



UNIVERSIDAD ANAHUAC

VINCE IN DOMO MALUM

6
74' 323817
UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA INGENIERIA

Con Estudios Incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México

CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD PARA UNA ROTULA DE SUSPENSION

Tesis Profesional

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

EN EL AREA INDUSTRIAL

P r e s e n t a :

Ramón Clifford Aznar Coon

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1968



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.

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION	4
CAPITULO I :	
ALCANCES Y OBJETIVOS DE LA EMPRESA	
1.1 Antecedentes de la empresa	6
1.2 Políticas a implantar en la empresa	7
1.3 Alcances de la empresa	8
1.4 Organización actual de la empresa	9
1.4.1 Gerencia de Producción	10
1.4.2 Gerencia de Ventas	12
1.4.3 Gerencia de Ingeniería	13
1.4.4 Gerencia de Abastecimientos	14
1.4.5 Gerencia de Administración y Finanzas	15
1.4.6 Gerencia de Relaciones Industriales	16
1.4.7 Gerencia de Aseguramiento de Calidad	17
1.5 Organización de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad	
1.5.1 Departamento de Estadística	18
1.5.2 Departamento de Laboratorio e Inspección de Recibos	19
1.5.3 Departamento de Inspección en Proceso	20
1.5.4 Departamento de Inspección Final	20
1.5.5 Departamento de Seguimiento de Problemas	21

CAPITULO II :

DESCRIPCION DE LA MANUFACTURA DEL PROCESO

2.1	Rótula de Suspensión	24
2.2	Diagrama de Ruta de Proceso	25
2.3	Diagramas de Flujo de Proceso	33
2.3.1	Diagrama de los componentes de la rótula en la ruta de recibo de materiales	35
2.3.2	Diagrama para el cuerpo de la rótula de suspensión	36
2.3.3	Diagrama para el perno de la rótula de suspensión	37
2.3.4	Diagrama para el ensamble final de la rótula de suspensión.	38
2.4	Diagramas del proceso	39

CAPITULO III :

SISTEMAS DE INSPECCION

3.1	Inspección de materiales	
3.1.1	Inspección en Recibo de Materiales	46
3.1.2	Sistema de calificación a proveedores	51
3.2	Inspección de materiales en proceso	53
3.3	Inspección final de producto terminado	57

CAPITULO IV :

CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO Y SUS APLICACIONES

4.1	Introducción al control estadístico del proceso	60
4.2	Gráficas de Medias y Rangos (X - R)	

4.2.1	Fundamentos de la gráfica	64
4.2.2	Aplicación al proceso	79
4.3	Gráficas de control por Atributos (P) y (NP)	
4.3.1	Fundamentos de la gráfica	111
4.3.2	Aplicación al proceso	
4.3.2.1	Aplicación de la gráfica (P)	132
4.3.2.2	Aplicación de la gráfica (NP)	145
CAPITULO V :		
	CONCLUSIONES	153
CAPITULO VI :		
ANEXOS		
6.1	Relación de figuras	154
6.2	Relación de tablas	156
6.3	Relación de gráficas	157
6.4	Relación de fórmulas	159
CAPITULO VII :		
	BIBLIOGRAFIA	161

I N T R O D U C C I O N

Nuestro país atraviesa por una etapa crítica en cuanto a su situación económica, esto se debe a una serie de cambios estructurales y operativos tanto nacionales como internacionales. Estos cambios han surgido principalmente por la caída drástica en el precio del petróleo, la exigencia de los consumidores por productos mejores y la entrada de México al G.A.T.T. .

Por años, la economía de México estuvo basada en la exportación del petróleo, pero con la caída de su precio, México tuvo que buscar otra fuente de divisas para cubrir este déficit, y lo encontró en la industria manufacturera. Esto trajo como consecuencia la necesidad de vender sus productos a otros países y para facilitar estas ventas, decidió formar parte del G.A.T.T. .

Al entrar México al G.A.T.T. la industria se da cuenta que sus productos son de precio competitivo, más su calidad es inferior a la de otros países, por lo que al encontrarse con esta situación empieza a buscar la forma de mejorar su calidad. Esto lo encuentra con el sistema de " Control Total de la Calidad ", que tiene como fundamento la implantación del " Control Estadístico de la Calidad " en los procesos de producción.

En el ramo automotriz esta situación se agrava más aún ya

que las empresas extranjeras exigen a sus organizaciones afiliadas en México, la implantación de este sistema tanto dentro de sus propias industrias como en las plantas de sus proveedores.

Es aquí donde surge la inquietud de realizar un trabajo donde se expongan los principios y fundamentos del sistema de control estadístico de la calidad. Este se realizará en forma de manual que sirva como guía para la implantación de este sistema en los procesos productivos.

Con el fin de que el lector tenga una idea más clara de este tema, los principios y fundamentos se aplicarán a una rótula de suspensión automotriz. Esta se ha escogido debido a que es un elemento de seguridad ya que es una parte fundamental en la dirección y suspensión de un vehículo. Al ser considerada una pieza de seguridad se tendrá que implantar este sistema estrictamente.

CAPITULO I

ALCANCES Y OBJETIVOS DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la Empresa.

La empresa empezó sus operaciones hace 27 años como una compañía manufacturera de productos de alta precisión, creciendo dentro de un grupo de diez empresas que cuentan con un capital 100% mexicano.

Desde el inicio, las metas de la empresa han sido especializarse en los procesos de manufactura de alta tecnología en partes para la Industria Automotriz, promoviendo el desarrollo industrial de México; desarrollando la integración local de los componentes; creando empleos y manteniéndose actualizado con los últimos avances tecnológicos.

El equipo de manufactura de la empresa es moderno, el cual es constantemente renovado y adquirido de proveedores a nivel mundial.

La amplia diversidad de las empresas del grupo, le da la facilidad de proveerse con sus propias materias primas.

Todos estos avances son producidos en instalaciones especiales, siendo la " Calidad del Producto " su objetivo principal. La tecnología de este equipo, es proveniente de países como Alemania, Estados Unidos y Japón. Esta combinación de tecnología trae como consecuencia que la empresa llegue a ser altamente competitiva en los mercados de América y Europa.

Las metas actuales que persigue la empresa son : invertir en nuevos proyectos, introducir tecnología avanzada y fabricar productos de " Alta Calidad " .

1.2 Políticas a implantar en la empresa.

El objetivo que se ha propuesto la empresa para lograr la máxima satisfacción de sus clientes, es la de introducir la política de " Excelencia a través de la Calidad ", que se basa principalmente en las siguientes tres filosofías operativas:

- 1.2.1 La primera se basa en satisfacer las necesidades y expectativas del " Cliente ". Es necesario determinar que las especificaciones como expectativas son cambiantes y evolucionan día con día. El enfoque no está centrado en las especificaciones; sino en las necesidades actuales de los clientes y en sí mismos.
- 1.2.2 La segunda se basa en mantener un ambiente de trabajo en el que se estimule a la totalidad de los empleados de la empresa, no solo al personal de manufactura, calidad del

producto o ingeniería, quienes tradicionalmente han estado asociados con la calidad del producto, sino cada uno de los empleados de la empresa, ya que cada uno juega un papel importante en la calidad de todos los productos.

- 1.2.3 La tercera se basa en las mejoras que deben existir en la calidad del producto y en la eficiencia de la empresa. El principal objetivo de ésta, es la de obtener y crear mejoras constantemente. Estos adelantos constantes en la calidad y productividad deben de existir para poder responder a las necesidades crecientes del mercado tanto nacional como internacional.

1.3 Alcance de la empresa.

Las políticas actuales de la empresa, se basan en nueve principios básicos de operación, los cuales se indican a continuación:

- 1.3.1 Ser innovador en el desarrollo de productos que satisfagan las necesidades actuales del cliente.
- 1.3.2 Adoptar como premisa fundamental que el actual nivel de rendimiento pueda ser mejorado, planeando mejoras continuas en todas las áreas para obtener productos de alta calidad eficientemente.

- 1.3.3 Adoptar el enfoque de prevención de defectos en lugar de su detección, evitando así la inspección masiva para controlar la calidad y en su lugar instituir el control de proceso utilizando " Métodos Estadísticos " .
 - 1.3.4 Mejorar la eficiencia por medio de la superación y motivación del personal.
 - 1.3.5 Exigir a los proveedores adoptar la filosofía de " Mejoras constantes en la calidad de sus productos y servicios " .
 - 1.3.6 Crear un ambiente de comunicación abierta entre los empleados y directivos.
 - 1.3.7 Proveer a los directivos de la empresa, de un alto entendimiento sobre los métodos estadísticos utilizados en la misma.
 - 1.3.8 Instituir en la empresa un entrenamiento básico para todos los empleados, sobre los métodos estadísticos usados en la búsqueda de la calidad total de los productos.
 - 1.3.9 Asegurar una capacitación continua y entrenamiento apropiado para la superación de todos los empleados en sus diversas áreas de trabajo.
- 1.4 Organización actual de la empresa.

Es de suma importancia lograr una buena organización de una empresa, lo cual se entiende como: "El proceso de definir

y agrupar las actividades de la empresa, de manera que éstas puedan asignarse lo más lógicamente posible, y ejecutarse con toda efectividad " (*). ya que con esto se logrará una clara asignación de deberes con el fin de obtener las ventajas de la fijación de responsabilidades. Con esta organización se coordinará e integrarán todas las partes fundamentales de la empresa.

A continuación se presenta el organigrama de la empresa, a nivel gerencial (fig. 1.1), y posteriormente el organigrama de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad (fig. 1.2).

1.4.1 Gerencia de Producción

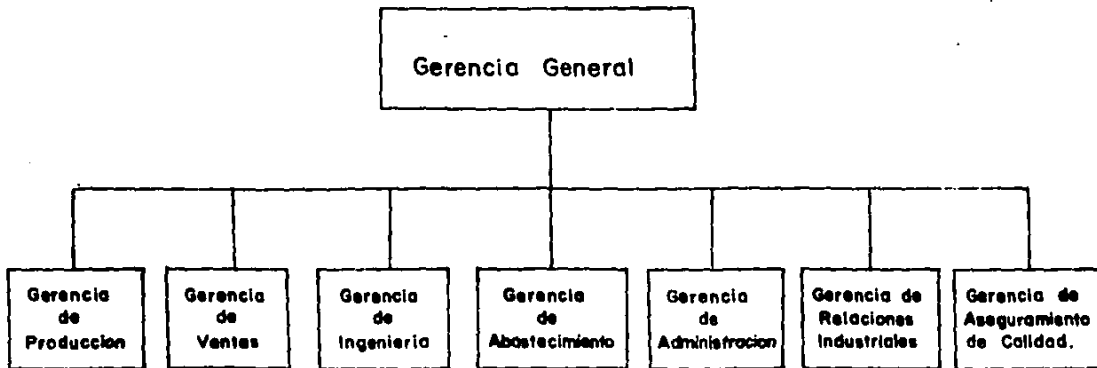
1.4.1.1 Función Principal

Es responsable de planear, coordinar, organizar y controlar las actividades del personal bajo su cargo, para cumplir los programas de producción, apegándose a la distribución de la planta establecida, a las normas y objetivos de seguridad y calidad, así como a las leyes y ordenamientos laborales vigentes.

(*) Manual de la Ingeniería Económica y Organización Industrial, por Grant R. Eugeno, edit. C.E.C.S.A., pag. 20

Fig. 1.1 Organigrama de la Empresa

(Nivel Gerencial)



1.4.1.2 Responsabilidades:

- a) Adiestrar y exigir a su personal el cumplimiento de las normas de calidad requeridas.
- b) Vigilar que el personal bajo sus órdenes no genere desperdicios excesivos de materiales como de materias primas.
- c) Es responsable del buen uso y conservación del equipo de su área de trabajo.
- d) Conocer íntimamente su operación y poder diagnosticar y prever dificultades.
- e) Exigir al personal bajo sus órdenes el apearse a los manuales y procedimientos de operación.
- f) Vigilar que no falten los materiales en las líneas de producción.
- g) Sugerir ideas o sistemas que originen economía en los procesos de producción.
- h) Tomar acciones correctivas en el proceso productivo cuando surja un desperfecto.

1.4.2 Gerencia de Ventas

1.4.2.1 Función Principal:

Determinar las necesidades del cliente, quedando establecidas mediante documentos y/o contratos, las normas y especificaciones de fabricación, así con todas y cada una de

las características especiales del producto que garanticen su buen funcionamiento y por ende satisfagan dichas necesidades.

1.4.2.2 Responsabilidades:

- a) Proporcionar toda la información necesaria a la gerencia de ingeniería sobre las especificaciones requeridas por el cliente.
- b) Ser el retroalimentador de la empresa sobre el funcionamiento de los productos fabricados por la empresa.
- c) Elaborar en forma completa y oportuna, cualquier cotización sobre productos solicitados a la empresa, ya sea de línea o de ensamble.
- d) Coordinar y controlar, conjuntamente con la gerencia de ingeniería, las pruebas que se realicen fuera de la empresa.

1.4.3 Gerencia de Ingeniería

1.4.3.1 Función Principal :

Desarrollar la información técnica necesaria para la elaboración de los productos de acuerdo a la tecnología de la empresa, apeándose a las necesidades del cliente.

1.4.3.2 Responsabilidades:

- a) Establecer correctamente los requerimientos y necesidades del cliente.
- b) Elaborar los diseños, dibujos, especificaciones, procedimientos y cualquier otro documento con base en las normas de fabricación y las necesidades establecidas por el cliente, cumpliendo además con la calidad y el costo establecidos para el producto.
- c) Dar apoyo técnico cuando así lo soliciten al departamento de compras para los requerimientos de materiales.
- d) Colaborar en la identificación de causas y correcciones de fallas de productos fuera de especificaciones, así como mantener esta información como provisión futura de posibles problemas.
- e) Coordinarse con otras áreas de la empresa, para la implantación de nuevos sistemas de producción.

1.4.4 Gerencia de Abastecimientos

1.4.4.1 Función Principal:

Es responsable de coordinar, comprar, transportar, recibir y almacenar los materiales requeridos en las diversas actividades de producción y mantenimiento de la empresa.

1.4.4.2 Responsabilidades:

- a) Comprar los materiales que cumplan con los requerimientos especificados por ingeniería del producto y por las normas de calidad establecidas.
- b) Seleccionar proveedores confiables en base a la evaluación realizada con la gerencia de aseguramiento de calidad.
- c) Mantener informado a los proveedores de los niveles de calidad requeridos por la empresa.
- d) Facilitar al proveedor la información clara y completa sobre las especificaciones del material solicitado.
- e) Activar todos los pedidos y/o contratos que se establezcan para que se cumplan en el plazo acordado y con las especificaciones definidas.
- f) Mantenerse al tanto de los planes de fabricación de la empresa, con el objeto de estar en condiciones de conocer el estado de los inventarios de los diversos materiales empleados en la producción.

1.4.5 Gerencia de Administración y Finanzas

1.4.5.1 Función Principal

Es responsable de analizar y controlar los costos y el pago de impuestos de la empresa, cobrar a los clientes, así como pagar a los proveedores, aprobar los presupuestos, y

tener al corriente los estados financieros de la empresa.

1.4.5.2 Responsabilidades:

- a) Revisar los presupuestos ya sean de inversiones o de compras de materiales y equipo.
- b) Vigilar que se efectúen los pagos, así como las cobranzas pendientes.
- c) Es responsable de vigilar que todos los empleados estén en nómina.
- d) Vigilar que se remunere correctamente a todas las personas que laboran en la empresa.

1.4.6 Gerencia de Relaciones Industriales

1.4.6.1 Función Principal

Proveer y auxiliar a la empresa en el reclutamiento, selección, contratación y adiestramiento de todos los trabajadores que requiera la empresa tanto para el funcionamiento como para su seguridad.

1.4.6.2 Responsabilidades:

- a) Es responsable de elaborar y hacer cumplir los programas de adiestramiento y capacitación satisfaciendo así los requerimientos de la empresa.

- b) Supervisar el entrenamiento y capacitación al personal.
- c) Promover campañas de seguridad dentro de la empresa para evitar con ello en lo posible actividades y condiciones inseguras que pongan en riesgo al personal.
- d) Es responsable de llevar lo más adecuadamente posible, las relaciones obrero-patronales, buscando que éstas sean abiertas y cordiales.
- e) Es responsable de administrar el contrato colectivo de trabajo.

1.4.7 Gerencia de Aseguramiento de Calidad

1.4.7.1 Función Principal

Garantizar que los productos fabricados sean de óptima calidad, verificando las actividades dentro de la empresa desde el recibo de la materia prima hasta el embarque final del producto, con el fin de cubrir totalmente los requerimientos del cliente.

1.4.7.2 Responsabilidades:

- a) Establecer y mantener un sistema bien documentado de aseguramiento de calidad, con el propósito de lograr la obtención de la " Excelencia de la Calidad " en los productos.

- b) Establecer los estándares de calidad para la inspección tanto de materia prima, como de producto en proceso y producto terminado.
- c) Mediante la inspección del proceso, dar aprobación a partes y ensambles para proseguir el flujo de fabricación.
- d) Asesorar al personal de producción o inspección en el entendimiento y aplicación de los procesos de control de calidad.
- e) Cooperar en la investigación, determinación y seguimiento de las acciones preventivas y correctivas dadas a problemas presentados durante la producción.

1.5 Organización de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad

1.5.1 Departamento de Estadística y Planeación

1.5.1.1 Función Principal:

Es la de recabar datos estadísticos sobre la producción para así detectar variaciones en el proceso, designar a éstas como evitables o inevitables, así como de sugerir a estas variaciones una solución posible y a la vez económica.

1.5.1.2 Responsabilidades:

- a) Recabar los datos necesarios para realizar las estadísticas

en los puntos acordados.

- b) Elaborar las cartas estadísticas donde el obrero vaciará los datos encontrados.
- c) Elaborar las gráficas de control estadístico para poder detectar las variaciones en las mismas.
- d) Sugerir soluciones a estas variaciones de la producción.

1.5.2 Departamento de Laboratorio o Inspección de Recibos

1.5.2.1 Función Principal

Es la de controlar la calidad de los materiales y partes que se reciben en la empresa para ser utilizados en la manufactura de los productos.

1.5.2.2 Responsabilidades:

- a) Solicitar y verificar que el material que llegue a la empresa, contenga un certificado de calidad válido a nivel nacional como internacional.
- b) Elaborar todo tipo de pruebas al material recibido y enviar los resultados al departamento de estadística y planeación del aseguramiento de calidad.
- c) Llevar una estricta evaluación de los proveedores tanto de materia prima como de materiales diversos.
- d) Reportar cualquier anomalía en el material recibido y tomar

medidas para su corrección o reemplazo.

1.5.3 Departamento de Inspección de Proceso

1.5.3.1 Función Principal:

Es la de garantizar una fabricación uniforme dentro de las especificaciones de calidad requeridas, apoyadas en técnicas estadísticas.

1.5.3.2 Responsabilidades:

- a) Verificar que el material que se está procesando se encuentre dentro de las normas de calidad establecidas.
- b) Realizar pruebas estadísticas para verificar la calidad del producto.
- c) Enviar los resultados al departamento de estadística y planeación del aseguramiento de calidad.
- d) Reportar a producción las fallas encontradas tanto en los materiales como en el proceso.
- e) Elaborar y manejar tarjetas de traslado, rechazo y de retrabajo según sea el caso.
- f) Sugerir soluciones a las variaciones en la producción.

1.5.4 Departamento de Inspección Final

1.5.4.1 Función Principal:

Es la de garantizar que el producto terminado que entre a los almacenes o que salga hacia los consumidores, cumpla con los requerimientos de calidad establecidos.

1.5.4.2 Responsabilidades :

- a) Verificar correctamente que el producto terminado esté dentro de las normas de calidad establecidas.
- b) Verificar que el producto terminado se encuentre dentro de las especificaciones fijadas por el cliente.
- c) Elaborar todo tipo de pruebas al producto terminado y enviar los resultados al departamento de estadística y planeación del aseguramiento de calidad.
- d) Reportar a producción las fallas encontradas en el producto.

1.5.5 Departamento de Seguimiento de Problemas

1.5.5.1 Función Principal:

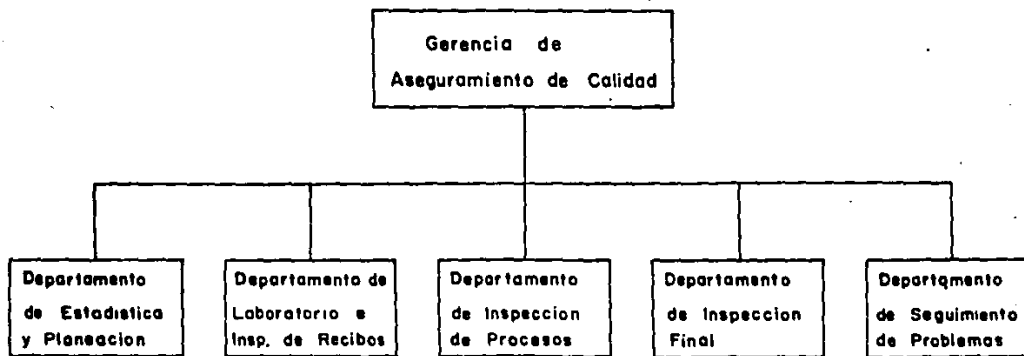
Es la de presentar alternativas de solución a las fallas detectadas en la implantación del sistema de aseguramiento de calidad, así como el de elaborar el seguimiento sobre las acciones correctivas al proceso.

1.5.5.2 Responsabilidades:

- a) Dar solución eficaz a las fallas detectadas en la empresa.
- b) Elaborar rutas de seguimiento para las fallas detectadas en el proceso.
- c) Sugerir medidas correctivas a los procesos de producción.
- d) Dar aviso al área correspondiente sobre las medidas correctivas tomadas.

En la fig. 1.2 siguiente, se muestra el organigrama de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad.

Fig.1.2 Organigrama de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad



CAPITULO III

DESCRIPCION DE LA MANUFACTURA DEL PROCESO

2.1 Rótula de Suspensión

Las rótulas de suspensión se encuentran situadas en los extremos de la barra de acoplamiento de la dirección de un vehículo.

La barra de acoplamiento es de construcción similar a la biela de dirección, termina normalmente en dos rótulas que pueden rozarse más o menos sobre la barra, para poder variar la longitud de ésta y con ello hacer que las ruedas estén paralelas y así lograr un buen funcionamiento en el rodaje de las llantas.

Las rótulas de suspensión empleadas en la barra de acoplamiento, van situadas entre dos "cazotetas" o portaeferas presionadas por muelles, que permiten cierta amortiguación muy necesaria, pues se debe tener en cuenta que la barra de acoplamiento recibe los esfuerzos directos producidos por el rodamiento del vehículo.

Las funciones principales de las rótulas son dos: la de amortiguar los golpes para que la barra de acoplamiento no los reciba o los reciba pero con menor intensidad y la de absorber las pequeñas variaciones de la longitud en la barra de

acoplamiento que se producen durante el trabajo de un vehículo.

Las partes principales de una rótula de suspensión son las que se muestran en el diagrama 2.1 y que se mencionan a continuación :

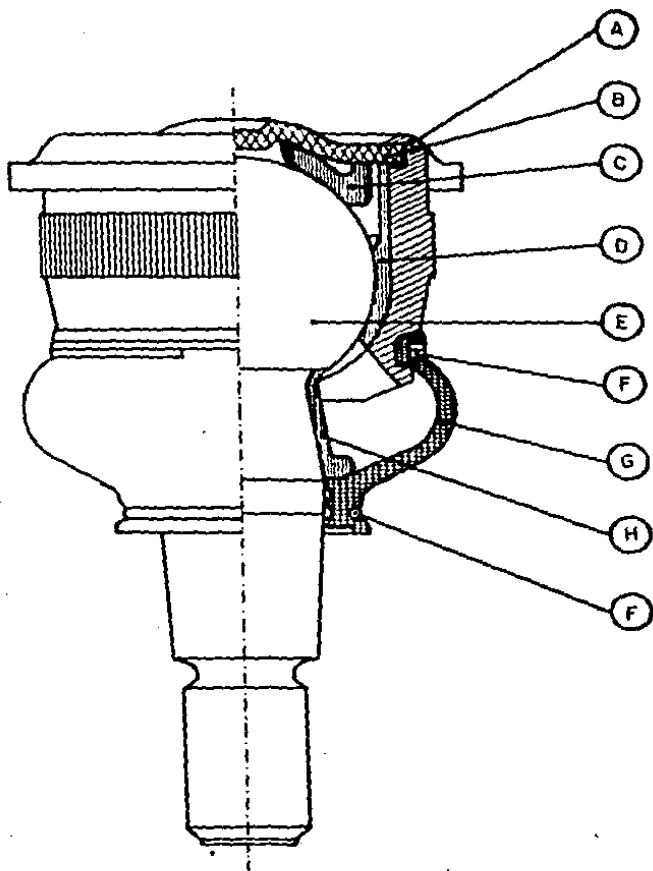
- a) Cuerpo de la rótula
- b) Tapa del cuerpo de la rótula
- c) Porta-esfera superior
- d) Porta-esfera inferior
- e) Perno esférico de la rótula
- f) Anillos de sujeción
- g) Cubre polvo
- h) Sosten

2.2 Diagrama de Ruta de Proceso

Sin ser la intención el de dar una definición, sino únicamente con el propósito de visualizar esta sección en un sentido más amplio, el diagrama de ruta de proceso se comprende como la descripción del proceso de transformación que se usa para convertir insumos en productos.

Para poder facilitar el diagrama de ruta de proceso, éste se ha dividido en tres secciones que son las que a continuación se mencionan:

Fig. 2.1 Rótula de Suspensión



- a) Ruta de Recibo de Materiales
- b) Ruta de Maquinado
- c) Ruta de ensamble

Cabe hacer notar que en el diagrama de ruta de maquinado solo se mencionan dos operaciones, esto se ha hecho con el fin de no extender demasiado el diagrama, ya que la ruta que sigue cada operación es la misma. Dentro del diagrama de flujo de proceso, se podrá observar las diferentes operaciones que se llevan a cabo.

A continuación se presentan los tres diagramas de ruta de proceso.

Fig. 2.2 Ruta de Recibo de Materiales

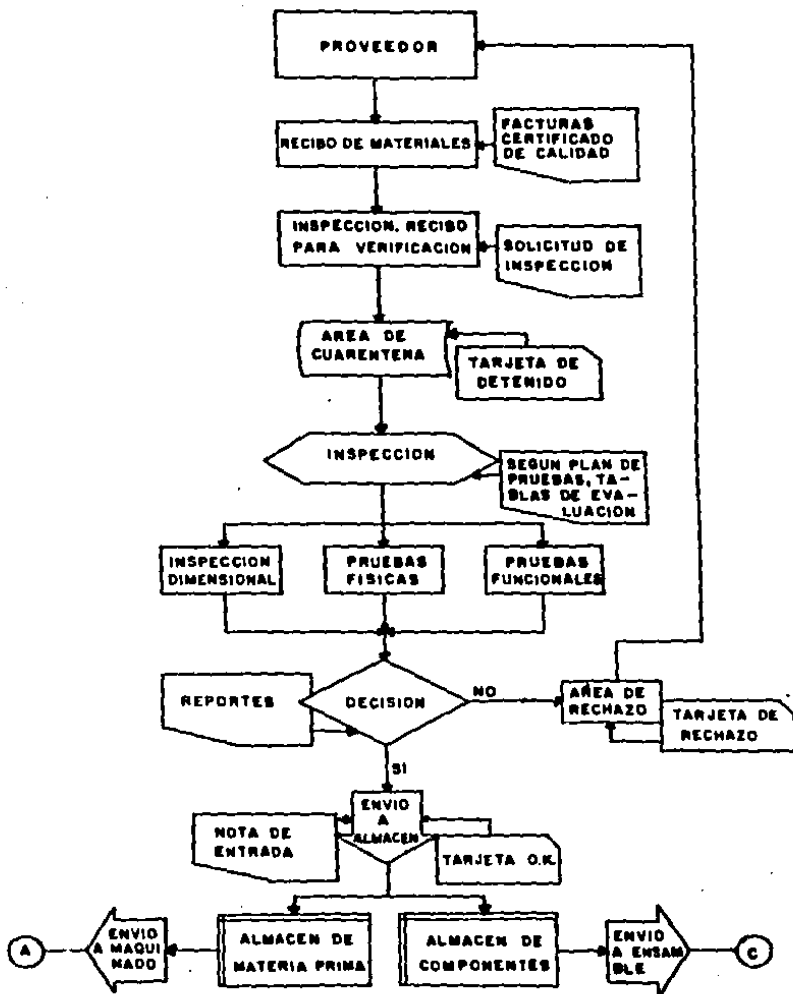


Fig. 2.3 Ruta de Maquinado

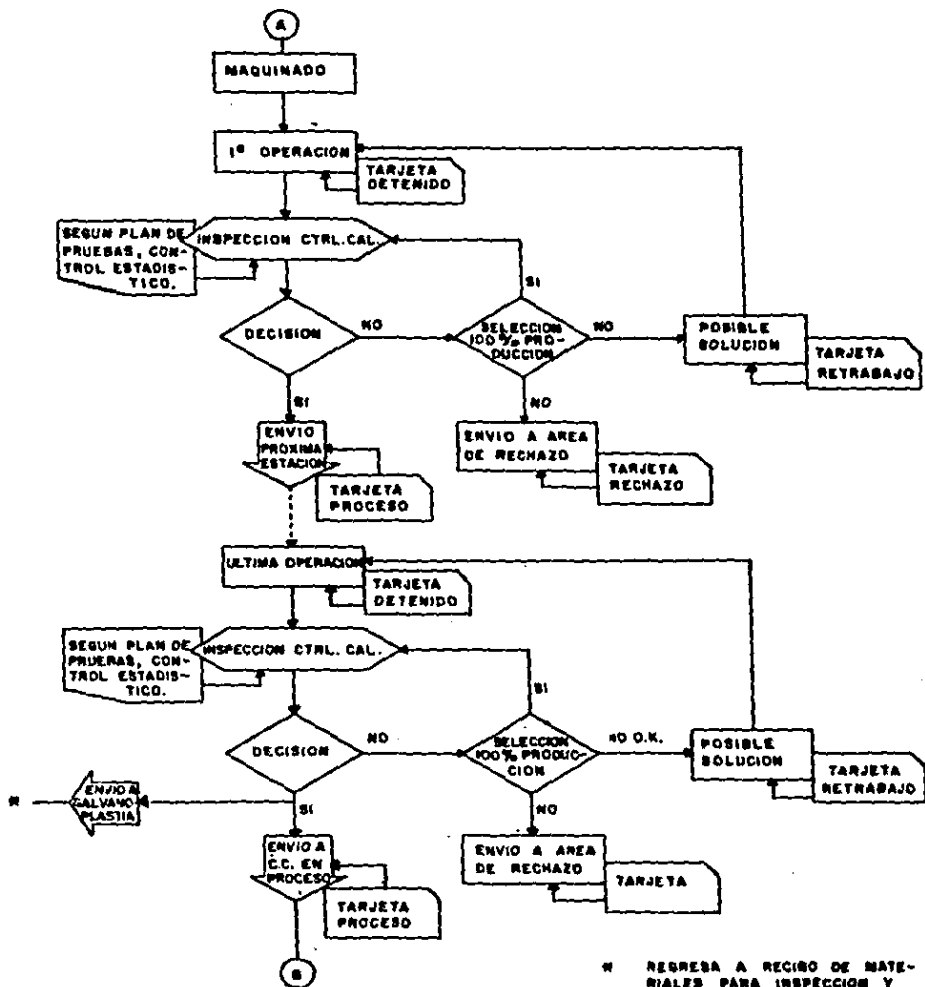


Fig. 2.4 Ruta de Maquinado

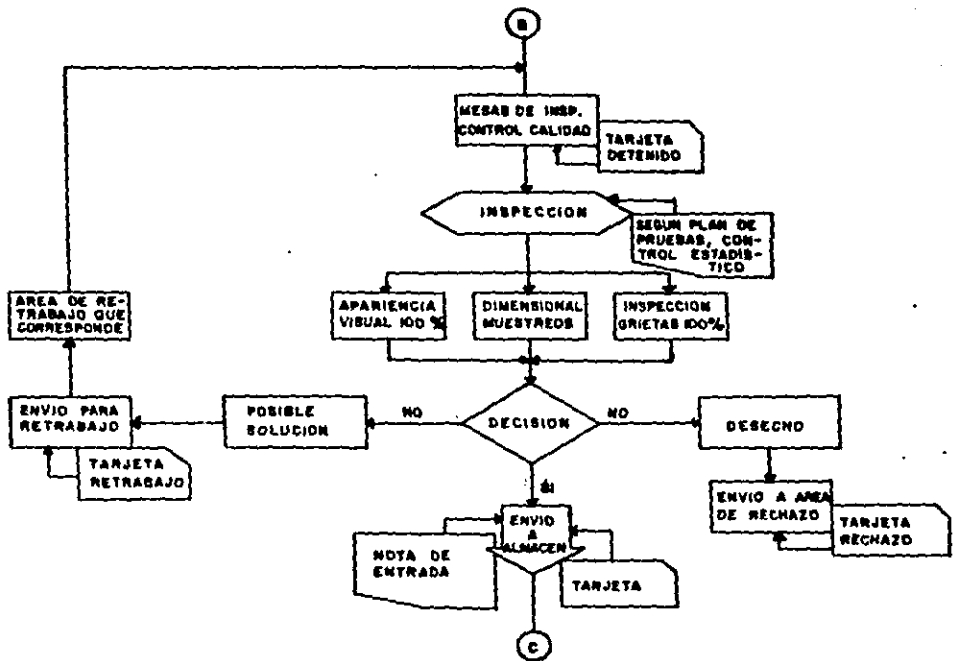


Fig. 2.5 Ruta de Ensamble Final

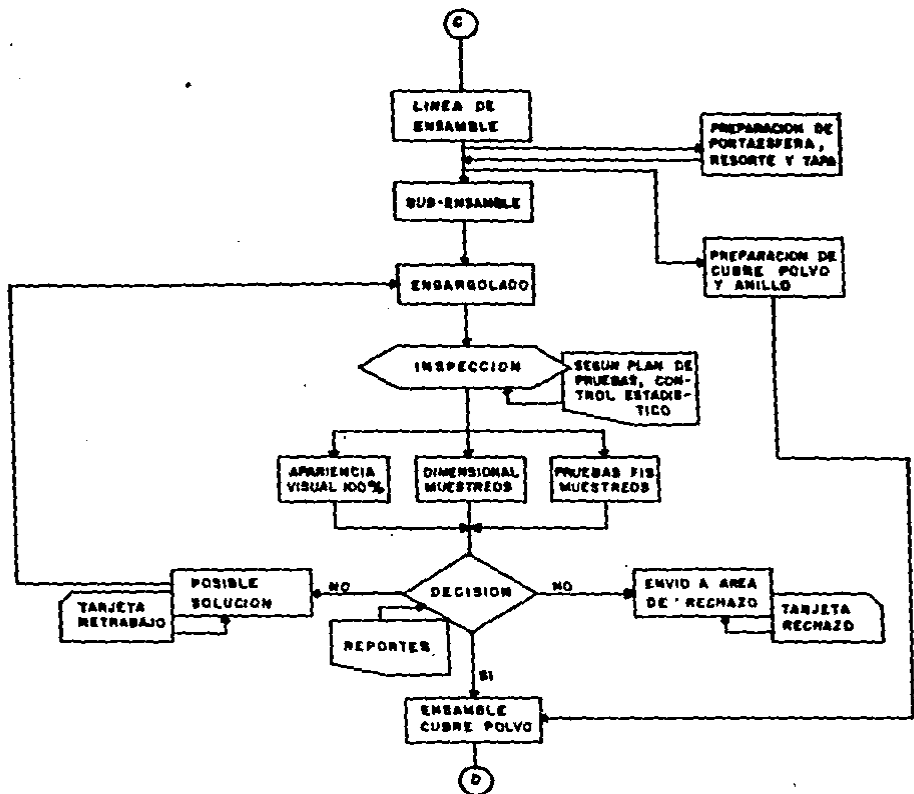
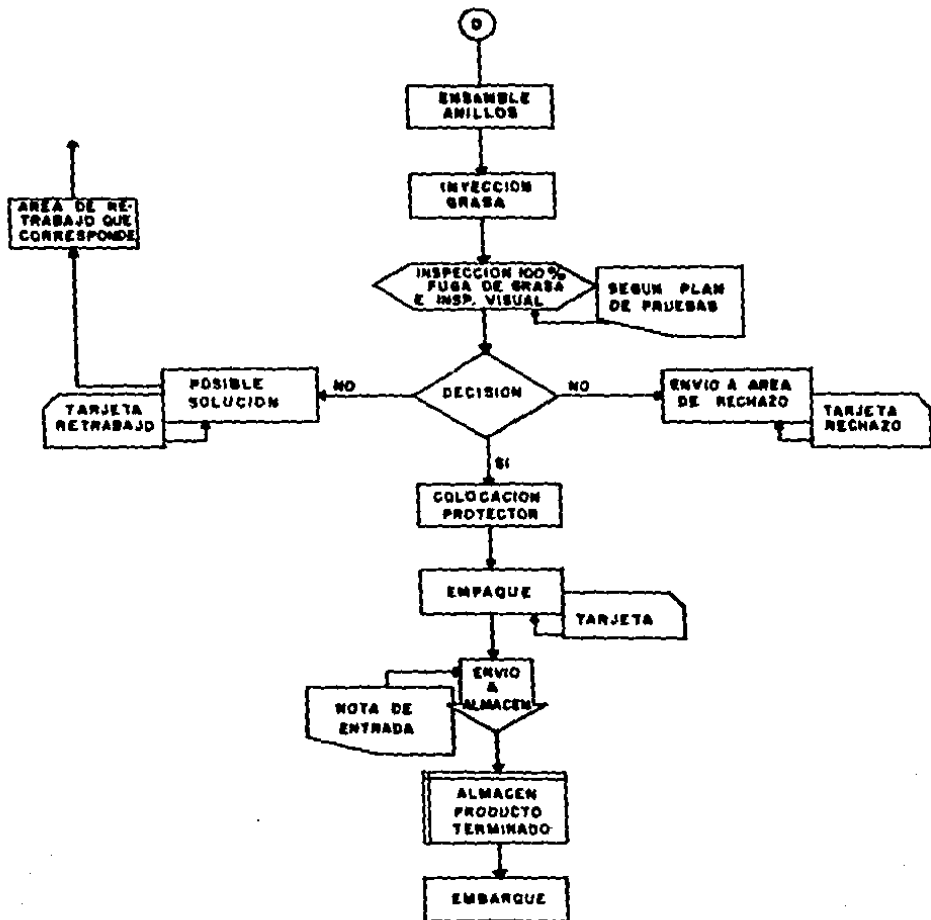


Fig. 2.6 Ruta de Ensamble Final



2.3 Diagramas de Flujo del Proceso

Con la finalidad de analizar de base el proceso de producción y para ayudar a encontrar y eliminar deficiencias, es conveniente clasificar en cinco tipos las acciones que suceden durante un proceso dado.

OPERACION: Una operación tiene lugar cuando se alteran las características físicas o químicas de algún objeto.



TRANSPORTE: Este tiene lugar cuando se desplaza un objeto de un lugar a otro excepto cuando tales movimientos formen parte de una operación.



INSPECCION: Se dice que se tiene lugar una inspección, cuando se examina un objeto para identificarlo o para verificar la calidad de cualquiera de sus características.



DEMORA: La demora tiene lugar cuando las condiciones no permiten o no requieren de la ejecución inmediata de la próxima acción.



ALMACENAJE: Se llama así a salvaguardar o proteger a todos los materiales de cualquier situación que pueda causar un daño o deterioro a ellos.



Con el fin de facilitar la comprensión del diagrama de flujo del proceso se ha dividido a la rótula de suspensión en sus dos grandes componentes que son:

- a) Cuerpo de la rótula de suspensión
- b) Perno esférico de la rótula de suspensión

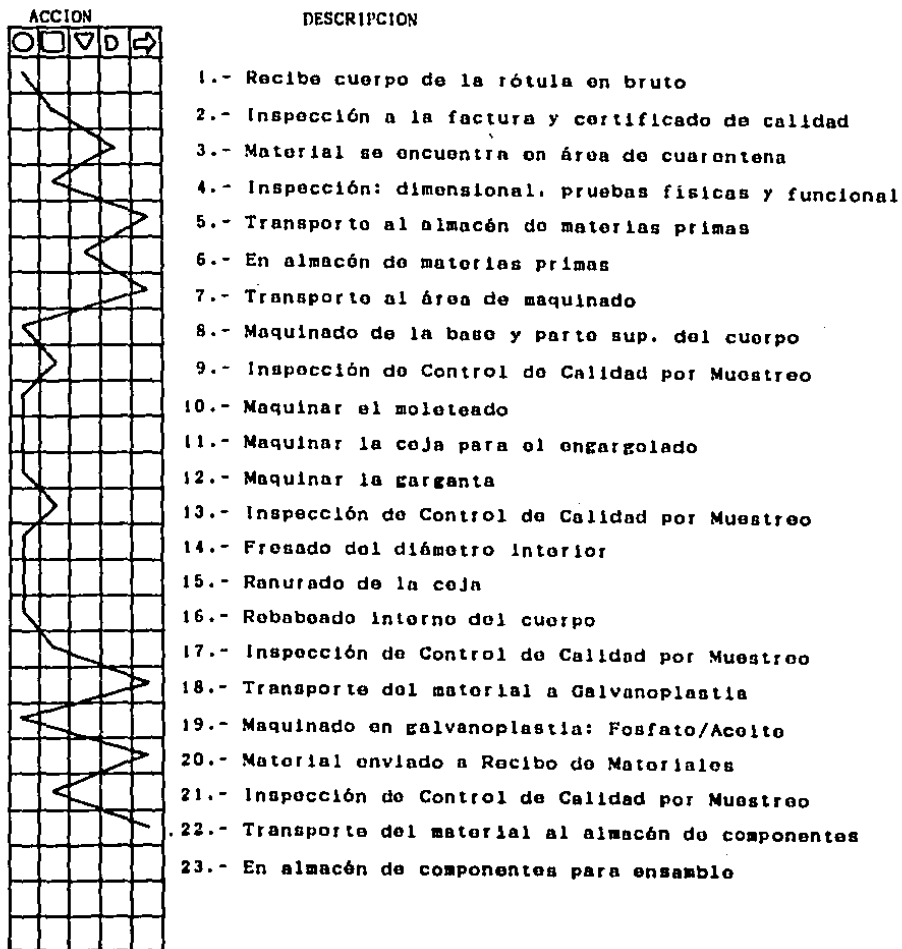
Se tendrían cuatro diagramas de flujo : El primero será el diagrama que ejemplifica la secuencia que siguen todos los componentes de la rótula en la ruta de recibo de materiales hasta llegar al almacén de componentes para la ruta de ensamble. El segundo trata sobre el diagrama de flujo que sigue el cuerpo de la rótula desde el recibo de materiales hasta la llegada de éste al almacén de componentes para el ensamble. El tercero muestra el camino que lleva el perno de la rótula desde el departamento de recibo de materiales hasta la llegada al almacén de componentes. El cuarto y último demuestra cómo es el ensamble de todos los componentes hasta llegar a producto terminado.

A continuación se muestran estos cuatro diagramas de flujo de proceso.

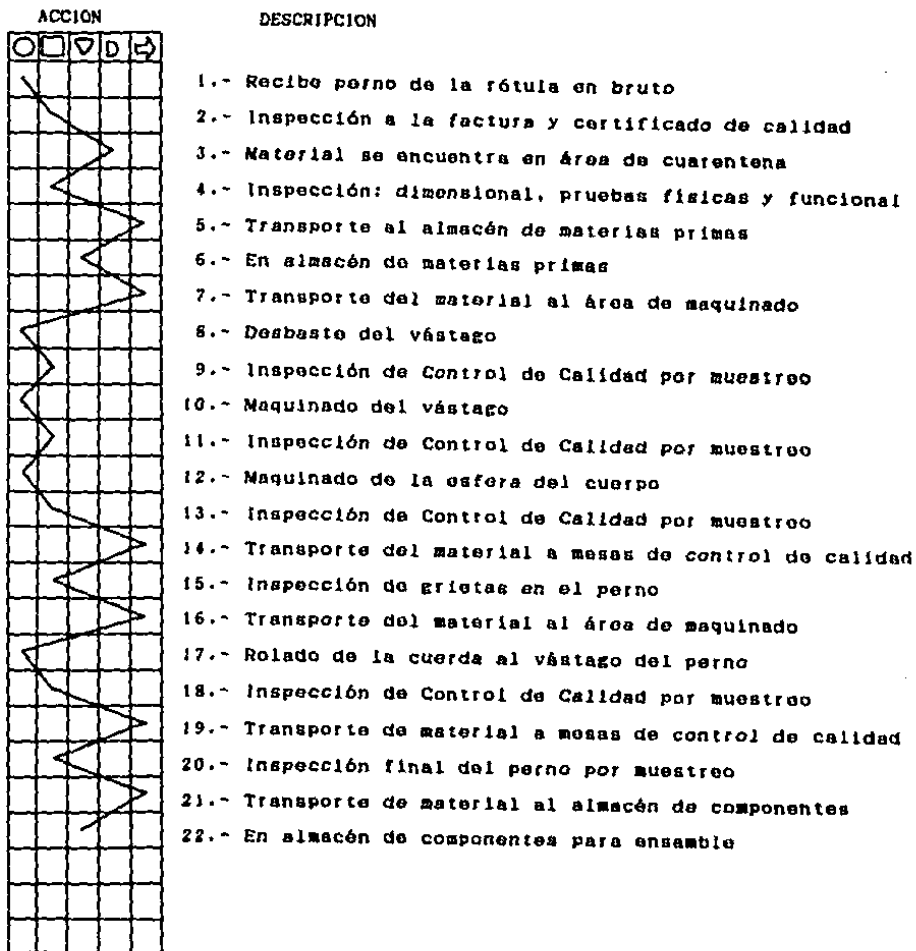
2.7 Diagrama de Flujo de Proceso de los Componentes de la Rótula en al Ruta de Recibo de Materiales

ACCION	DESCRIPCION
○ □ ▼ D →	1.- Recibo componentes de la rótula
	2.- Inspección a la factura y certificado de calidad
	3.- Material se encuentra en Área de cuarentena
	4.- Inspección: dimensional, pruebas físicas y funcional
	5.- Transporte de material al almacén de componentes
	6.- En almacén de componentes

2.8 Diagrama de Flujo de Proceso para el Cuerpo de la Rótula de Suspensión



2.9 Diagrama de Flujo de Proceso para el Cuerpo de la Rótula y el Perno de la Rótula de Suspensión

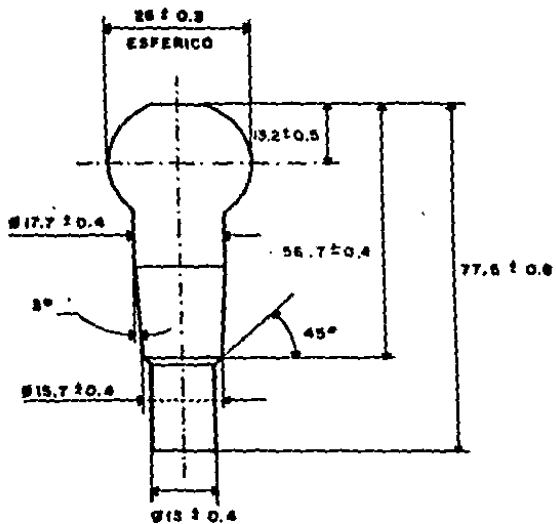


2.4 Diagramas del Proceso

Una de las formas más usadas para facilitar la comprensión de los diagramas de flujo es el complementarlos con dibujos o diagramas de proceso. Estos tienen la finalidad de mostrar gráficamente cuales son las transformaciones que van sufriendo los materiales en cada etapa del proceso. Son de utilidad también ya que muestran gráficamente las dimensiones que deben tener los materiales ya sean considerados como productos en proceso o productos terminados.

Las siguientes gráficas muestran las diferentes etapas por las que pasan tanto el cuerpo de la rótula como el perno desde su forja en frío (material en bruto) hasta ser considerado productos terminados antes de llegar a la línea de ensamble.

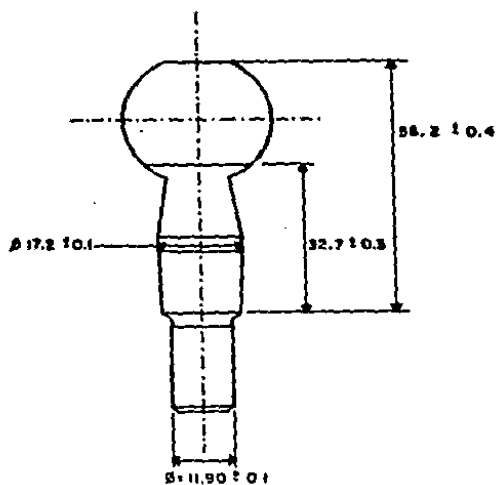
Fig. 2.11 Perno Esférico en bruto



ACOTACIONES EN mm.

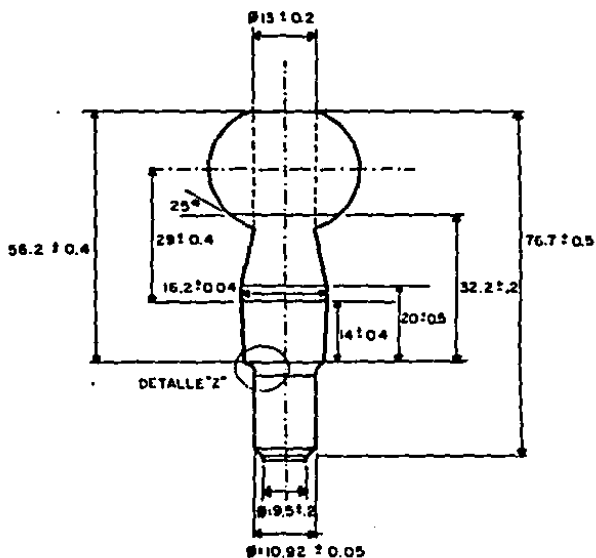
ESCALA 1:1

Fig. 2.12 Desbaste del vástago del perno



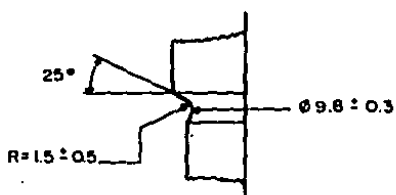
ACOTACIONES EN mm.
ESCALA 1:1

Fig. 2.13 Maquinado final del perno



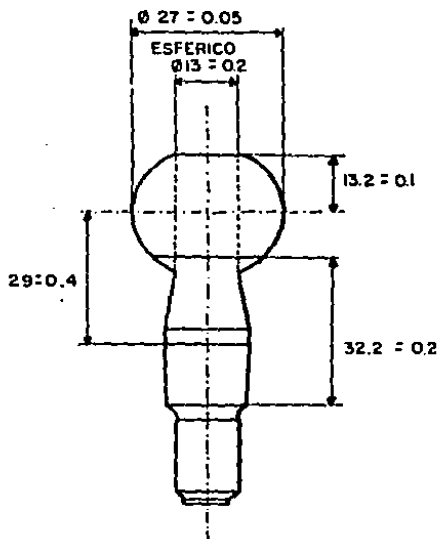
DETALLE "Z"

DETALLE "Z"



ACOTACIONES EN mm.
ESCALA 1:1

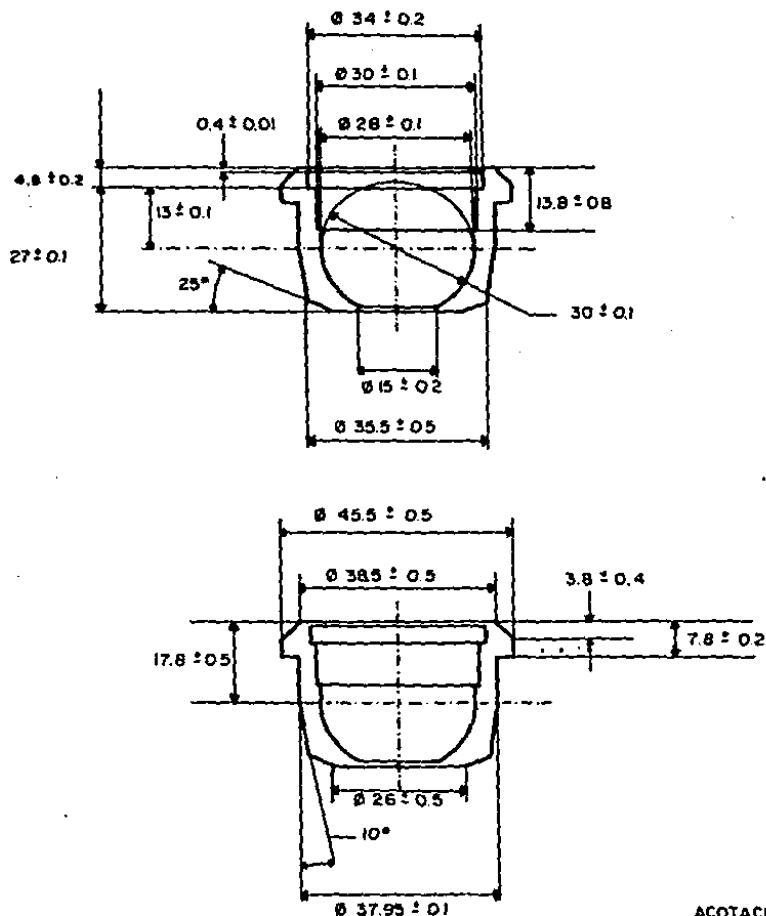
Fig. 2.14 Maquinado de la esfera



ACOTACIONES EN mm.

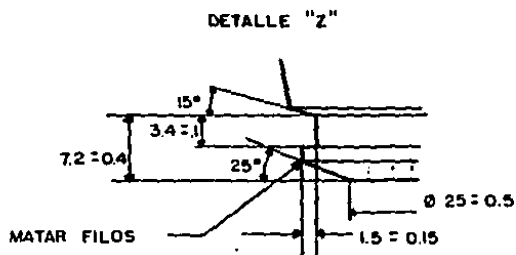
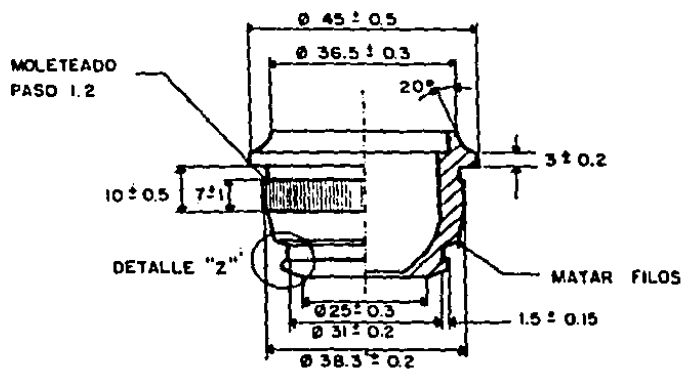
ESCALA 1:1

Fig. 2.15 Cuerpo de la Róótula en bruto 44



ACOTACIONES EN mm
ESCALA 1:1

Fig. 2.16 Maquinado y moleteado del cuerpo



C A P I T U L O I I I

SISTEMAS DE INSPECCION

3.1 Inspección de materiales

3.1.1 Inspección en recibo de materiales

Con la finalidad de asegurar que todos los productos y servicios que se adquieran de los proveedores para ser utilizados en la empresa, estén de acuerdo con los requisitos y las especificaciones de la misma, se establecieron lineamientos para llevar a cabo esta responsabilidad usando los métodos indicados a continuación:

- a) Recibir de los proveedores pruebas estadísticas de calidad satisfactorias, donde se indique tanto el control estadístico como el cumplimiento de las especificaciones.
- b) Efectuar las inspecciones y las pruebas requeridas, a frecuencias adecuadas, para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y para efectuar los análisis pertinentes tanto de control de calidad, como de los proveedores.

Como estas responsabilidades son llevadas a cabo por el departamento de Inspección de Recibo de Materiales, a continuación se describirá el funcionamiento interno de éste.

3.1.1.1 Objetivo:

Controlar la calidad de los materiales, servicios y partes que se reciban, que serán utilizados en la manufactura de los productos terminados de la misma.

Reglamento:

- a) El departamento deberá tener en el área de recibo de materiales, una copia vigente relativa a la parte o material tal como se compra a los proveedores.
- b) Es obligación del jefe del departamento que los archivos estén al día y que se destruyan revisiones obsoletas para evitar confusiones.
- c) El departamento deberá tener en el área de recibo de materiales una copia de las especificaciones y planos de prueba, para así aplicarlos y poder confirmar la calidad de los productos recibidos.
- d) El departamento deberá emitir un reporte de inspección del material sin importar cual haya sido su resultado.

3.1.1.2 Procedimiento:

Después de haber recibido el material, el jefe de recibo de materiales elaborará una forma de solicitud de inspección, la cual será acompañada del " Certificado de Calidad " y sus

evidencias estadísticas.

La forma de solicitud de inspección será llevada por el jefe del departamento, para posteriormente ser enviada al área indicada por calidad, acompañada con una tarjeta de " Detenido " hasta que el resultado de la inspección sea conocido.

El resultado de la inspección se podrá dividir en dos casos que son los siguientes:

- a) Si el material es aceptado, se retirará la tarjeta de " detenido " y se colocará una nueva tarjeta de " Liberado "
- b) Si el material es rechazado, control de calidad realizará cambio inmediato al área de rechazo y se colocará su respectiva tarjeta de " Rechazado ".

Los datos necesarios para llenar la solicitud de inspección son los siguientes :

- a) Cantidad de material
- b) Unidad de medida
- c) Descripción del material
- d) Proveedor
- e) Número de pedido al cual afecta
- f) Número de remisión o factura involucrada
- g) Grado de Urgencia : A, B y C

A : Muy Urgente

B : Rápido

C : Normal

- h) Cual es el almacén al que se enviará
- i) Firma del jefe de recibo de materiales

Control de calidad después de haber recibido una solicitud, deberá entender su prioridad y proceder a efectuar la inspección y elaborará el reporte correspondiente a la inspección.

El reporte de la inspección realizada por control de calidad deberá tener como datos los siguientes:

- a) Número de solicitud para la inspección
- b) Fecha de inicio de la inspección
- c) Número de parte de la inspección
- d) Número de pedido
- e) Lote que se examina
- f) Proveedor del material
- g) Normas para la inspección
- h) Pruebas a realizar
- i) Límites de las especificaciones
- j) Resultado obtenido por la inspección del material
- k) Resultado obtenido como decisión final

Control de calidad determinará si el material inspeccionado será aceptado, aceptado condicionalmente o definitivamente será rechazado por su mala calidad.

En el caso de que el material sea aceptado, se identificará a éste para que sea llevado al almacén correspondiente o en el caso necesario sea llevado directamente a la línea de producción.

En el caso de que el material sea aceptado condicionalmente, control de calidad deberá de informar a compras para que éste, con los resultados obtenidos por control de calidad, avise al proveedor para que sean tomadas las medidas necesarias y correctivas.

En el caso de que el material sea rechazado, control de calidad dará aviso a los departamentos de compras, producción y control de producción y aclarará cuales son las razones por las que el material fué rechazado.

El control de calidad se llevará a cabo por el método de control estadístico que contará con las pruebas de Medias, Rangos, Medias Promedio, Rangos Promedio y Atributos.

Nota: Estas pruebas se explicarán a detalle y aplicarán al proceso en el capítulo IV .

3.1.2. Sistema de calificación a proveedores -

La calificación a proveedores se llevará a cabo cada seis meses. Solamente en caso especiales el plazo podrá ser menor al indicado si se presentan motivos que así lo ameriten.

Con los reportes y anotaciones realizados por inspección de recibos, se realizará un cálculo para obtener la calificación del proveedor (Valor de Calidad) y así poder clasificarlo dentro de uno de los siguientes sub-grupos :

Proveedor A .- Continuanente presenta buena calidad

Proveedor B .- Buena calidad en sus entregas. Poca variación

Proveedor C .- La calidad del proveedor es insuficiente.

Proveedor D .- El proveedor como su calidad no son aceptables.

La posición del proveedor en la tabla 3.1 pag.52 , será obtenido por el número que logre determinar el " Valor de la Calidad " del proveedor. Para lograr lo anterior, hay que describir varios conceptos que son la base para obtener el valor de calidad (Q.V.) y que son los siguientes:

- | | |
|---|------------|
| a) Suma de todas las partes | (Tg) |
| b) Suma de todas las partes defectuosas | (Rl) |
| pero aceptadas condicionalmente. | |

Tabla 3.1 Clasificación de Proveedores 52

Valor de Calidad Q.V.	GRUPOS
Q.V. = 100 a 96	PROVEEDOR - A - Continuamente presenta buena Calidad.
Q.V. < 96 a 90	PROVEEDOR - B - Buena calidad en sus entregas, poca variación.
Q.V. < 90 a 80	PROVEEDOR - C - Su calidad no es aceptable
Q.V. < 80	PROVEEDOR - D - El proveedor y su calidad no son aceptables.
OBSERVACIONES: Para los proveedores que en su evaluación obtuvieron calificaciones que los ubican en los grupos "C" y "D" son con los que se debe tener mayor comunicación para analizar su situación con respecto a la calidad de sus productos.	

* Tomado de : Manual de Ingeniería Económica y Organización Industrial, por Grant L. Eugene, edit. CECSA , pag. 263

- c) Suma de todas las partes rechazadas incluyendo las reclamaciones del proceso y de los clientes. (Rr)
- d) Suma de todas las fallas repetidas pero aceptadas condicionalmente. (Rw)
- e) Suma de todas las partes rechazadas con fallas repetidas. (Rm)

Con los conceptos mencionados anteriormente, se desarrollará la fórmula para el cálculo del " Valor de Calidad " siendo esta :

$$Q.V. = \frac{1 - 0.1\{Ri\} - 0.2\{Rr\} - 0.4\{Rw\} - 0.8\{Rm\}}{Tg} \dots 1$$

Después de haber calculado y encontrado el Valor de la Calidad del proveedor, se procederá a comparar éste en la tabla 3.1 y así conocer la calificación del proveedor.

3.2 Inspección de materiales en proceso

La responsabilidad de la inspección de materiales en proceso, es llevada a cabo por el departamento del mismo nombre; A continuación se describirá el funcionamiento interno de este departamento.

3.2.1 Objetivo:

Garantizar una fabricación dentro de las especificaciones de calidad requeridas, usando como principal herramienta las técnicas de control estadístico.

Los factores principales que intervienen en el proceso de fabricación son los siguientes :

- 1) Mano de obra
- 2) Maquinaria : instalaciones y equipo
- 3) Métodos de trabajo o proceso de fabricación
- 4) Materia prima y demás componentes

3.2.2 Procedimiento:

Al iniciar una operación de cualquier proceso, el inspector asignado verificará las primeras piezas de acuerdo con el plan de pruebas correspondiente registrando los resultados obtenidos en las tarjetas y gráficas de control.

Cuando los resultados sean correctos dará su aprobación para continuar el proceso. Si las primeras piezas son defectuosas, se deberá detener el proceso hasta que la falla sea corregida y pueda continuar la producción.

En las características marcadas como críticas, se

controlarán por medio de gráficas (\bar{X} - R) (variables) y por " N " y " NP " (atributos), según el plan de pruebas correspondiente. Estas gráficas serán definidas en el capítulo IV.

Cuando las cartas de control muestren que el proceso esté bajo control estadístico, se procederá a continuar la producción tal como se haya estado llevando a cabo.

Siempre que se detecte alguna irregularidad, el proceso debe detenerse y el inspector de control de calidad solicitará la acción correctiva y solo cuando la falla sea corregida, inmediatamente, podrá continuarse la producción y se debe anotar en la hoja de bitácora las causas que provocaron dicha falla.

Cuando no se satisfagan los criterios de control estadístico, se deberá practicar la inspección de 100% de las piezas o en un caso necesario, practicar algún otro método estadístico de control de calidad.

3.2.3 Equipo y Métodos de Pruebas:

El área de inspección de proceso, debe contar con métodos y planes de prueba y verificación a fin de garantizar la aceptación del material con óptima calidad.

Los instrumentos para tomar lecturas por variables, deberán contar con una precisión de una décima parte de la tolerancia a medir, según especificaciones de los principales clientes.

3.2.4 Información:

El departamento de inspección de materiales en proceso, deberá estar constantemente actualizado sobre el proceso de producción en los siguientes puntos:

- a) Dibujos, normas y especificaciones
- b) Desviación de los materiales por calidad
- c) Secuencia de la operación
- d) Planes de prueba
- e) Límites de control

La información estadística generada durante el proceso, deberá ser analizada por el responsable del área de calidad, y el cual la enviará a la Gerencia de Planta, así como a todo el personal relacionado.

Nota: Los métodos estadísticos mencionados con anterioridad, se encuentran especificados en el capítulo IV.

3.3 Inspección final de producto terminado

La responsabilidad de la inspección de producto terminado, es llevada a cabo por el departamento del mismo nombre: A continuación se describirá el funcionamiento interno de este departamento.

3.3.1 Objetivo:

Garantizar que el producto terminado que entre a los almacenes o que salga hacia el usuario, cumpla con los requerimientos de calidad solicitados por el cliente.

3.3.2 Procedimiento:

Cuando un lote llegue a inspección final, es de primera importancia analizar la tarjeta de identificación del material procesado, lo anterior proporciona cierta idea sobre algunas características del producto terminado. Cuando dicho material llegue sin dicha identificación, no será aceptado, por tal motivo se enviará al departamento de donde proviene.

El inspector procederá a realizar las siguientes pruebas sobre el lote de productos terminados:

- | | |
|---------------------------|--------------------------------|
| 1) Inspección visual | 100% de las piezas |
| 2) Inspección dimensional | por muestreo estadístico |

Cuando la inspección final detecte algún exceso de material fuera de especificaciones con el mismo defecto, por medio de un reporte de seguimiento de problemas, éste informará al responsable de calidad y producción en el área de ensamble, cuál ha sido el defecto encontrado, para que éstos en conjunto analicen y resuelvan el problema que se trate.

Cuando los resultados obtenidos del muestreo efectuado sean negativos, se extenderá una tarjeta de " Liberado " y se pasa el material al almacén de producto terminado.

3.3.3 Equipos y Métodos de prueba

Este departamento debe contar con un plan de pruebas para cada parte, y mantenerlos a la vista del personal para que sean consultados adecuadamente, así mismo contará con los instrumentos necesarios para efectuar las inspecciones que se requieran.

3.3.4 Información

Inspeccion final deberá estar constantemente informada sobre los siguientes puntos:

- a) Dibujos, normas y especificaciones
- b) Desviación de productos terminados

- c) Planes de prueba
- d) Limites de control

Los cambios que sucedan en los puntos anteriores deberán recibirse oportunamente.

La información estadística generada, deberá ser analizada por el responsable del área de calidad, quien la enviará a la Gerencia de Planta como a personal involucrado.

Nota: Los métodos estadísticos mencionados con anterioridad, se encuentran especificados en el capítulo IV.

CAPITULO IV

CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO Y SUS APLICACIONES

4.1 Introducción al control estadístico del proceso

En un determinado proceso de producción los resultados son influidos por varios elementos que son fundamentalmente: equipo, material, fuerza de trabajo, métodos de trabajo y medio ambiente. Estos elementos intervienen de tal manera que los productos pueden ser clasificados como: " aceptables " o " no aceptables ". Se considera a un producto como " aceptable " aquel producto que cumpla con todas las especificaciones propuestas en el plan de pruebas y a un producto como " no aceptable " aquel que no cumpla con todas las especificaciones.

Los productos " no aceptables " o " defectuosos " son productos que se tienen que retrabajar o deshechar, desafortunadamente esto propicia a que exista desperdicio en el proceso. El desperdicio no es solo en el material, sino también de otros recursos, ya que estos se emplean no sólo para fabricarlos sino también para corregirlos.

Toma tantos recursos el hacer un mal producto como el fabricar un buen producto; o incluso, en el caso del primero

es necesario regresar a repararlo o deshecharlo. Es aquí donde interviene el control estadístico, ya que en un pasado, una parte importante del control de calidad era la inspección masiva de productos y ahora en cambio, se inspeccionan solo una parte pequeña de estos productos pero encontrando cuales fueron las causas por las cuales estos productos fueron fabricados con algún defecto.

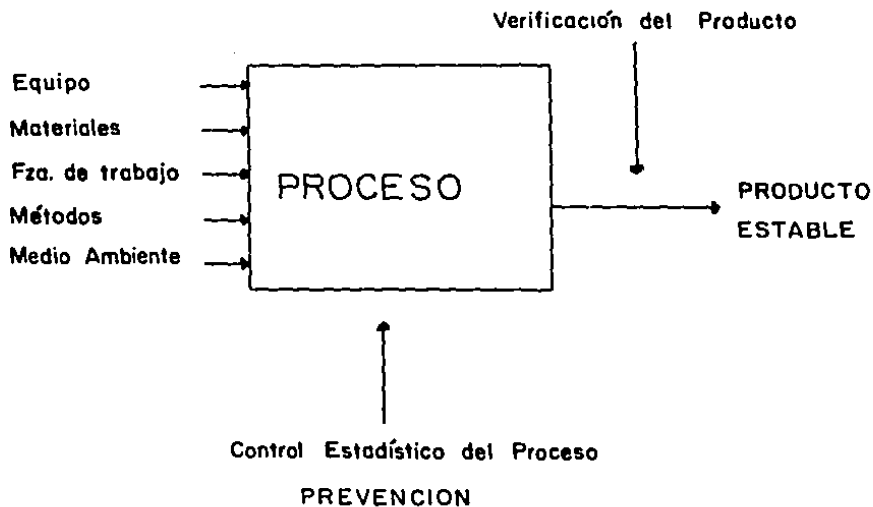
El control estadístico no muestra si el producto ha alcanzado las especificaciones marcadas o no, mas no es lógico pensar que si ha alcanzado estas especificaciones no pueda existir aún mejoras en el producto o proceso.

Otro aspecto del sistema de control estadístico, es el que involucra la relación entre la empresa y sus proveedores. Implica un mayor énfasis en la calidad que en el precio y otros aspectos del servicio del proveedor. En este sentido, el papel tradicional se centra en disponer de una muestra inicial, hacer un seguimiento de los problemas con los proveedores y utilizar las especificaciones de la empresa basadas en la inspección y en el muestreo de lotes, en otras palabras en la detección de defectos.

En la mayoría de las empresas se tiene la idea de que la calidad es responsabilidad del departamento de control de calidad y con frecuencia que el personal de producción se hace responsable del volumen de producción. La tendencia es

El enfoque hacia la prevención de defectos puede esquematizarse de la siguiente manera :

Fig. 4.1 Prevención de Defectos



* Tomado de : Control Total de la Calidad,
por A. V. Feigenbaum. edit. C.E.C.S.A. . pag. 40

mantener líneas rígidas que separan a los departamentos, con lo que no se favorece el trabajo en equipo, por lo que se propone ahora el enfoque de sistemas llamados "Prevención de Defectos".

En la figura 4.1 se observan algunos insumos (equipo, material, mano de obra, métodos y medio ambiente), los cuales se tienen también en la detección de defectos. Se piensa que el enfoque de prevención de defectos significará el reemplazar la inspección masiva, por lo que se llama verificación de producto. El énfasis aquí no está en la inspección masiva sino en el proceso, en sí mismo. Cuando algo sale mal, se deberá detectarlo inmediatamente observando el proceso en lugar de esperar a la inspección final.

El enfoque hacia la prevención de defectos reconoce que el resultado de un proceso no va a ser el mismo, producto tras producto, parte tras parte. Esto significa que existe cierta variación asociada con el resultado. La variación en el resultado dependerá de las variaciones que se presenten en el equipo los materiales, los métodos de trabajo, la gente que participa en el proceso y los cambios que se presenten en el medio ambiente.

La herramienta con la que se cuenta para conocer como varía un proceso es el " Control Estadístico del Proceso ": a través de esta herramienta se podrá observar y mejorar la

variación en el proceso.

Los métodos de estadística permiten observar lo que ocurre en el proceso a través del tiempo. No se tiene que esperar un día, una semana o un mes para conocer los resultados del proceso que se está operando; es posible obtener esta información casi de manera inmediata.

El papel del control estadístico de la producción no es la inspección, no se separan las partes buenas de las malas, sino controlar y mejorar el proceso proporcionando los insumos necesarios. El control estadístico no es una parte del proceso en sí, es el enfoque que permite mejorar el proceso cotidianamente.

La clave para que el enfoque de prevención de defectos son los métodos de estadística y el uso del control estadístico de la producción, tanto internamente como con los proveedores de la empresa.

4.2 Gráfica de Medias y Rangos (X - R)

4.2.1 Fundamentos de la gráfica

La gráfica de control por variables es una herramienta poderosa que puede utilizarse cuando se dispone de mediciones de los resultados de un proceso. Las gráficas de control por

variables más conocidas son las gráficas de de control ($\bar{X} - R$).

Las gráficas de control por variables son particularmente útiles por las siguientes razones:

- a) La mayoría de los procesos y sus resultados tienen características que son muy medibles, por lo que su aplicación potencial es muy amplia.
- b) Un valor medible contiene más información que una simple afirmación de (si - no) la pieza está dentro de tolerancia.
- c) A pesar que el costo de la medición precisa de una pieza es mayor que el de establecer simplemente si la misma está bien hecha o no, como se requieren menos piezas para obtener más información sobre el proceso, en algunos casos los costos totales de inspección son menores.
- d) Debido a que se requiere medir una cantidad menor de piezas, la acción correctiva puede ser acertada significativamente.

La única manera de saber si un proceso es estable y predecible, es a través del registro de la información en las gráficas de control.

Elaboración de las gráficas de control

Una gráfica de control ($\bar{X} - R$) muestra tanto el valor

Fig. 4.2 Proceso de elaboración de una gráfica de control (\bar{X} -R) ⁶⁶

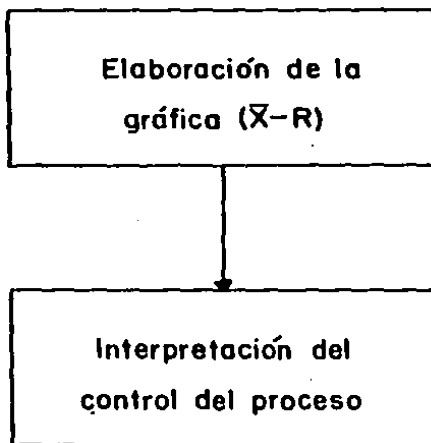


Fig. 4.3 Eláboracion de la gráfica (\bar{X} -R)

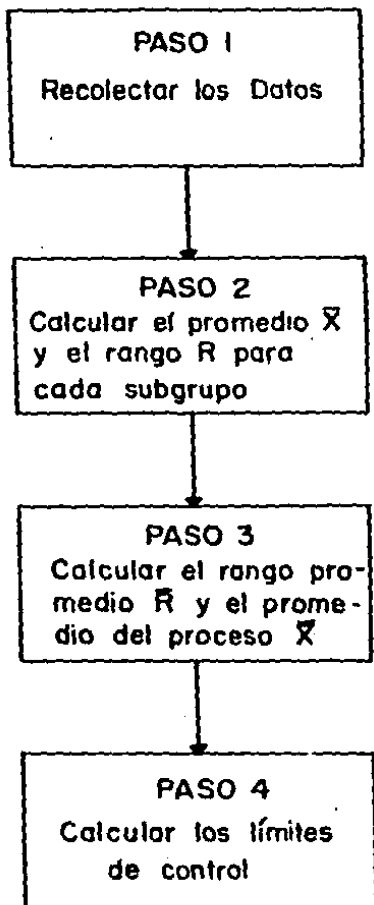
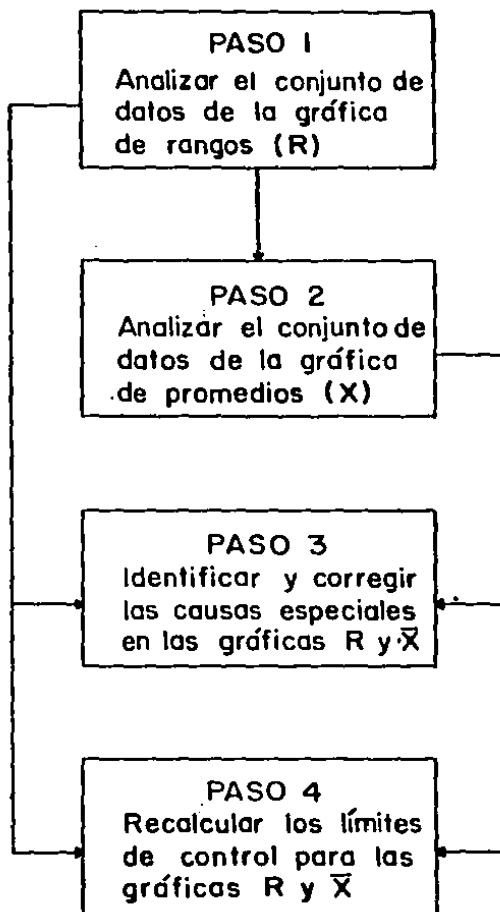


Fig. 4.4 Interpretación del control del proceso



promedio (\bar{X}) como el rango (R) del proceso de fabricación.

La porción (\bar{X}) de una gráfica muestra cualquier cambio en el valor promedio del proceso, mientras que la porción (R) muestra cualquier dispersión o variación en el proceso.

4.2.1.1 Elaboración de la gráfica (\bar{X} - R)

Paso 1 Recolección de datos

Los datos son el resultado de las mediciones físicas de las características del producto en el proceso, los cuales deben ser registrados y agrupados de acuerdo al siguiente plan:

a) Selección de la frecuencia y el tamaño de la muestra

Para un estudio inicial de un proceso, las muestras (sub-grupos) deben ser formadas de dos a diez piezas producidas consecutivamente; de esta manera las piezas de cada sub-grupo estarán producidas bajo condiciones similares de producción. Se ha adoptado como típico el que las muestras estén formadas de cinco piezas consecutivas, ya que con menos de cinco piezas se empieza a perder la sensibilidad de la gráfica para detectar problemas y con más de cinco se obtiene muy poca información adicional.

Durante un estudio inicial, los sub-grupos pueden ser tomados consecutivamente o a intervalos cortos para detectar si el proceso puede cambiar o mostrar inconsistencia en breves periodos de tiempo. Se recomienda que el intervalo sea de media a una hora, ya que más frecuente, puede representar demasiado tiempo invertido y menos frecuentemente pueden perderse eventos importantes que sean poco usuales. Cuando el proceso sea estable, los periodos de tiempo pueden ser incrementados.

En cuanto al número de sub-grupos, desde el punto de vista estadístico deben colectarse al menos de 20 a 30 grupos.

b) Establecimiento de la forma en que se registrarán los datos.

Las gráficas de control normalmente son dibujadas con la gráfica de \bar{X} arriba de la gráfica de R, e incluye un conjunto de datos de identificación en la parte superior.

Paso 2 Cálculo de promedio \bar{X} y el rango R para cada sub-grupo

El cálculo de \bar{X} y R para cada sub-grupo se hace de la siguiente manera:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad \dots 2$$

$$R = X_{\text{mayor}} - X_{\text{menor}} \quad \dots 3$$

Donde X_1, X_2, X_3, \dots son los valores individuales en cada sub-grupo y n es el tamaño de la muestra.

En las escalas verticales de las gráficas ($\bar{X} - R$) se indican los valores calculados de \bar{X} y R . En general, la escala en la gráfica de rangos debe ser la mitad de la correspondiente a la gráfica promedio.

Paso 3 Cálculo del rango promedio (\bar{R}) y el promedio del proceso ($\bar{\bar{X}}$).

Para el estudio de los k grupos, el promedio del rango (\bar{R}) y el promedio de los promedios ($\bar{\bar{X}}$), se calculará de la siguiente manera:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} \quad \dots 4$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad \dots 5$$

Donde k es el número de sub-grupos. R_1 y \bar{X}_1 son el rango y el promedio del primer sub-grupo. R_2 y \bar{X}_2 son del segundo sub-grupo, etc. .

Paso 4 Cálculo de los límites de control

Los límites de control son calculados para mostrar la extensión de la variación de cada sub-grupo. El cálculo de los límites está basado en el tamaño de los sub-grupos y éstos se calcularán de la siguiente manera:

- a) Límite superior de ctrl. de \bar{R} - $LSC_R = D_4R$ 6
 b) Límite inferior de ctrl. de \bar{R} - $LIC_R = D_3R$ 7
 c) Límite superior de ctrl. de \bar{X} - $LSC_X = \bar{X} + A_2R$ 8
 d) Límite inferior de ctrl. de \bar{X} - $LIC_X = \bar{X} - A_2R$ 9

Donde D_4 , D_3 y A_2 son constantes que varían según el tamaño de la muestra; A continuación se presenta los valores de dichas constantes para tamaños de muestra de dos a diez piezas.

4.5 (*) Valores de las constantes según el tamaño de la muestra

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_4	3.27	2.57	2.28	2.11	2.00	1.92	1.86	1.82	1.78
D_3	-	-	-	-	-	0.08	0.14	0.18	0.22
A_2	1.88	1.02	0.73	0.58	0.48	0.42	0.37	0.34	0.31

* Tomada del libro Control Estadístico de la Calidad, por Grant L. Eugene editorial C.E.C.S.A. , pag. 666

4.2.1.2 Interpretación del control del proceso

De acuerdo a la fig. 4.4 el objetivo de analizar una gráfica de control es identificar cuál es la variación del proceso, las causas comunes y las causas especiales de dicha variación, y en función de ésto tomar algunas acciones apropiadas cuando se requieran.

Paso 1 Análisis de los datos en la gráfica de rangos R

Dado que la interpretación de los rangos (R) y promedios (\bar{X}) de los sub-grupos dependen de la variación del proceso, se analizará en primer lugar la gráfica de rangos (R)

a) Puntos fuera de los límites de control

La presencia de uno o más puntos más allá de los límites de control es evidencia de una inconsistencia del proceso. La variación de los puntos dentro de los límites de control es debida a causas comunes (fallas del sistema) . Cuando se presentan puntos fuera de los límites de control se debe a causas especiales; es decir, a fallas locales. Un punto más allá de los límites de control es una indicación que se requiere un análisis inmediato de la operación para buscar las causas especiales que originaron este punto. Es de vital importancia marcar todos los puntos que estén fuera de los límites de control de la gráfica.

Un punto fuera de los límites de control es una indicación de que:

- 1) El límite de control está mal calculado o los puntos están mal agrupados.
- 2) La variación de pieza a pieza o la dispersión de la distribución ha empeorado.
- 3) El sistema de medición ha cambiado (diferente inspector o calibrador) .

b) Series

Una serie es una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso.

Cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio la serie recibe el nombre de " Corrida " Si siete o más intervalos consecutivos se presentan con valores crecientes o decrecientes, la serie recibe el nombre de " tendencia "

Una serie por arriba del rango promedio (\bar{R}) puede significar:

- 1) Mayor dispersión de los resultados, la cual puede venir de una causa irregular (tal como el funcionamiento del equipo) o un cambio en la distribución de los materiales (de un nuevo material); estos problemas requieren de una acción

correctiva inmediata.

Una serie por debajo del rango promedio puede significar:

- 1) Menor variación en los resultados, lo cual es generalmente una buena condición que debe estudiarse para ampliar su aplicación.
- 2) Un cambio en el sistema de medición (hubo un cambio en el inspector o en el calibrador)

Paso 2 Análisis de los datos en la gráfica de promedios (\bar{X}).

Una vez concluido el análisis de la gráfica de rangos, se procederá al análisis de la gráfica de promedios. Los pasos para dicho análisis son iguales a los ya descritos para la gráfica de rangos.

Para poder facilitar la comprensión de la interpretación de la gráfica de promedios (\bar{X}), solo se mencionará las etapas de la interpretación de la gráfica de rangos, y si hubiera algún dato importante se mencionará:

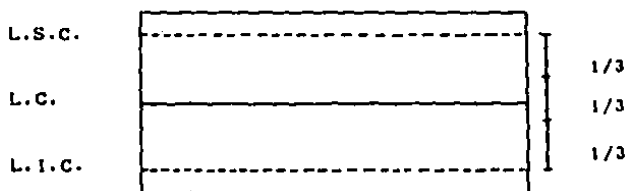
- a) Puntos fuera de los límites de control
- b) Series
- c) Adhesión a las líneas de control

Cuando en la gráfica de control los puntos se agrupan a la línea central o junto a las líneas de control, se dice que

existe una adhesión a las líneas de control.

Para evaluar y poder decidir si existe o no adhesión a la línea central hay que proceder de la siguiente manera: dividir la distancia que hay entre el LSC y el LIC en tres partes iguales como se muestra en la figura:

4.6 Gráfica de Control



Si una cantidad substancialmente mayor a las dos terceras partes de los puntos graficados se encuentran concentrados dentro del tercio medio de la gráfica, existe una adhesión a la línea central

Si existe adhesión a la línea central, se tiene que verificar los siguientes puntos:

- 1) Los límites de control han sido mal calculados o los puntos fueron mal graficados.
- 2) Los datos han sido alterados u omitidos

- 3) Podrían haberse mezclado en el sub-grupo un tipo diferente de datos o algunos datos provienen de factores diferentes como son maquinas, materiales, mano de obra, etc.

Si una cantidad substancialmente mayor a una tercera parte de los datos se encuentran dentro de los tercios exteriores, existe adhesión a los límites de control.

Cuando esta situación se presenta, es necesario verificar lo siguiente:

- 1) Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- 2) El proceso o el método es tal, que los sub-grupos contienen mediciones de dos o más factores diferentes.

Paso 3 Identificación y corrección de las causas especiales de variación en las gráficas de rango y promedios.

1) Gráfica de rangos:

Deberá efectuarse un análisis de la operación del proceso ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de rangos, para determinar sus causas, se corregirá la condición y se prevendrá su repetición. La gráfica de control estadístico es una guía útil para el análisis del problema.

Es importante la rapidez en el análisis de los problemas a fin de minimizar la producción de piezas fuera de control y de tener datos recientes para el diagnóstico.

II) Gráfica de promedios:

Se efectuará el análisis de la operación del proceso para determinar las causas ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de promedios; se corregirá y se tomarán las acciones que les permita prevenir su repetición. La gráfica de control es útil como guía para determinar cuándo se inició un problema y cuánto tiempo lleva. Es importante la rapidez con la que se analice el problema para minimizar la producción de piezas que estén fuera de control.

Paso 4 Nuevo cálculo de los límites de control

1) Gráfica de rangos :

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, se deberán recalcular los límites de control para excluir los efectos de los puntos fuera de control cuyas causas fueron identificadas y corregidas. Para esto se deberán omitir los puntos fuera de control, recalcular y graficar el rango promedio como los límites de control. Verificar que todos los puntos correspondientes a los rangos de los sub-grupos estén bajo control cuando se comparen éstos

con los nuevos límites: repitiendo la secuencia de identificación-corrección y calcular los límites si esto fuera necesario.

ii) Gráfica de promedios:

Una vez que se ha logrado mantener el proceso dentro de control: es decir, cuando los datos se encuentran contenidos en forma consistente dentro de los límites de control, es necesario extender dichos límites para cumplir periodos futuros. Estos límites serán utilizados como referencia para el control continuo del proceso con el objeto de que el operario y/o supervisor tomen las acciones necesarias ante cualquier indicación de falta de control en las gráficas ($\bar{X} - R$).

4.2.2 Aplicación al proceso

Es de suma importancia denotar cuáles son los puntos dentro del proceso de producción donde se aplicará el control estadístico. Este plan se denominará " Plan de Pruebas " que contendrá la información antes mencionada.

PLAN DE PRUEBAS PARA LA GRAFICA ($\bar{X} - R$)

i) Recibo de materiales:

De acuerdo con las figs. 2.11 y 2.15 del capítulo II, se seguirán los pasos que a continuación se indican:

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- a) Aplicación de la gráfica de control al verificar las dimensiones del perno de la rótula a su llegada a la fábrica.

Para poder aplicar este control al perno se debe de realizar antes que nada la identificación de las medidas críticas en el perno. Estas medidas son las siguientes:

- i) Diámetro de la esfera
- ii) Diámetro del cuello del perno en su parte superior
- iii) Diámetro del cuello del perno en su parte inferior

Después de conocer cuales son las medidas críticas que hay que controlar, es importante realizar el cálculo de la muestra que se va a inspeccionar sobre cada lote.

Para poder realizar el cálculo se debe conocer el tamaño del lote. En el caso del perno el lote tiene un tamaño de cincuenta piezas. Al conocer este dato se debe consultar la tabla 4.7 y sobre el tamaño del lote, conocer la letra código que le corresponde, tomando en cuenta el nivel de inspección que se desea. En este caso el nivel de inspección que se utilizará será el nivel I , que se refiere a nivel normal de inspección, y así encontrar la letra código " C " para el caso del perno. Encontrada la letra código se pasará a la tabla 4.8 donde se encontrará el tamaño de la muestra según la letra código, en este caso sera de cinco piezas.

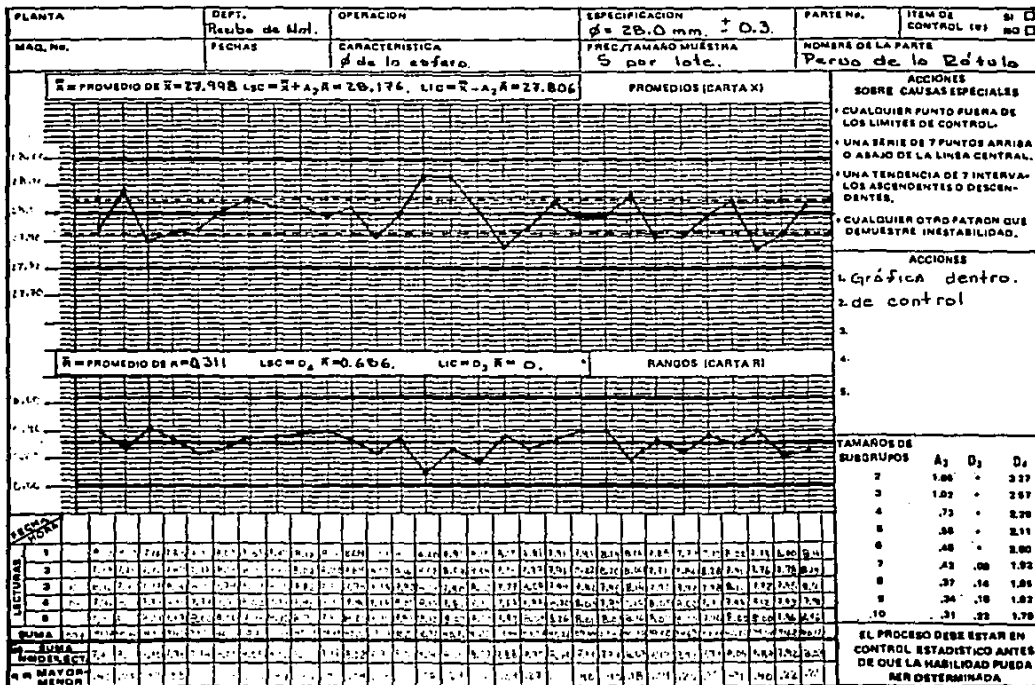
Tabla 4.7 Letras código para designar el tamaño de la muestra

Tamaño del lote	Niveles de inspección especiales				Niveles de inspección generales		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	A	B	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	D	F
91-150	B	B	C	D	C	D	F
151-250	B	C	D	E	E	F	G
251-500	B	C	D	E	E	F	G
501-1,700	C	C	E	F	F	G	H
1 201-3 200	C	D	E	F	G	H	I
2 201-10 000	C	D	F	G	H	I	J
10 001-35 000	C	D	F	G	H	I	J
35 001-150 000	D	E	G	H	I	J	K
150 001-500 000	D	E	G	H	J	K	L
500 001 y superior	D	E	G	H	J	K	L

* Tomado de : Control Estadístico de la Calidad.

por Grant L. Eugene, edit. C.E.C.S.A. , pag. 720

4.9 Gráfica (\bar{X} -R)



EL PROCESO DEBE ESTAR EN CONTROL ESTADISTICO ANTES DE QUE LA HABILIDAD PUEDA SER DETERMINADA

- b) Aplicación de la gráfica de control al verificar las dimensiones del cuerpo de la rótula a su llegada a la fábrica.

Para poder aplicar este control se debe de realizar la previa identificación de las medidas críticas en el cuerpo de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

- i) Diámetro superior externo del cuerpo de la rótula
- ii) Diámetro superior interno del cuerpo de la rótula
- iii) Diámetro inferior interno del cuerpo de la rótula

Después de conocer cuales son las medidas críticas que se van a controlar es importante realizar el cálculo de la muestra que se va a inspeccionar sobre cada lote.

El cálculo de la muestra será innecesario ya que las dos variables para calcular la muestra que son: el tamaño del lote y el nivel general de inspección, son iguales al perno de la rótula por lo que se podrá concluir que el tamaño de la muestra será de cinco piezas.

Después de haber encontrado el tamaño de la muestra se procederá a realizar las gráficas sobre las medidas críticas sobre el cuerpo de la rótula.

ii) Maquinado del cuerpo de la rótula

De acuerdo con las figs. 2.15 y 2.16 del capítulo II se seguirán los pasos que a continuación se indican:

- a) Aplicación de la gráfica de control al terminar el maquinado de la base y de la parte superior

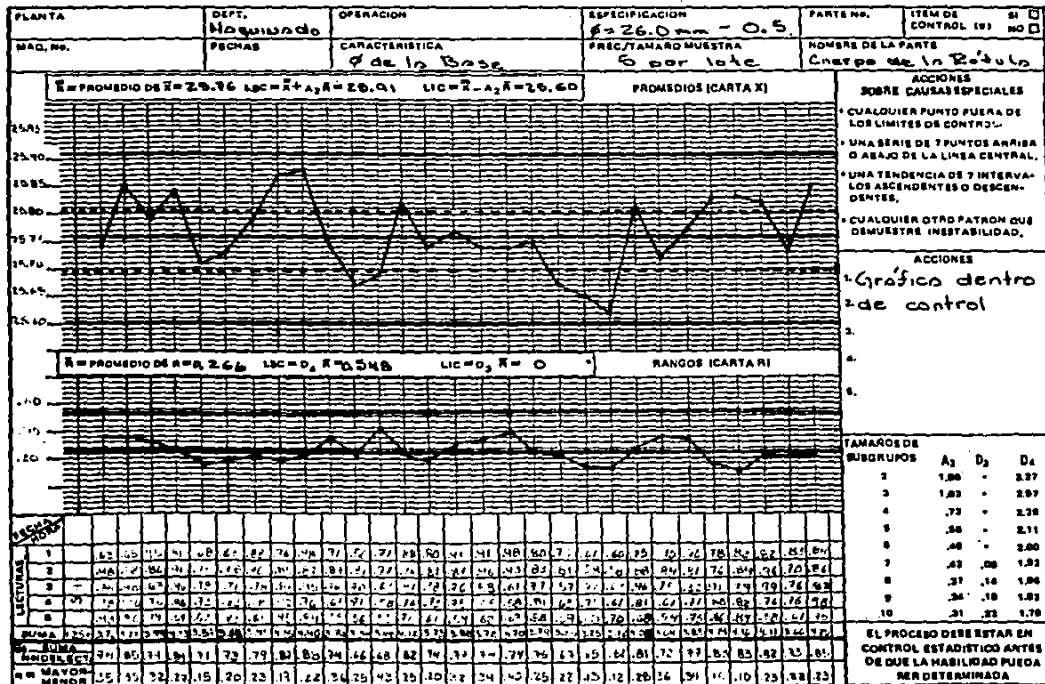
Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en el cuerpo de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

- i) Diámetro de la base
- ii) Altura del cuerpo de la rótula

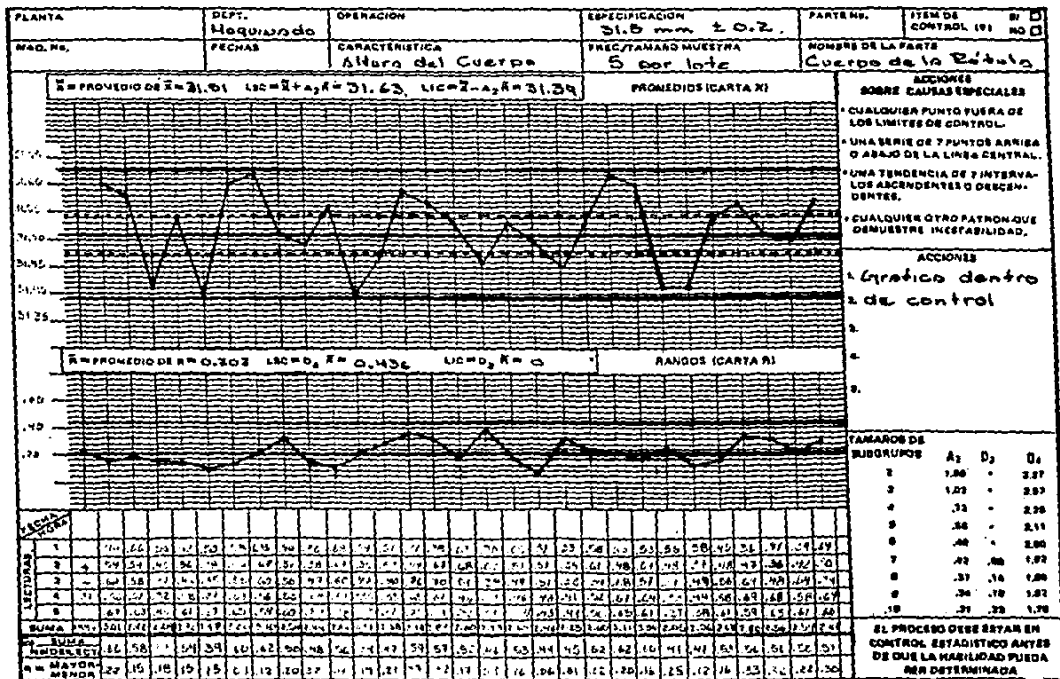
El tamaño de la muestra será el mismo número de piezas en toda la ruta del proceso. Este tamaño será de cinco piezas.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.15 Gráfica (X-R)



4.16 Gráfica (\bar{X} -R)



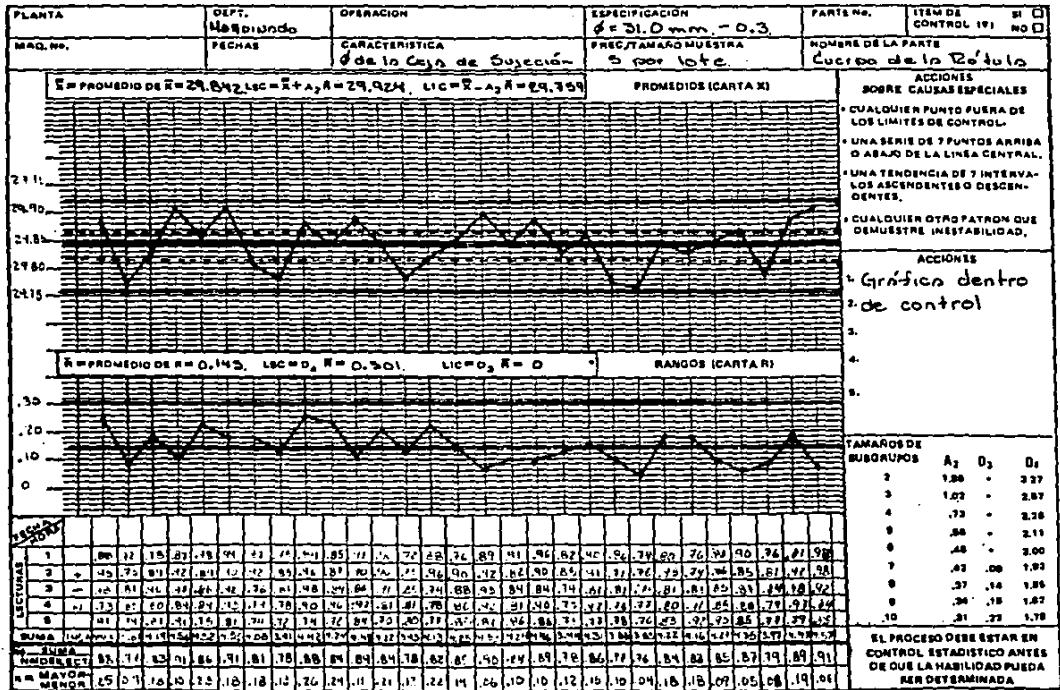
b) Aplicación de la gráfica de control al terminar el moleteado y maquinado de la ceja y de la garganta

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar. Estas medidas críticas son las siguientes:

- i) Diámetro de la ceja para el anillo de sujeción.
- ii) Diámetro del moleteado en el cuerpo de la rótula.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.17 Gráfica (\bar{X} -R)



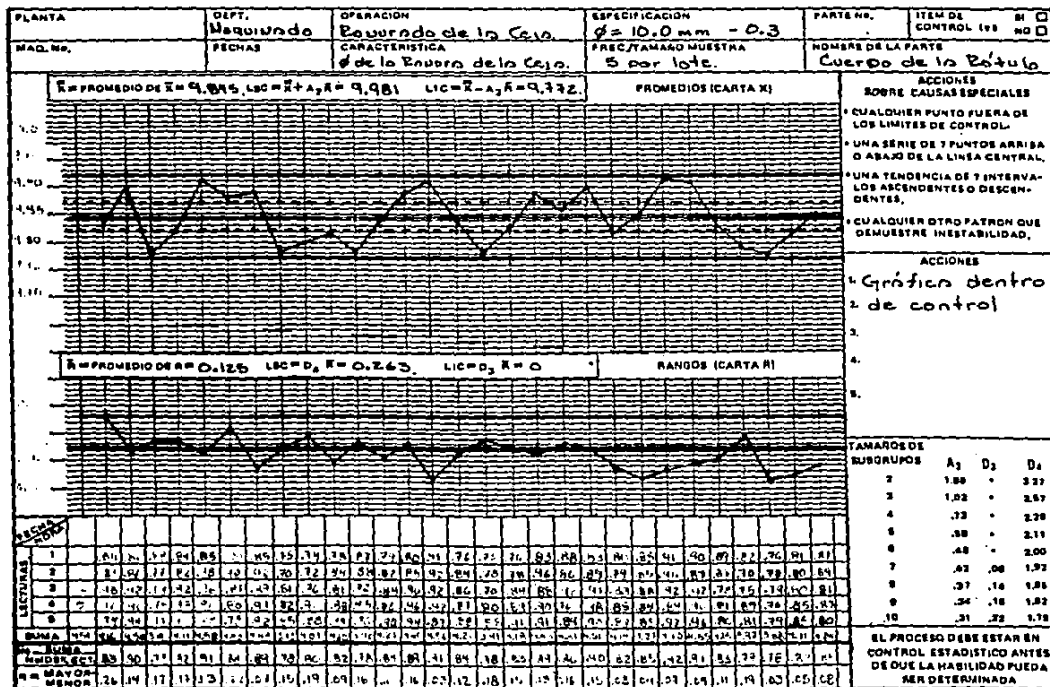
c) Aplicación de la gráfica de control al terminar el fresado del diámetro interior así como el rebabeado interno del cuerpo

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar. Estas medidas son las siguientes :

- i) Diámetro en la parte inferior interna del cuerpo.
- ii) Diámetro de la ranura en la parte superior del cuerpo.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.20 Gráfica (\bar{X} -R)



III) Maquinado del perno de la rótula

De acuerdo con las figs. 2.12 , 2.13 y 2.14 del capítulo II se seguirán los pasos que a continuación se indican:

- a) Aplicación de la gráfica de control al terminar el desbaste del vástago del perno de la rótula.

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en el perno de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

- i) Diámetro del tercio superior del cuello
- ii) Diámetro del cuello del perno en su parte inferior

A continuación se muestran las gráficas obtenidas con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

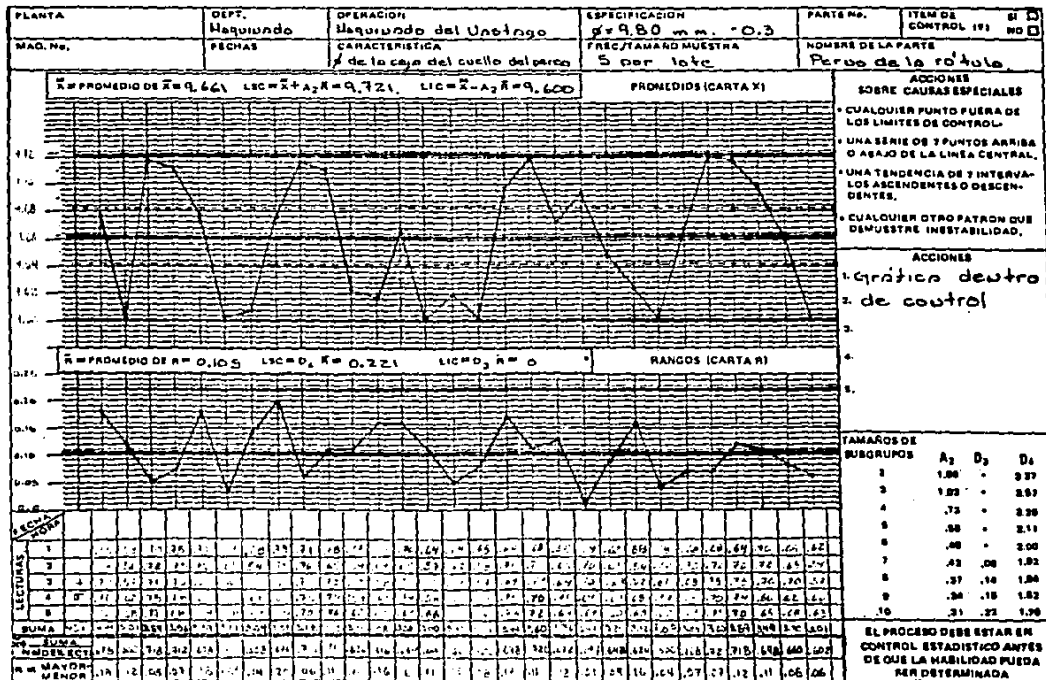
b) Aplicación de la gráfica de control al terminar el maquinado del vástago del perno de la rótula.

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en el perno de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

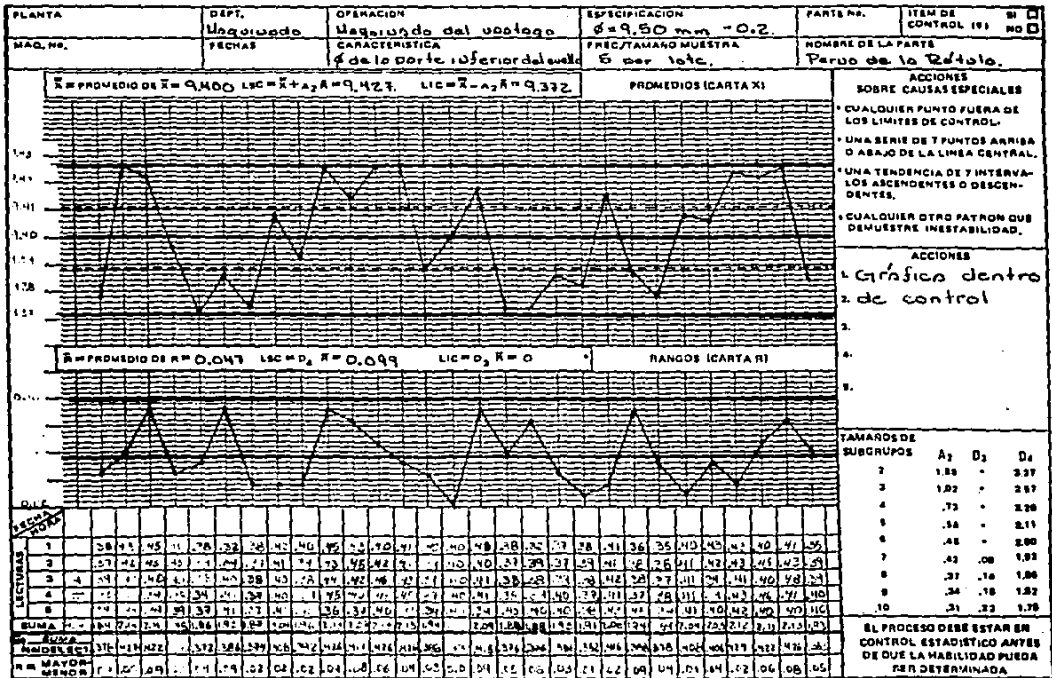
- i) Diámetro de la ceja del cuello del perno
- ii) Diámetro de la parte inferior del cuello del perno

A continuación se muestran las gráficas obtenidas con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.23 Gráfica (\bar{X} -R)



4.24 Gráfica (\bar{X} -R)



c) Aplicación de la gráfica de control al terminar el maquinado de la esfera del perno de la rótula

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en el perno de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

1) Diámetro de la esfera

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar la prueba correspondiente.

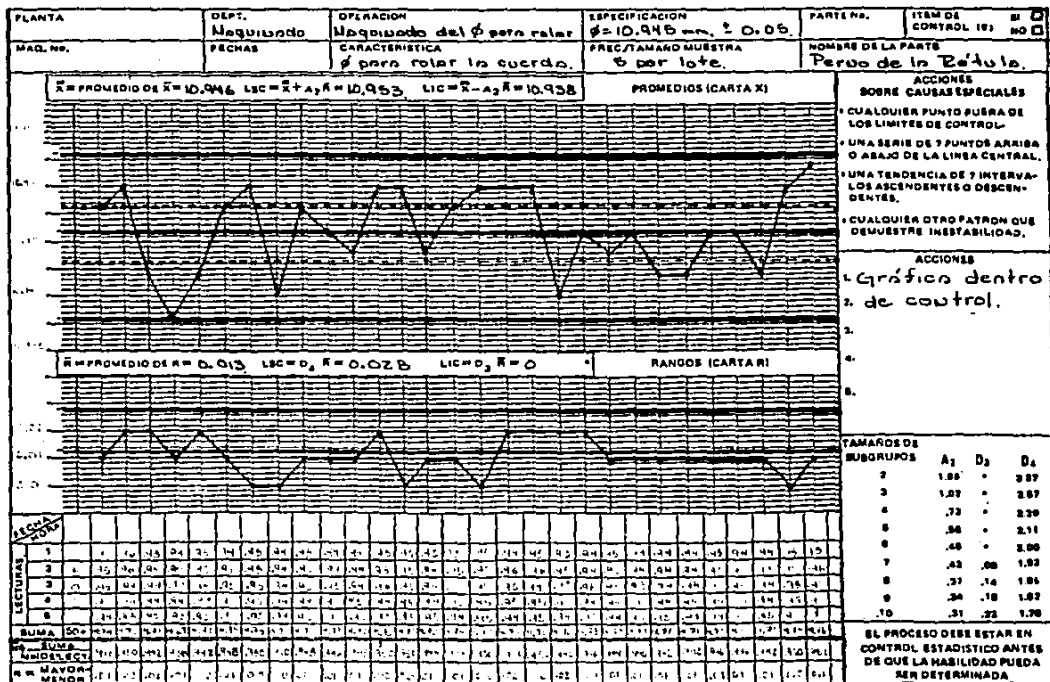
d) Aplicación de la gráfica de control al terminar el roiado de la cuerda en el perno de la rótula

Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en el perno de la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

i) Diámetro de la cuerda

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.26 Gráfica (\bar{X} -R)



IV) Ensamble final de la rótula

De acuerdo con la fig. 2.10 del flujo del proceso del capítulo II se seguirán los pasos que a continuación se indican:

- a) Aplicación de la gráfica de control al verificar la resistencia de la tapa del cuerpo al terminar el engargolado de la tapa con el cuerpo de la rótula

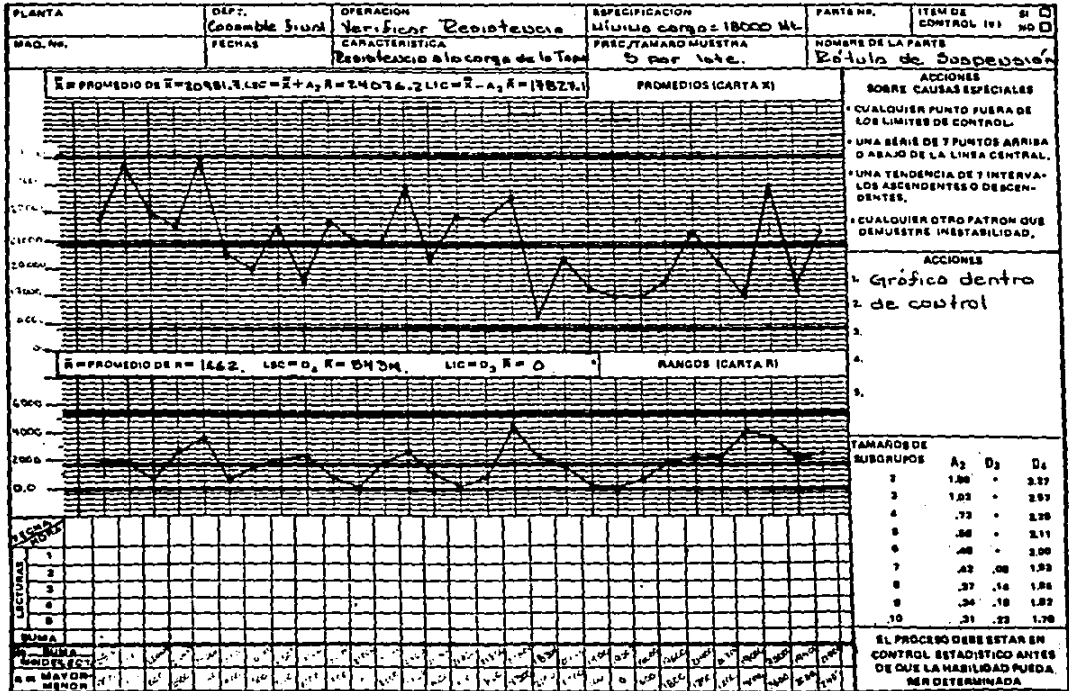
Para poder aplicar este control es necesario determinar cuáles son las medidas críticas que se van a controlar en la rótula. Estas medidas críticas son las siguientes:

- 1) Resistencia de la tapa al aplicar una carga a ésta por medio de presionar al perno hacia la tapa. Las unidades de la carga se darán en newtons (Nt.).

Por ser ésta una prueba destructiva el tamaño de la muestra será de una sola pieza por lote. Las variables para poder determinar los límites serán calculados como si la muestra tuviera dos piezas. Los rangos se calcularán obteniendo la diferencia entre la resistencia de la tapa y la resistencia de la tapa del siguiente lote.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar la prueba correspondiente.

4 27 Gráfico (X-R)



4.3 Gráfica de control por atributos (\bar{P} y \bar{NP}) .

4.3.1 Fundamentos de la gráfica (\bar{P} y \bar{NP}) .

Las gráficas de control por atributos tienen las características de :

- a) Son potencialmente aplicables a cualquier proceso.
- b) Los datos están a menudo disponibles
- c) Son rápidos y simples de obtener
- d) Son frecuentemente usados en los informes a la gerencia.
- e) Pueden ayudar a dar prioridad a las áreas con problemas.
- f) Son fáciles de interpretar.

A pesar que las gráficas de control por variables son las más conocidas, se han desarrollado versiones para el caso de atributos. Los datos por atributos tienen sólo dos posibilidades (conforma / no conforma, pasa / no pasa) pero pueden ser contados para registros y análisis. Las gráficas de control por atributos son importantes por las siguientes razones:

- a) Las operaciones medidas por atributos existen en cualquier proceso de manufactura o ensamble, por lo que estas técnicas de análisis son muy útiles.
- b) Los datos por atributos están disponibles en múltiples situaciones siempre que exista una inspección, listados de operaciones, material seleccionado, etc. . En estos casos

no se requiere gasto adicional de búsqueda de datos, solo el trabajo de incorporarlos a la gráfica de control.

- c) Cuando se requiere obtener datos, la información por atributos es generalmente rápida y barata de obtener; y con medios simples como (pasa / no pasa) no necesita de personal especializado.
- d) Muchos de los datos presentados a la gerencia es de tipo de atributos y se pueden beneficiar con el análisis de gráficas de control.
- e) Al introducir las gráficas de control en las plantas, es importante dar prioridad a las áreas con problemas y utilizarlas donde más se necesiten. El uso de las gráficas de control indicarán cuáles son los procesos que requieren un análisis más detallado.
- f) Finalmente, las gráficas de control por atributos son más fáciles de construir y de interpretar que las gráficas por variables.

Los criterios de aceptación al utilizar gráficas de control por atributos deben de estar claramente definidos y el procedimiento para decidir si esos criterios se están alcanzando o no, es que produzcan resultados consistentes a través del tiempo. Este procedimiento consiste en definir operacionalmente lo que se desea medir. Una definición operacional consiste en desarrollar tres partes fundamentales que son:

- 1.- Un criterio que se aplica a un producto o a un grupo
- 2.- Una prueba del producto o del grupo
- 3.- Una decisión, si o no : El producto o el grupo alcanza o no el criterio.

Los dos tipos de gráficas que se analizarán serán los siguientes:

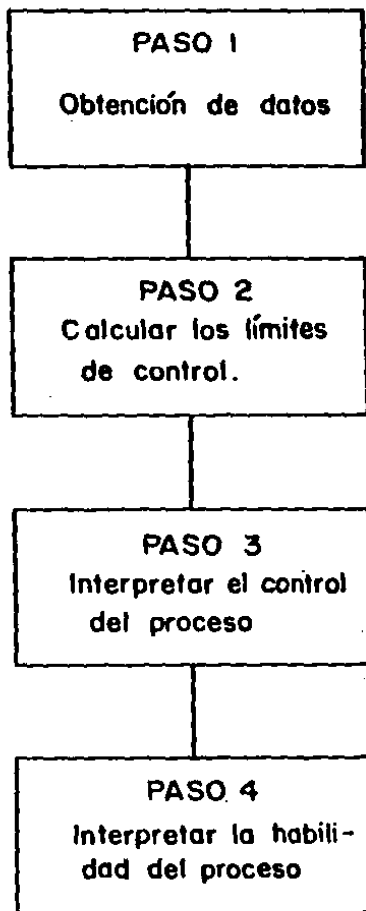
- I) La gráfica \bar{P} para porcentaje de unidades defectuosas
(para tamaños de muestras no necesariamente constantes)
- II) La gráfica \bar{NP} para número de unidades defectuosas
(para tamaños de muestras constantes)

Gráfica \bar{P} para porcentaje de unidades defectuosas

La gráfica \bar{P} mide la fracción defectuosa, o sea las piezas defectuosas en el proceso. Se hace principalmente en la evaluación de una característica o de varias de ellas. Es importante que cada componente verificado se registre como " aceptable " o " no aceptable " (aunque una pieza tenga varios defectos específicos se registrará sólo una vez defectuosa)

A continuación se indica cuáles son los pasos básicos para la construcción e interpretación de la gráfica \bar{P} .

Fig. 4.28 Proceso de elaboración de una gráfica de control (\bar{P}) 114



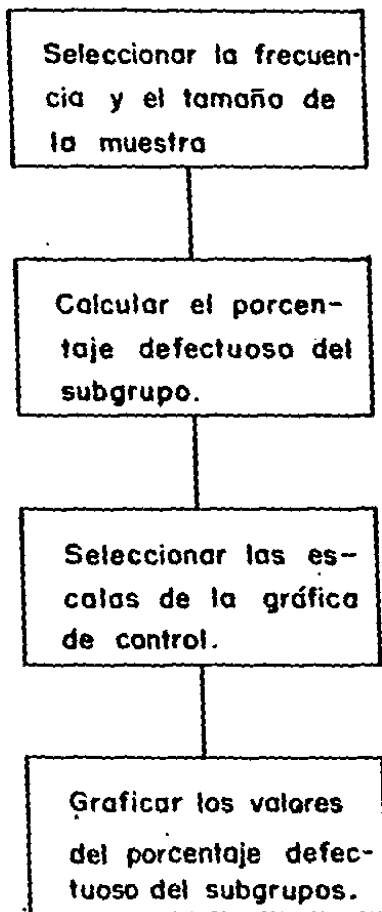


Fig. 4.30 Cálculo de los límites de control

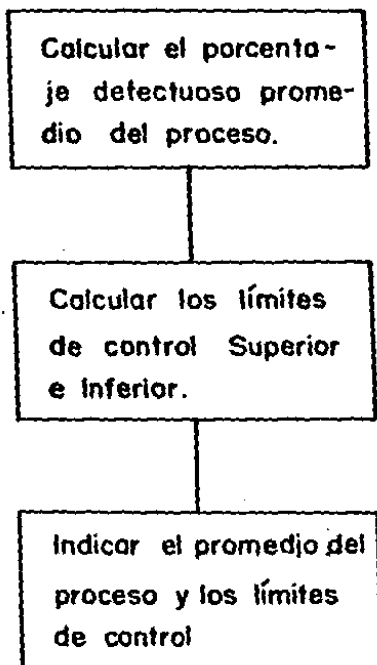


Fig. 4.31 Interpretar el control del proceso

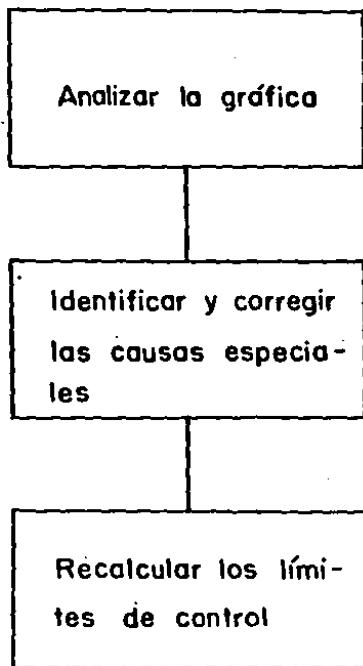
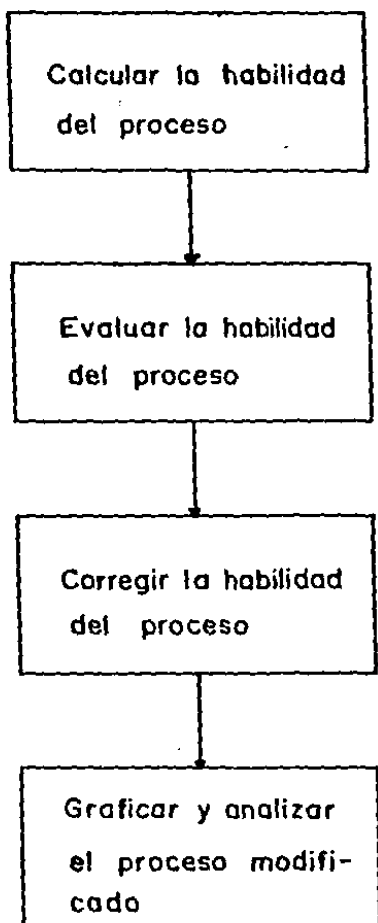


Fig. 4.32 Interpretar la habilidad del proceso



Paso 1 Obtención de datos

a) Selección de la frecuencia y el tamaño de la muestra

Es muy importante establecer la frecuencia de los sub-grupos (cada hora, semana, mes, etc.) y la cantidad a controlar (cantidad del 100 % del lote). Los intervalos cortos entre tomas de muestra permitirán una rápida retroalimentación al proceso ante la aparición de problemas. Los tamaños de muestra grandes permiten una evaluación más estable del desarrollo del proceso y son más sensibles a pequeños cambios en el promedio del mismo. Los tamaños de muestra son generalmente iguales entre periodos pero no tiene por qué darse esta situación. Si son iguales, mejor (dentro de más o menos el 25 % del promedio) .

b) Cálculo del porcentaje defectuoso (\bar{P}) del sub-grupo

Se registrará la siguiente información para cada uno de los sub-grupos:

- 1) El número de partes inspeccionadas " n "
- 2) El número de partes defectuosas " np "

A partir de estos datos, se calculará la fracción defectuosa, como a continuación se indica :

$$\bar{P} = \frac{np}{n} \dots\dots 10$$

n

Estos datos deben registrarse en la forma correspondiente para al menos diez y preferiblemente veinticinco o más sub-grupos, como base de un análisis inicial. Cuando se dispone de datos históricos recientes, éstos podrán utilizarse para acelerar la fase inicial del estudio.

c) Selección de las escalas para las gráficas de control

La fracción o porcentaje defectuoso debe iniciarse en la escala vertical de la gráfica y los sub-grupos en la escala horizontal. La escala vertical debe extenderse desde cero hasta alrededor de dos veces el valor máximo de la fracción defectuosa medida durante la etapa inicial del estudio.

d) Graficar los valores del porcentaje defectuoso de los sub-grupos.

Al graficar los valores \bar{P} de cada sub-grupo, es útil unir los puntos graficados con líneas para visualizar mejor los patrones o tendencias.

A medida que se grafican los puntos, se deben de analizar brevemente para evaluar si son razonables o no. Si hay algún punto considerablemente mayor o menor a los otros, se debe de confirmar que los cálculos se hayan hecho correctamente.

Paso 2 Cálculo de los límites de control

a) Cálculo del porcentaje promedio del proceso

Se calculará el porcentaje defectuoso promedio (\bar{P}) para los k sub-grupos del periodo de la siguiente forma:

$$\bar{P} = \frac{\overline{NP}_1 + \overline{NP}_2 + \overline{NP}_3 + \dots + \overline{NP}_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k} \quad \dots\dots 11$$

donde $\overline{NP}_1, \overline{NP}_2, \overline{NP}_3, \dots$ son los números de las partes defectuosas y n_1, n_2, n_3, \dots son el número de partes inspeccionadas en cada sub-grupo.

b) Cálculo de los límites de control superior e inferior

Los límites de control se establecen a partir del promedio del proceso más o menos una tolerancia para la variación promedio esperada, en función del tamaño de la muestra. Para calcular los límites de control superior e inferior para los k sub-grupos del periodo se utilizarán las siguientes fórmulas :

$$LSC_p = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \quad \dots\dots 12$$

$$LIC_p = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}} \quad \dots\dots 13$$

donde n es el tamaño de la muestra promedio.

Nota: cuando \bar{P} es pequeño y/o n es pequeño, el límite de control inferior puede resultar negativo. En estos casos no existe límite de control inferior.

c) Se graficará el promedio del proceso y los límites de control en la gráfica.

- 1.- Se indicará el promedio del proceso (\bar{P}) con una línea horizontal continua.
- 2.- Se indicarán los límites de control (LSC y LIC) con líneas horizontales punteadas.

El procedimiento para determinar los nuevos límites de control son los siguientes :

- 1.- Determinar cuáles son los sub-grupos que varían más del 25% con respecto al promedio.
- 2.- Si los puntos graficados para cualquiera de estos sub-grupos están cerca del límite de control establecido, se recalcularán los límites para ese o esos sub-grupos de la siguiente manera:

$$LSC_p \text{ o } LIC_p = \bar{P} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1 - \bar{P})}{n}} \quad \dots\dots 14$$

donde n es el tamaño de la muestra de ese sub-grupo en particular.

3.- Si el nuevo límite de control se modifica, la condición de rechazo o aceptación también se modificará al igual que los límites en la gráfica.

Paso 3 Interpretación del control del proceso

La interpretación tiene como objetivo identificar la información relevante que indicará cuándo el proceso no está operando en forma consistente. Si en caso de que el proceso estuviera fuera de control se determinará cuáles serían las acciones que habría que tomar para corregirlo.

a) Análisis de la gráfica

1) Puntos fuera de los límites de control

La presencia de uno o más puntos fuera de los límites de control es evidencia de falta de estabilidad de ese o esos puntos. Dado que la posibilidad de que existan puntos fuera de los límites de control en procesos estables donde sólo se manifiesta la variación debido a causas comunes es muy remota, se presupone que dichos puntos han sido consecuencia de causas especiales.

Las causas especiales pueden ser favorables o desfavorables; sin embargo ambas requieren de una investigación inmediata.

Un punto por encima del límite de control superior, puede ser una indicación de que :

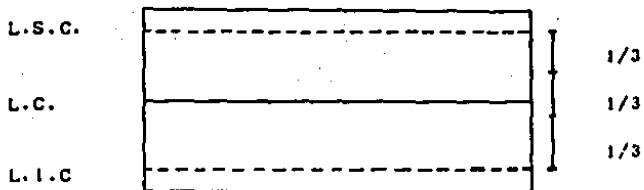
- i) El límite de control ha sido mal calculado o el punto ha sido mal graficado.
- ii) El desarrollo del proceso ha empeorado, ya sea en ese momento o como parte de una tendencia.
- iii) El sistema de medición ha sido modificado.

Un punto por debajo del límite de control inferior, puede ser una indicación de que:

- i) El límite de control ha sido mal calculado o el punto ha sido mal graficado.
 - ii) El desarrollo del proceso ha mejorado.
 - iii) El sistema de medición ha sido modificado.
- ii) Adhesión a las líneas de control.

Quando en las gráficas de control los puntos graficados se agrupan junto a la línea central o a las líneas de control, se dice que existe una adhesión a la línea de control.

Para evaluar y poder decir si hay o no adhesión a la línea central, hay que proceder de la siguiente manera: dividir la distancia que hay entre el LSC y LIC en tres partes iguales, como se muestra en la figura 4.33 .



4.33 Gráfica de control

Si una cantidad substancialmente mayor a las dos terceras partes de los puntos graficados, se encuentran concentrados dentro del tercio medio, existe una adhesión a la línea control.

Si existe adhesión a la línea control se tiene que verificar lo siguiente:

- i) Los límites de control han sido mal calculados o los puntos han sido mal graficados.
- ii) Verificar si no existe una mezcla de información, esto puede ocurrir al mezclar datos de factores diferentes como son : máquinas, materiales, mano de obra, etc..
- iii) Los datos han sido alterados.

Si una cantidad significativamente mayor a una tercera parte de los puntos graficados se encuentra dentro de los tercios exteriores existe adhesión a las líneas de control.

Cuando esta situación se presente, hay que verificar los siguientes puntos:

- i) Los límites de control han sido mal calculados o los puntos han sido mal graficados.
- ii) Verificar si no existe una mezcla de información.

(ii) Series

Una serie es una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso.

Cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la serie recibe el nombre de " corrida " .

Una serie por encima del promedio puede significar que :

- i) El desarrollo del proceso ha ido desmejorando y puede estar aún mejorando.
- ii) El sistema de medición ha sido modificado.

Una serie por debajo del promedio del proceso puede significar que :

- 1) El desarrollo del proceso ha ido mejorando.
 - 11) El sistema de medición ha sido modificado.
- b) Identificación y corrección de las causas especiales.

Cuando a través del análisis de los datos se identifica una falta de control, se deberá estudiar el proceso para determinar la causa por la cual está fuera de control. La acción correctiva deberá ser tal que evite la repetición del problema.

- c) Nuevo cálculo de los límites de control

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, se deben eliminar todos los puntos fuera de control para los cuales se encontraron las causas; se calcularán los nuevos límites y se graficarán los nuevos límites de control así como el promedio del proceso. Se debe confirmar que todos los puntos bajo control se les compare con los nuevos límites de control y se repetirá la secuencia de identificación, corrección y nuevo cálculo de límites si fuera necesario.

Los límites de control una vez que los datos históricos muestren un desarrollo consistente dentro de dichos límites, se transformarán en límites de control de referencia para futuros análisis.

Paso 4 Interpretación de la habilidad del proceso.

a) Cálculo de la habilidad del proceso.

Para la gráfica (\bar{P}), la habilidad del proceso se refleja a través del promedio de los sub-grupos, calculando en base a todos los puntos que estén bajo control. Estos pueden ser expresados también como el porcentaje que está dentro de especificaciones ($1 - \bar{P}$) .

Sin embargo, este valor ($1 - \bar{P}$) no dice nada si no es comparado con un valor objetivo o límite. La mayoría de las empresas han adoptado como usual el que un proceso no es hábil si su valor de ($1 - \bar{P}$) es menor que 3 veces la desviación estándar (σ) que tiene un valor de 99.73 % . Se considera que un proceso es hábil si el valor de ($1 - \bar{P}$) es menor a cuatro desviaciones estándares, que tienen un valor de 99.994 % .

b) Evaluación de la habilidad del proceso.

La habilidad del proceso refleja su desarrollo actual y lo que se puede esperar del mismo es la medida en que continúe bajo control y no se produzcan cambios que modifiquen su habilidad.

La habilidad del proceso, en un problema determinado, debe ser evaluado en función de lo que se espera obtener; si

se tiene presente que las mejoras que se hagan al proceso deben ser interminables, será necesario realizar nuevos análisis del proceso y tomar las acciones correctivas correspondientes.

c) Corrección de la habilidad del proceso.

Una vez que el proceso esté bajo control estadístico, el nivel promedio de defectos reflejará las causas del sistema que afectan la habilidad del proceso.

Es necesario generar soluciones a largo plazo para corregir las fuentes de defectos.

d) Análisis del proceso modificado.

Una vez que se hayan adoptado las acciones correctivas sobre las fallas del sistema, sus efectos deben manifestarse en las gráficas de control, éstas se transforman en un medio para verificar la efectividad de dichas acciones.

Al implementar cambios en el proceso se debe realizar un seguimiento de los datos registrados en las gráficas de control. Los periodos de cambio pueden ser un problema para otras operaciones, generando nuevos problemas que pueden encubrir el efecto real del cambio en el sistema.

Gráfica \bar{NP} para cantidades de unidades defectuosas

La gráfica \bar{NP} tiene como objeto medir la cantidad de unidades defectuosas en una muestra inspeccionada. La gráfica \bar{NP} es parecida a la gráfica \bar{P} con la única diferencia que se registra la cantidad de unidades defectuosas en lugar del porcentaje de unidades defectuosas en la muestra.

La forma de elaborar la gráfica \bar{NP} es similar a la de \bar{P} , por lo que a continuación solo se mencionará la diferencia que pudiera existir en cada paso.

Paso 1 Obtención de datos

- a) El tamaño de la muestra inspeccionada debe ser constante. Este debe de ser lo suficientemente grande para permitir la aparición de varios defectos. En la práctica el tamaño menor de la muestra debe ser de por lo menos cincuenta piezas.
- b) Registrar y graficar el número de unidades defectuosas de cada sub-grupo (NP) .

Paso 2 Cálculo de los límites de control.

- a) Para realizar el cálculo del promedio de unidades defectuosas (\bar{NP}), se utilizará la siguiente fórmula:

$$\bar{NP} = \frac{NP_1 + NP_2 + NP_3 + \dots + NP_k}{k} \quad \dots \dots 15$$

donde $\overline{NP}_1, \overline{NP}_2, \overline{NP}_3, \dots$ representan la cantidad de unidades defectuosas en cada uno de los k sub-grupos.

b) Se realizará el cálculo de los límites de control tanto superior como inferior. Este cálculo se realizará de la siguiente manera :

$$LSC = \overline{NP} + 3 \sqrt{\frac{\overline{NP} (1 - \overline{P})}{n}} \quad \dots\dots 16$$

$$LIC = \overline{NP} - 3 \sqrt{\frac{\overline{NP} (1 - \overline{P})}{n}} \quad \dots\dots 17$$

Paso 3 Interpretación del control del proceso.

La interpretación del control del proceso en la gráfica \overline{NP} será similar a la de la gráfica \overline{P} , por lo que se seguirá el mismo criterio.

Paso 4 Interpretación de la habilidad del proceso.

La habilidad del proceso puede ser expresada como el porcentaje de piezas aprobadas. Este porcentaje se calculará de la siguiente manera :

$$H = \frac{n - \overline{NP}}{n} \times 100 \quad \dots\dots 18$$

donde n será el tamaño de la muestra.

4.3.2 Aplicación al proceso

Tanto la gráfica \bar{P} como \overline{NP} son de gran utilidad ya que se puede recopilar información bastante importante, con tan solo indicar si la pieza " pasa " o " no pasa " la prueba de inspección. Estas gráficas son muy representativas ya que nos muestran tanto el porcentaje, como el número de piezas rechazadas en el lote que se fabricó. El plan de pruebas muestra en qué lugares se aplicará el control, y qué prueba se aplicará al producto.

4.3.2.1 Plan de pruebas para la gráfica \bar{P}

1) Recibo de materiales.

Para poder aplicar este control se debe de identificar cuál será la prueba que se realizará y a qué parte del producto se aplicará ésta.

a) Aplicación de la gráfica de control al realizar la inspección a las porta-esferas.

Para poder aplicar este control se debe de realizar, primero que nada, el cálculo de la muestra que se va a inspeccionar. Este cálculo se realizará por el mismo método que se utilizó para estimar la muestra en las gráficas ($\bar{X} - R$). El lote consta de dos mil porta-esferas y el nivel general de inspección será de nivel III, ya que es una parte fundamental en el buen funcionamiento de la rótula.

Según los datos anteriores y consultando la tabla 4.7, se encontrará que la letra código correspondiente a este dato será la letra " K ". A continuación se consultará la tabla 4.8 y se encontrará que el tamaño de la muestra, según la letra código, será de cincuenta piezas.

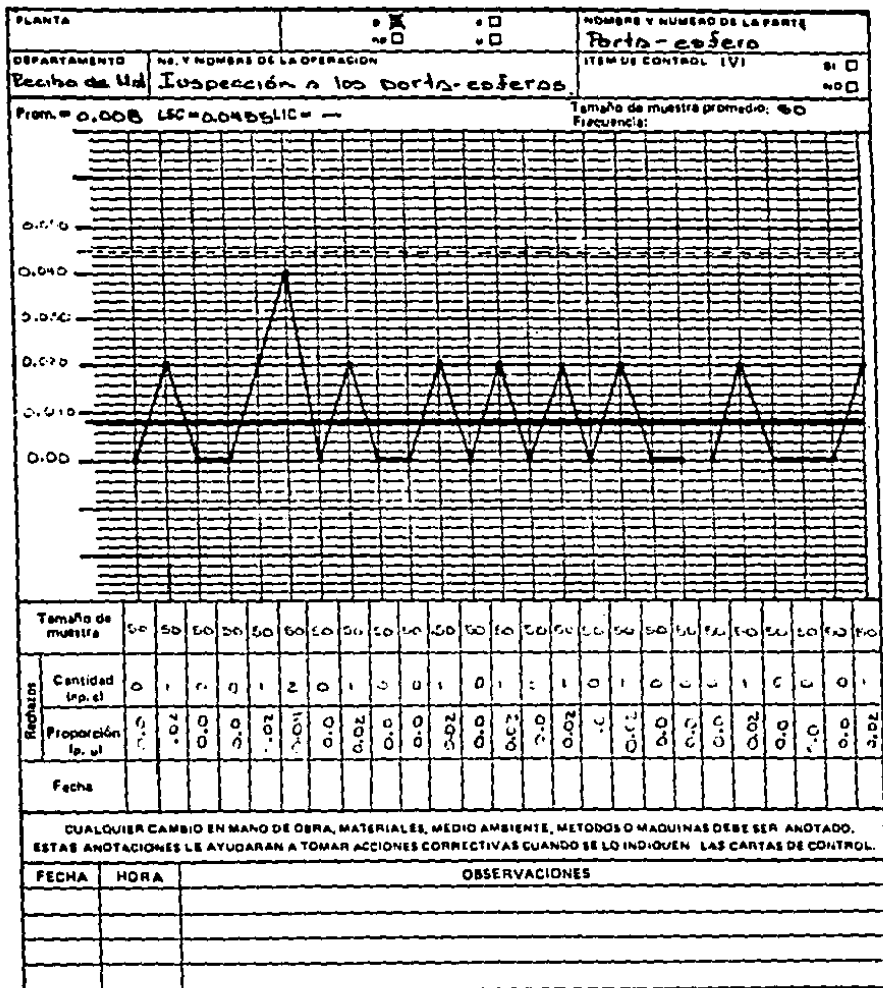
La prueba que se aplicará a las porta-esferas constará de las siguientes inspecciones:

- 1) Inspección sobre quebraduras en las porta-esferas.
- ii) Inspección visual a las porta-esferas.

Será innecesario realizar una gráfica para cada una de las inspecciones ya que solo bastará que en una de las inspecciones la pieza sea rechazada, para que la pieza sea considerada como rechazada. Por lo que solo se realizará una sola gráfica.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las pruebas correspondientes.

4.34 Gráfico (\bar{P})



$$\bar{P} = 0.008$$

$$n = 50$$

$$LSC = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$LIC = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$LSC = 0.008 + 3 \sqrt{\frac{0.008(1-0.008)}{50}}$$

$$LSC = 0.008 + 3(0.0125)$$

$$LSC = 0.0455$$

$$LIC = 0.008 - 0.0375$$

$$LIC = -0.0295$$

Nota : El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fué negativo.

Habilidad del proceso.

$$(1 - \bar{P}) > 3(\sigma)$$

$$(1 - \bar{P}) > 99.73 \%$$

$$(1 - 0.008) > 99.73 \%$$

$$99.20 \% \geq 99.73 \%$$

Al encontrar que ésta relación no es verdadera se puede concluir que el producto que se está recibiendo no tiene un

proceso hábil. Esto significa que el proveedor no tiene un proceso de producción constante y habrá que notificar a éste para que se encuentre la solución al problema.

- b) Aplicación de la gráfica de control al realizar la inspección a la tapa del cuerpo de la rótula.

El cálculo de la muestra será innecesario ya que las variables para calcular la muestra que son : el tamaño del lote y el nivel general de inspección, son iguales a la porta-enforas por lo que se podrá concluir que el tamaño de la muestra será de cincuenta piezas.

La prueba que se aplicara a la tapa del cuerpo de la rótula constará de las siguientes inspecciones:

- 1) Inspección del diámetro de la tapa de la rótula.
- ii) Inspección visual de la tapa.

Como ya se explicó anteriormente, será innecesario realizar una gráfica para cada una de las inspecciones.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las inspecciones.

$$P = 0.012$$

$$n = 50$$

$$LSC = 0.012 + 3 \sqrt{\frac{0.012 (1 - 0.012)}{50}}$$

$$LSC = 0.012 + 3 (0.0154)$$

$$LSC = 0.012 + 0.046$$

$$LSC = 0.058$$

$$LIC = 0.012 - 0.046$$

$$LIC = - 0.034$$

Nota: El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fué negativo.

Habilidad del proceso

$$(1 - P) \geq 3 (\eta)$$

$$(1 - P) \geq 99.73\%$$

$$(1 - 0.012) \geq 99.73\%$$

$$98.8\% \geq 99.73\%$$

Al encontrar que esta relación no es verdadera se puede concluir que el producto que se está recibiendo no tiene un proceso hábil. Esto significa que el proveedor no tiene un proceso de producción constante y habrá que notificar a éste

para que se encuentre la solución al problema.

ii) Maquinado del cuerpo y el perno de la rótula

Al aplicar este control es necesario identificar cuáles serán las pruebas que se realizarán y a qué parte del producto se aplicarán.

a) Aplicación de la gráfica de control al realizar la inspección sobre grietas en el perno de la rótula.

La prueba que se aplicará al perno de la rótula constará de las siguientes inspecciones:

- i) Inspección sobre grietas al perno de la rótula.
- ii) Inspección visual al perno de la rótula.

Si se realiza el cálculo del tamaño de la muestra tomando en cuenta que el tamaño del lote es de cincuenta piezas y que el nivel general de inspección es de nivel I, se encontrará que el tamaño de la muestra será de cinco piezas. Si se realiza la gráfica aplicando este tamaño de muestra no se podrá encontrar información muy representativa ya que el tamaño de la muestra es demasiado pequeño. Considerando lo anterior se procedió de la siguiente manera.

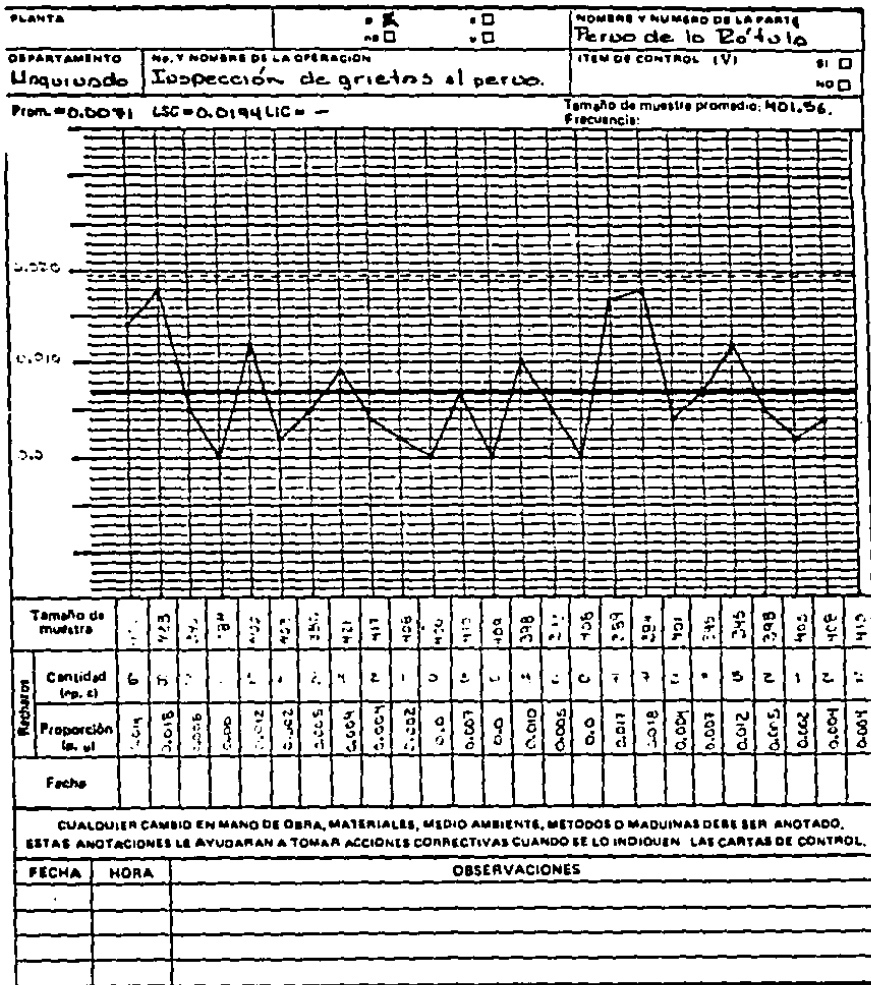
Tomando en cuenta que en la empresa operan cinco tornos que se encargan del desbaste y maquinado del perno, se aplicará la prueba a todas las piezas que sean producidas en

estas maquinas durante dos horas continuas de trabajo. Las horas en las que se realizarán las pruebas cambiarán continuamente, ya que así, se oviará el viciar la información por tomar ésta siempre a la misma hora.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las inspecciones.

4.36 Grafica (\bar{P})

141



$$\bar{P} = 0.0071$$

$$n = 401.56$$

$$LSC = 0.0071 + 3 \sqrt{\frac{0.0071 (1 - 0.0071)}{401.56}}$$

$$LSC = 0.0071 + 3 (0.0041)$$

$$LSC = 0.01964$$

$$LIC = 0.0071 - 3 (0.0041)$$

$$LIC = - 0.0054$$

Nota : El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fué negativo.

Habilidad del proceso.

$$(1 - P) \geq 3 (\sigma)$$

$$(1 - P) \geq 99.73 \%$$

$$(1 - 0.0071) \geq 99.73 \%$$

$$99.29 \% \geq 99.73 \%$$

Al encontrar que esta relación es falsa, se puede concluir que el proceso de producción no es hábil. Esto significa que el proceso de fabricación no es constante aún, por lo que se tendrá que buscar cuáles son las causas que generaron variación en el proceso de producción.

III) Ensamble final.

Para poder llevar a cabo este control es necesario desarrollar el plan de pruebas que se aplicará al producto en el área de ensamble final.

- a) Aplicación de la gráfica de control al realizar la inspección sobre fugas al cubre polvo de la rótula.

La prueba que se aplicará al cubre polvo constará de las siguientes inspecciones:

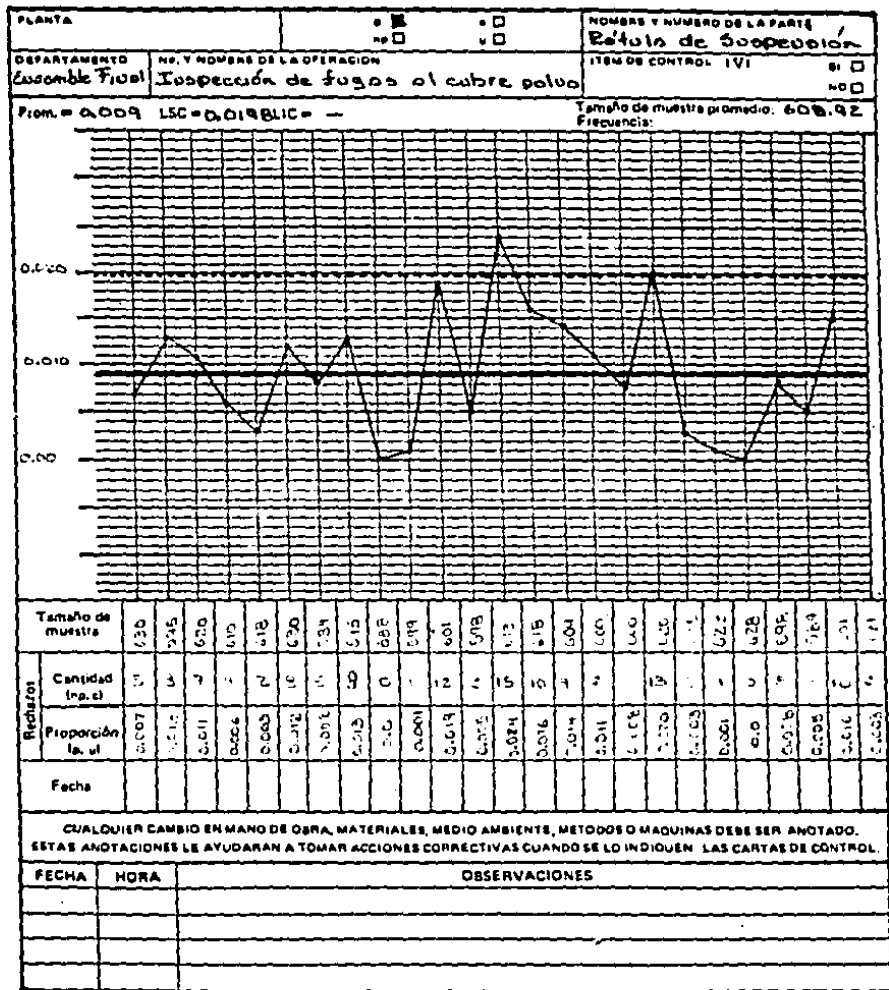
- i) Inspección sobre fugas de grasa en el cubre polvo de la rótula.
- ii) Inspección visual al cubre polvo.

Para poder calcular el tamaño de la muestra se aplicará el mismo criterio tomado en el caso de la inspección de grietas. Se inspeccionarán todas las rótulas que se produzcan durante un lapso de dos horas. Las horas en que se realizarán las inspecciones variarán constantemente para así evitar el vicio de la información por realizar las inspecciones a la misma hora.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las inspecciones.

4.37 Gráfica (\bar{P})

144



$$\bar{P} = 0.009$$

$$n = 608.92$$

$$LSC = 0.009 + 3 \sqrt{\frac{0.009 (1 - 0.009)}{608.92}}$$

$$LSC = 0.009 + 3 (0.0038)$$

$$LSC = 0.009 + 0.0114$$

$$LSC = 0.02046$$

$$LIC = 0.009 - 0.0114$$

$$LIC = -0.00246$$

Nota: El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fue negativo.

Habilidad del proceso

En esta parte del proceso no se podrá calcular la habilidad del proceso ya que ésta no se encuentra dentro de control estadístico.

4.3.2.2 Plan de pruebas para la gráfica \bar{NP}

1) Ensamble final

Para poder aplicar este control se debe de identificar cuáles serán las pruebas que se realizarán y a qué parte del producto se aplicarán éstas.

- a) Aplicación de la gráfica de control al inspeccionar el engargolado de la tapa al cuerpo de la rótula.

La prueba que se aplicara al cuerpo de la rótula constará de las siguientes inspecciones:

- i) Inspección del engargolado de la tapa de la rótula.
- ii) Inspección visual del cuerpo de la rótula.

Como el tamaño de la muestra en las gráficas \overline{NP} debe de ser constante, se adoptará el siguiente criterio para calcular el tamaño de la muestra. Tomando en cuenta que la producción diaria de rótulas en la empresa, tiene un promedio de dos mil quinientas piezas al día y que los niveles de inspección en producto terminado son de nivel III, se podrá determinar por medio de las tablas 4.7 y 4.8 que el tamaño de la muestra será de doscientas piezas. La inspección se realizará durante cualquier hora del día, logicamente variando ésta constantemente para así evitar vicios en la información.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las inspecciones.

4.38 Gráfico (NP)

147

PLANTA		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	NOMBRE Y NUMERO DE LA PARTE																
DEPARTAMENTO		No. Y NOMBRE DE LA OPERACION		Botón de Suspensión																
Maquinado		Inspección al enargolado de la Top		ITEM DE CONTROL (VI)																
Prom. = 1.32		LSC = 4.755 LIC = --		Tamaño de muestra promedio: 3.00																
				Frecuencia:																
Tamaño de muestra		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Rechazos	Cantidad (p.p.)	2	3	0	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2
	Proporción (p.p.)	0.67	1.00	0.00	0.67	0.33	0.67	0.67	0.33	0.67	0.67	0.33	0.67	0.67	0.33	0.67	0.67	0.33	0.67	0.67
Fecha																				
<p>CUALQUIER CAMBIO EN MANO DE OBRA, MATERIALES, MEDIO AMBIENTE, METODOS O MAQUINAS DEBE SER ANOTADO. ESTAS ANOTACIONES LE AYUDARAN A TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS CUANDO SE LO INDIQUEN LAS CARTAS DE CONTROL.</p>																				
FECHA	HORA	OBSERVACIONES																		

$$\bar{NP} = 1.32$$

$$n = 200$$

$$\bar{P} = 0.0066$$

$$LSC = \bar{NP} + 3 \sqrt{\bar{NP} (1 - \bar{P})}$$

$$LIC = \bar{NP} - 3 \sqrt{\bar{NP} (1 - \bar{P})}$$

$$LSC = 1.32 + 3 \sqrt{1.32 (1 - 0.0066)}$$

$$LSC = 1.32 + 3 (1.115)$$

$$LSC = 1.32 + 3.3453$$

$$LSC = 4.755$$

$$LIC = 1.32 - 3.4353$$

$$LIC = -2.1153$$

Nota: El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fue negativo.

Habilidad del proceso.

$$H = \frac{200 - 1.32}{200} \times 100$$

$$H = 99.34 \%$$

$$H \geq 3 (\sigma)$$

$$H \geq 99.73 \%$$

$$99.34 \% \geq 99.73 \%$$

Al encontrar que esta relación es falsa, se puede concluir que el proceso de producción no es hábil. Esto significa que el proceso de fabricación no es constante aún, por lo que se tendrá que buscar cuáles son las causas que generaron esta variación en el proceso de producción.

- b) Aplicación de la gráfica de control al inspeccionar el ángulo de alcance del perno al ser montado en el cuerpo de la rótula.

La prueba que se aplicará a la rótula constará de las siguientes inspecciones:

- i) Inspección al alcance del perno que deberá tener como mínimo un ángulo de 60° partiendo de la vertical hacia ambos lados.
- ii) Inspección visual de la rótula.

Para poder calcular el tamaño de la muestra se aplicará el mismo criterio utilizado en el caso de la inspección del engargolado de la tapa. La inspección se realizará durante cualquier hora del día, lógicamente variando ésta constantemente para evitar así los vicios en la información.

A continuación se muestra la gráfica obtenida con los datos encontrados al aplicar las inspecciones.

4.39 Gráfica (\overline{NP})

PLANTA		<input type="checkbox"/> σ \square <input checked="" type="checkbox"/> σ \square	NOMBRE Y NUMERO DE LA PARTE Botón de Suspensión																			
DEPARTAMENTO Ensamble Final	NO. Y NOMBRE DE LA OPERACION Ajuste del perno de la rótula.		ITEM DE CONTROL (VI)	<input type="checkbox"/> # <input type="checkbox"/> NO																		
Prom. = 2.02 LSC = 6.84 LIC = --		Tamaño de muestra promedio: 200 Frecuencia:																				
Tamaño de muestra		001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018	019	020	
Rechazos	Cantidad (np, ej)	2	2	3	11	5	2	2	2	2	1	5	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2
	Proporción (p, ej)	10.0	20.0	50.0	27.5	50.0	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0	10.0	10.0	10.0	0.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Fecha																						
CUALQUIER CAMBIO EN MANO DE OBRA, MATERIALES, MEDIO AMBIENTE, METODOS O MAQUINAS DEBE SER ANOTADO. ESTAS ANOTACIONES LE AYUDARAN A TOMAR ACCIONES CORRECTIVAS CUANDO SE LO INDIQUEN LAS CARTAS DE CONTROL.																						
FECHA	HORA	OBSERVACIONES																				

$$\overline{NP} = 2.32$$

$$n = 200$$

$$\overline{P} = 0.0114$$

$$LSC = 2.32 + 3 \sqrt{2.32 (1 - 0.0114)}$$

$$LSC = 2.32 + 3 (1.514)$$

$$LSC = 2.32 + 4.5433$$

$$LSC = 6.8633$$

$$LIC = 2.32 - 3 (1.514)$$

$$LIC = 2.32 - 4.5433$$

$$LIC = - 2.2233$$

Nota: El valor del LIC no existe, ya que el valor que se obtuvo fué negativo.

Habilidad del proceso

$$H = \frac{200 - 2.32}{200} \times 100$$

$$H = 98.84 \%$$

$$H \geq 3 (4)$$

$$H \geq 99.73 \%$$

$$98.84 \% \geq 99.73 \%$$

Al encontrar que esta relación es falsa, se puede concluir que el proceso de producción no es hábil. Esto significa que el proceso de fabricación no es constante aún, por lo que se tendrá que buscar cuáles son las causas que generaron esta variación en el proceso de producción.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- 1.- Se encontró que el sistema de control estadístico de la calidad es aplicable a cualquier proceso de producción debido a su versatilidad de implantación y a la sencillez para la interpretación de los resultados.
- 2.- Es totalmente benéfico para las empresas ya que se pueden localizar, rápidamente, las causas que originan que el proceso salga de control.
- 3.- Es importante señalar que implantar un sistema de control estadístico de calidad no requiere de una inversión muy fuerte para la empresa, sino por el contrario, solo requiere de gastos pequeños como pueden ser el sueldo de una persona que calcule y grafique los resultados o la compra de algunos instrumentos de medición.
- 4.- También se concluyó que no es necesaria la contratación adicional de personal calificado para implantar el sistema. Tan solo con la capacitación y adiestramiento de los empleados ya existentes, se logrará el manejo del sistema. Por otro lado con esto se cumple con la obligación de la empresa de dar capacitación al personal y así contribuir al desarrollo social de México.

CAPITULO VI**ANEXOS****6.1 Relación de figuras****CAPITULO I**

- 1.1 Organigrama de la Empresa.
- 1.2 Organigrama de la Gerencia de Aseguramiento de Calidad.

CAPITULO II

- 2.1 Diagrama de la Rótula de Suspensión.
- 2.2 Diagrama de la Ruta de Recibo de Materiales.
- 2.3 Diagrama de la Ruta de Maquinado.
- 2.4 Diagrama de la Ruta de Maquinado. (continuación)
- 2.5 Diagrama de la Ruta de Ensamble.
- 2.6 Diagrama de la Ruta de Ensamble. (continuación)
- 2.7 Diagrama de Flujo de Proceso de los componentes de la rótula de suspensión.
- 2.8 Diagrama de Flujo de Proceso para el cuerpo de la rótula de suspensión.
- 2.9 Diagrama de Flujo de Proceso para el perno de la rótula de suspensión.
- 2.10 Diagrama de Flujo de Proceso para el ensamble final de la rótula de suspensión.
- 2.11 Diagrama del perno esférico en bruto.
- 2.12 Diagrama del desbaste del vástago del perno de la rótula de suspensión.

- 2.13 Diagrama del maquinado de la esfera del perno de la rótula de suspensión.
- 2.14 Diagrama del cuerpo de la rótula en bruto.
- 2.15 Diagrama del maquinado y moleteado del cuerpo de la rótula de suspensión.

CAPITULO IV

- 4.1 Diagrama de Prevención de Defectos.
- 4.2 Diagrama del proceso de elaboración de la gráfica de control (\bar{X} -R).
- 4.3 Diagrama de elaboración de la gráfica de control (\bar{X} -R).
- 4.4 Diagrama de Interpretación del control del proceso con la gráfica de control (\bar{X} -R).
- 4.28 Diagrama sobre el proceso de elaboración de la gráfica de control (\bar{P}).
- 4.29 Diagrama sobre la obtención de datos para la elaboración de la gráfica de control (\bar{P}).
- 4.30 Diagrama sobre el cálculo de los límites de control para la gráfica de control (\bar{P}).
- 4.31 Diagrama sobre la interpretación del control en la gráfica de control (\bar{P}).
- 4.32 Diagrama sobre la Interpretación de la habilidad del proceso de producción.

6.2 Relación de tablas.

CAPITULO III

3.1 Tabla de calificación de proveedoras.

CAPITULO IV

- 4.5 Tabla de los valores de las constantes según el tamaño de la muestra.
- 4.7 Tabla de las letras código para designar el tamaño de la muestra.
- 4.8 Tabla de relación entre las letras código y el número del tamaño de la muestra.

6.3 Relación de Gráficas

CAPITULO IV

- 4.6 Gráfica de control.
- 4.9 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la esfera del perno.
- 4.10 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la parte inferior del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.11 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la parte superior del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.12 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro superior interno del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.13 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro superior externo del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.14 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro inferior interno del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.15 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la base del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.16 Gráfica (\bar{X} -R) sobre la altura del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.17 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la caja de sujeción del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.18 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro del moleteado del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.19 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la parte inferior interna del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.20 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la ranura de la caja del cuerpo de la rótula de suspensión.

- 4.21 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro del tercio superior del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.22 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la parte inferior del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.23 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la caja del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.24 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la parte inferior del cuello del perno de la rótula de suspensión.
- 4.25 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la esfera del perno de la rótula de suspensión.
- 4.26 Gráfica (\bar{X} -R) sobre el diámetro de la cuerda del perno de la rótula de suspensión.
- 4.27 Gráfica (\bar{X} -R) sobre la resistencia a la carga de la tapa del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.33 Gráfica de control.
- 4.34 Gráfica de control (\bar{P}) sobre la inspección realizada a las porta-esferas de la rótula de suspensión.
- 4.35 Gráfica de control (\bar{P}) sobre la inspección a la tapa del cuerpo de la rótula de suspensión.
- 4.36 Gráfica de control (\bar{P}) sobre la inspección realizada al perno sobre grietas existentes.
- 4.37 Gráfica de control (\bar{P}) sobre la inspección de fugas al cubre polvo de la rótula de suspensión.
- 4.38 Gráfica de control (\overline{NP}) sobre la inspección al engrasado de la tapa del cuerpo de la rótula.
- 4.39 Gráfica de control (\overline{NP}) sobre la inspección al alcance del perno de la rótula de suspensión.

6.4 Relación de fórmulas

CAPITULO III

- 1 Fórmula para determinar el valor de la calidad para encontrar la calificación de los proveedores.

CAPITULO IV

- 2 Fórmula para determinar el valor promedio de cada sub-grupo (\bar{X}).
- 3 Fórmula para determinar el rango de cada sub-grupo (R).
- 4 Fórmula para determinar el rango promedio para los k sub-grupos (\bar{R}).
- 5 Fórmula para determinar el promedio de los promedios para los k sub-grupos ($\bar{\bar{X}}$).
- 6 Fórmula para determinar el límite superior de control para el rango promedio.
- 7 Fórmula para determinar el límite inferior de control para el rango promedio.
- 8 Fórmula para determinar el límite superior de control para el promedio de los promedios.
- 9 Fórmula para determinar el límite inferior de control para el promedio de los promedios.
- 10 Fórmula para determinar la fracción defectuosa del número de partes inspeccionadas.
- 11 Fórmula para determinar el porcentaje defectuoso promedio para los k sub-grupos ($\bar{\bar{P}}$).
- 12 Fórmula para determinar el límite superior de control para el porcentaje defectuoso promedio.

- 13 Fórmula para determinar el límite inferior de control para el porcentaje defectuoso promedio.
- 14 Fórmula para recalcular los nuevos límites, tanto superior como inferior, para el porcentaje defectuoso promedio.
- 15 Fórmula para determinar el promedio de unidades defectuosas para los k sub-grupos de (\bar{NP}).
- 16 Fórmula para determinar el límite superior de control para el promedio de unidades defectuosas.
- 17 Fórmula para determinar el límite inferior de control para el promedio de unidades defectuosas.
- 18 Fórmula para determinar la habilidad del proceso productivo.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alley V. Feigenbaum
Control Total de la Calidad
edit. C.E.C.S.A. , 1.-a Edición
México, 1967
- 2.- Bangs R. John
Manual de la Producción
edit. U.T.E.H.A. , 1.-a Edición
México, 1965
- 3.- Capmany Arbat José
Manual de la Ingeniería de la Producción Industrial
edit. Roverté , 1.-a Edición
España , 1960
- 4.- Grant L. Eugene
Control Estadístico de la Calidad
edit. C.E.C.S.A. , 1.-a Edición
México, 1967
- 5.- Ishikawa J. Kaoru
Que es el Control Total de la Calidad ?
edit. Norma . 1.-a Edición
México, 1987

- 6.- Moore G. Franklin
Control de la Producción
edit. MacGraw Hill , 2.-a Edición
México, 1959
- 7.- Schoeder G. Roger
Administración de Operaciones
edit. MacGraw Hill, 1.-a Edición
México , 1983
- 8.- Spiegel R. Murray
Estadística
edit. MacGraw Hill , 3.-a Edición
México. 1965