales ya nos hemos referido en forma general en la sección - 2.1.1 por lo que en el presente capítulo nos avocaremos a describir la aplicación del cuestionario correspondiente y la obtención de -- las calificaciones parciales y totales.

En cada una de las preguntas, existen cuatro diferentes opciones para responder, las cuales son:

Sí ()

No ()

Parcialmente ()

No se usa ()

significando diferentes puntuaciones según la sección a la que correspondan.

La respuesta será "Sí ()" solamente en aquellos casos en que el proveedor realmente cuente con todos aquellos elementos que sean solicitados en la pregunta, en cuyo caso el auditor tendrá la obligación de verificar personalmente su existencia y eficacia.

Cuando se presente la situación de que en algún punto el proveedor no logre cubrir por completo lo solicitado o los elementos con los que cuente no sean los más adecuados, la respuesta correcta será "Parcialmente ()", dado lo cual se procederá a identificar -- perfectamente las deficiencias y a precisar conjuntamente las mejoras necesarias.

Se deberá responder "No ()" cuando el proveedor definitivamente carezca de los elementos requeridos en la pregunta o su deficiencia sea considerable, procediéndose a definir los cambios o implementaciones necesarias.

La columna de "No se usa ()" será utilizada a criterio del auditor, cuando el proveedor demuestre que debido al tipo de producto que fabrique, no se requiere implementar algunos elementos específicos.

Cuando la respuesta coincida con alguno de las tres últimas opciones mencionadas, el auditor deberá explicar al final del cuestionario la razón de la respuesta y las acciones que se tomarán para la corrección de las fallas encontradas especificando los plazos acordados.

La evaluación de los sistemas de calidad abarca en todas sus áreas, los siguientes aspectos:

Factor Humano

Según las funciones y responsabilidades de cada uno de los elementos que integran las diferentes secciones del departamento de control de calidad del proveedor, deberá ser el nivel académico y la experiencia con la que deberán contar.

Se verificará que el proveedor cuente con programas de capacitación y adiestramiento que permitan a su personal tener un conocimiento profundo de las técnicas más avanzadas con la finalidad de mejorar su desempeño.

También será primordial la organización de círculos de calidad con todos los miembros de la empresa para poder crear una conciencia de la importancia de sus funciones.

Procedimientos Escritos

Es necesario que los proveedores cuenten con manuales y procedimientos que definan tanto las funciones y responsabilidades de su personal como la secuencia de las diferentes operaciones de manufactura y control según requiera el producto.

Con el objeto de garantizar que el proveedor realmente está aplicando los sistemas indicados en sus manuales, deberá contar con un archivo en que conserve por un lapso de tiempo determinado, los resultados de las evaluaciones u operaciones de control correspondientes, los cuales deberán incluir los datos indispensables como: número de parte, descripción, cantidad y fecha de producción, evaluador, etc.; para poder realizar cualquier aclaración e incluso localizar e identificar algún lote en caso necesario.

Técnicas Estadísticas y Gráficas

Todo proveedor tendrá la obligación de contar con un sistema adecuado de control estadístico que le permita conocer los datos necesarios de dispersión, tendencia, etc., para poder permanecer por encima del nivel mínimo satisfactorio de calidad y lograr un mejor rendimiento de sus equipos.

Mediante la realización de gráficas, el proveedor podrá conocer su propia tendencia y lograr un mejor control.

También en este caso, será necesario que se conserven durante cierto tiempo los reportes y gráficas, más aún en las partes de seguridad.

Areas de Trabajo

Las diferentes áreas de una planta, deberán estar plenamente - definidas, con delimitaciones adecuadas que permitan evitar la contaminación de material en las líneas de proceso.

En cada área deberán existir zonas específicas de proceso, inspección y rechazo con identificaciones adecuadas del material según el caso.

Asimismo, deberá existir la suficiente limpieza y orden para - un mejor funcionamiento.

Equipo de Trabajo

Según el tipo de pieza que fabrique o se proponga desarrollar, el proveedor tendrá la obligación de contar con los equipos de proceso y control que garanticen el cumplimiento de los requisitos correspondientes.

El auditor deberá contar con la información y experiencia necesarias para calificar el equipo indicado según el producto.

3.2 Cuestionario Referente al Sistema Integral de la Calidad.

A continuación presentaremos el formato de la evaluación que se llevará a cabo en la planta de los fabricantes que sean o pretendan ser proveedores de la industria terminal automotriz:

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____ FECHA _____

1.0 CALIDAD ADMINISTRATIVA	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
1.1 Existe dentro de la organización de la planta un departamento de control de calidad.....	()	()	()	()
1.2 Existe un manual de control de calidad.....	()	()	()	()
1.3 Es una actividad independiente de producción.....	()	()	()	()
1.4 Existen procedimientos escritos de control de calidad que definan las funciones de su personal.....	()	()	()	()
1.5 Se mantiene actualizada toda la información, planos y especificaciones.....	()	()	()	()
1.6 Se emplean técnicas estadísticas de control (gráficas de control, capacidad de máquina, tablas de muestreo, etc.).....	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____ FECHA _____

	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
1.7 Se tienen bien definidas y se inspeccionan todas las características de una parte de seguridad....	()	()	()	()
1.8 Existen programas de capacitación para el personal.....	()	()	()	()
1.9 Existen auditorías de calidad -- (en todas las áreas).....	()	()	()	()
1.10 Certificación de primeras muestras para toda fabricación.....	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

2.0	CALIDAD DE RECIBO	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
2.1	Existe un departamento de recibos de materiales.....	()	()	()	()
2.2	El área es adecuada y suficiente para permitir que no se mezcle el material rechazado con el correcto.....	()	()	()	()
2.3	Existe una identificación adecuada del material recibido....	()	()	()	()
2.4	Existe personal capacitado para la inspección del material recibido.....	()	()	()	()
2.5	Existe suficiente personal en esta área.....	()	()	()	()
2.6	El material rechazado es identificado.....	()	()	()	()
2.7	Se informa por escrito de los rechazos a las áreas afectadas y a proveedores.....	()	()	()	()
2.8	Se inspecciona cada embarque recibido.....	()	()	()	()
2.9	Existen registros de estas inspecciones.....	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
2.10 El equipo de inspección es el necesario.....	()	()	()	()
2.11 Se cuenta con instructivos -- escritos.....	()	()	()	()
2.12 Se tiene adecuada limpieza...	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

3.0 CALIDAD DE MANUFACTURA	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
3.1 Está debidamente identificado el material surtido en línea.	()	()	()	()
3.2 Existen estaciones de inspección en las líneas de Producción.....	()	()	()	()
3.3 Son suficientes y están localizadas adecuadamente.....	()	()	()	()
3.4 Cuando se encuentra una característica fuera de control se toman medidas correctivas....	()	()	()	()
3.5 Los métodos de inspección son adecuados.....	()	()	()	()
3.6 Se emplean gráficas de control en línea de producción.....	()	()	()	()
3.7 Las partes retrabajadas son - inspeccionadas nuevamente....	()	()	()	()
3.8 Existen registros escritos de estas inspecciones.....	()	()	()	()
3.9 Se cuenta con los escantillones y calibradores necesarios para efectuar la inspección..	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
3.10 Existe un programa escrito de mantenimiento y verificación de calibradores y escantillones, etc.....	()	()	()	()
3.11 Existe personal capacitado para la inspección en la manufactura del producto.....	()	()	()	()
3.12 Cuentan con diagrama de flujo especificando las áreas de inspección.....	()	()	()	()
3.13 Existen áreas de almacenamiento y aislamiento de material-contaminado.....	()	()	()	()
3.14 Existe adecuada limpieza en las zonas de proceso.....	()	()	()	()
3.15 El manejo de material en las líneas es el adecuado.....	()	()	()	()
3.16 Si se aprueba una desviación-se audita que se lleve a cabo y por el No. de piezas fijado	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

4.0	CALIDAD DE ENTREGA	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
4.1	Existe inspección final.....	()	()	()	()
4.2	La inspección aplicada es la adecuada.....	()	()	()	()
4.3	Existe registro de estas inspecciones.....	()	()	()	()
4.4	Existen zonas de material pendiente a disposición.....	()	()	()	()
4.5	El personal de inspección es el suficiente y está capacitado...	()	()	()	()
4.6	Se identifica el material rechazado.....	()	()	()	()
4.7	Se cuenta con el equipo necesario para la inspección.....	()	()	()	()
4.8	El equipo es calibrado antes de usarse.....	()	()	()	()
4.9	Se identifica adecuadamente el material aceptado.....	()	()	()	()
4.10	El área de inspección es suficiente.....	()	()	()	()
4.11	Existe un área específica que se use como zona de rechazos...	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

SI NO PARCIAL NO SE USA
MENTE

- 4.12 Existe limpieza e iluminación en esa zona..... () () () ()
- 4.13 El empaque o estibado del producto terminado es el adecuado..... () () () ()
- 4.14 El material cuando es embarcado es debidamente marcado: nombre - proveedor, número de parte, lote fechado y cantidad de piezas.... () () () ()
- 4.15 El material es enviado a la planta de ensamble junto con una certificación de su departamento de control de calidad..... () () () ()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

5.0	AUDITORIA EXTERNA	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
5.1	Existe personal que efectúe las funciones del control de calidad al exterior (con clientes).....	()	()	()	()
5.2	Dicho personal está capacitado para el desempeño de sus funciones.....	()	()	()	()
5.3	Se lleva un control estadístico de problemas en el campo.....	()	()	()	()
5.4	Existe un sistema para canalizar la información y solución de los problemas en el campo...	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

6.0 LABORATORIO DE PRUEBA

6.1.0 Acreditación (Organismo) Propio () Nacional ()

6.2.0 Producto manufacturado _____

6.3.0 Tipos específicos de --
prueba.....

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

6.4.0 Organización SI NO PARCIAL NO SE USA
MENTE

6.4.1 Está definida la naturaleza y propiedad del laboratorio.... () () () ()

6.4.2 Existe una organización propia del laboratorio..... () () () ()

6.4.3 Cuenta éste con servicios técnicos - externos..... () () () ()

6.4.4 Son los adecuados..... () () () ()

6.4.5 Existen reglamentos adecuados a la capacidad del laboratorio () () () ()

6.4.6 Existen procedimientos para - la atención de quejas al cliente () () () ()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
6.4.7 Existen registros de todo lo - anteriormente mencionado.....	()	()	()	()
6.5.0 Recursos Humanos				
6.5.1 Las personas del laboratorio - tienen suficiente habilidad y- experiencia de carácter técní- co.....	()	()	()	()
6.5.2 Están definidas claramente las responsabilidades del personal	()	()	()	()
6.6.0 Instalaciones y Equipo de Prueba				
6.6.1 La ubicación del laboratorio - es la adecuada.....	()	()	()	()
6.6.2 Se toma a consideración paráme- tros ambientales tales como -- luz, temperatura, humedad, pol- vo, humo, ruido, vibración, etc.	()	()	()	()
6.6.3 Se llevan listas de equipo y re- gistros de mantenimiento.....	()	()	()	()
6.6.4 Existen referencias (Normas ac- tualizadas).....	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

	SI	NO	PARCIAL MENTE	NO SE USA
6.7.0 Calibración de Equipo de Prueba				
6.7.1 Se llevan a cabo programas de - calibración periódica en el e-- quipo de prueba.....	()	()	()	()
6.7.2 Existen patrones de referencia.	()	()	()	()
6.7.3 Auxiliares externos de calibra- ción.....	()	()	()	()
6.8.0 Operación del Laboratorio				
6.8.1 Existe selección de material a- probar.....	()	()	()	()
6.8.2 Este material es identificado..	()	()	()	()
6.8.3 El manejo del material es el a- decuado.....	()	()	()	()
6.9.0 Existen métodos de prueba.....	()	()	()	()
6.10.0 Se llevan a cabo registros de- prueba.....	()	()	()	()
6.11.0 Se llevan programas de asegu- ramiento de calidad, auditoría - interna (retroalimentación)...	()	()	()	()
6.12.0 Existen programas de mejoras - al laboratorio tanto en insta- lación como en equipo, perso- nal y desarrollo de pruebas...	()	()	()	()

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

REPORTE DE INSPECCION AL SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD

PROVEEDOR _____

7.0 HOJA DE COMENTARIOS

Calificación Final _____ puntos

Nombre de Auditor _____

Firma _____

3.3 CALIFICACION O PUNTAJE DE UN PROVEEDOR

En este subcapítulo se define la manera cuantitativa de asignar la puntuación a un proveedor considerando tanto la evaluación - en planta del fabricante, así como los resultados reales que se obtienen en la planta terminal automotriz.

3.3.1 Calificación de auditoría (Ca).

Se determina en base a la cantidad de puntos positivos y negativos obtenidos en la auditoría del punto 3.2.

<u>PUNTOS</u>	<u>CANT/PREGUNTAS</u>	<u>VALOR C/PREGUNTA</u>
15 puntos	10	1.5 puntos
15 puntos	12	1.25 puntos
20 puntos	16	1.25 puntos
15 puntos	15	1 punto
10 puntos	4	2.5 puntos
15 puntos	23	0.65 puntos
10 puntos	criterio del auditor	1.10 puntos

Total 100 puntos

(Ca = Calificación auditoría).

3.3.2 Calificación mensual total (Cm).

Esta calificación se obtiene mensualmente mediante un análisis de lotes rechazados y lotes inspeccionados así como de las partes -- rechazadas y partes inspeccionadas, haciendo la aplicación de la siguiente forma:

$$Cm = 100 - 50 \frac{\text{Lotes rechazados} + \text{partes rechazadas}}{(\text{Lotes inspeccionados})(\text{partes inspeccionadas})}$$

3.3.3 Calificación de planta (Cp).

Esta calificación involucra únicamente a las partes entregadas contra las partes rechazadas ya sea que estos rechazos se hayan generado en recibo de materiales o en línea de producción directamente.

$$Cp = 100 - \frac{\text{Partes rechazadas}}{\text{Partes entregadas}} \times 100 + A$$

Donde A = Problemas que afectan a planta de ensamble y serán medidos en escala de 0 - 10 de acuerdo a su importancia como incidencia, faltantes en línea, retrabajos, etc.

3.3.4 Calificación o puntaje total.

Esta calificación se obtiene haciendo una sumatoria de las tres calificaciones parciales anteriores y para esto se aplica el siguiente criterio.

Ca = 60 puntos

Cm = 20 puntos

Cp = 20 puntos

Ct = 100 puntos

$Ct = Ca + Cm + Cp$

Nota: Todas las calificaciones serán dadas en escala de 1 - 100.

De esta manera el proveedor logra una calificación total la cual va de 0 - 100 puntos, considerándose 70 puntos lo mínimo satisfactorio para que un fabricante pueda ser o continúe siendo proveedor, y con ello se le otorgue el desarrollo de nuevos proyectos y la confiabilidad de los que estén a su cargo.

Calificación:

Sobresaliente	95 - 100 puntos
Excelente	90 - 95 puntos
Satisfactorio	80 - 89 puntos
Suficiente	70 - 79 puntos
Insatisfactorio	menos de 70 puntos

3.3.5 Frecuencia y control.

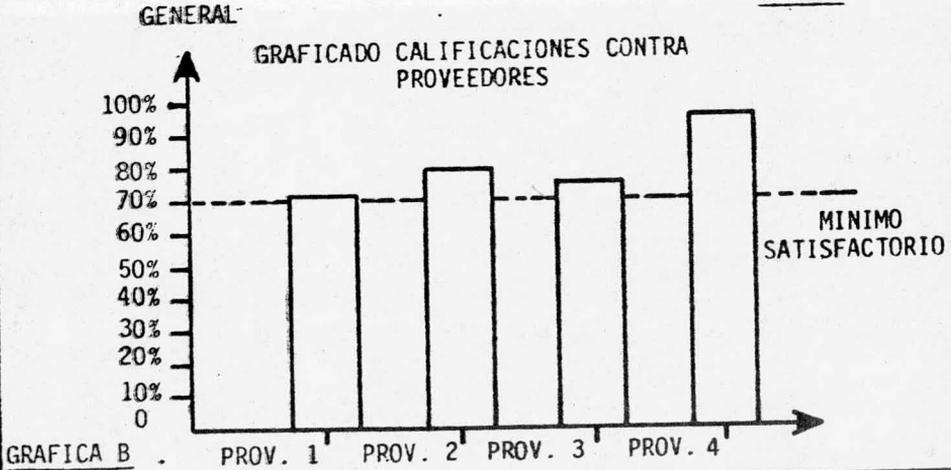
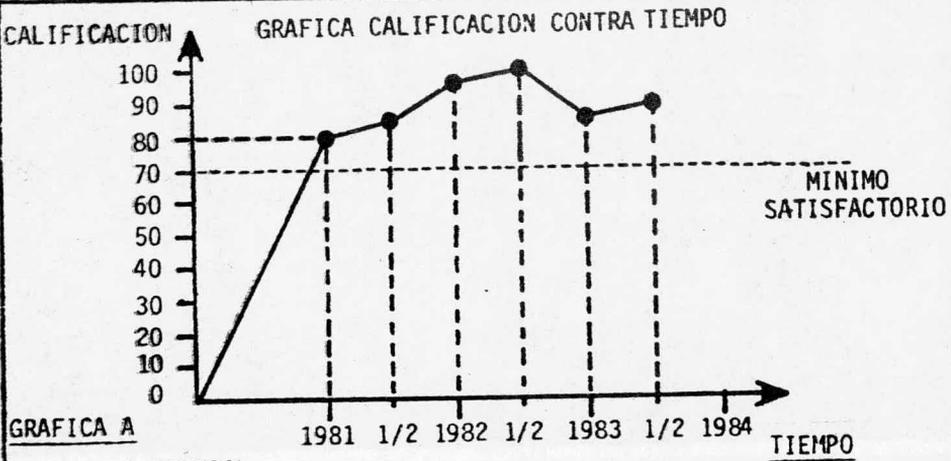
La frecuencia con la cual se lleven a cabo estas evaluaciones será determinada por el puntaje que se obtenga en la última evaluación realizada, como se indica:

1 vez al año	80 puntos en adelante
2 veces al año	menos de 80 puntos

El control estadístico se lleva por medio de dos gráficas, -- una reflejará el comportamiento periódico del proveedor (gráfica A), y la otra el nivel que guarda éste con respecto al resto de los -- proveedores (gráfica B), a continuación se muestran claramente estas gráficas:

CONTROL DE CALIDAD

PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION DEL SISTEMA DE CALIDAD A PROVEEDORES.



ELABORO	AUTORIZO	FECHA
		ELABORACION
		EFFECTIVIDAD
		REVISION

CAPITULO IV

DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIA Y GRAFICAS DE CONTROL

Desde el punto de vista estadístico, la variación en la calidad de un producto fabricado por un proveedor de la industria automotriz se debe estudiar constantemente:

- . Dentro de cada producción unitaria.
- . Sobre los equipos de proceso.
- . Entre diferentes lotes del mismo artículo.
- . Sobre las características críticas de la calidad y sus normas.
- . Con relación a una fabricación piloto del diseño de un nuevo artículo.

Esta variación se podrá estudiar en mejor forma, por el análisis de las muestras tomadas de los lotes del producto o de las unidades producidas por el equipo de proceso del proveedor.

Se dispone de cuatro herramientas de mucha utilidad para las aplicaciones prácticas de este procedimiento en las tareas del control de calidad. Estas herramientas son:

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| 1. Distribuciones de frecuencia. | 3. Tablas de muestreo. |
| 2. Gráficas de control. | 4. Confiabilidad. |

El aumento de precisión que se exige a los productos que se manufacturan, va acompañado de la necesidad de mejores métodos para la medición, para las especificaciones y el registro. La estadística, conocida como ciencia de las mediciones, parece ser una de las técnicas de mayor valor que se emplea en las cuatro tareas del control de calidad, habiendo llegado a ser imprescindibles. Los métodos estadísticos han tenido que recorrer un largo y escabroso camino para su aceptación general, hasta llegar a satisfacer a la industria en la actualidad. La oposición a estos métodos se debió, a la natural resistencia para admitir cualquier método nuevo, la aprehensión del personal obrero a los símbolos matemáticos que parecen rodear a la estadística industrial con un aire de misterio, a la superabundancia de técnicas estadísticas y a la escasez de aplicaciones prácticas administrativas que es lo que caracteriza a la literatura que llega a la administración industrial.

Asimismo, se debió al simple hecho de que durante su formación, muchos ingenieros descuidan su concentración sobre esta materia. -- Hoy en día existe un caudal creciente de material sobre aspectos -- prácticos y detalles teóricos de estadística industrial. La terminología estadística y las operaciones matemáticas se han reducido a simples operaciones de aritmética o de álgebra elemental. Un gran número de empleados industriales ya han sido entrenados en estos-

métodos modernos.

El éxito de los métodos estadísticos en la industria, realmente representa una transición entre la estadística "pura" y las realidades prácticas en situaciones industriales. Los métodos estadísticos, como actualmente se aplican en el control de la calidad, no representan una ciencia exacta. Su carácter está fuertemente influenciado por factores de relaciones humanas, condiciones tecnológicas y consideraciones sobre costos.

Por ejemplo, un programa de control de calidad de una planta, puede estar enfocado al problema de elección entre dos tablas de muestreo. Una de ellas podrá ser muy precisa estadísticamente, pero su manejo puede ser difícil para la gente del taller.

En cambio, la otra tabla no será de tanta precisión estadística, pero su empleo es mucho más fácil. Desde luego que lo lógico para la planta, será el empleo de la segunda tabla.

4.1 Distribución de Frecuencias

Una de las características en las fabricaciones modernas, es:

que no es posible producir dos piezas exactamente iguales. Las -- variaciones podrán ser muy pequeñas como en el caso de blocks de -- calibración, que están garantizados a dos millonésimos de pulgada. Pero ya sean grandes o pequeñas, las variaciones existen en los -- elementos manufacturados en cualquier proceso de fabricación, ya -- sea en tornos manuales, prensas de estampado, hornos para recocido, o máquinas para pintar.

Algunas de estas variaciones serán de tal magnitud, que inmediatamente se ponen de manifiesto por medio de los equipos moder--nos de medición. Otras, serán tan diminutas, que las sucesivas -- lecturas con el equipo de medición, primero pondrán de manifiesto -- la variación del equipo mismo, antes que la de las piezas.

De los diferentes tipos de variación entre las piezas, de -- utilidad para propósitos analíticos, existen tres clasificaciones:--

1. Variaciones dentro de una misma pieza, como por ejemplo, en una flecha que en uno de sus extremos se encuentra ovalada y en el otro extremo esté dentro de sus tolerancias.
2. Variaciones entre piezas producidas durante un mismo periodo de tiempo, como las variaciones en las longitudes de los pa-

sadores producidos durante un periodo de cinco minutos en un torno automático.

3. Variaciones entre las piezas producidas en diferentes periodos de tiempo, como aquellas variaciones en las longitudes de los pasadores producidos al principio de un turno, comparadas con las producidas al final del turno.

Existen diversos factores que contribuyen a cada una o a todas estas clases de variación. Entre éstos pueden citarse el desgaste de las herramientas, cojinetes que se aflojan, vibraciones en la maquinaria, dispositivos y aseguradores falsos, materia prima defectuosa, operadores distraídos o faltos de entrenamiento, y cambio de temperatura.

La industria ha reconocido lo inevitable de estas variaciones. Por lo tanto, ha incluido en los dibujos y especificaciones, tolerancias que marcan la desviación que se pueda permitir con respecto a un estándar, en su forma, en sus dimensiones, en su color y en tamaño.

Definición de las Distribuciones de Frecuencias.

Una distribución de frecuencias se puede definir como:

La tabulación, o el registro por marcas, del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de calidad, dentro de la muestra de un producto que se está examinando.

La tabulación se puede representar colocando sobre el eje -- vertical la frecuencia de ocurrencia de las observaciones, y sobre el eje horizontal, los valores de la característica de calidad observada (pulgadas, voltios, resistencia magnética, libras, dureza). En esta forma recibe el nombre de curva de frecuencias.

El uso industrial, por su parte, ha designado a esta forma de tabulación, la curva de la distribución de frecuencias, o simplemente una distribución de frecuencias.

El concepto de la distribución de frecuencias pone de manifiesto que la variación en las piezas fabricadas es inevitable. Esta variación toma una forma definida por lo general, que no podrá conocerse por el examen de dos o tres piezas únicamente.

Los trabajadores industriales, hombres o mujeres, se inclinan a pensar en los elementos manufacturados, como piezas individuales de producción. Para tener un conocimiento del proceso -

y sus especificaciones, los trabajadores piensan que sólo es necesario examinar unas cuantas piezas. Este punto de vista probablemente procede desde los días en que la manufactura era bajo la base de una producción individual.

La distribución de frecuencias establece que las piezas consideradas individualmente, dan poca información relativamente. El lote del cual forma parte estas piezas, rinde una información más significativa. Es mejor considerar a las piezas individuales como unidades de un gran lote. Realmente, para representar la característica de calidad de estas piezas, se requiere el estudio de una muestra de un tamaño adecuado, tomado del mismo lote a que pertenecen.

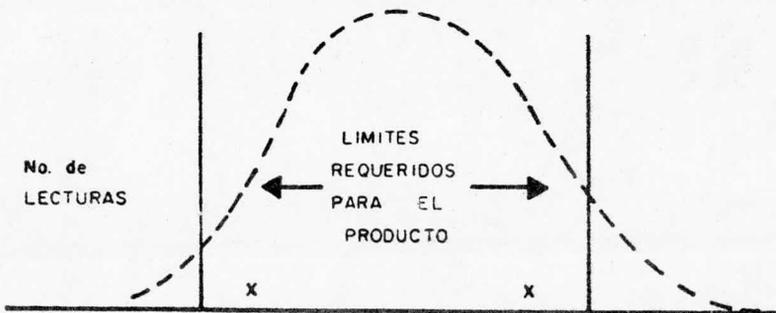
Cuando no se toma en cuenta este concepto, pueden ocurrir errores muy costosos. Un ingeniero tiene que emplear mucho tiempo para diseñar y desarrollar un producto nuevo. Podrá llegar a la seguridad de que ese artículo se puede producir satisfactoriamente en el taller.

Sin embargo, al iniciarse la producción activa, puede ser que se reporten dificultades en su manufactura de parte del personal del taller. La inspección tendrá que desechar gran número

de artículos. Transcurrirán varios días sin que las diferentes -- partes de las piezas puedan ensamblarse entre sí.

El ingeniero debe sentirse inclinado a creer que el taller no está organizado para la producción del artículo. Por su parte, la gente del taller pensará que el ingeniero les ha dado un diseño incompleto.

Lo que realmente puede haber pasado, es que el ingeniero concretó su mayor atención a pruebas sobre dos o tres muestras del -- conjunto e hizo la verificación sólo en cinco o seis piezas. Pero no extendió sus pruebas sobre un suficiente número de artículos, - para tener una imagen representativa de la variación total que pueda esperarse, cuando todas las variables posibles entren en conjunción.



CARACTERISTICA COMPROBADA

FIGURA 401

Esta situación se pone de manifiesto en la Fig. 401. Las -- dos x's representan las unidades que realmente ha comprobado el ingeniero. La curva de frecuencias a trazos, representa la distribución total a la que pertenecen esas dos unidades. Es precisamente la consecuencia de esa curva de distribución la que puede reflejar las dificultades que se tienen en el taller con ese artículo.

Un error muy similar podrá ocurrir cuando se haya aprobado - un ajuste de la herramienta, preliminar a la producción en masa, - puede ser que se hayan probado únicamente dos o tres piezas. Sólo en algunos casos, cuando ya se conozca la variabilidad de la máqui- na, podrá ser satisfactorio ese tamaño de muestra. Sin embargo, - en muchos casos, esa muestra no podrá ser representativa de la --- variación total que pueda producirse durante la fabricación normal.

Por lo tanto, la distribución de frecuencias, presta una --- importante contribución al concepto de la manufactura del producto como en:

1. Ayuda a afirmar el principio de que siempre debe de tomarse- en cuenta cierta cantidad de variación entre las partes manu- facturadas.

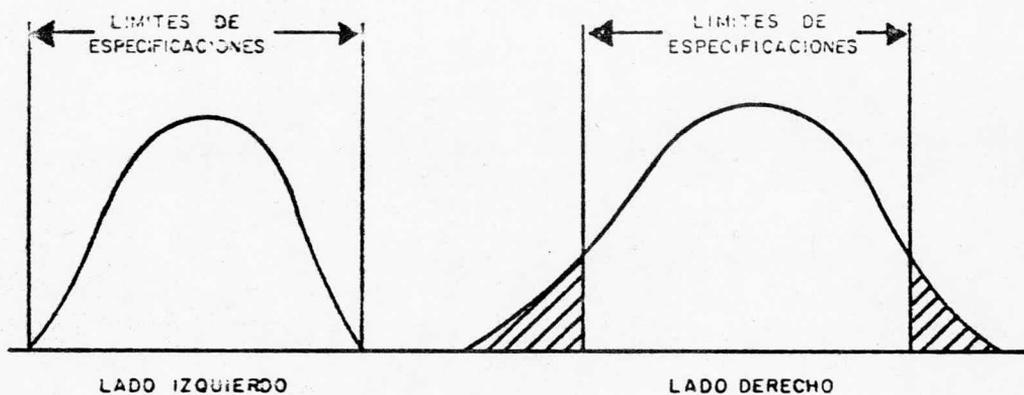


FIGURA 402

2. Ayuda a establecer la naturaleza general de la forma gráfica que pueda tomar esa variación.
- 3.- Ayuda a establecer un importante acceso para el estudio y -- control de esta variación.

Por lo tanto, facilita la contestación a lo siguiente:

Por lo que se refiere a una característica de calidad en particular, ¿la variación del proceso podrá permitir que las piezas -- producidas queden dentro de los límites de especificaciones?

Considerando la gráfica del lado izquierdo de la Fig. 402 - se puede asegurar que "sí", en cambio, para la gráfica de la derecha, "no". La parte ashurada indicará las piezas fuera de tolerancias.

4.1.1. Operaciones Matemáticas en las Distribuciones de Frecuencias.

Consideramos las dos características de una distribución de frecuencias.

1. La tendencia central, o bien, ¿cuál es el valor más representativo?
- 2.- La distribución o dispersión, o sea, ¿cuánta variación existe?

Para los usos industriales, las dos medidas de tendencia central son la media y la mediana.

Las dos medidas de dispersión de mayor utilidad son la desviación estándar y la amplitud.

Medidas de tendencia central.

Media. La media es la medida de tendencia central de mayor utilidad. Se obtiene dividiendo la suma de los valores observados en una serie, entre el número de lecturas, y se representa por:

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

en la cual: \bar{x} = el valor medio (\bar{x} con una barra) de la serie.

X_1, X_2, \dots, X_n = el valor de cada una de las lecturas.

n = el número de lecturas practicadas.

Cuando una serie consta de un gran número de lecturas, se puede simplificar el cálculo de la media agrupando primero estas lecturas en celdas convenientes y haciendo luego la recapitulación en cada celda. Bajo estas condiciones, la fórmula (1) se transforma en:

$$\bar{x} = \frac{\sum f\bar{x}}{n} \quad (2)$$

en la cual: f = número de lecturas dentro de cada valor de celda (\bar{x})

$f\bar{x}$ = suma del número de lecturas en cada celda -- por el valor correspondiente de la celda.

Si se tienen varias series de lecturas homólogas, y se ha -- calculado la media de cada una de ellas, podrá ser necesario calcular la media de esas diferentes medias. A esta media general se -- le denomina gran media.

Simbólicamente se le representa por $\bar{\bar{X}}$ (X con doble barra) y -- se calcula por las mismas fórmulas anteriores. Esta gran media -- tiene su principal aplicación en los trabajos con las gráficas de control.

Mediana. La mediana se emplea en algunas ocasiones en trabajos industriales. Corresponde a aquel valor que divide una serie -- en igual número de lecturas a cada lado de esta "mediana", cuando -- las lecturas estén arregladas en un orden creciente de magnitudes.

Probablemente, si se compara la mediana con la media se en-- contrará errática, pero es de mucho más fácil obtención. Por esta razón se le prefiere en ciertas clases de trabajos, muy particularmente para las gráficas de control en el taller.

La desviación estándar.

Para la mayoría de las distribuciones de frecuencias indus--

triales, se emplea la desviación estándar, como una medida de la dispersión. Se define como la raíz cuadrada de las medias de las desviaciones al cuadrado, de todas las lecturas de una serie con respecto a su media. Por lo tanto, la desviación estándar de una muestra, se obtiene extrayendo la raíz cuadrada, a la suma de los cuadrados de las diferencias de cada lectura de una serie a la media de esta serie, dividiendo entre el número de lecturas, o simbólicamente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

en la que: σ = desviación estándar ("sigma", minúscula griega)

x_1, x_2, \dots, x_n = valor de cada una de las lecturas.

\bar{x} = valor medio de la serie

n = número de lecturas

Por lo tanto para la serie: -4, 5, 6, 7, 8-, cuya media es -6, la desviación estándar se calcula como sigue:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(4-6)^2 + (5-6)^2 + (6-6)^2 + (7-6)^2 + (8-6)^2}{5}} \\ &= \sqrt{\frac{4 + 1 + 0 + 1 + 4}{5}} = \sqrt{\frac{10}{5}} \\ &= 1.414 \end{aligned}$$

Cuando la serie consta de un gran número de lecturas, resulta conveniente agrupar las lecturas de igual valor, dentro de celdas individuales, antes de proceder al cálculo de la desviación estándar. Si las lecturas se han agrupado en esta forma, la fórmula por emplearse será:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f X^2}{n} - \bar{X}^2}$$

donde: $\sum f X^2$ = suma del número de lecturas en cada celda por el cuadrado del valor de la celda correspondiente.

También cuando se tienen muchas lecturas en una serie se pueden emplear algunos procedimientos que facilitan el cálculo de la desviación estándar.

La amplitud.

Se designa por amplitud, la diferencia que existe entre el mayor y el menor de los valores obtenidos en una serie, o simbólicamente:

$$R = X \text{ máx} - X \text{ mín}$$

en la cual: R = valor de la amplitud

$X \text{ máx}$ = lectura de mayor valor en la serie

$X \text{ mín}$ = lectura de menor valor en la serie

Por lo tanto, en la serie: 11, 12, 13, 15, 16, X máx vale 16 y X mín vale 11. El valor de la amplitud será:

$$\begin{aligned}R &= 16 - 11 \\ &= 5\end{aligned}$$

Si se ha obtenido la amplitud de cada una de varias series de lecturas, podrá necesitarse un valor promedio de estas amplitudes. A esta medida se le da el nombre de amplitud media. Se representa simbólicamente por \bar{R} (R con una barra).

Comparación entre la desviación estándar y la amplitud.

Aún cuando la desviación estándar, en general, da una información con mayor certeza acerca de la dispersión de una muestra, que la que se puede obtener por medio de la amplitud, esta última es de más fácil determinación. Para una serie con 10 lecturas, la amplitud se podrá determinar casi a simple vista. En cambio, la desviación estándar requiere algo de cálculos.

Debido a esa relativa simplicidad, la amplitud ha sido acogida con bastante agrado para muchos trabajos industriales, y muy especialmente para trabajos con las gráficas de control. Estadísticamente, su precisión va disminuyendo a medida que aumenta el nú-

mero de lecturas en la serie.

El sentido común da de inmediato dos razones de esta disminución en la precisión de la amplitud, al aumentar el tamaño de muestra. En muestras muy grandes se presentan más ocasiones de incluir una lectura "fuera de lo normal". Estas lecturas "sin gobierno" indudablemente que se reflejan en alto grado sobre la amplitud. Por otra parte, la amplitud únicamente considera lecturas extremas, haciendo a un lado las demás. Por lo tanto, no se aprovecha toda la información de que pueda disponer para el cálculo de la dispersión.

La desviación estándar no presenta fallas tan grandes. Es -- una imagen mucho más efectiva de todas las lecturas de la serie, y cualquier lectura fuera de lo normal no afectará en alto grado su valor.

En consecuencia, se puede generalizar que la desviación estándar se puede usar en muestras de cualquier tamaño. La amplitud únicamente se podrá emplear con muestras pequeñas. Como una regla -- práctica, el tamaño máximo será de quince lecturas.

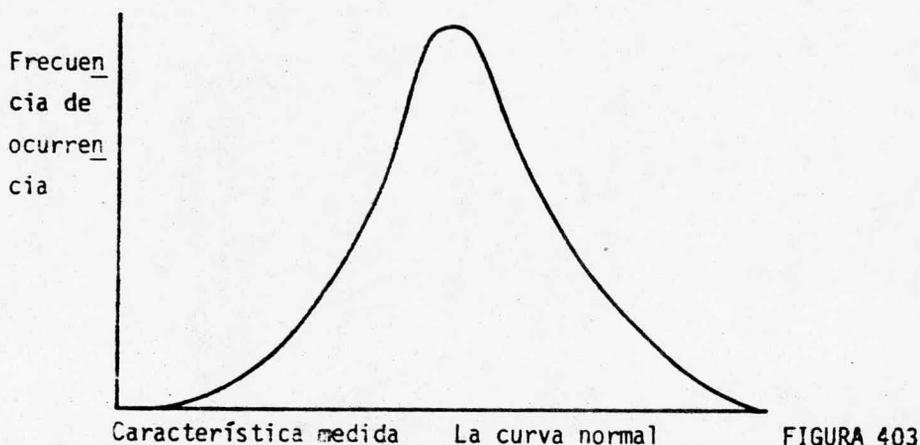
La curva normal.

Por antecedentes, gran parte del empleo analítico de las medidas algebraicas presentadas en lo que antecede, se derivan de un tipo particular de distribución de frecuencias que se denomina la curva normal. Esta curva normal, corresponde a la curva de la distribución de frecuencias que se obtiene, cuando únicamente intervienen causas debidas al azar, como en el caso de un número de tiradas con dos dados.

La Fig. 403 da una idea de esta clase de curva. Tiene una -- forma particular de una campana, o bien, se parece a un sombrero -- hongo londinense.

Existe una relación bastante importante entre la desviación -- estándar y la curva normal. Cuando se calcula la desviación estándar de una distribución normal de frecuencias, el 68.27 por ciento -- de todas las lecturas de la distribución, se encuentra dentro de -- una zona de más y menos una desviación estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 1$), el 95.45 por ciento de todas las lecturas de la distribución quedan dentro de una zona entre más y menos dos sigmas a partir de la media ($\bar{X} \pm 2$), el 99.73 por ciento de todas las lecturas -- de la distribución concurren en la zona comprendida entre más y -- menos tres desviaciones estándar a partir de la media ($\bar{X} \pm 3$).

Distribución de frecuencia.



En la Fig. 404 se puede ver esta relación entre la desviación estándar y la distribución normal de frecuencias.

Es posible apreciar la importancia de esta relación. Si se tiene calculadas la media y la desviación estándar en una distribución normal, es posible deducir dos propiedades adicionales de la distribución:

1. El porcentaje de los valores comprendidos entre dos lecturas diferentes. O en la práctica, entre dos dimensiones diferentes.

2. El total de la variación que para usos prácticos se puede esperar de esa distribución: $(\bar{X} \pm 3\sigma)$. Este valor designado 3 sigma, corresponde al valor algebraico de la distancia entre las paralelas trazadas para los límites del proceso por los extremos de la distribución.

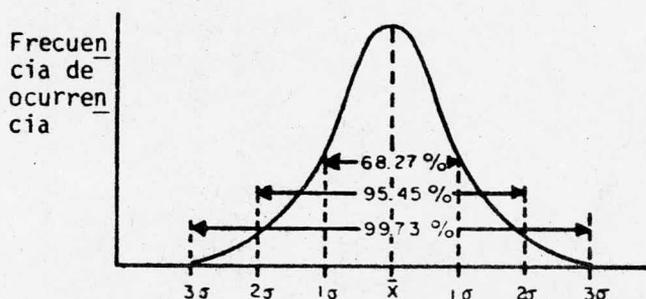


FIGURA 404

La operación para determinar el porcentaje de las lecturas que quedan comprendidas entre dos dimensiones dadas, se simplifica considerablemente con el empleo de la tabla que se presenta en la Fig. 405. Esta tabla da las frecuencias decimales del área de la curva normal, correspondiente a la variación de la distancia a partir de la media \bar{X} . El valor x/σ marcado en la tabla, equivale a $(\bar{X} - \bar{X})/\sigma$, siendo \bar{X} una lectura individual dada. Como la curva normal es simétrica, la mayoría de las tablas calculadas solamente para un lado de esta curva.

x/σ	Area	x/σ	Area
0.0	0.00000	2.0	0.47725
0.1	0.03983	2.1	0.48214
0.2	0.07926	2.2	0.48610
0.3	0.11791	2.3	0.48928
0.4	0.15542	2.4	0.49180
0.5	0.19146	2.5	0.49379
0.6	0.22575	2.5758	0.49500
0.7	0.25804	2.6	0.49534
0.8	0.28814	2.7	0.49653
0.9	0.31594	2.8	0.49744
1.0	0.34134	2.9	0.49813
1.1	0.36433	3.0	0.49865
1.2	0.38493	3.1	0.49903
1.3	0.40320	3.2	0.49931
1.4	0.41924	3.3	0.49952
1.5	0.43319	3.4	0.49966
1.6	0.44520	3.5	0.49977
1.7	0.45543	3.6	0.49984
1.8	0.46407	3.7	0.49989
1.9	0.47128	3.8	0.49993
1.96	0.47500	3.9	0.49995
		4.0	0.49997

x/σ = Distancia desde la media dividida entre la desviación estándar.

FIGURA 405

La filosofía del análisis algebraico en las distribuciones de frecuencias, es muy similar a la del análisis gráfico. La principal diferencia consiste en las operaciones de cálculo para la determinación de la media y la desviación estándar.

Como ejemplo de este análisis, se presenta el estudio hecho por una factoría de troqueladoras. A esta fábrica le interesaba determinar la cantidad de variación que tenía las láminas de acero que estaba comprando para el trabajo en sus troqueladoras.

Sobre una muestra de esa lámina de acero, se tomaron ciento-cuarenta y cuatro mediciones de espesores. Se hizo uso de un calibrador de carátula que aproximaba las lecturas a 0.0005 plg. La Fig. 406 representa la tarjeta con marca, resultante de esa serie de mediciones.

Con 144 lecturas, muchas de las cuales se repitieron, el --- agrupamiento por celdas fue muy fácil. Las dos primeras columnas de la Fig. 407 presentan esa forma de agrupamiento.

Las dos últimas columnas de la Fig. 407 indican la forma de tabular los datos ya agrupados, para facilitar su sustitución en -- las fórmulas.

Al pie de la Fig. 407 se encuentran los cálculos de la media y de la desviación estándar. Nótese la importancia de emplear las cifras decimales indispensables, para el cálculo de la desviación -- estándar.

A continuación se da parte de la información que este análisis suministró a esta factoría:

1. El espesor nominal, o sea la media, de la lámina de acero --

Dimensión	Marcas	Totales
.023		
.0235	X	1
.024	XXXXXX	6
.0245	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	23
.025	XX	48
.0255	XX	39
.026	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	20
.0265	XXXXXX	5
.027	XX	2
Valores total		144

Hoja con marcas para los espesores medidos en las láminas de acero

FIGURA 406

Espesor (milésimos plg) (x)	Frecuencia f	Frecuencia por el espesor fx	Frecuencia por el espesor 2 fx ²
23.5	1	23.5	552.25
24.0	6	144.0	3456.00
24.5	23	563.5	13506.75
25.0	48	1200.0	30000.00
25.5	39	994.5	25359.75
26.0	20	520.0	13520.00
26.5	5	132.5	3511.25
27.0	2	54.0	1458.00
TOTALS ()	144	3632.0	91663.00
Media $\bar{x} = \frac{\sum fx}{n} = \frac{3632}{144} = 25.222 \text{ MILS} = 0.025222 \text{ plg}$			

Desviación estándar $\sigma = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{n} - \bar{x}^2}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{91663}{144} - (25.222^2)}$$

$$\sigma = \sqrt{636.55 - 636.15}$$

$$\sigma = \sqrt{0.40} = 0.6 \text{ MILS } \text{ O } 0.0006 \text{ plg}$$

FIGURA 407

recibida, fue de 25.222 milésimos de pulgada. ($\bar{X} = 25.222$ - milésimos).

2. La variación total de estos espesores fue de ± 1.8 milésimos plg. ($\pm 30 = \pm 1.8$ mils). o sea una variación total de 3.6 - milésimos.

La última cifra decimal de la desviación estándar se ha redondeado. No tiene importancia llevar la aproximación a tres decimales, cuando la exactitud del aparato de medición es sólo de 0.5 - milésimos plg.

Con estos datos, se pone de relieve una circunstancia de interés práctico. Con la sola observación de la tarjeta de marcas, - Fig. 406 se habría obtenido una información casi similar a la dada por el cálculo. Nótese que la dispersión de los valores comprende de 23.5 a 27.0 mils.

Esta condición se manifiesta con frecuencia en las actuales aplicaciones de las distribuciones de frecuencias. Por esta razón, en la aplicación gráfica. Según se verá con mayor amplitud en lo - que sigue, existe una necesidad importante de calcular la desviación estándar para determinar clases de análisis industriales.

El gerente de la planta de troqueladoras, estará en posibilidad de emprender el estudio de otro problema. ¿Cuántas de esas --- láminas de acero quedarán fuera de límite de especificaciones, si se establece la especificación de 25 ± 1 milésimo, o sea desde 24 hasta 26 milésimos?

Con el empleo de la tabla de áreas de la Fig. 405 se obtiene la respuesta. Antes de consultar la tabla, es necesario calcular - dos valores:

1. La desviación a partir de la media, de las dos dimensiones - dadas (24 y 26 milésimos).
2. El valor de estas desviaciones divididas entre la desviación estándar (x/σ).

En la Fig. 408 se puede encontrar este cálculo.

Para un valor de x/σ igual a 2, se encuentra en la tabla -

de la Fig. 405 una área de 0.47725, o sea el 47.725 por ciento del área de la curva normal. Para un valor de x/σ igual a 1.3 se obtiene una área de 0.40320, o sea el 40.320 por ciento del área de la curva normal.

Por lo tanto, el área comprendida entre el valor x/σ igual a 2 (representativo de la lectura de 24 mils) y de x/σ igual a 1.3 -- (representativo de la lectura de 26 mils) será igual a la suma de los dos porcentajes encontrados.

$$47.7 \text{ por ciento} + 40.3 \text{ por ciento} = 88.0 \text{ por ciento.}$$

En consecuencia, el 88.0 por ciento del área de la distribución, queda comprendida dentro de 24 a 26 milésimos.

Como esta distribución es representativa de los espesores de las láminas que en lo sucesivo serán recibidas por la planta de troqueladoras, indica que el 12 por ciento de las láminas no será satisfactorio y tendrá que ser rechazado.

Cálculo de	Valor inferior (24 mils)	Valor superior (26 mils)
x	$x_L = X_1 - \bar{X}$ $x_L = 24.0 - 25.2$ $x_L = -1.2$	$x_M = x_2 - \bar{X}$ $x_M = 260 - 25.2$ $x_M = + .8$
$\frac{x}{\sigma}$	$\frac{x_L}{\sigma} = \frac{-1.2}{.6}$ $\frac{x_L}{\sigma} = - 2$ El signo menos significa que esta desviación representa un valor abajo de la media de la serie.	$\frac{x_M}{\sigma} = \frac{+.6}{.6}$ $\frac{x_M}{\sigma} = + 1$ El signo más significa - que esta desviación representa un valor arriba de la media de la serie.
En la cual: x_L = Desviación de la media al menor valor x_M = Desviación de la media al valor mayor X_1 = Menor valor (24 mils) X_2 = Mayor valor (26 mils) σ = Desviación estándar		

FIGURA 408

¿Qué tamaño de muestra debe tomarse para los cálculos de la distribución de frecuencias?

Para una decisión práctica industrial, sobre el tamaño apropiado de una muestra en particular, por lo general hay que tomar en

cuenta dos factores:

1. El aspecto económico; o sea, ¿cuánto costará tomar cada lectura?
2. La exactitud estadística que se requiere; es decir, ¿qué error se puede permitir en la determinación de los valores de las medidas de dispersión y de tendencia central de la distribución?

Estos dos factores actúan en sentido opuesto por lo general. Para el aspecto económico se requiere una muestra pequeña. La estadística reclama una muestra lo más grande posible a fin de asegurar la máxima protección.

Como resultado, el tamaño de muestra apropiado para un análisis de una distribución de frecuencia dada, por lo general, en la industria, no se decide sobre la base de un cálculo estadístico fijo. Se debe de buscar una compensación entre los aspectos económico y estadístico. La experiencia que se tenga del proceso que se trate y el sendo común del personal interesado, juegan un papel importante en estas decisiones.

Como el costo de la toma de lecturas y la exactitud estadística

ca que se requiere, varían de una industria a otra, cualquier generalización sobre el tamaño de muestra deberá, desde luego, estar -- sujeta a compensaciones particulares.

Si el costo de la toma de mediciones individuales es muy bajo, o cuando se requieren análisis más exactos, se podrán tomar muestras de una o más lecturas. Cuando se trate de análisis de distribucio-- nes relativamente nuevos, si el empleado que deba tomar las lecturas no tiene un entrenamiento estadístico completo, debe de advertirse-- le que no tome un tamaño de muestra inferior a 50 lecturas, sino -- únicamente cuando cuente con una ayuda estadística competente, o ya tenga una extensa experiencia anterior sobre las variaciones del -- proceso, o bien, cuando sólo se requiere una aproximación tosca.

Pronosticar por medio de la distribución de frecuencias.

Existen dos aplicaciones para el análisis algebraico de las - distribuciones de frecuencias, y son:

1. Prever las características de un lote completo, ya terminado, por medio de las características de la distribución de fre-- cuencias de una muestra tomada de ese lote.

2. Prever las características que se puedan obtener en el futuro en un proceso considerado, o en el diseño de un producto nuevo, por medio de las características de la distribución de frecuencias de la muestra tomada durante ese proceso, o de las unidades iniciales del producto que se proyecta.

En estos casos, se debe de tomar en cuenta ciertas limitaciones en las aplicaciones de ambas distribuciones de frecuencias.

Características del lote.

La predicción de la media y de la desviación estándar de un lote se puede lograr con exactitud y confianza, siempre que se observe las siguientes condiciones:

1. La muestra debe ser lo suficientemente grande para alcanzar esa exactitud.
2. La muestra se debe de seleccionar con toda propiedad.
3. Deben de tomarse en consideración ciertas reglas prácticas, como disponer de un equipo adecuado para la medición y establecer un registro conveniente para las lecturas.

Rendimiento futuro.

Debe de investigarse la precisión de una máquina herramienta,

para la realización de una producción futura en particular. El -- juicio sobre la posibilidad de fabricación de un producto nuevo, - se debe de comprobar por medio de una fabricación piloto, en la -- cual se examinarán sus características. Se requiere de un ajuste del equipo del proceso, antes de iniciar la fabricación en masa.

Para estas aplicaciones, no es suficiente asegurarse de que la muestra sea del tamaño adecuado y que además, se seleccione y - se mida con toda propiedad. Un punto de igual importancia es: -- ¿Cómo lograr que esa muestra sea representativa de las condiciones futuras?

Industrialmente este punto no podrá ser resuelto con entera seguridad. Pero se puede lograr que la muestra sea lo más representativa de esas condiciones, en varias formas. La experiencia - que se tenga del proceso de que se trate se podrá emplear para comparar la aparente falta de razón de los resultados en la muestra. - Las muestras se pueden examinar a intervalos separados de tiempo y compararse la uniformidad en sus resultados. Puede hacerse un análisis, incluyendo mayor número de variables del que pueda estimarse que entrarán en juego en alguna ocasión futura, y se puede considerar a estas variables como actuando sobre las piezas que forman la muestra.

Al ajustar la capacidad de proceso de una máquina herramienta nueva, la experiencia ha prevenido al personal de una fábrica, que deben de hacer tres o cuatro distribuciones de muestra en un periodo de varios días, como comprobación. Se comparan luego los resultados de estas pruebas, condensándolos cuando se crea apropiado, o bien, iniciando otra serie de pruebas, si se estima que sea lo indicado.

Si los equipos ya tienen tiempo de instalados, la factoría usará sólo una muestra para la aprobación del ajuste de ese equipo de proceso. En este caso, se cuenta con la experiencia previa sobre el equipo, y en ocasiones se cuenta con estudios sobre la capacidad del proceso, llevados a cabo en la forma ya explicada.

En las predicciones de esta índole, nada sustituye al juicio-técnico. De no haberse tomado en cuenta las condiciones y las variables apropiadas, la simple exactitud estadística referente a los datos disponibles, será de muy poca significación. Si el juicio resultante no concuerda con el sentido común, es como si se hubiera presentado alguna equivocación, y en tal caso deberá de comprobarse nuevamente con mayor cuidado. Todo principiante que no haya adquirido aún la experiencia necesaria en el empleo de la estadística industrial, debe proceder detenidamente para la pre---

dicción con la distribución de frecuencias.

4.1.2 La distribución de frecuencias en acción.

Generalmente existen cuatro etapas para el análisis de un -- proceso de manufactura, o en un proyecto de una fabricación. Estas son:

1. La toma de las lecturas (datos).
2. El análisis de esas lecturas.
3. Determinación de si esas lecturas representan una condición-económica de operación.
4. Empezar una acción correctiva cuando sea necesario.

La distribución de frecuencias es de mucha utilidad en cada una de estas cuatro etapas: proporciona un modelo útil para el -- registro de las lecturas y métodos prácticos para su análisis, da una indicación de la economía del proceso, al poder comparar los -- límites del proceso con los límites de las especificaciones, y --- finalmente, da una idea gráfica y analítica para emprender una --- acción correctiva.

Por lo tanto, las distribuciones de frecuencias son de mucha utilidad en las cuatro tareas del control-de-calidad.

1. En el control-del-proyecto, tiene su principal aplicación al pronosticar los resultados de un producto nuevo.
2. En el control del material-adquirido, es de mucha utilidad - su análisis algebraico.
3. En el control del producto, proporciona la técnica para la - determinación de la variación total que puede dar un proceso determinado, o bien, de un ajuste realizado.
4. En estudios sobre procesos especiales, es de mucho valor el - empleo como una representación visual.

Otras de las aplicaciones de la distribución de frecuencias - en las tareas del control-de-calidad son:

1. Determinar la capacidad de proceso de una máquina herramien - ta o de otros equipos de proceso.
2. Comparar los resultados de la inspección entre dos factorías - o entre dos secciones de la misma planta.
3. Examinar las diferencias entre las características dimensio - nales de piezas similares, producidas en diferentes moldes.
4. Indicar las variaciones entre piezas similares, producidas -

por un juego duplicado de herramientas.

5. Examinar la exactitud del ajuste entre piezas de ensamble.
6. Analizar en una máquina herramienta, el efecto del desgaste de la herramienta, durante un periodo largo de producción en masa.

4.2 GRAFICAS DE CONTROL

Es probable que la actividad más generalizada del control de calidad sea el control de la materia prima, de los volúmenes unitarios de producción y de las piezas de los conjuntos durante el proceso de su manufactura. La mayor parte de la literatura actual, -- sobre los métodos estadísticos aplicados al control de la calidad, -- está orientada sobre este tema. La principal ayuda estadística para estos trabajos, es la gráfica de control y sus modificaciones -- particulares.

Durante muchos años se han venido empleando las gráficas de control en la industria. Su más prominente iniciador fue el Dr. - Walter A. Shewhart, de los Laboratorios de la Bell Telephone.

Unicamente se necesitan nociones rudimentarias para el conoci

miento práctico de esta herramienta. Aún cuando existen muchas adaptaciones del tipo original de las gráficas de control, éstas sólo constituyen modificaciones en sus detalles, para satisfacer determinadas situaciones particulares.

4.2.1 Concepto de las gráficas de control.

Existen diversas preferencias técnicas para el establecimiento de tolerancias del proyecto y límites de especificaciones. En algunas ocasiones, estos límites se determinan cuidadosamente por medio de pruebas. Otras veces se han fijado en forma arbitraria. La mayoría de las veces, se basan en experiencias anteriores con los materiales y con los procesos de manufactura.

Por lo general, esta experiencia se ha trasladado a las hojas de tolerancias "prácticas del taller". En otros casos, sólo existe en la mente de los obreros más antiguos como un conocimiento práctico.

Corresponde al ingeniero proyectista trasladar estos conocimientos prácticos a datos técnicos. Por ejemplo, puede preguntarse al jefe del taller, si es posible mantener una tolerancia de ± 0.003 plg. para la distancia entre centros de dos perforaciones-

en una horquilla para chumacera. El jefe del taller, con su experiencia, estará facultado para contestar 'seguro que se puede'. -- Esta respuesta puede servir de base al ingeniero, para el establecimiento de una tolerancia de ± 0.003 plg. en el proyecto de la chumacera.

La experiencia de taller puede tener mucha importancia, --- cuando se reciban los planos enviados por el ingeniero proyectista. Por ejemplo, el obrero de la máquina producirá un lote de estas piezas, cuya variación en la distancia entre centros sea de ± 0.005 -- plg. en lugar de ± 0.003 plg. que era la indicada. La relación -- inmediata del jefe de taller, será la de que algo "anormal" está -- ocurriendo. Puede ser que la broca esté mal afilada, o bien puede que las guías estén desgastadas.

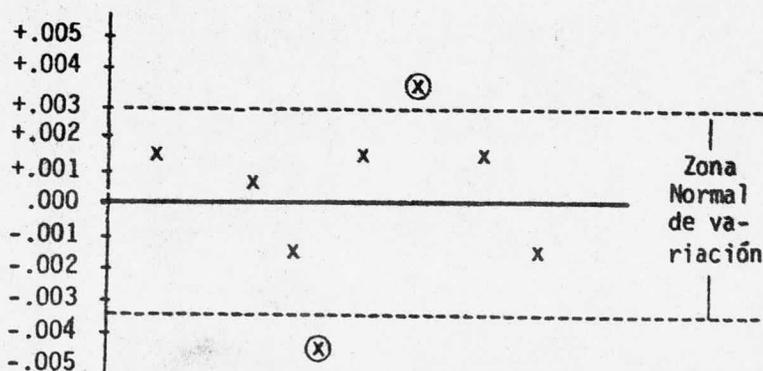


FIGURA 409

Por lo tanto, se puede forjar en la mente la posible acción correctiva, y actuará sobre la máquina taladro.

El personal de una planta, intuitivamente ha agrupado las -- variaciones de las piezas manufacturadas en dos categorías:

1. Variación normal, o sea, el total de la desviación que el -- obrero ya conoce que se debe de presentar. En el ejemplo de las horquillas para cojinetes, la desviación máxima fue de $- + 0.003$ plg.
2. Variaciones accidentales, o anormales, o sea una desviación mayor que la que el obrero experimentado sabe que se debe de obtener. En el ejemplo de las horquillas para cojinetes, -- correspondería a una variación mayor de $+ 0.003$ plg.

Por lo tanto, el obrero ya concibe los "límites" de variación normal, en las piezas o procesos con los que ya está familiarizado. Si esos límites se exceden durante la manufactura de los elementos, el obrero reconoce que algo anormal se ha presentado y que se re-- quiere una corrección.

La Fig. 409 da una idea de este concepto. Los puntos ence-- rrados dentro de un círculo, indican una acción correctiva.

En los análisis de estas variaciones se basan las gráficas de control. La filosofía de los límites de variación normal, va incluida en la gráfica de control, bajo la forma de límites de control. Sin embargo, debido a la naturaleza de la técnica de las gráficas de control, el valor efectivo para los límites de control por lo general difiere del valor correspondiente de los límites de variación normal.

Definición de las gráficas de control.

Se puede definir a la gráfica de control como:

La comparación gráfica-cronológica (hora a hora, día a día) de la característica actual de la calidad del producto, con los límites que identifican la posibilidad de la manufactura, de acuerdo con las experiencias anteriores que se han obtenido del producto.

Generalmente, esta comparación se establece con la selección y medición de muestras, más bien que con el examen de cada pieza producida.

El proceso de las gráficas de control es el elemento que pone

de manifiesto, de acuerdo con los hechos, el concepto del obrero - de la separación de las variaciones de los elementos, en "normales" y "accidentales". Establece la comparación de la variación de las piezas en su actual fabricación, con los límites de control que se hayan establecido para esas piezas.

Cuando hayan sido calculados estos límites y se consideran - aceptables para implantarse en la fabricación, las gráficas de control comienzan a desarrollar su principal misión: auxiliando en el control de la calidad de la materia prima, de volúmenes unitarios - de producción, de los elementos aislados o de los conjuntos, durante su actual fabricación.

¿Qué variación es aceptable?

La decisión de si los límites de control se deben o no aceptar por lo general es algo enteramente económico. ¿La variación - normal que esos límites representan, es menor que la requerida por los límites de especificaciones? En caso afirmativo, los límites - de control serán satisfactorios.

¿La variación normal representada por los límites de control es mayor que la fijada por los límites de especificaciones? ¿Re--

sultaría muy costoso tratar de obtener mayor exactitud? En este caso, ¿los límites de control pudieran ser satisfactorios. ¿Resultaría más económico tratar de mejorar el proceso, que aceptar el desperdicio y el remaquinado que inevitablemente se tienen que presentar? En este caso, los límites de control no resultan satisfactorios y por lo tanto no se pueden aceptar.

Desde luego que la distinción entre las variaciones normales y las accidentales, es muy relativa. Lo que pueda ser normal para determinada máquina y para cierta operación, puede ser muy diferente a la variación normal de otra máquina y otra operación con el mismo material.

Entre diversas plantas y entre talleres de manufactura de la misma planta, puede existir diferencias entre los factores que intervienen en la variación normal. Puede atribuirse a la naturaleza de los equipos, al estado de conservación de la maquinaria, a la calidad de los materiales empleados, al esmero en la producción de las herramientas y al entrenamiento y destreza del personal. Por lo tanto, los esfuerzos encaminados a la comparación de los límites de control entre diversas plantas, puede dar conclusiones -- muy contradictorias.

Con el personal experto para la realización de un trabajo determinado, y disponiendo del dinero necesario, indudablemente que se podrá reducir la variación que marca los límites de control. En el ejemplo de la distancia entre centros de perforaciones, citado en la Sec. 4.2.1 la variación normal de ± 0.003 plg. que se obtuvo se podría reducir hasta ± 0.0015 plg. con el empleo de un equipo -- nuevo y mejores materiales.

Sin embargo, una vez aceptados los límites de control, se pueden utilizar como una guía para cualquier acción correctiva en el trabajo de que se trate. Sería muy costoso pretender obtener mejor uniformidad. Pero si los resultados de la producción indican una variación mayor de la que permiten los límites, entonces puede resultar más económico hacer el gasto para reducirla y así eliminar las causas de esa excesiva variación.

Empleo de las gráficas de control.

Resulta una empresa muy peligrosa depender de la información que únicamente mantiene en su memoria el obrero, cuando se trate de la variación de la característica de calidad de un producto. Pero si esa forma práctica de "saber cómo", se complementa con el empleo de las gráficas de control, se obtendrán beneficios en exactitud y-

la conservación de los registros con los resultados.

El lapso de tiempo necesario para determinar la variación normal, representada por esos límites de control de las gráficas, se puede reducir considerablemente. Será suficiente un periodo de -- horas o tal vez días, en lugar del tiempo mucho más largo que se requiere para el desarrollo de algunos modelos que den el conocimiento del proceso. Esto cobra mayor importancia donde se tenga una -- gran proporción de obreros de nuevo ingreso, o de supervisores recién designados.

Cuando ya se hayan establecido los límites de control para un material o para los elementos que se manufacturan, se pueden sugerir diversas aplicaciones de las gráficas de control. Algunas de ellas son:

Prever los rechazos antes de que se produzcan piezas defectivas. A veces se "introducen" en un proceso ciertas inconveniencias para la calidad. Una herramienta mal afilada puede originar una -- tendencia a variaciones anormales que den como resultado la producción de piezas defectivas. En la gráfica, donde se va comparando -- la variación obtenida, los límites de control son la "señal roja" -- para la introducción que el proceso de esa clase de dificultades --

para la calidad, antes de que se origine un desperdicio o el remaquinado.

La cita anterior queda ilustrada con una comparación vulgar de los límites de control de las gráficas con los acotamientos de una carretera. Si la característica de la calidad de una pieza -- que se manufactura, se aproxima a los límites de control, o las -- "cunetas" de la carretera, se debe de aplicar una corrección, para prevenir que el proceso se vaya a una "zanja", produciéndose piezas defectivas.

Juzgar el rendimiento de un trabajo.

La eterna pregunta: "¿Es tan buena la calidad del trabajo -- que se efectúa, como el que es posible lograr con el equipo de que se dispone?", tiene su respuesta efectiva al comparar las variaciones de la manufactura actual, con la variación normal representada por los límites de control.

Establecimiento de tolerancia.

Los límites de especificaciones pueden tener alguna relación con la variación normal únicamente por coincidencia. Lo anterior-

se debe a que los límites de especificaciones se refieren a los -- requisitos que se imponen al producto, en tanto que la variación normal se refiere al proceso y a su capacidad.

Sin embargo, es muy ventajoso para el ingeniero proyectista familiarizarse con las capacidades de procesos, a fin de hacer una utilización "óptima" de esos trabajos en la elaboración de sus diseños.

Guía para la gerencia.

Las gráficas de control proporcionan a los gerentes un sumario de los aciertos o de las fallas de la planta, en sus esfuerzos por controlar la calidad del producto.

Previsión de los costos.

La variación normal puede ser representativa de los métodos de manufactura de una planta. Resulta muy costoso pretender reducir esta variación y tal vez sea necesaria la adquisición de maquinaria nueva, implantar nuevos métodos y procurar mejor mantenimiento del equipo. Por otra parte, la variación no normal, puede representar dificultades temporales que pueden ser eliminadas sin un

gasto excesivo.

La variación normal en la mayoría de los procesos está asociada a la forma más económica de manufactura. Por lo tanto, su determinación es de mucha utilidad por lo que se refiere a los costos.

En el caso particular en que la variación normal sea más amplia que los límites de especificaciones y que, por alguna razón, la factoría no pueda perfeccionar el proceso, se debe de aceptar la producción de piezas defectivas o de desperdicio. Esta cantidad de desperdicio se puede prever, reducirse a un mínimo, e introducirse a los costos de la mano de obra.

Establecer un índice de seguridad para el material defectivo.

Los contadores de costos siempre han tenido el problema relativo al renglón de las "pérdidas durante la manufactura" y la forma de establecer un factor realista en la contabilidad de costos, para las piezas o conjuntos que se rechazan. Reconocen que el establecimiento del cero por ciento, para los rechazos, es una meta impracticable y antieconómica.

Por lo tanto, se debe de elegir un determinado porcentaje de -

recelo, desde luego arbitrario, pero que parezca ser el más económico. Este porcentaje puede ser muy bajo o muy alto -de acuerdo - con lo que quieran admitir en principio los contadores-, simplemente porque no existen datos apropiados en que se pueda hacer una estimación más acertada. Cuando se han fijado los límites de control en las fábricas, sobre diferentes tipos de operaciones, se tendrá una base más real para el establecimiento de estos índices de seguridad.

Modelos de gráficas de control.

De acuerdo con las dos clases de datos de que se dispone en la industria, existen dos modelos fundamentales para las gráficas de control:

1. Gráficas para mediciones o por "variables" (siendo la más generalizada la gráfica denominada de (X,R) , las que tienen su empleo en el caso de que se efectúen en determinada escala.
2. Gráficas para datos que provienen de calibradores de pasa-no pasa o por "atributos", empleando las gráficas de fracción defectiva o de porcentaje defectivo (conocidas como las gráficas de P).

Aun cuando el cálculo de los límites de control para estas dos clases de gráficas difiere en sus detalles, el proceso fundamental es el mismo. El cálculo está basado en la teoría de las probabilidades.

Las etapas que se siguen para el proceso de las gráficas son las siguientes:

1. Selección de la característica de calidad más conveniente.
2. Recolección de los datos tomados de cierto número de muestras, cada una formada por un número conveniente de unidades.
3. Determinación de los límites de control, de acuerdo con los datos proporcionados por las muestras.
4. Decidir si esos límites de control son económicamente satisfactorios para el trabajo. ¿Son muy amplios? ¿Muy estrechos?
5. Trazar estos límites de control sobre una hoja cuadrículada.

Iniciar el registro de los resultados de las muestras de un tamaño adecuado, seleccionadas a determinados intervalos periódicos y conforme se vayan tomando de la producción.

6. Cuando la característica de las muestras de la producción -- quede fuera de los límites de control, tomar la acción correc

tiva necesaria.

Cuando en un proceso las características de las muestras se conservan persistentemente dentro de los límites de control, se dice que el proceso está bajo control.

En algunas ocasiones, cuando se inicia el cálculo de los límites de control, ya sea en piezas o en conjunto, aparece el proceso "fuera de control"; las características de varias muestras se presentan fuera de los límites de control. En esos casos, el motivo de la excesiva variación en las muestras se debe de localizar y eliminar. Las etapas 2 y 3 se repetirán hasta que el proceso quede -- bajo control.

La mayor parte de los datos que se usan en la industria, provienen de una inspección con calibrados de pasa-no-pasa. Pero, actualmente, se está generalizando el sistema de inspección por mediciones en vista de la ventaja que presenta para la prevención de -- material defectivo.

La inspección con calibradores de pasa-no-pasa únicamente se para las piezas "buenas" y las "malas". Pero el punto de mayor importancia para efectuar una acción correctiva será "¿dónde está lo-

bueno o lo malo?". En el caso de la inspección por mediciones, si hay una respuesta satisfactoria para este punto.

4.2.2 Gráficas de control por variables.

Existe una completa similitud entre los límites del proceso y los límites de variación normal, enunciados al tratarse de las gráficas de control. Los límites de variación normal son, para -- fines prácticos, los límites del proceso de las distribuciones de frecuencias, que sean "representativas" de la característica de -- calidad del producto examinado. Lo anterior queda de manifiesto -- en la Fig. 410.

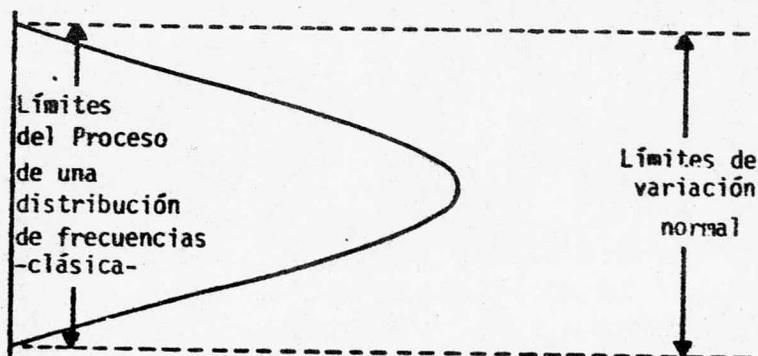


FIGURA 410

Debido a esta similitud, la forma de una gráfica de control -- por variables es simplemente una aplicación de las distribuciones --

de frecuencia mencionadas. Lo anterior se comprueba con el siguiente procedimiento:

1. Hacer varios análisis de distribución de frecuencia a fin de obtener el valor "representativo" de los límites del proceso.
2. Para trazar la distribución de frecuencias, tomar periódicamente las lecturas sobre muestras adecuadas de piezas de la producción.
3. Comparar las gráficas de cada una de estas distribuciones de frecuencia con los límites del proceso.
4. Ejecutar la acción que se indique.

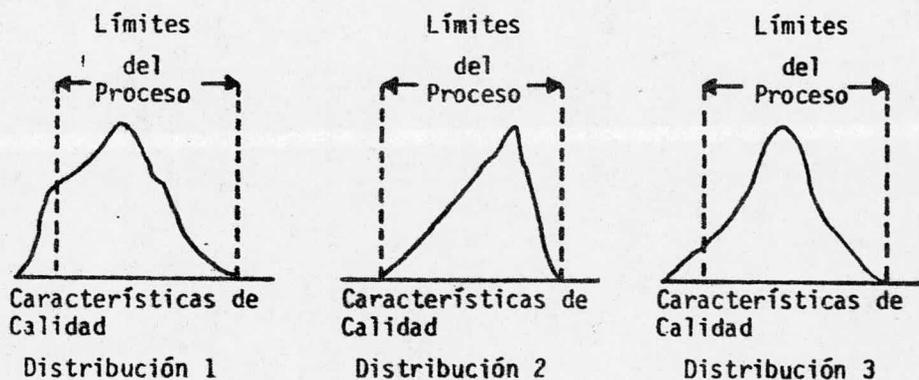


FIGURA 411

La Fig. 411 presenta una idea del análisis gráfico. En este procedimiento quedan involucrados algunos problemas prácticos. Para un tamaño probable de 50 lecturas que se requieren de muestra, - de acuerdo con el costo, sólo será posible hacer la medición de unas cuantas muestras, durante cada periodo de producción. Sin embargo,

la experiencia ha demostrado que la medición de muchas muestras, - seleccionadas a intervalos más frecuentes durante el periodo de -- producción, es el procedimiento más efectivo para un control de la calidad del producto.

Por otra parte, resultaría molesto hacer la comparación de estas distribuciones de frecuencia, con los límites del proceso. - Al mismo tiempo, sería relativamente costoso tener que tomar suficientes muestras para llegar a obtener un valor "representativo" - aceptable, para esos límites del proceso.

Una forma de compensar la molestia de la comparación se lo graría haciendo girar a las figuras de las distribuciones para que quedaran acostadas. Esto puede ayudar en algo, según se puede ver en la Fig. 412 y aun cuando se mejorara en gran parte con ese procedimiento de la Fig. 412 se estaría forzado a la medición de sólo unas cuantas muestras durante el periodo de producción, por la mis ma razón de economía.

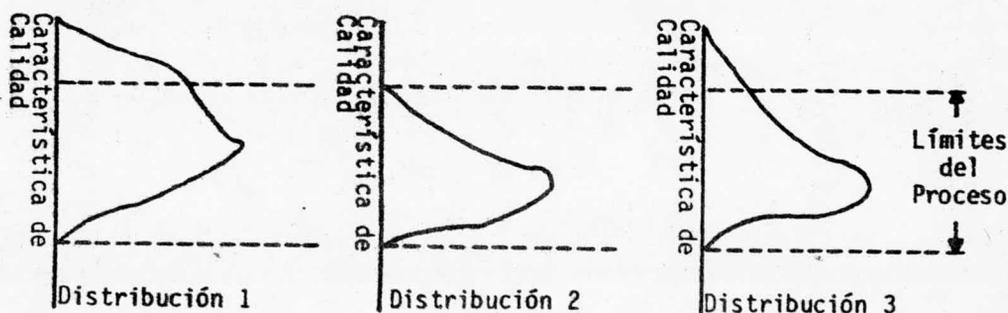


FIGURA 412

Debido a las dificultades enunciadas, se ha desarrollado la práctica de las modernas gráficas de control por variables. En lugar de tener que seleccionar muy pocas muestras constituidas por un número relativamente grande de unidades, el procedimiento de las gráficas requiere la selección de muchas muestras de un tamaño relativamente muy pequeño.

En lugar de anotarse los valores individuales de cada una de las lecturas de estas pequeñas muestras, se calculan las medidas de tendencia central y de dispersión de cada una de ellas. Los valores que se obtengan, se van inscribiendo en gráficas separadas -una parte de la gráfica para la medida de tendencia central, y la otra parte para la medida de dispersión. Para cada una de estas partes de la gráfica, se calcula sus respectivos límites de control y los valores particulares de las medidas de tendencia y de dispersión de cada una de las muestras, se comparan con sus límites correspondientes. Una acción correctiva quedará indicada cuando uno o ambos de estos valores queden fuera de sus respectivos límites de control.

En la Fig. 413 se presenta una forma de rayado que puede utilizarse para el graficado por el procedimiento de variables. A continuación se presentan algunas de sus ventajas:

Gráfica de control de calidad Núm. _____

Producto _____ Período _____

Inspección o prueba _____ Característica _____

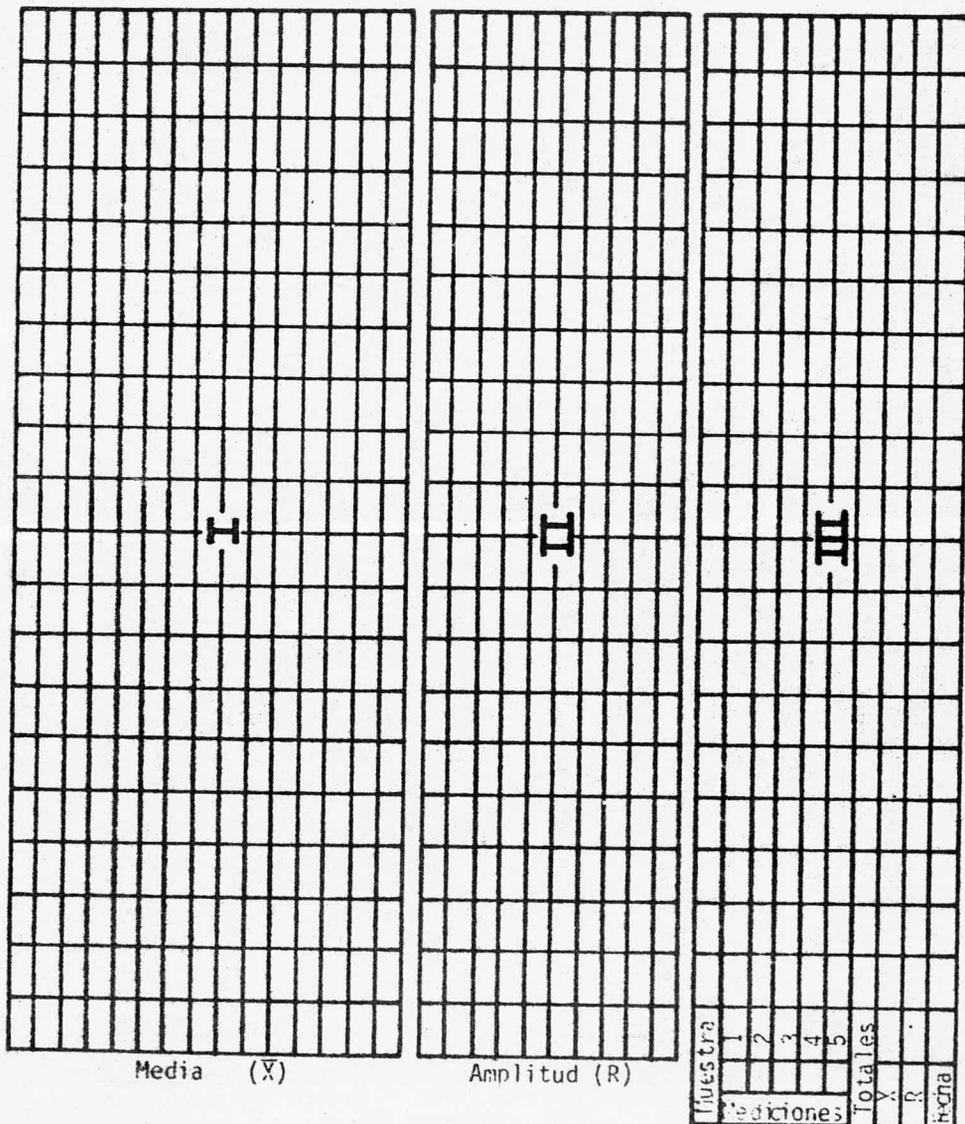


FIGURA 413

1. Con el empleo de la gráfica se hacen resaltar las dos características importantes de una distribución de frecuencias, - presentadas en dos gráficas independientes, que son de fácil aplicación en el taller. Estas gráficas son:
 - A. Una para las medidas de tendencia central, siendo la mayor - utilizada la medida de la media (\bar{X}) (Rayado 1. de la Fig. -- 413). Sin embargo, se puede usar cualquier medida de tenden cia central.
 - B. La otra gráfica para las medidas de dispersión. Se emplea - con mayor facilidad la amplitud R (Rayado 11. de la Fig. 413) puede emplearse cualquiera otra medida de dispersión.

Los límites de control para las gráficas por variables, son - relativamente fáciles de calcular para cada una de estas dos partes de la gráfica y se trazan sencillamente en la parte correspondiente del rayado.

2. Este sistema de gráfica hace muy económica la selección de - muchas muestras, formada cada una por muy pocas lecturas en - lugar de tener que tomar muestras, pero formadas cada una -- por 50 lecturas cuando menos. (Ver No. III en la Fig. 413)

4.2.3 Gráficas de control por atributos.

En la inspección por el sistema de pasa-no-pasa (o por atributos) a cada unidad se le clasifica como dentro de límites y fuera de límites de especificaciones. Frecuentemente los datos de la inspección por atributos se representan por el valor de su fracción defectiva o por el porcentaje defectivo. La fracción defectiva -- (expresada por una cifra decimal) es el valor que se obtiene al dividir el número de unidades que presentan defectos, entre el número total de unidades inspeccionadas. El porcentaje defectivo es la representación en porcentaje del anterior valor decimal.

Por lo tanto, si tres unidades se han presentado defectivas en un lote de 100 unidades, la fracción defectiva para ese lote será de $3/100$ o sea, 0.003. El porcentaje defectivo de ese lote es de 3.

Siendo universal el concepto de la variabilidad entre las -- piezas manufacturadas, se deberá de encontrar en la inspección por atributos y en su correspondiente valor del porcentaje defectivo, -- como en las lecturas por mediciones efectivas. Los datos del porcentaje defectivo o de la fracción defectiva, se pueden caracterizar por sus valores de tendencia central y de dispersión, al igual

que en las lecturas por mediciones.

Con los datos del porcentaje defectivo (expresado en números enteros, como tres por ciento) la medida de tendencia central es la medida de estos datos expresada en porcentaje. La desviación estándar es la medida de dispersión en ese porcentaje.

La media del porcentaje defectivo, se simboliza por \bar{p} (p con barra). Para un tamaño constante de muestra, el valor de \bar{p} se puede calcular dividiendo el porcentaje de defectivos por muestra entre el tamaño de la muestra. Si el tamaño de la muestra es variable, de una a otra, el valor de \bar{p} se encuentra dividiendo el número total de defectivos encontrados en la serie de muestras, entre el número total de unidades en la serie de muestras, como sigue:

$$\bar{p} = \frac{\sum c}{\sum n} \times 100$$

en la cual c = número de defectos.

La desviación estándar de \bar{p} se simboliza por $\sigma_{\bar{p}}$ (sigma índice p con barra). Para un tamaño constante de muestra, se calcula como sigue:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}}$$

en la cual n = tamaño de la muestra

\bar{p} = valor medio del porcentaje defectivo.

Las gráficas de control basadas en datos del porcentaje defectivo, han demostrado su efectividad para el control de la calidad durante la producción. Se emplean dos variables principales, que son:

Forma 1: Tamaño constante de muestra. Se basan estas gráficas en la comparación de los valores del porcentaje defectivo o de la fracción defectiva, con los límites de control, deducidos -- estos datos de una serie de muestras de un tamaño constante. Estas muestras se seleccionan periódicamente del proceso de producción, - cada hora, cada 15 minutos, cada mañana.

Forma 2: Tamaño variable de muestra. Estas gráficas se emplean cuando se efectúan una inspección 100 por ciento de las piezas o conjuntos, como parte de la rutina de la factoría. El tamaño de la muestra en este caso es el de la producción total durante el periodo de que se trate, y por tal motivo tendrá que ser diferente

de un periodo a otro.

En las gráficas de control por atributos, el tamaño de muestra más generalizado es de 25 unidades, sin embargo, se han sugerido algunas reglas para determinar el número mínimo de unidades para tamaño de muestra. Por ejemplo, Cowden ha propuesto que el valor de \overline{np} debe ser mayor de 25. Esto significa que si se espera un diez por ciento de defectivos, el tamaño mínimo para la muestra deberá ser de 250 unidades.

La principal aplicación de la gráfica de la forma 1 es en -- aquellos casos en que no pueden existir datos de mediciones -- como en un acabado de superficies, o posiblemente en colores -- o bien, -- porque sea muy difícil obtener esas mediciones. También en el caso en que sea necesario tomar un tamaño constante de muestra, no -- por necesidad del control de calidad, sino por otros factores como pago del trabajo a destajo; o que el número de unidades que forman un lote para su revisión 100 por ciento, esté apegado a un número -- fijo de unidades, como 500, 2,500 o 4,000.

Las gráficas de la forma 2 probablemente son las más importantes de las gráficas en porcentaje defectivo. Además, como el -- procedimiento para el cálculo de los límites de control no es tan

directo, como en las gráficas de la forma 1, estas se estudian con más detalle a continuación.

La mayor parte de la inspección de piezas en la industria, es por el procedimiento de pasa-no-pasa. El examen de las unidades -- por este procedimiento es una inspección 100 porciento, en la que se examinan cada una de las piezas, separando las unidades malas de las buenas.

Los registro con los resultados de esta clase de inspección se han venido conservando desde hace varios años en muchas factorías. En varios casos la conservación de estos registros ha sido un trabajo inútil, puesto que ese conjunto de número archivados no puede suministrar una guía conveniente para prevenir la producción futura de unidades defectivas.

La afectividad de esta clase de inspección, para la prevención de trabajo defectivo, se ha incrementado en los últimos años al presentarse esta clase de datos bajo la forma de las gráficas de porcentaje defectivo. En la Fig. 414 se presenta una forma de rayado para estas gráficas.

Este modelo consta de cuatro partes principales:

1. Un rayado para graficar el porcentaje defectivo (ver I Fig. 414).
2. Un rayado especial para el registro de los datos de la inspección y de los cuales se puede calcular el porcentaje defectivo (véase II Fig. 414).
3. Un rayado para asentar el resumen periódico de los datos de ese porcentaje defectivo (ver III Fig. 414).
4. Un rayado para graficar este resumen (ver IV Fig. 414).

El número de unidades inspeccionadas en cada periodo -tamaño de muestra- tiene que ser variable, bajo las condiciones normales -- del taller.

Los límites de control para periodos de inspección en que la producción sea muy baja, resultarán mucho más amplios que para periodos de inspección en que la producción es más elevada.

Como una regla práctica se puede establecer que si los tamaños de las muestras presentan una variación entre sí, no mayor del 20 por ciento, de acuerdo con criterio comprobado en muchas factorías durante sus periodos de inspección, se puede lograr una exactitud satisfactoria para la mayoría de los fines industriales, determinando y empleando un tamaño medio de muestra para los periodos de --- inspección en cuestión.

Para el establecimiento de una gráfica de control en porcentaje defectivo, se pueden seguir las ocho etapas que se mencionan a continuación:

1. Determinar cuál es la característica de calidad que se deba de controlar. Puede ser una sola característica, como una longitud, un peso, con frecuencia se toman todas las que se encuentran en el producto que se examine y que hacen defectivas a las unidades.
2. Seleccionar un número conveniente de muestras. Cada muestra estará formada por un número conveniente de unidades.

El número conveniente de muestras, variará de acuerdo con el proceso de que se trate. Como simple ilustración, se tomarán 25 - muestras. El "número de unidades" en cada muestra es, para este - ejemplo, el número total de unidades examinadas durante un periodo estándar de inspección, como una hora o un día. Las 25 muestras - se toman sucesivamente (cada hora, cada día). Los datos de estas - muestras se deben registrar en el mismo orden en que se vayan to-- mando.

3. Calcular el tamaño medio de muestras. Para este caso, en -- que el tamaño de la muestra es el total de piezas inspecciona-- das durante una hora o un día, se puede tomar el promedio de producción por hora o por día de trabajo como tamaño de mues-- tra.
4. Calcular el promedio de defectivos por hora o por día (por - muestra).
5. Calcular los límites de control, de acuerdo con los resulta-- dos obtenidos en las etapas 3 y 4 anteriores.
6. Examinar los valores del porcentaje defectivo de cada mues-- tra, con relación a los límites de control. Determinar si - existe algún factor que amerite una acción correctiva, antes de que estos límites se acepten para su aprobación.

7. Determinar si esos límites de control resultan económicamente satisfactorios para el proceso.

8. Emplear la gráfica de control para la producción activa, como una guía para controlar la característica de calidad de que se trate.

Gráficas de control por número de defectivos.

En la inspección por atributos existen algunos casos en que se prefiere el número de defectivos en lugar de la fracción defectiva o del porcentaje defectivo, para trazar las gráficas de control, o gráficas de (c). Por lo tanto, una máquina puede presentar 30 -- defectos durante su inspección final.

Variaciones de las gráficas con datos por atributos.

Existen muchas modificaciones a las gráficas de control presentadas en lo que antecede. Entre las principales modificaciones-

se tiene: (1) Diferencias en las formas de graficado, (2) "calibradores reducidos" para el control, (3) precontrol. Cada una de estas variaciones se presenta a continuación.

1. Formas. Los modelos que se emplean para trazar los datos por atributos de las gráficas de control, difieren ampliamente en la industria del modelo presentado en la Fig. 414. En algunas ocasiones estas formas pierden su naturaleza gráfica por completo, como en el caso de una interesante tabulación presentada por Schrocx para los fines del control.

Esta tabla está constituida por una lista de los valores de la media del porcentaje defectivo, y del número de defectivos máximos y mínimos que se deben presentar, ya sea con lotes variables o de tamaños medio. La Fig. 415 presenta una página de estas tablas.

Es precisamente dentro de esta zona donde empieza a desaparecer la distinción entre las gráficas de control, como un método para controlar la calidad, y las tablas de muestreo como una técnica para controlar la calidad.

2. "Calibradores reducidos" de control. Durante muchos años ha existido la controversia emanada de una factoría, por el deseo

de contar con dos o más juegos de límites de especificaciones durante su producción. Un juego para el uso en sus talleres durante la producción y el otro, más amplio, para -- los efectos de la inspección final. La base de esta filosofía se ha adoptado como una base para el establecimiento de determinadas gráficas de control y representa una transición entre gráficas por variables y las gráficas por atributos.

Frecuentemente, al establecerse las estaciones de inspección en las líneas de producción de una factoría, se hace uso de calibradores de forma o de plantillas. Estos calibradores tienen sus límites fijos para los límites superiores e inferiores de especificaciones en la pieza de que se trate. Con el sistema de "calibradores reducidos", éstos se construyen con unos límites ligeramente más -- estrechos que los actuales límites de especificaciones. Para el -- cálculo de estos nuevos límites de control, se han empleado ciertas fórmulas que combinan la experiencia del taller, con los métodos -- estadísticos.

Estos calibradores deben estar disponibles antes de que se -- inicie la producción activa de las piezas para las cuales han sido -- diseñados. En consecuencia, el empleo de aquellos elementos como -- las distribuciones de frecuencias, se tendrán que eliminar, emple-

Número Inspeccionado	Los rechazos no debidamente exce-	Menor número de rechazos esperados
100	11	--
200	19	1
300	26	4
400	33	7
500	39	11
600	46	14
700	52	18
800	58	22
900	64	26
1000	70	30
1100	76	34
1200	82	38
1300	88	42
1400	94	46
1500	100	50
1600	106	54
1700	111	59
1800	117	63
1900	123	67
2000	129	71
2100	134	76
2200	140	80
2300	146	84
2400	152	88
2500	157	93
2600	163	97
2700	168	102
2800	174	106
2900	180	110
3000	185	115
3100	191	119
3200	196	124
3300	202	128
3400	208	132
3500	213	137
3600	219	141
3700	224	146
3800	230	150
3900	235	155
4000	241	159
4200	252	168
4400	263	177
4600	274	186
4800	285	195
5000	296	204

FIGURA 415

ándose en su lugar para fijar los límites apropiados tablas especiales que dan los "límites para calibradores reducidos" con mayor facilidad.

En las aplicaciones de los calibradores reducidos, para el muestreo de los lotes, durante el curso de su proceso, con mucha frecuencia se sigue la práctica de emplearlos como base para controlar el número de lecturas que salga de los límites del calibrador, en una muestra. En esta forma se podrá permitir que dos lecturas, de una muestra de cinco, queden fuera de los límites del calibrador. Este procedimiento es muy conveniente bajo ciertas condiciones de la producción en masa.

Desde luego que es obvio no poder asegurar el por qué la señal para una acción correctiva, debe basarse en el número de lecturas que queden fuera de los límites del calibrador. En todo lo expuesto en este capítulo, se ha insistido en que será necesario una acción correctiva, cuando el valor de una sola muestra quede fuera de los límites; sin embargo, en este caso, el criterio de control se refiere a un número específico de lecturas individuales.

Es preciso recordar que los límites de las graficas de control por variables, se establecen con dos valores de las muestras, el de

tendencia central y el de dispersión. Una producción se considera "bajo control", si en los resultados de la producción, al ser graficados, la medida de tendencia central, ya sea que se trate de la media o de la mediana de la muestra, quedan dentro de los límites de control.

En lugar de calcular la media de la muestra, y marcar su valor, supongamos que cada una de las lecturas individuales se marcan en la gráfica de medias. Supongamos que estas unidades corresponden a una muestra cuyo valor medio se encuentra peligrosamente cerca de uno de los límites de control. En consecuencia, un número igual de lecturas individuales quedarán tanto dentro como fuera de los límites de control.

Puesto que en el control por medio de los calibradores reducidos se examinan individualmente las piezas, es totalmente posible y práctico el establecimiento de límites de calibración sobre los límites de control de las medidas, y dejar que el número de piezas que no satisfagan los límites de calibración, sean como una indicación del estado de control del proceso.

Una interesante modificación a este procedimiento, fue desarrollada por Didding y Jennett. Presentaron una serie de técnicas

orientadas al establecimiento de límites para los calibradores reducidos, en un escrito muy detallado que se publicó originalmente en Inglaterra.

3. Precontrol. Otra aplicación más reciente, que se ha denominado precontrol, tiende en forma muy precisa al empleo de calibradores más estrechos o a otros medios para verificar mediciones por atributos. El uso de "calibradores reducidos" con el concepto del precontrol, se diseñan con unos límites que estén trazados a la mitad de los actuales límites de especificaciones. Estos calibradores se emplean para medir piezas y determinar las correcciones en el ajuste y la iniciación de partes de la producción, en la siguiente forma.

Un determinado número de piezas de primera fabricación, se pasan por el calibrador. Si cada una de estas piezas queda dentro de los límites de precontrol, se da la aprobación para el ajuste de la máquina. Durante la manufactura se verifican comprobaciones periódicas sobre una pieza. Si esta pieza queda dentro de los límites de precontrol, se continúa la fabricación.

Sin embargo, cuando una pieza salga de los límites de precontrol, se comprueba la siguiente pieza. Si esta segunda pieza queda

dentro del límite de precontrol, se continúa la fabricación. Si la segunda pieza queda fuera del límite de precontrol, se detiene la - fabricación y se efectúa un reajuste.

CAPITULO V

TABLAS DE MUESTREO Y CONFIABILIDAD

5.1 TABLAS DE MUESTREO

El mayor problema para una planta terminal automotriz, ha sido la comprobación de la calidad satisfactoria de los materiales que provienen de fuera. Algunos de los medios para obtener esta seguridad han sido: la inspección 100 porciento, el muestreo de los lotes bajo una base arbitraria en términos vulgares: "chequeo arbitrario", aceptando los certificados de inspección presentados por los vendedores, en lugar de verificar el examen del lote, y en algunas ocasiones, recibiendo el material sin inspección, hasta que las dificultades en sus líneas de producción con ese material reclamen una inspección.

Otra tendencia para la solución de este problema, la cual ha sido desarrollada en las dos últimas décadas, tanto en su intención como en su aceptación industrial, ha sido el empleo de tablas estadísticas para muestreo de aceptación. Estas tablas han sustituido a todos los procedimientos antiguos, constituyendo el alma del control de la fábrica para la aceptación de las piezas o de materia prima.

Estas tablas también tienen amplia aplicación en las inspecciones finales o en las pruebas, para asegurarse de que las remesas a los consumidores tienen la calidad deseada.

Una necesidad un poco diferente, pero igualmente importante, para poder disponer de tablas de muestreo efectivo, se refiere al control de las piezas o conjuntos armados, durante su proceso en la fábrica. Para el examen periódico de las piezas por las patrullas, o inspectores ambulantes del taller, muy frecuentemente se guiaban por procedimientos de "acertar o errar".

Para satisfacer esta necesidad, se han desarrollado las tablas estadísticas de muestreo para control del proceso. Desde luego que han sido de mucha utilidad en aquellos casos en que no se puede realizar con efectividad, la aplicación de las gráficas de control.

5.1.1 Muestreo de aceptación.

Se define una muestra como "una porción... que se toma para evidenciar la calidad del conjunto".

Las muestras y los métodos seguidos para el muestreo, son la

piedra angular estadística empleada en el control de calidad.

Las tablas estadísticas de muestreo, son otra de las adaptaciones de la teoría de las probabilidades. "Es posible tomar una porción como evidencia de la calidad del conjunto" por una sencilla razón. La variación, que es inevitable en las piezas manufacturadas, sigue por lo general, la misma forma básica de todas las unidades que provienen del mismo origen de manufactura.

Para determinar esta forma de distribución, no será necesario examinar todas las unidades que provienen de ese origen; su distribución se puede establecer perfectamente después del examen de sólo un cierto número de unidades -en otras palabras, por medio del muestreo. Las tablas estadísticas de muestreo, consisten en una serie de modelos o planes de muestreo, cada uno destinado a satisfacer diferentes objetivos de la inspección.

El examen de las muestras se puede verificar por el procedimiento de pasa-no-pasa (por atributos), o sea, determinar si las muestras cumplen con los requisitos de las especificaciones. También se puede efectuar el examen por el sistema de mediciones (por variables), es decir, midiendo la característica de las calidad en cada una de las unidades de la muestra.

Cuando la aceptación del material o las piezas que se reciben se basa en una inspección en la fábrica en que se recibe, se puede emplear una inspección 100 por ciento, o bien, una inspección por muestreo. Comparando los beneficios de estos dos métodos, la inspección 100 por ciento siempre llevará la ventaja sobre el muestreo, para separar todo el material sano: únicamente por medio de un escrupuloso examen de cada una de las piezas -no de una muestra- se puede tener la completa seguridad de que todas las piezas o material es defectivos, se han eliminado del lote.

Sin embargo, existen varios aspectos en la inspección 100 por ciento que la hacen indeseable, al compararse con un efectivo muestreo, conducido bajo bases estadísticas. Entre los aspectos contrarios, se tienen:

1. Es demasiado costosa. Se necesita verificar cada una de las piezas.
2. Puede dar lugar a una falsa seguridad sobre la perfección del trabajo de inspección. El simple enunciado de "se requiere una inspección 100 por ciento" se considera a veces como información suficiente para reclamar un completo y riguroso trabajo de inspección. La inspección 100 por ciento, muy rara vez es una inspección completa de todas las características de la

pieza; pues se reduce únicamente al examen de determinadas características. La sola declaración de "se requiere una -- inspección 100 porciento", puede dejar la selección de las características por examinar, en manos de individuos que no estén familiarizados con aquellas características que sean críticas e importantes.

3. Se trata sólo de una separación. En esencia, la inspección 100 porciento significa la separación de las piezas malas, de las buenas. Este procedimiento es sólo una comprobación de lo que ha pasado, y que puede servir de precedente preventivo para el establecimiento de un control total de la calidad. Bajo diferentes tipos de condiciones de fabricación, la selección 100 porciento puede ser un recurso que se deba de emplear únicamente cuando se haya desechado un procedimiento de control, y no como un elemento de rutina para la factoría.

4. Puede dar lugar a la aceptación de material defectivo. En un gran número de verificaciones independientes, sobre la confianza en una inspección 100 porciento, para separar todos los elementos malos de los buenos, sólo ha quedado una considerable duda sobre su completa efectividad en cada ca-

so. Cuando el porcentaje defectivo de los lotes presentados es muy bajo, la monotonía de operaciones repetidas de inspección, da lugar automáticamente a la aceptación de algunas piezas defectivas. Si el porcentaje defectivo es muy alto, la falta de cuidado o la falta de destreza en el manejo de los aparatos de medición, pueden dar lugar a la aceptación de un gran número de piezas defectivas.

5. Se puede rechazar material satisfactorio. Ciertos operadores en la inspección 100 por ciento, podrán creer que no están haciendo un trabajo satisfactorio, ante los ojos de sus supervisores, hasta que no hayan rechazado algunas piezas. Esto puede dar lugar a una inflexible interpretación de las especificaciones, y al rechazo de material satisfactorio.
6. Puede ser impracticable. Hay ocasiones en que se requieren pruebas destructivas, y por lo tanto, es imposible una inspección 100 por ciento.

En contraste con estas propensiones de la inspección 100 por ciento, un prudente procedimiento de muestreo puede ser relativamen

te menos costoso. Si las condiciones permiten efectuar un muestreo, las consideraciones sobre los costos, podrán permitir que un determinado porcentaje de piezas defectivas queden dentro del lote, hasta su llegada a la estación de montaje, donde los operarios tienen que separar aquellas piezas que no ajustan al ser ensambladas.

Por medio del muestreo, se puede obtener una considerable reducción de la monotonía de la operación de inspección. El problema de si deben o no aceptar un lote, basándose en el examen de las muestras tomadas, es un asunto de considerable interés para los inspectores.

Por muchas circunstancias, el muestreo puede tener una efectividad comparable, o tal vez mejor, que una inspección 100 por ciento bien efectuado. Las instrucciones de: "se requiere un muestreo" no implican la exactitud automática que acompaña a veces a las instrucciones de "se requiere una inspección 100 por ciento". Como resultado de esto, el muestreo únicamente fuerza la especificación de aquellas características que sean críticas y de aquellas tolerancias dimensionales que deben satisfacerse.

Es obvio, que en el caso de tratarse de pruebas destructivas, únicamente será posible el muestreo. Los procedimientos de muestreo

que se han desarrollado para estas pruebas destructivas, han alcanzado gran éxito y efectividad.

Definición de una tabla de muestreo.

Las modernas tablas estadísticas de muestreo se pueden definir como:

"Una serie de planes para representar la correspondencia entre la calidad probable (expresada en términos de un porcentaje) de todo un lote, a la de las muestras seleccionadas como propiedad de ese mismo lote".

5.1.2 Tipos de tablas estadísticas de muestreo.

El procedimiento general para el establecimiento de las tablas estadísticas de muestreo, se expresa como: debe de servir en principio para determinar cuál es la probabilidad de aceptación de los lotes que contengan diferentes porcentajes de defectivos, cuando esta aceptación se basa sobre el tamaño (N) del lote, del cual se toma una muestra de tamaño (n) y que contenga (c) o menos defectivos. Entonces, será necesario reunir dentro de la tabla aquellas condiciones del muestreo que cumplan los requisitos particulares pa

ra los cuales se ha establecido el plan.

La relación entre el porcentaje defectivo en los lotes sometidos a inspección, y la probabilidad de aceptación, se denomina características de operación, o simplemente OC, para una condición en particular del muestreo. Cada combinación entre el tamaño del lote, el tamaño de la muestra, y el número de defectivos que se permiten, tiene una característica de operación diferente, y cuyo valor se representa gráficamente por una curva. La protección de la calidad que aporta una determinada tabla, se puede juzgar por las curvas OC asociadas con la tabla. La Fig. 501 presenta una curva OC para las siguientes condiciones:

$$N= 2000$$

$$n= 300$$

$$c= 11$$

En tanto que el procedimiento básico para la construcción de las diferentes tablas estadísticas de muestreo puede ser semejante, existen diferencias, ya sea en los detalles de su construcción, o bien en la forma final que se le da a estas tablas. De acuerdo con las dos clases principales para protección de la calidad, indispensables en las plantas industriales para la inspección del -

material que se recibe, se han construido dos formas de tablas estadísticas de muestreo.

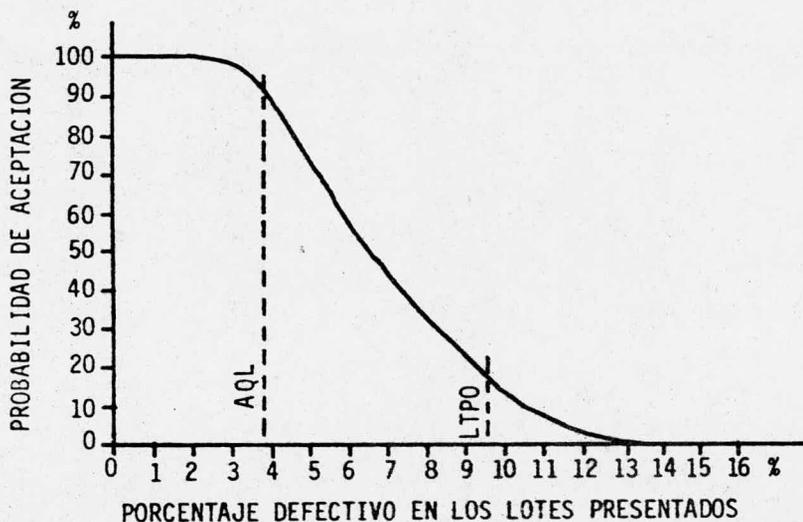


FIGURA 501

Estas son:

1. Las que garantizan la protección de la calidad de los lotes, presentados individualmente para su inspección. Los tipos de metas de la calidad que están asociados con esta clase de planes, son el nivel aceptable de calidad (AQL) (acceptable-quality level), y el porcentaje de defectivos tolerables en el lote (LTPD) (lot tolerance percent defective). Se emplean diferentes símbolos para representar estos dos puntos sobre el eje horizontal. El nivel aceptable de la calidad se re--

presenta a veces por p_1 , y el porcentaje de los defectivos -- tolerables en el lote, también conocido como nivel de calidad de rechazo (RQL) (reject quality level) por p_2 .

2. Las tablas que ofrecen protección de "lo almacenado", o sea - la calidad media de un gran número de lotes del mismo material, después de su inspección. El tipo de la meta de la calidad - asociado con esta serie de planes, es el de límite de promedio de la calidad final (AOQL)(average outgoing quality limit).

Toto plan de muestreo que dé protección en una de las dos formas anteriores, también proporcionará cierto grado de protección en la otra. Además, cada una de estas dos formas de tablas de muestreo ofrece beneficios en sus aplicaciones particulares. No se puede asegurar que una tabla sea mejor que la otra.

Cuando la recepción de los lotes individuales de material por una planta, no se hace en forma frecuente, las tablas más apropiadas serán las de protección por calidad del lote. Cuando se estén inspeccionando gran número de lotes y el promedio de la calidad del material que se pasa a los talleres sea el factor principal, entonces la protección por el promedio de la calidad final será la indi-

cada.

5.1.3 Muestreo sencillo, doble y múltiple.

Con cada uno de estos dos principales planes de muestreo estadístico, puede efectuarse:

1. Muestreo sencillo, es decir, decidir la aceptación o el rechazo de un lote, de acuerdo con las unidades de una muestra tomada de ese lote.
2. Muestreo doble, o sea, seleccionar una muestra de unidades del lote, y bajo determinadas condiciones, poder seleccionar una segunda muestra, antes de aceptar o rechazar este lote.
3. Muestreo múltiple, es decir, decidir sobre la aceptación o el rechazo de un lote, de acuerdo con los resultados de varias muestras de unidades tomadas de ese lote.

De los tres métodos anteriores, posiblemente que el muestreo-doble es el más generalizado por las siguientes razones:

1. Psicológicamente, la idea de poder dar a un lote de material una "segunda oportunidad" antes de rechazarlo, representa una

demanda general. Por lo tanto, el muestreo doble será más - fácil de "venderse" a una factoría.

2. En el muestreo doble, se permite tomar una primera muestra - de un tamaño más pequeño que el necesario para el caso de un plan de muestreo sencillo. Si el porcentaje de defectivos - es bajo o muy alto en el material presentado a inspección, - es posible que con mucha frecuencia se acepten o bien se re- chacen los lotes, de acuerdo con los resultados que se obten- gan en esa primera muestra. Por tal motivo, el muestreo -- doble permitirá reducir los costos de la inspección.

Comparación entre el muestreo doble y el muestreo múltiple.

1. Los planes de muestreo doble son muy fáciles de administrar, - en comparación con los planes de muestreo múltiple. La nece- sidad de estar seleccionando muestras sucesivas en una forma- apropiada, puede requerir un mayor control administrativo y - operadores para inspección mucho más diestros.
2. En teoría, a veces el muestreo múltiple puede dar lugar a una inspección total, inferior a la del muestreo doble, para un - determinado grado de protección, puesto que se requiere un --

TABLA DE MUESTREO SENCILLO POR LIMITE DE CALIDAD FINAL (AOQL) = 2.0%

Tamaño de lote	Media del proceso			Media del proceso														
	0 to 0.04%			0.05 to 0.40%			0.41 to 0.50%			0.81 to 1.20%			1.21 to 1.60%			1.61 to 2.00%		
	n	c	p, %	n	c	p, %	n	c	p, %									
1-15	All	0	...	All	0	...	All	0	...									
16-50	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6
51-100	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4
101-200	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	35	1	10.5	35	1	10.5
201-300	17	0	12.3	17	0	12.3	17	0	12.3	37	1	10.2	37	1	10.2	37	1	10.2
301-400	18	0	11.8	18	0	11.8	38	1	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	40	2	8.5
401-500	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
501-600	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
601-800	18	0	11.9	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.0	65	2	8.0	83	3	7.3
801-1,000	18	0	12.0	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.1	65	2	8.1	90	3	7.4
1,001-2,000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5
2,001-3,000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5	180	6	5.8
3,001-4,000	18	0	12.0	42	1	9.3	65	2	8.2	95	3	7.0	155	5	6.0	210	7	5.5
4,001-5,000	18	0	12.0	42	1	9.3	70	2	7.5	125	4	6.4	155	5	6.0	245	8	5.3
5,001-7,000	18	0	12.0	42	1	9.3	95	3	7.0	125	4	6.4	185	6	5.6	240	9	5.1
7,001-10,000	42	1	9.3	70	2	7.5	95	3	7.0	155	5	6.0	220	7	5.4	350	11	4.8
10,001-20,000	42	1	9.3	70	2	7.6	95	3	7.0	190	6	5.6	290	9	4.9	460	14	4.4
20,001-50,000	42	1	9.3	70	2	7.6	125	4	6.4	220	7	5.4	395	12	4.5	720	21	3.9
50,001-100,000	42	1	9.3	95	3	7.0	160	5	5.9	240	9	4.9	505	15	4.2	955	27	3.7

FIGURA 502

TABLA DE MUESTREO SENCILLO POR LIMITE DE CALIDAD FINAL (AOQL) = 2.5%

Tamaño de lote	Media del proceso			Media del proceso														
	0 to 0.05%			0.01 to 0.50%			0.51 to 1.00%			1.01 to 1.50%			1.51 to 2.00%			2.01 to 2.50%		
	n	c	p_i %	n	c	p_i %	n	c	p_i %									
1-10	All	0	...	All	0	...	All	0	...									
11-50	11	0	17.0	11	0	17.0	11	0	17.0	11	0	17.0	11	0	17.0	11	0	17.0
51-100	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3	13	0	15.3
101-200	14	0	14.7	14	0	14.7	14	0	14.7	20	1	12.0	20	1	12.0	20	1	12.0
201-300	14	0	14.0	14	0	14.0	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7	30	1	12.7
301-400	14	0	15.0	14	0	15.0	31	1	12.3	31	1	12.3	31	1	12.3	48	2	10.7
401-500	14	0	15.0	14	0	15.0	32	1	12.0	32	1	12.0	40	2	10.6	40	2	10.6
501-600	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.4	50	2	10.4	70	3	9.3
601-800	14	0	15.1	32	1	12.0	32	1	12.0	50	2	10.5	50	2	10.5	70	3	9.4
801-1,000	15	0	14.2	33	1	11.7	33	1	11.7	50	2	10.6	70	3	9.4	90	4	8.5
1,001-2,000	15	0	14.2	33	1	11.7	55	2	9.3	75	3	8.5	95	4	8.0	120	5	7.6
2,001-3,000	15	0	14.2	33	1	11.8	55	2	9.4	75	3	8.4	120	5	7.6	145	6	7.2
3,001-4,000	15	0	14.3	33	1	11.8	55	2	9.5	100	4	7.9	125	5	7.4	165	8	6.6
4,001-5,000	15	0	14.3	33	1	11.8	75	3	8.9	100	4	7.9	150	6	7.0	215	9	6.3
5,001-7,000	33	1	11.8	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	175	7	6.7	250	10	6.1
7,001-10,000	34	1	11.1	55	2	9.7	75	3	8.9	125	5	7.4	200	8	6.4	310	12	5.8
10,001-20,000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	150	6	7.0	200	10	6.0	425	16	5.3
20,001-50,000	34	1	11.4	55	2	9.7	100	4	8.0	180	7	6.7	345	13	5.5	640	23	4.8
50,001-100,000	34	1	11.4	80	3	8.4	125	5	7.4	215	9	6.1	435	16	5.2	500	28	4.5

n = tamaño de muestra; c = número de aceptación.

"All" indica que todas las piezas del lote se deben de inspeccionar.

p_i = porcentaje de defectivos tolerables en el lote con un riesgo del consumidor (P_c) de 0.10.

FIGURA 503

tamaño de muestra mucho más pequeño. Sin embargo, en la --- práctica, la mayor complejidad del muestreo múltiple, en al-- gunos casos, puede dejar la ventaja al muestreo doble, debi-- do a su costo total. Esto se puede comprobar muy particular-- mente, cuando el porcentaje de defectivos en los lotes pre--- sentados sea muy bajo -por ejemplo, 0.1 por ciento- en estos-- casos, la cantidad que se requiere para el muestreo sencillo- o para el muestreo doble, basándose en la media del proceso,- resulta muchas veces la mitad o la misma que para el muestreo múltiple.

Muestreo sencillo.

1. El muestreo sencillo resulta ser el único método práctico de los planes de muestreo, cuando se trate de una producción que circula por un transportador y donde físicamente es posible -seleccionar sólo una muestra.
2. Con lotes de material cuyo porcentaje de defectivos esté muy cercano al nivel aceptable de calidad, el muestreo sencillo -puede ofrecer una protección de inspección más económica que para el muestreo doble.

Muestreo múltiple.

1. Cuando se puedan conservar bajos los costos administrativos, el muestreo múltiple permite menores costos de inspección, - para determinados grados de protección, que con el muestreo-sencillo o con el muestreo doble.
2. Los nuevos métodos, que se han perfeccionado actualmente para simplificar el muestreo múltiple, como las "cajas de muestreo" automáticas, pueden dar lugar a una mejor eficiencia en la -- administración de estos planes de muestreo.
3. El muestreo múltiple va de acuerdo con la forma en que normalmente se debe de hacer la selección de la muestra por un inspector.

La naturaleza del producto y la forma como se presente para - su muestreo -ya sea en transportador, en cajas apiladas una sobre - otra, etc.,- son los factores que más se deben de tomar en consideración.

Puntualizando, la elección de un plan de muestreo, ya sea sencillo, doble o múltiple, depende de las condiciones particulares en

que se vaya a emplear ese plan de muestreo. No se podrá decir que alguno de los tres métodos sea el "mejor"; únicamente se podrá considerar el "mejor para determinadas condiciones del muestreo".

5.1.4 Tablas de muestreo publicadas.

Entre las diferentes tablas estadísticas de muestreo y los planes que se han desarrollado en las dos décadas anteriores, algunas han sido publicadas en una forma que las hace accesibles para su empleo general. Los más interesantes planes que se han publicado son:

1. Tablas de Dodge-Romig.
2. Military Standard 105A.
3. Planes de secuencia regular.
4. Tablas de muestreo Columbia.

En muchas industrias donde se emplean los métodos estadísticos de control, en lugar de tener que calcular sus propias tablas de muestreo, han tenido éxito con el empleo de alguna de estas tablas ya publicadas. Estas son lo suficientemente flexibles para permitir su empleo en esta forma.

1. Tablas de Dodge-Romig.

En estas tablas se incluyen planes para el muestreo sencillo y para el doble. Permiten una protección, ya sea por el límite de la calidad final o por el porcentaje de defectivos tolerables en el lote.

Por ejemplo, para el uso de las tablas por medio del AOQL, - es necesario conocer (a) el tamaño del lote que se presenta a inspección, (b) la protección por AOQL que se desea para el material de que se trate, (c) la calidad media o "media del proceso" del material presentado a inspección.

La tabla del AOQL que se deba de usar, indicará el tamaño de la muestra que se necesita y el número de defectivos que se pueden permitir en esa muestra. Si la muestra no contiene más defectivos de los que se permiten, se acepta el lote. Si la muestra contiene mayor número de defectivos que los que se pueden permitir, el lote pasa a una revisión 100 por ciento y las unidades defectivas se deben reponer o reparar.

Estas tablas especifican el riesgo del consumidor que se considera en cada caso, así como otros datos pertinentes al muestreo.

Contienen la cantidad mínima de inspección que se requiere, con el grado de protección deseado, para un material con determinada media del proceso.

En la Fig. 502 se incluye una página de estas tablas de muestreo de Dodge-Romig. En esa figura se presenta el caso de muestreo sencillo por el límite de la calidad final, y para un riesgo del consumidor del diez por ciento.

2. MIL-STD-105A.

En estas tablas se incluyen tres clases de muestreo: sencillo, doble y múltiple. En ninguno de sus planes se menciona el AOQL. Para el empleo de estas tablas es necesario conocer (a) el tamaño del lote que se presente a inspección, y (b) la protección por AQL que se desea para el material considerado.

Las tablas indican el tamaño de la muestra requerida y el número de defectivos que se pueden permitir en ese tamaño de muestra. Si la muestra no contiene un mayor número de defectivos que los permitidos, se acepta el lote. Pero si la muestra contiene mayor número de defectivos que los que se pueden permitir, el lote puede ser rechazado o bien, inspeccionado 100 por ciento. Sin embargo, si

se trata de mantener un determinado valor del AQL, no se requiere una inspección 100 por ciento de los lotes que hayan sido rechazados.

También se incluye en estas tablas, la indicación para proceder cuando se requiera una inspección normal, reducida, o severa. El criterio para esta decisión lo proporciona el valor de la estimación de la media del proceso. (Ver tabla 503).

3. Planes de secuencia regular.

Propiamente estos planes se refieren a un muestreo múltiple. Se necesitarán de siete muestras en los casos más generales de empleo de las tablas.

Estas tablas difieren por lo menos en dos puntos, de los tipos de planes de muestreo sencillo y doble que se han expuesto anteriormente:

- a. Como el tamaño de la muestra es muy pequeño, los resultados de estas muestras se analizan con mayor frecuencia que en los planes de muestreo sencillo o doble, a fin de poder obtener una indicación sobre la aceptación o el rechazo de los lotes.

b. Estos planes son de "doble acción". En las tablas normales, por ejemplo, sólo se necesita especificar una meta para la calidad: un lote que contenga X_1 porciento de defectivos deberá aceptarse siendo satisfactorio continuar hasta Y_1 porciento para riesgo del productor.

Con los planes de secuencia regular, la doble acción implica que también se necesita establecer una segunda meta: se necesita rechazar un lote, si contiene más de X_2 porciento de defectivos, y puede ser satisfactorio continuar hasta Y_2 porciento del riesgo para aceptar un lote de tan baja calidad como éste.

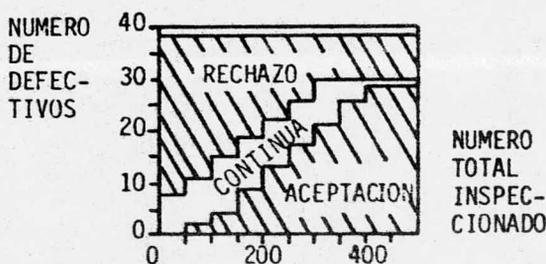


FIGURA 504

Como consecuencia, en los planes de secuencia regular se establece una "zona de indecisión" entre la región de aceptabilidad y la de rechazo, según se puede ver en la Fig. 504.

El muestreo se debe de continuar hasta que los resultados de las muestras indiquen la aceptación o el rechazo del lote, cuando-

los puntos que indiquen los resultados del muestreo, pasen a la -- región de aceptación o a la de rechazo. Esta "zona de indecisión" se puede ilustrar para un plan de secuencia regular con un AQL del dos por ciento y para el cual se requieren posiblemente cinco muestras, calculado para lotes que estén comprendidos entre 800 a 1299 unidades:

Acumulación del tamaño de muestra	Acumulación del Núm. de aceptación.	Acumulación del Núm. de rechazo.
40	0	4
60	1	5
80	2	6
100	2	6
120	3	7
160	7	8

Bajo este plan de secuencia regular, si el inspector encuentra un solo defectivo en la primera muestra de 40 unidades, no podrá aceptar ni rechazar el lote, debiendo seleccionar otra muestra. Su operación se encuentra dentro de la "zona de indecisión". Examinando 20 unidades más, el tamaño de muestra ha aumentado a 60, y si se encuentra con un defectivo -para obtener una acumulación de dos- debe de seleccionar una tercera muestra.

Este procedimiento se puede continuar hasta que se haya al--

canzado la mayor acumulación de muestra -160-. En este punto, la zona de indecisión desaparece y puede decidirse finalmente, ya sea la región de aceptación o la de rechazo.

La cantidad promedio de inspección que se requiere en los planes de secuencia regular, puede ser apreciablemente menor que la requerida en los planes de muestreo sencillo o doble.

La Fig. 505 muestra la cantidad de inspección que sería necesaria con un AQL del cuatro por ciento en un muestreo doble de acuerdo con la tabla MIL-STD-105A, para obtener los mismos resultados -- que en el plan de secuencia regular representado en la Fig. 504. Se nota claramente el área mucho mayor de la Fig. 505 para la inspección. Esto pone de relieve una de las razones del creciente interés de los planes de secuencia regular. En la Fig. 506 se incluye una forma de las tablas del muestreo de secuencia regular.



FIGURA 505

Tamaño de lote	Tamaño Muestra	NIVEL ACEPTABLE DE CALIDAD (Por ciento defectivo)																									
		0.1		0.25		0.50		0.75		1		1.5		2		3		4		5		6		7		8	
		A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
499 a menos	40									0	3	0	3	1	4	1	4	1	6	2	6	2	7	3	7	3	8
	50									1	3	1	4	1	4	2	5	2	6	3	7	3	8	4	9	4	9
	60									1	3	1	4	2	5	2	5	3	7	4	8	4	9	5	10	5	11
	70									1	4	2	4	2	5	1	5	4	8	5	9	5	9	6	10	7	11
	80									3	4	3	4	3	5	5	6	7	8	8	9	8	9	9	10	10	11
500 a 799	40									0	2	0	3	0	3	0	4	1	5	1	6	1	7	2	8	2	8
	50									0	3	0	3	1	4	1	5	2	5	2	7	3	8	3	9	4	10
	60									1	3	1	4	1	5	1	6	3	7	3	8	5	10	5	11	6	12
	70									1	4	2	4	2	5	2	6	4	8	5	9	6	11	7	13	8	14
	80									3	4	3	4	3	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15
800 a 1299	40									2	2	3	3	0	3	0	4	0	5	0	6	1	7	1	8	2	8
	50									0	2	0	3	0	3	0	4	1	5	1	6	2	7	2	8	3	10
	60									0	3	1	3	1	4	1	5	2	6	3	8	5	10	5	11	6	12
	70									1	3	2	4	2	5	2	6	3	7	5	9	6	11	7	13	8	14
	80									3	4	4	5	4	5	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17
1300 a 3199	40									2	2	3	3	0	4	0	5	0	6	1	7	1	8	2	9	2	10
	50									0	2	0	3	0	4	0	5	1	6	2	7	2	8	3	9	4	10
	60									0	2	0	3	1	4	1	5	2	6	3	8	4	9	5	11	6	12
	70									1	3	2	4	2	5	2	6	3	7	4	9	5	11	7	13	8	14
	80									3	4	4	5	5	6	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18
3200 a 7999	40									2	2	3	3	0	4	0	5	0	6	1	7	1	8	2	9	2	10
	50									2	2	3	3	0	4	1	5	1	7	2	8	3	10	4	12	5	13
	60									0	2	0	3	1	4	1	5	2	7	3	8	5	11	6	12	7	14
	70									0	2	1	3	2	4	2	5	3	8	4	10	7	13	8	14	9	16
	80									1	3	2	4	2	5	3	7	4	7	10	11	13	14	15	16	17	18
8000 a 21999	40									2	2	3	3	0	4	0	5	0	6	1	7	1	8	2	9	2	10
	50									2	2	3	3	0	4	1	5	1	7	2	8	3	10	4	12	5	13
	60									0	2	0	3	1	4	1	5	2	7	3	8	5	11	6	12	7	14
	70									0	2	1	3	2	4	2	5	3	8	4	10	7	13	8	14	9	16
	80									1	3	2	4	2	5	3	7	4	7	10	11	13	14	15	16	17	18
22000 a 39999	40									2	2	3	3	0	4	0	5	0	6	1	7	1	8	2	9	2	10
	50									2	2	3	3	0	4	1	5	1	7	2	8	3	10	4	12	5	13
	60									0	2	0	3	1	4	1	5	2	7	3	8	5	11	6	12	7	14
	70									0	2	1	3	2	4	2	5	3	8	4	10	7	13	8	14	9	16
	80									1	3	2	4	2	5	3	7	4	7	10	11	13	14	15	16	17	18
100,000 y más	40									3	4	6	7	7	8	9	10	13	14	16	17	22	23	24	25	26	27
	50									3	4	6	7	7	8	9	10	13	14	16	17	22	23	24	25	26	27
	60									3	4	6	7	7	8	9	10	13	14	16	17	22	23	24	25	26	27
	70									3	4	6	7	7	8	9	10	13	14	16	17	22	23	24	25	26	27
	80									3	4	6	7	7	8	9	10	13	14	16	17	22	23	24	25	26	27

FIGURA 506

4. Tablas de muestreo de Columbia.

Estas tablas, bastante flexibles, permiten el muestreo sencillo, el doble, y el múltiple, así como también una protección por el AQL y por el AOQL. Su empleo es muy semejante al de las tablas ya descritas.

5.1.5 Inspección normal, reducida y severa.

A la forma general de muchas tablas de muestreo, se le denomina procedimiento normal de muestreo.

En otros procedimientos de muestreo de aceptación, mejor conocidos como el MIL-STD-105A, se incluye un muestreo reducido, y en algunos casos, planes de muestreo severos, para ser empleados en lugar del muestreo normal, cuando se desea alcanzar la meta de la calidad especificada, bajo determinadas circunstancias. Aun cuando los planes de muestreo reducido, no satisfacen la curva OC de la tabla de muestreo normal de que se trate, su empleo se justifica por la ventaja que se obtiene con la información adicional que se alcanza, por lo que respecta a la calidad de los lotes presentados y que ya se había obtenido por los planes de muestreo normal.

Por ejemplo, cuando la calidad de los lotes presentados para inspección, es consistentemente mejor que la meta de la calidad a la que se tienda, lo que puede comprobarse por el hecho de que no haya sido rechazado ningún lote, entonces, se puede emplear un --- muestreo reducido, en lugar del muestreo normal, bajo ciertas condiciones del plan de aceptación. Los planes reducidos son muy similares a los del muestreo normal, con la única excepción de que el tamaño de la muestra, correspondiente a un lote dado, debe ser más pequeña. Las tablas dan para esa muestra reducida un tamaño, igual a la quinta parte de la muestra normal.

El muestreo reducido permite una disminución de los costos de inspección. Se puede continuar este procedimiento de inspección - hasta que la calidad del material no desmerezca y sea necesario regresar al muestreo normal.

Cuando la calidad de los lotes sometidos a inspección, acusa ser inferior a la meta de la calidad deseada, se debe de iniciar - un muestreo severo. Este plan también es semejante al muestreo -- normal, excepto que el número de defectivos que se deben de tolerar en la muestra, es más reducido.

En las tablas de Dodge-Romig se puede lograr este objetivo de

flexibilidad, y con la mínima cantidad de inspección, haciendo un ajuste entre el tamaño de la muestra y la media del proceso. En lugar de designar las categorías de normal, reducido y severo, las tablas de Dogde-Romig tienen grados de intensidad de inspección. - La selección que se deba de hacer, se basará en la historia de la calidad de la pieza en cuestión.

5.2 CONFIABILIDAD DEL PRODUCTO

Un producto confiable es aquel del que se puede esperar que realice la función para la cual fue diseñado, en el momento en que se le necesite.

La confiabilidad o seguridad de funcionamiento de los productos, presenta un campo del mayor interés para el control de la calidad. A medida que los productos van siendo más complejos en sus funciones y comportamiento, al mismo tiempo que su proceso va siendo más preciso, el interés se ha orientado hacia la medida cuantitativa de su confiabilidad. Estas mediciones ayudan para que se asigne a la confiabilidad un número una probabilidad que pueda considerarse como una norma. Esto ha hecho posible, dar un valor a la confiabilidad del producto, predecirla y compararla objetivamente

te con otros parámetros de la calidad del producto, como su mantenimiento y su presentación.

La confiabilidad y los costos.

Existe una determinada norma de confiabilidad del producto que proporciona el sistema más económico para satisfacer esas necesidades. Pero si esta norma se establece muy baja, el costo total efectivo para el comprador puede ser muy alto, motivado por las reparaciones excesivas, mantenimiento y costos imprevistos. Si se especifica una norma indebidamente alta, los costos totales también resultan elevados, debido a una mayor cantidad de requisitos para las -- piezas o los conjuntos.

Existe entonces un punto para el valor óptimo de la confiabilidad del producto que proporciona el sistema más económico para -- satisfacer esas necesidades. Pero si esta norma se establece muy -- baja, el costo total efectivo para el comprador puede ser muy alto, motivado por las reparaciones excesivas, mantenimiento y costos imprevistos. Si se especifica una norma indebidamente alta, los costos totales también resultan elevados, debido a una mayor cantidad de requisitos para las piezas o los conjuntos.

Existe entonces un punto para el valor óptimo de la confiabilidad que determina el equilibrio con los otros parámetros de la calidad del producto- en el cual se obtienen los menores costos totales, tanto para el comprador como para el fabricante. Probablemente no podrá fijarse completamente este punto, debido a los esfuerzos dinámicos de la empresa para dar al consumidor una progresiva seguridad, sin aumentar los costos del producto, y al mismo tiempo mientras se reducen esos costos del producto.

Como una ayuda en estas circunstancias, rasgando ese enmascaramiento e identificando los lugares en que realmente se requiere la atención, los costos de la calidad se descomponen en sus respectivos elementos. Por lo que respecta a los costos de calidad de la confiabilidad de los elementos, se han considerado totalmente varios de los segmentos de los costos de confiabilidad:

-Ciertos costos relacionados con la confiabilidad se deben incluir al programar un sistema de calidad y supervisarlos para estar seguros de que se puede lograr la confiabilidad deseada: éstos se pueden considerar como costos de prevención y apreciación.

-Estos costos se deben de compensar con los costos de los -

fracasos para el logro de la confiabilidad del producto que se haya especificado.

-Los costos totales de la calidad dentro del sistema de calidad de la compañía, se deben de considerar en su punto de vista más favorable, a fin de cumplir con la meta de la calidad de la compañía, incluyendo el elemento de confiabilidad.

Qué es la confiabilidad de un producto.

La confiabilidad del producto es una de las cualidades de ese producto. Sencillamente, es la cualidad que da la probabilidad de que el producto o aparato "funcionará".

Se puede definir como:

" La confiabilidad de un producto, es la probabilidad de que ese producto desempeñe las funciones para las que ha sido proyectado, durante un tiempo de servicio previsto, y bajo las condiciones de operación que se presenten".

En este concepto de la confiabilidad existen cuatro elementos de significancia, y que son:

1. Probabilidad
2. Rendimiento
3. Tiempo
4. Condiciones de operación

1. En el primer elemento se toma en cuenta la variación que -- transforma la confiabilidad en una probabilidad. Cada unidad aislada de un producto puede presentar variaciones con respecto a las demás unidades; algunas pueden tener una corta duración de servicio y otras una duración relativamente mayor. - Para determinado número de unidades se puede tomar cierto promedio de duración. Por lo tanto, será posible identificar -- distribuciones de frecuencias en las fallas del producto, que permitan predecir la duración de las unidades del mismo.
2. La segunda condición dentro de la definición, es que la con--fiabilidad indica una característica de calidad de rendimien--to. Para que un producto ofrezca seguridad, debe satisfacer--cierta función o desempeñar un trabajo en el momento que se -le reclame.
3. El tercer elemento en la definición de la confiabilidad es el tiempo. La confiabilidad, establecida como una probabilidad--

de que el producto desempeñe una función, debe de identificarse con un determinado periodo de tiempo.

4. La cuarta consideración dentro de la definición se refiere a las condiciones de operación que se presenten. En esto se incluye la aplicación y las circunstancias de operación bajo las cuales se emplea el producto. Estos factores establecen la fatiga que debe de imponérsele al producto. Es preciso considerar estos factores extensamente, a fin de tomar en cuenta las condiciones de almacenamiento y transporte, puesto que éstas también influyen con significancia sobre la confiabilidad.

Se ha generalizado el término confiabilidad inherente, para describir la confiabilidad potencial que es capaz de crear un diseñador en su proyecto. Se sobreentiende que éste puede ser el más alto valor que un diseño en particular puede proporcionar. Cuando se pasa del proyecto a su transformación en un "artículo" se logrará un valor de confiabilidad que siempre será inferior al de la confiabilidad inherente. A este valor se le denomina la confiabilidad lograda.

La confiabilidad lograda en un aparato, es el valor real de-

mostrado por el producto. Luego entonces, se incluyen los efectos de la manufactura sobre esta confiabilidad, lo cual siempre estará presente en todo producto real.

Como una guía práctica, un producto real se debe de medir y analizar a fin de determinar los efectos que dan lugar a que la -- confiabilidad lograda sea inferior a la inherente. Esto reclamará un estudio sobre las fallas de mecanismo para el producto que se - estudie.

La falla de mecanismo se puede definir como la serie de acontecimientos cronológicos que lógicamente contribuyen a producir -- una falla. El conocimiento de estos acontecimientos, y las causas que los originan, permitirá la eliminación de aquellos factores -- que resulten responsables de la baja confiabilidad lograda.

5.2.1 La medición de la confiabilidad.

Una medición básica de la probabilidad de confiabilidad de - un producto -o sea la probabilidad de su duración en servicio- se basa en el tiempo medio entre desperfectos. Esta medición conduce a su vez a un parámetro igualmente básico para el producto, o sea la intensidad de las fallas para el mismo sistema, producto o com-

ponente.

La mayor parte de los análisis de confiabilidad se fundan en estudios estadísticos para identificar, producto a producto y componente a componente, las distintas formas de las fallas en función del tiempo, durante el ciclo de vida de los productos o componentes. Se dispone de una gran cantidad de datos de esa confiabilidad, como resultado de los estudios realizados al servicio de las compañías - que están considerando el empleo del producto. La Fig. 507 da una idea de esa clase de datos.

Tubo sencillo temperatura °C	<u>TIPO A</u>		
	% que sobrevive 1000 horas	% que sobrevive 2000 horas	% que sobrevive 3000 horas
220	97	97	97
237	78	64	
261	34	19	10
316	8	3	2
347	0		

Tubo sencillo temperatura °C	<u>TIPO B</u>		
	% que sobrevive 1000 horas	% que sobrevive 2000 horas	% que sobrevive 3000 horas
125	92	89	57
192	72	52	43
263	33	17	50
312	9	1	

Por ejemplo, un modelo que parece ser básico para la mayoría de los sistemas de productos electrónicos, se presenta en la Fig.- 508. El ciclo de vida consta de tres periodos distintos:

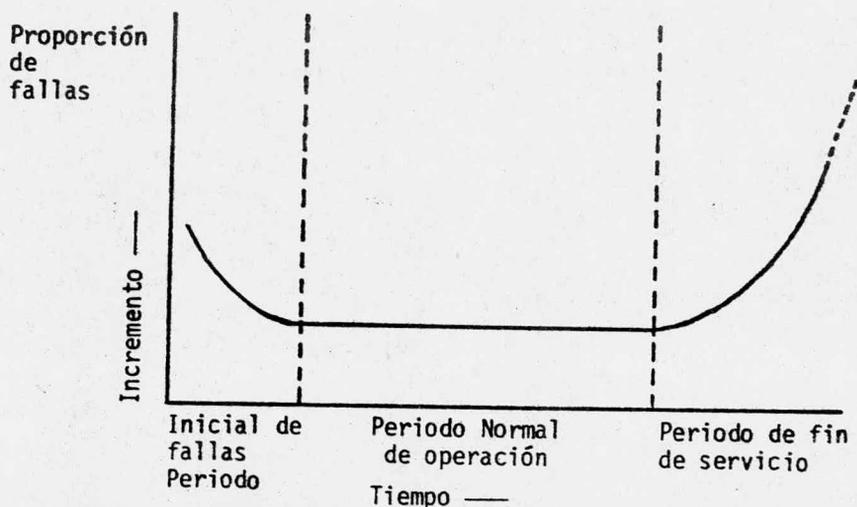
-El primer periodo se denomina periodo inicial de mortalidad y se debe a las fallas anticipadas debidas a causas asignables de naturaleza no imputable al azar. Se distingue este periodo por elevada intensidad de las fallas, las cuales decrecen con rapidez, probablemente hasta el periodo de las 1000 horas o menos.

-El segundo periodo se distingue por una intensidad casi --- constante de fallas, éstas ocurren sólo en forma casual, asociadas a un sistema constante de causas.

-El tercer periodo que se denomina periodo final de servicio, se nota que la intensidad de las fallas crece muy rápidamente, al mismo tiempo que los elementos que aún sobreviven se acerca a cero, hasta que todas las unidades fallan y no queda ninguna por "morir".

Una vez que se llega al establecimiento de este modelo, será posible su aplicación a algunas de las más conocidas distribuciones de la probabilidad matemática, y poder predecir la intensidad de -- las fallas de los productos o los componentes, con los datos suminis

trados por las muestras.



Curva general de la característica de vida

FIGURA 508

5.2.2 Actividades fundamentales de la confiabilidad en el sistema de calidad.

Las actividades del sistema de la calidad, que están enlazadas al establecimiento y control de la intensidad de fallas del producto, en función de los elementos de probabilidad, de tiempo, de rendimiento y de condiciones de operación, representan elementos importantes del trabajo que se debe efectuar en las cuatro tareas del control total de la calidad. Estas actividades de confiabili-

dad se pueden agrupar bajo cuatro rubros:

1. Establecimiento de los requisitos de confiabilidad del producto.
2. Desarrollo del programa de confiabilidad para satisfacer los requisitos, incluyendo el diseño del producto, proceso de manufactura y transportación.
3. Continuación del control de la confiabilidad.
4. Continuación del análisis de la confiabilidad.

Las actividades 1,2, y 4 corresponden a las actividades clave en el trabajo del control-de-proyecto. La actividad 3, es una parte vital de la tarea del control-del-producto.

La Fig. 509 establece la relación entre estas cuatro actividades. Los datos recabados en la continuación del análisis de confiabilidad del producto se regresan para que sean revisados regularmente los requisitos, a fin de comprobar lo correspondiente al diseño del producto, al diseño del proceso, y a los procedimientos de control respectivos.

ACTIVIDADES DE LA CONFIABILIDAD DEL PRODUCTO

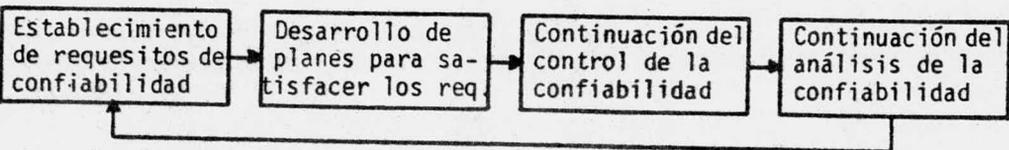


FIGURA 509

Las pruebas continuadas de confiabilidad proporcionan los datos, cuyo análisis indica hacia dónde se debe dirigir el esfuerzo técnico para incrementar la confiabilidad. Algunos componentes indicarán ser los "eslabones débiles" en el sistema. Se deben de estudiar estos eslabones, así como las fallas de mecanismo.

Al ser identificada una falla de mecanismo, será posible decidir si la solución del problema requiere un cambio en el diseño del producto o en los métodos de manufactura, o simplemente un mejor control sobre el proceso de manufactura ya establecido. Un aumento consistente de la confiabilidad por medio de un cambio efectivo del diseño, por el cambio de métodos, o por mejoría del control de calidad, generalmente suministra el medio económico para alcanzar la meta requerida para la confiabilidad del producto.

A fin de ilustrar cómo se asegura la confiabilidad con los resultados de operación del sistema de la calidad, se presentan tres de los subgrupos de este sistema.

1. Apreciación de la calidad antes de la producción.
2. Planeación, evaluación y control de la calidad del material.
3. Servicio de la calidad después de la producción.

Apreciación de la calidad antes de la producción.

A este subgrupo le corresponden las siguientes actividades - de la confiabilidad-del-producto:

-Determinar la norma de confiabilidad que exige el consumi--dor para el producto.

-Identificar con toda claridad las circunstancias externas - que rodearán al producto.

-Determinar el equilibrio económico entre la confiabilidad y los costos totales para lograrla.

-Lograr el diseño más favorable para conseguir la confiabili--dad del producto que se requiere.

-Seleccionar los procesos y los parámetros del proceso que - contribuyan a una alta confiabilidad del producto.

-Demostrar por medio de pruebas sobre los modelos o las fa--bricaciones piloto, que se puede lograr la confiabilidad requerida.

-Eliminar lo más que sea posible en los diseños del producto y en el proceso, cualquier amenaza para la confiabilidad del pro--ducto.

Planeación, evaluación y control de la calidad del material adqui--rido.

Para este subgrupo se consideran algunas actividades de la -
confiabilidad del producto, de las cuales, las siguientes son un -
ejemplo:

-Aclarar el bosquejo de los requisitos con el vendedor.

-Evaluación de la capacidad del vendedor para la producción-
de productos con la confiabilidad requerida.

-Evaluación de la confiabilidad del producto del vendedor en
una forma continuada.

-Coadyuvar con el vendedor para mejorar la confiabilidad del
producto.

Servicio de la calidad después de la producción.

A este subgrupo le corresponden las siguientes actividades -
de confiabilidad del producto.

-Revisar la garantía y la seguridad correspondiente a la con-
fiabilidad del producto y su justo arreglo.

-Apreciar la confiabilidad de los productos de los competi-
dores.

-Establecer una corriente de información de la factorfa al -
terreno, relativa a los problemas anticipados de confiabilidad y -

su acción correctiva.

-Establecer una corriente de información del terreno a la --
factoría con relación a los problemas de confiabilidad que se hayan
descubierto y su acción correctiva.

-Certificación de la confiabilidad del producto para el com-
prador.

-Glosar la confiabilidad del producto después de su embarque,
durante y después de su almacenamiento, después de su instalación,-
y durante su empleo.

-Mantenimiento de la confiabilidad por medio de instrucciones
convenientes que se refieran a su instalación, mantenimiento y em--
pleo; capacidad de servicio del producto; procedimiento y herramienu
tas para las reparaciones; costo de la calidad y oportunidad de su-
servicio en el terreno.

-Medir el rendimiento de la confiabilidad del producto en el-
terreno por sus costos y la proporción de las fallas.

CONCLUSIONES

La información que se ha proporcionado a lo largo de esta tesis incluye todos aquellos elementos que son necesarios para lograr desarrollar un sistema de aseguramiento de calidad de origen que sea aplicable a la industria terminal automotriz mexicana, considerando su grado de desarrollo actual y la evolución que requiere para ser capaz de competir en el mercado internacional. Los lineamientos de dichos sistemas, determinan las actividades inherentes a la certificación de la calidad de las partes que fabrican los proveedores nacionales por parte de los auditores de calidad de origen.

En forma particular, podemos citar las siguientes conclusiones:

1. La industria terminal automotriz en México sufre actualmente graves problemas de calidad deficiente provocados por: Rechazos inesperados de alguna parte componente de vehículo, deficiente calidad de ensamble de vehículos, altos costos -- por reclamaciones de garantía, etc. Esto es debido a que sólo se da solución a problemas ya existentes dado que se carece de una estructura adecuada de planeación de calidad por medio de la cual se prevenga en forma sistemática el comportamiento en servicio de las partes componentes, para la cual en el presente trabajo se plantea la necesidad mandatoria de

solucionar en forma completa los problemas por medio de un sistema preventivo de calidad.

2. Al elaborar el presente estudio se ha tenido cuidado en no complicar los procedimientos, sistemas y modo de aplicación con el fin de facilitar su uso a cualquier persona que se -
cuenta con estudios a nivel licenciatura dentro del área de Ingeniería, tomando en cuenta que el personal tanto de la -
Ind. terminal automotriz como el de los proveedores naciona
les pueda tener fácil acceso a toda la información y con --
ello se logre una aplicación directa que origine resultados positivos en el menor tiempo posible.

3. Al iniciar a recopilar la información para desarrollar esta tesis, nos pudimos percatar de que no existen suficientes -
fuentes de datos a nivel nacional. La mayoría de los siste
mas existentes han sido copiados de modelos extranjeros per
tenecientes a países, desarrollados, los cuales en su mayo
ría no son completamente aplicables a la industria en Méxi
co. A diferencia del presente trabajo que ha sido especial
mente elaborado para este fin, lo cual representa una impor
tante y novedosa aportación al desarrollo de nuestra indus
tria.

4. Considerando que actualmente un alto porcentaje de proveedores de la industria nacional automotriz no cuentan con un departamento definido y estructurado de control de calidad, -- así como con personal capacitado específicamente para la realización de estas actividades, con el presente estudio se ha desarrollado un sistema versátil que podrá ser aplicado - por cualquier planta terminal para mejorar los sistemas de calidad de sus proveedores y de esta forma alcanzar y mantener un nivel de calidad aceptable.

5. Se ha estudiado ampliamente dentro de esta tesis las herramientas estadísticas por medio de las cuales se puede tener un control diario, semanal y mensual que refleje las tendencias del proceso y del producto terminado con el fin de contar con un control práctico que permita tomar acciones que contribuyan a superar el nivel de calidad de las partes manufacturadas nacionalmente.

Estas herramientas son de suma importancia ya que en la actualidad un mínimo de proveedores nacionales las utilizan por - la razón de que en México el control estadístico es relativamente nuevo y algunos proveedores carecen de los conocimientos necesarios para su correcta aplicación y su máximo apro-

vehamiento.

Al avanzar hacia niveles de calidad más elevados se podrá alcanzar cada vez un mayor porcentaje de partes que sean fabricadas por proveedores nacionales. De esta forma se estará realizando una aportación al auxiliar a un sector tan importante de la industria como es el automotriz a lograr ser una fuente de divisas para el país a base de alcanzar los niveles de calidad de exportación tanto en los automóviles como en las partes componentes y de esta forma abrir los mercados internacionales y convertir en exportadores tanto a las grandes ensambladoras como a sus proveedores.

B I B L I O G R A F I A

"CONTROL DE MATERIALES ADQUIRIDOS"

José Lázaro Támez Guerra

Conferencia del IX Congreso Nacional de Control de Calidad. Imecca, México, 1981 (Pág. 119)

"SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD"

Rafael Torres Rangel

Conferencia del IX Congreso Nacional de Control de Calidad. Imecca, México, 1981 (Pág. 157)

"CONTROL DE CALIDAD EN LOS MATERIALES DE COMPRA"

Pedro Razo Pérez

Conferencia del IX Congreso Nacional de Control de Calidad. Imecca, México, 1981 (Pág. 253)

"DESARROLLO DE UN SISTEMA INTEGRAL DE LA CALIDAD"

Antonio Rodriguez

Conferencia del IX Congreso Nacional de Control de Calidad. Imecca, México, 1985 (Pág. 453)

"COMO TRANSFERIR A LAS PLANTAS CONVENCIONALES LA EXPERIENCIA EN -- ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ADQUIRIDA EN UN PROYECTO NUCLEAR"

Rodolfo Ledesma Monroy

Conferencia del IX Congreso Nacional de Control de Calidad. Imecca, México, 1985 (Pág. 653)

"QUALITY CONTROL HANDBOOK"

J.M. Jurán

MacGraw Hill 1974 (Capítulos 10 y 42)

"STATISTICAL QUALITY CONTROL"

E.L. Grant

MacGraw Hill 1971

"INTRODUCTION TO STATISTICAL ANALYSIS"

W.J. Dixon

MacGraw Hill 1969

"SAMPLING INSPECTION TABLES"

Harold Dodge

John Wiley and Sons, 1959