

878517

3
reg

UNIVERSIDAD NUEVO MUNDO
FACULTAD DE INGENIERIA
Con estudios incorporados a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



MANUAL DE ENTRENAMIENTO PARA EL USO DE LA
ESTADISTICA EN CONTROL DE LA CALIDAD

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
CARLOS ENRIQUE MARTENS ORTIZ

Dir. de Tesis:
ING. MAURICIO MARTINEZ M.

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pág.
1.- OBJETIVO	1
2.- JUSTIFICACION	2
3.- TEMARIO	3
4.- MARCO TEORICO	5
5.- ESTADISTICA	6
6.- MODULO I	16
7.- MODULO II	40
8.- MODULO III	71
9.- MODULO IV	81
10.- MODULO V	102
11.- MODULO VI	115
12.- MODULO VII	123
13.- BIBLIOGRAFIA	151

DEDICATORIAS

A M I S P A D R E S

PAREJA EJEMPLAR, QUE CON TESON, COMPRENSION
Y CARINO, HAN SABIDO ENCAUSAR MIS PASOS POR
EL CAMINO DEL BIEN.

ELLA: AMOR, DULZURA Y CORAJE.

EL: INTEGRO, EMPRENDEDOR Y FORJADOR.

LOS AMO

HAN SIDO EL SOPORTE DE MI VIDA.

A M I E S P O S A

VIEJITA, EN LA RULETA DE LA VIDA
ME HA TOCADO EL NUMERO GANADOR.
GRACIAS POR QUERERME Y RECUERDA-
QUE MI NUMERO GANADOR, ERES TU.

TE AMO

A M I S H I J O S

DEBORAH Y CARLOS

SON EL SUAVE VIENTO QUE HACE QUE SE MUEVA LA
VELETA DE MI VIDA, LA CUAL TOMA UN MATIZ DE-
COMPETENCIA Y NUNCA JAMAS DE INDIFERENCIA.

LOS AMO

A M I S H E R M A N A S

UN REGALO DE ALEGRIA EN MIS MO-
MENTOS DE TRISTEZA,

UN REGALO DE RIQUEZA EN MIS MO-
MENTOS DE POBREZA,

UN REGALO DE ENTEREZA EN MIS MO-
MENTOS DE FLAQUEZA.

POR ESO LAS AMO

A M I S A M I G O S

INCREIBLES, FUERTES Y DUCTILES ESLABONES QUE
FORMAN LA PARTE DE LA CADENA DE MI VIDA, GRA
CIAS POR SU AMOR Y COMPRESION.

LOS QUIERO

1.- O B J E T I V O :

ACTUALMENTE LAS ALTAS DIRECCIONES EMPRESARIALES, HAN TOMADO CONCIENCIA DE QUE NO BASTA PRODUCIR BIENES DE CALIDAD PARA FIGURAR COMO ENTIDADES COMPETITIVAS, TODA VEZ QUE, DE MANERA GENERALIZADA, LOS USUARIOS EXIGEN LA APOR-TACION A SUS PROVEEDORES, DE ELEMENTOS ESTADISTICOS QUE- PERMITAN UNA EVALUACION AGIL COMPROBABLE, DE SUS NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD.

LA DIFUSION A NIVEL MUNDIAL DE LOS ADELANTOS TECNICOS EN TODOS LOS ORDENES, HA CREADO ESTA SITUACION.

HOY LOS FABRICANTES CONFRONTAN EL RETO DE MANTENERSE AL- DIA, NO SOLO EN SUS COMPORTAMIENTOS OPERATIVOS INTRINSE- COS, SINO EN EL MANEJO DE FEHACIENTES CONTROLES DE PROCE- SO, QUE SATISFAGAN LOS REQUERIMIENTOS DE QUIENES ADQUIE- REN SUS PRODUCTOS.

EL OBJETIVO PRIMORDIAL DE ESTA TESIS, ES DAR A CONOCER - LA UTILIZACION PRACTICA DE LA ESTADISTICA EN LA EVALUA- CION DE LA CALIDAD, DE UNA MANERA SIMPLIFICADA, QUE PUE- DA SER ENTENDIDA A TODOS LOS NIVELES DENTRO DE LA INDUS- TRIA MEXICANA, PARA DE ESTA FORMA, CREAR UNA FUENTE DE - EXPRESION SIMILAR ENTRE TODO EL PERSONAL QUE LABORA EN - ELLA. ASI SE PRETENDE DISPONER DE UN LENGUAJE QUE FLUYA- CON FACILIDAD DENTRO DE DICHA INDUSTRIA Y QUE A LA VEZ, - RESULTE COMPATIBLE CON EL EMPLEADO POR LOS PAISES ALTA- MENTE DESARROLLADOS Y CONSECUENTEMENTE, IR ADELANTE CON- LOS QUE SE ENCUENTRAN EN ETAPAS DE DESARROLLO MENOS TEC- NIFICADAS.

PARA LOGRAR LO ANTERIOR, LOS ELEMENTOS QUE CONFIGURAN ES- TE TRABAJO, SE HAN SOMETIDO A LA PRUEBA DE SER PUESTOS - EN PRACTICA EN DIFERENTES AREAS, DENTRO DE CAMPOS INDUS- TRIALES REALES. ASI, LAS EXPERIENCIAS OBTENIDAS, PERMI- TEN ASEVERAR LA SIGUIENTE:

2.- JUSTIFICACION :

DURANTE MUCHOS AÑOS, LAS EMPRESAS DE TODAS DIMENSIONES - EN LAS DIVERSAS PARTES INDUSTRIALES DEL MUNDO, TOMARON - COMO PRINCIPIO DE OPERACION EL PRODUCIR CUALQUIER TIPO - DE PRODUCTO, PARA LUEGO REALIZAR SELECCIONES DE LOS BUENOS, REGULARES Y MALOS PARA, POSTERIORMENTE, APLICAR --- ACCIONES CORRECTIVAS EN SUS PROCESOS DE FABRICACION; --- ASÍ, INCURRIERON EN ELEVADOS COSTOS DE OPERACION Y POR - ENDE, PROPICIARON LA INSATISFACCION DE SUS CLIENTES.

EL MUNDO ACTUAL ALTAMENTE INDUSTRIALIZADO, PENSANDO EN - COMO ELIMINAR ALTOS COSTOS Y SATISFACER A SUS CLIENTES, - HA TOMADO GRANDES ACCIONES CORRECTIVAS A SUS PROCESOS, - DENTRO DE LAS CUALES FIGURA PREPONDERANTEMENTE, EL CON- TROL ESTADISTICO.

LA INTENCION POR TANTO, DE ESTA TESIS, ES SINTETIZAR LAS ESTRATEGIAS ESTADISTICAS SEGUIDAS POR LOS PAISES ALTAMENTE INDUSTRIALIZADOS, PARA PODERLAS INTRODUCIR EN LA INDUSTRIA MEXICANA Y ESTAR EN CONDICIONES DE COMPETIR EN - VOLUMEN, CALIDAD, PRECIO Y SERVICIO, ANTE MERCADOS INTER NACIONALES PENSANDO, COMO RESULTA OBLIGADO, EN LA ACTUAL PARTICIPACION DE MEXICO EN EL GATT, MISMA QUE HA INDUCIDO EL AUMENTO DE LAS EXIGENCIAS DE LOS CONSUMIDORES, TANTO NACIONALES COMO EXTRANJEROS.

3.- TEMARIO :**3.1 MODULO I****LA CALIDAD DEL MUNDO MODERNO**

- INTRODUCCION AL CONTROL DE CALIDAD
- CONCEPTO DE CALIDAD
- LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA
- NECESIDAD DE CONTROLAR LA CALIDAD
- LA CALIDAD Y LA EXPORTACION

3.2 MODULO II**INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES**

- HISTOGRAMAS
- DIAGRAMA DE PARETO
- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

3.3 MODULO III**GRAFICA DE CONTROL P**

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DE PROCESO

3.4 MODULO IV**GRAFICA DE CONTROL X-R**

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DE PROCESO

3.5 MODULO V

GRAFICA DE CONTROL \bar{X} -S

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DE PROCESO

3.6 MODULO VI

GRAFICA DE CONTROL U

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DE PROCESO

3.7 MODULO VII

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

- ANALISIS USANDO HISTOGRAMAS
- ANALISIS USANDO CARTAS DE CONTROL, ESPECIFICACIONES BILATERALES
- A) CARTAS DE CONTROL (\bar{X} -R y \bar{X} -S)
- B) CARTAS DE CONTROL (P y U)
- ANALISIS USANDO CARTAS DE CONTROL, ESPECIFICACIONES UNILATERALES
- A) CARTAS DE CONTROL (\bar{X} -R y \bar{X} -S)
- B) CARTAS DE CONTROL (P y U)

4.- M A R C O T E O R I C O :

EL MARCO TEORICO DE ESTA TESIS, SIRVE UNICAMENTE COMO -- AYUDA PARA LA MEJOR COMPRESION DE LOS MODULOS DESARRO-- LLADOS POSTERIORMENTE EN LA MISMA, YA QUE ESTOS TRATAN -- CADA PUNTO CON LA PARTICULARIDAD INHERENTE.

QUEDE SIN EMBARGO SUSTENTADO QUE, AL REFERIRNOS AL CON-- CEPTO "CALIDAD", (DEL LAT. QUALITAS "CUALIDAD"), UTILIZA REMOS SU CONNOTACION DE BUENA, ESTO ES, NOS REFERIREMOS-- SIEMPRE AL EMPLEAR DICHO TERMINO, A AQUELLO QUE ESTE PA-- RAMETRADO COMO POSEEDOR DE BUENAS CUALIDADES.

POR TANTO, PODEMOS REFERIR, BAJO LA PREMISA FUNDAMENTAL-- QUE TODA TEORIA ESTABLECE, QUE EL CONCEPTO: "ESTADISTICA EN EL CONTROL DE LA CALIDAD", DA COMO RESULTANTE LA SEGU-- RIDAD DE UN COMPORTAMIENTO HOMOGENEO EN LA INDUSTRIA, DE TAL FORMA QUE PERMANENTEMENTE LOS NIVELES DE PRODUCCION-- SEAN OPTIMOS Y DENTRO DE RANGOS DE PERFECTIBILIDAD MUY -- REDUCIDOS. CON ELLO, QUEDA ASEGURADA LA ELABORACION DE -- ARTICULOS DE CALIDAD, QUE SATISFARAN PLENAMENTE LAS NECE-- SIDADES DE LOS USUARIOS.

EN LAS INNUMERABLES ACTIVIDADES DEL QUEHACER HUMANO, UNO DE LOS MAS IMPORTANTES PROPOSITOS ES EL DE DISPONER EN -- TODO TIEMPO DE COSAS BIEN HECHAS Y DURADERAS, ASI VEMOS-- SIEMPRE CON ADMIRACION Y DESEAMOS POSEER, TODO AQUELLO -- QUE SE ENMARCA DENTRO DEL CONCEPTO DE CALIDAD.

ES ASI QUE, MI DESEO EN ESTA TESIS, ES EL DE AFIRMAR LAS FORMULAS QUE PERMITAN REGIRSE, A QUIEN TENGA A BIEN BUS-- CAR UN BENEFICIO EN ELLA, DENTRO DE LAS NORMAS IMPLICI-- TAS EN EL CONCEPTO: CALIDAD TOTAL.

RESUMIENDO: LA ESTADISTICA, COMO TODAS LAS CIENCIAS, TIE-- NE UN CAMPO DE ACCION APLICABLE SEGUN LO REQUIERA EL U-- SUARIO Y LO PERMITA SU NATURALEZA, PARA ELLO, SE DESARRO-- LLAN A CONTINUACION SUS PRINCIPIOS BASICOS PARA SU PRON-- TA ASIMILACION Y COMPRESION.

LOS CONCEPTOS DE LA ESTADISTICA, ESTAN RELACIONADOS MUY ESTRECHAMENTE CON EL LENGUAJE HABITUAL, ASI POR EJEMPLO EL ESTADISTICO HABLA DE POBLACIONES, MUESTRAS, ETC. A -- CONTINUACION ENUNCIAREMOS LAS DE MAYOR UTILIZACION:

5.- ESTADISTICA :

ES LA CIENCIA QUE SE OCUPA DE REPRESENTAR, GENERALIZAR, RECOPI-
LAR, ORGANIZAR, ANALIZAR Y EXTRAER LA INFORMACION-
CONTENIDA EN UN CONJUNTO DE DATOS.

LA PARTE DE LA ESTADISTICA, QUE TRATA CON UNA MUESTRA RE-
PRESENTATIVA Y HACE INFERENCIA O GENERALIZACIONES CON BA-
SE EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE ELLA, SE LLAMA "ESTA-
DISTICA INDUCTIVA O INFERENCIAL", ASI COMO A LA PARTE --
QUE VERSA SOBRE LA RECOPIACION, ORGANIZACION, ANALISIS-
Y EXTRACCION DE DATOS, SE LE LLAMA "ESTADISTICA DESCRIP-
TIVA".

5.1 POBLACION ESTADISTICA:

ES EL CONJUNTO DE REFERENCIAS EN EL QUE SE VAN A LLEVAR-
A CABO LAS OBSERVACIONES.

5.2 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS (ATRIBUTOS):

SE DICE QUE UNA CARACTERISTICA ESTADISTICA ES CUALITATI-
VA, CUANDO SUS MODALIDADES NO PUEDEN SER MEDIDAS SINO --
UNICAMENTE SI SON O NO ATRIBUIBLES, ES DECIR, SI SE RE-
FIEREN A UNA CUALIDAD.

5.3 CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS (VARIABLES):

SE DICE QUE UNA CARACTERISTICA ESTADISTICA ES CUANTITATI-
VA, CUANDO SUS MODALIDADES PUEDEN SER MEDIDAS EN UN DE--
TERMINADO ARTICULO, OBJETO, ETC.

5.4 MUESTRA REPRESENTATIVA:

ES AQUELLA EN LA CUAL CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE LA PO-
BLACION TIENEN LA MISMA POSIBILIDAD DE PARTICIPAR EN ---

ELLA, LO QUE ES LO MISMO, LA CREACION DE UN SUB-CONJUNTO DE LA POBLACION, EN EL QUE LOS ELEMENTOS DE ESTE, TUVIERON LA MISMA POSIBILIDAD DE SER ELEGIDOS, COMO CUALQUIER OTRO PERTENECIENTE A LA MISMA POBLACION GENERICA.

5.5 CUANTIFICACION:

EXISTEN DOS MANERAS DE CUANTIFICAR:

LA QUE SE REALIZA POR "CONTEO". TOMA COMO BASE LOS NUMEROS REALES Y PUEDE SER EXACTA EN EL CASO DE LOS CONJUNTOS FINITOS.

LA QUE SE REALIZA POR "MEDICION". TOMA COMO BASE LOS NUMEROS REALES, TOMESE COMO REFERENCIA QUE "NUNCA UNA MEDIDA DA UN VALOR EXACTO".

5.6 VARIABLE:

SE LLAMA VARIABLE A TODA CANTIDAD SUSCEPTIBLE DE TOMAR CUALQUIER VALOR EN UN CONJUNTO DE VALORES DETERMINADOS.

5.7 FRECUENCIA DE UN EVENTO:

SE LLAMA FRECUENCIA DE UN EVENTO, AL NUMERO DE VECES -- QUE OCURRE DICHO EVENTO A LO LARGO DE UNA OBSERVACION.

5.8 FRECUENCIA RELATIVA DE UN EVENTO:

LA FRECUENCIA RELATIVA DE UN EVENTO, ES LA QUE EXPRESA LA REPETICION DE UN HECHO CON RESPECTO AL NUMERO TOTAL DE OBSERVACIONES, EXPRESADO EN FORMA PORCENTUAL.

5.9 FRECUENCIA ACUMULADA DE UN EVENTO:

ESTA ES GENERALMENTE UTILIZADA EN AGRUPACIONES DE DATOS

POR INTERVALOS. ES EN SI, LA FRECUENCIA ACUMULADA DE UN HECHO DENTRO DE UN INTERVALO CONSIDERADO, MAS LAS DE -- LOS INTERVALOS ANTERIORES.

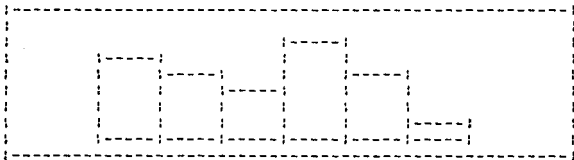
5.10 FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA DE UN EVENTO:

ESTA SE DEFINE COMO LA EXPRESADA POR LA FRECUENCIA ACUMULADA DE UN EVENTO, RESPECTO AL NUMERO TOTAL DE OBSERVACIONES.

5.11 HISTOGRAMAS Y POLIGONOS DE FRECUENCIA ABSOLUTOS Y RELATIVOS:

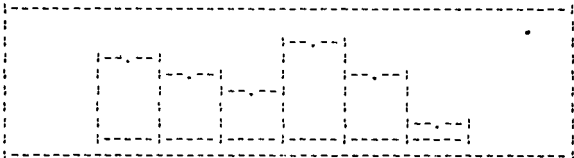
AL HABLAR DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS Y RELATIVAS, SE HACE NECESARIO EL DEFINIR SUS PRESENTACIONES GRAFICAS, (GRAFICA 5.11.1 Y GRAFICA 5.11.2).

HISTOGRAMA



(GRAFICA 5.11.1)

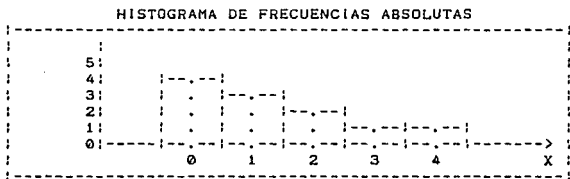
POLIGONO DE FRECUENCIA



(GRAFICA 5.11.2)

5.12 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS:

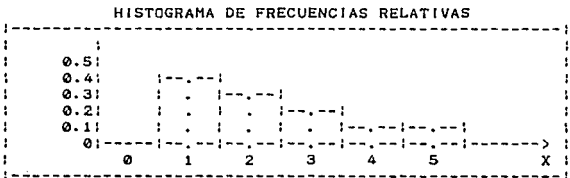
POR HISTOGRAMA SE ENTIENDE UN CONJUNTO DE RECTANGULOS -- (UNO POR CADA CLASE), QUE TIENEN COMO BASE, LA AMPLITUD-DE LOS INTERVALOS CORRESPONDIENTES, (GRAFICA 5.12.1)



(GRAFICA 5.12.1)

5.13 HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS RELATIVAS:

ESTE DOCUMENTO ES UN CONJUNTO DE RECTANGULOS (UNO POR CADA CLASE), QUE TIENE COMO BASE LA RELACION DEL INTERVALO CORRESPONDIENTE, (GRAFICA 5.13.1)

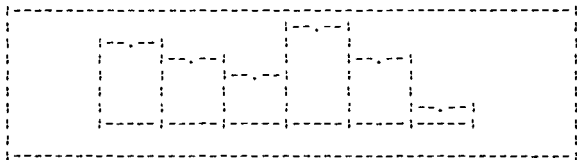


(GRAFICA 5.13.1)

5.14 POLIGONO DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS:

ESTE ES UN CONJUNTO DE SEGMENTOS LINEALES, QUE UNEN LOS PUNTOS MEDIOS DE LAS BASES SUPERIORES DE CADA RECTANGULO DEL HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS, TANTO RELATIVAS COMO ABSOLUTAS, SEGUN EL CASO, (GRAFICA 5.14.1)

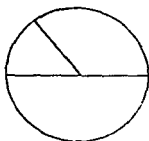
POLIGONO DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS



(GRAFICA 5.14.1)

5.15 GRAFICA CIRCULAR:

SE ENTIENDE POR TAL CONCEPTO, A UNA CIRCUNFERENCIA SEGMENTADA, EN LA QUE DICHOS SEGMENTOS CORRESPONDEN DIMENSIONALMENTE A LAS PROPORCIONES DE LOS INTERVALOS OBSERVADOS, ESTO ES, SE CALCULA DENTRO DE 360 GRADOS, LA EQUIVALENCIA DE LAS VARIANTES, (GRAFICA 5.15.1)



(GRAFICA 5.15.1)

5.16 MEDIDAS DE DISPERSION:

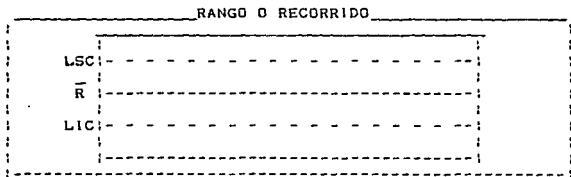
PARA DESCRIBIR UNA DISTRIBUCION DE FRECUENCIA, ES CONVENIENTE DETERMINAR UNA MEDIDA DE TENDENCIA CENTRAL, O SEA UN VALOR PROMEDIO REPRESENTATIVO DEL CONJUNTO DE DATOS ESTUDIADOS; POR ELLO, CUANDO NO ES SUFICIENTE LA UTILIZACION DE LAS TECNICAS CLASICAS EXPRESADAS CON ANTERIORIDAD, RESULTA NECESARIO ESTABLECER UNA MEDIDA QUE PERMITA EVALUAR LA DISPERSION DE LOS DATOS CON RESPECTO A LA MEDIDA DE TENDENCIA CENTRAL CALCULADA. DEBIDO A LO ANTERIOR, DEFINIREMOS LAS MEDIDAS DE MAYOR UTILIZACION:

5.17 RANGO, (DEL INGLES RANK-RANGE "CLASE"), O RECORRIDO:

SE DEFINE EL RANGO DE UN GRUPO DE DATOS, COMO LA DIFERENCIA ENTRE EL VALOR MAXIMO Y EL VALOR MINIMO DE ELLOS Y SE SIMBOLIZA POR LA LETRA "R", (GRAFICA 5.17.1)

SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS SON:

- A).- EL CALCULO ES SIMPLE Y RAPIDO.
- B).- ES UNA MEDIDA DE DISPERSION BURDA, (NO SE TOMAN EN CUENTA LAS MEDIDAS CENTRALES).
- C).- EL RANGO DA SOLAMENTE UNA IDEA DE LA VARIABILIDAD O DE LA DISPERSION DE LOS DATOS.



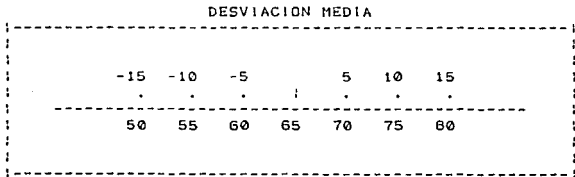
(GRAFICA 5.17.1)

5.18 DESVIACION MEDIA:

LA DESVIACION MEDIA, ES UNA MEDIDA DE DISPERSION CONS---
TRUIDA TOMANDO EN CUENTA TODOS LOS ELEMENTOS DE LA DIS---
TRIBUCION ESTUDIADA Y ESTA DISEÑADA PARA MEDIR LA DISPER---
CION ALREDEDOR DE UNA MEDIDA DE TENDENCIA CENTRAL. (SE ---
ACOSTUMBRA UTILIZAR LA MEDIA ARITMETICA GENERALMENTE).

LA DESVIACION MEDIA, ES EL PROMEDIO DE LAS DESVIACIONES---
DE VALORES ABSOLUTOS INDIVIDUALES DE LOS DATOS ESTUDIA---
DOS, CON RESPECTO A LA MEDIA ARITMETICA DE DICHS DATOS,
(GRAFICA 5.18.1); SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS SON:

- A).- LA DESVIACION MEDIA, SE CALCULA TOMANDO TODOS LOS -
DATOS DE LA DISTRIBUCION ESTUDIADA.
- B).- MIDE LA DISPERSION DE LOS DATOS ALREDEDOR DE UNA ME-
DIDA DE TENDENCIA CENTRAL.
- C).- ES LA MEDIDA ARITMETICA DE LOS VALORES ABSOLUTOS DE
LAS DESVIACIONES ENTRE CADA DATO Y LA MEDIDA DE TEN-
DENCIA CENTRAL ESCOGIDA, DADO EL HECHO DE QUE SE --
CONSIDERAN LOS VALORES ABSOLUTOS DE DICHAS DESVIA--
CIONES.



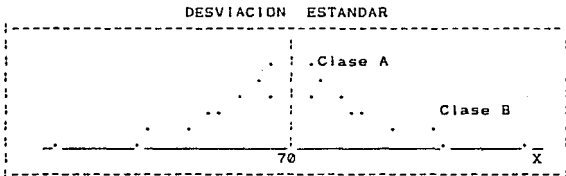
(GRAFICA 5.18.1)

5.19 DESVIACION ESTANDAR O TIPICA:

LA DESVIACION ESTANDAR ES UNA FORMA DEFINIDA DE LA DES--

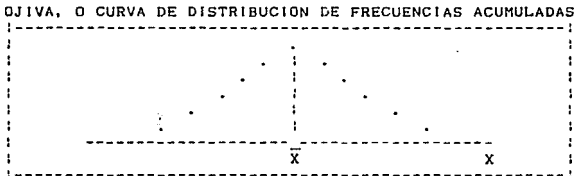
VIACION MEDIA, EN LUGAR DE CONSIDERAR LOS VALORES ABSOLUTOS DE LAS DESVIACIONES ENTRE LOS DATOS Y LA MEDIDA DE TENDENCIA CENTRAL ESCOGIDA, SE ELEVAN DICHAS DESVIACIONES AL CUADRADO, (GRAFICA 5.19.1); SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS SON:

- A).- LA DESVIACION ESTANDAR (NORMAL), SE CALCULA TOMANDO EN CUENTA CADA UNO DE LOS VALORES DE LOS DATOS.
- B).- SE MIDE LA DISPERSION DE LOS DATOS ALREDEDOR DE UNA MEDIDA DE TENDENCIA CENTRAL, (EN GENERAL LA MEDIA ARITMETICA).



5.20 OJIVA, O CURVA DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ACUMULADAS:

ES LA QUE SE OBTIENE, COLOCANDO EN LAS ABCISAS, (DEL LAT. ABCISSA "CRUZADA"), LOS VALORES DE LAS VARIABLES ALEATORIAS Y EN LAS ORDENADAS, LAS FRECUENCIAS ACUMULADAS, (GRAFICA 5.20.1)



5.21 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL:

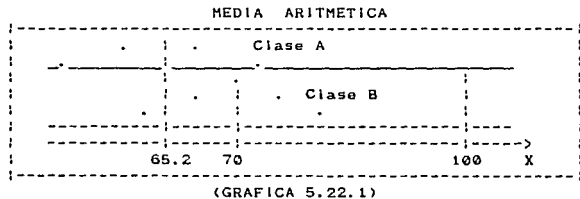
DENTRO DE LA ESTADISTICA, NOS ENCONTRAMOS CON LA NECESIDAD DE TENER VALORES QUE SE APROXIMEN AL "VALOR CENTRAL" DE UN EVENTO, PARA O CUAL MENCIONAREMOS LAS TECNICAS MAS COMUNMENTE UTILIZADAS.

5.22 MEDIA ARITMETICA:

ESTA MEDIDA CENTRAL, SE DEFINIRA COMO LA SUMA ARITMETICA DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LOS EVENTOS Y DIVIDIDA ENTRE EL NUMERO QUE, DE DICHSO EVENTOS, SE HUBIERE TOMADO, --- (GRAFICA 5.22.1).

EN ESTE MANUAL, SE EMPLEARAN INDISTINTAMENTE LOS NOMBRES DE "MEDIA ARITMETICA", "PROMEDIO" Y "MEDIA".

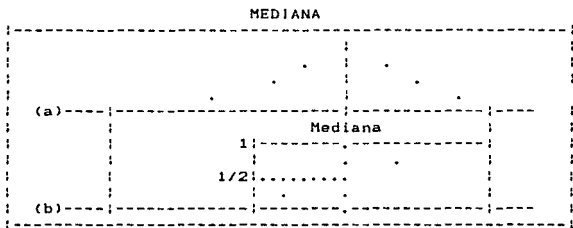
EL SIMBOLO UTILIZADO PARA LA REPRESENTACION DE LA MEDIA-ARITMETICA ES: \bar{X} .



5.23 MEDIANA:

SE LLAMA ASI, AL VALOR CENTRAL QUE OCUPA UNA MEDICION EN UN GRUPO DE DATOS ORDENADOS, (DE MENOR A MAYOR O VICEVERSA). EN EL CASO DE GRUPOS DE LA CANTIDAD DE DATOS PARES, SERA EL PROMEDIO DE LAS DOS MEDICIONES CENTRALES. (GRAFICA 5.23.1).

EL SIMBOLO_UTILIZADO PARA LA REPRESENTACION DE LA MEDIANA ES: \bar{X} .



(GRAFICA 5.23.1)

M O D U L O I

LA CALIDAD EN EL MUNDO MODERNO

- INTRODUCCION AL CONTROL DE CALIDAD
- CONCEPTO DE CALIDAD
- LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA
- NECESIDAD DE CONTROLAR LA CALIDAD
- LA CALIDAD Y LA EXPORTACION
- HERRAMIENTAS ESTADISTICAS BASICAS
- CALIDAD TOTAL
- LAS 14 RECOMENDACIONES DEL DR. DEMING
A LOS DIRECTIVOS

INTRODUCCION AL CONTROL DE CALIDAD

Se dice: que: "NO EXPORTAMOS MAS, PORQUE NO TENEMOS PRODUCCION QUE COMPITA EN CALIDAD Y EN CANTIDAD Y NO PORQUE NO EXISTAN MERCADOS PARA NUESTROS PRODUCTOS".

Con este planteamiento, se confiere a la Calidad, el carácter de factor básico de la economía y se le enfatiza como un objetivo primordial en la amplitud requerida por el País.

El objetivo primordial de la producción, consiste en la generación de los bienes y servicios socialmente necesarios, para garantizar, junto con una vida digna para todos, -en nuestro caso para la Población Mexicana-, el desarrollo acorde con lo requerimientos de la presente época y, sobre todo, concordante con el crecimiento mundial en el que deseamos México ocupe un lugar preponderante.

En el cumplimiento de este objetivo, la actividad industrial tiene una gran relevancia, en vista de su doble necesidad de tener capacidad para producir bienes, tanto para consumo interno, como para exportación; esto último con el propósito de lograr competitividad ante fabricantes externos, alcanzando prestigio internacional y niveles de producción que permitan la expansión de nuestros mercados.

CONCEPTO DE CALIDAD

De acuerdo con las Leyes que rigen a la Industria Nacional Mexicana, la Calidad es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que debe tener un material o producto a fin de que cubra condiciones de Normas y sea útil para el uso a que esté destinado, así la Calidad constituye todo un conjunto de especificaciones que definen, califican y clasifican un material, producto o procedimiento, para que satisfaga los requerimientos de los usuarios.

Para la generalidad de las personas y este, quizá sea el concepto más válido por su amplitud y efectos económicos, la Calidad es el resultado de la comparación que se establece entre diversas marcas, presentaciones o procedencias de un mismo producto, conforme a la cual, la mayor corresponde al bien o servicio que satisface con mayor eficiencia la necesidad o uso a que se destina, según criterio del usuario o consumidor.

En otras palabras, la Calidad se convierte en un factor económico de primer orden, pues en una economía de mercado, la comparación de la Calidad conduce la demanda hacia los productos que, de acuerdo con el consenso general la tienen en mayor grado.

Si este concepto se extiende a un sistema o área económica en donde existe la posibilidad amplia de intercambio internacional, la demanda de los productos o servicios se inclinará a los de mejor relación: "Calidad-Costo".

Por ello es indispensable analizar, aunque sea en forma breve el modo en que se plantea y maneja el concepto de Calidad a nivel de actividad industrial.

LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA

Hablamos de que una acción está dentro de control, cuando dentro de ciertos límites, podemos predecir sus variaciones y decimos que, un fenómeno está controlado, cuando podemos establecer su razonable probabilidad matemática.

La competencia, la interdependencia económica y los avances tecnológicos han exigido cada día mayores conocimientos y un control más riguroso de los factores relacionados con las variaciones y las características de los productos de consumo.

El Control se ha convertido, por la necesidad, en una ciencia de primera magnitud, que concede una importancia primordial a la inspección sistemática y al refinamiento de las variables de los procesos.

El Control de la Calidad, como actividad sistematizada y en su concepto moderno, se comenzó a aplicar por el gobierno de los Estados Unidos durante la segunda guerra mundial, en todas las industrias que lo proveían de materiales y equipo de guerra, sin embargo, un rápido vistazo a la historia, nos muestra que la idea de la Calidad ha existido siempre intuitivamente en los operadores individuales o en los grupos de los operadores que han logrado características similares en toda su producción artesanal.

Sin embargo, la segunda guerra mundial trajo consigo una tremenda producción de artículos bélicos, cuyas partes - no siempre se hacían en la misma fábrica y en el momento de ensamblarlas no concordaban.

Esto hizo patente la necesidad de investigar el fenómeno a fondo y de esta manera, nació el Control Estadístico de la Calidad.

NECESIDAD DE CONTROLAR LA CALIDAD

La necesidad de establecer un Control de la Calidad en la fabricación económica de artículos apropiados a los requerimientos comerciales, surge como consecuencia del choque de los hechos de producción.

PRIMERO.- Es de experiencia general que la economía de la producción, la distribución y el consumo son mayores, cuando los productos de la industria son de una calidad definida y uniforme, esto es, de Calidad estandar.

SEGUNDO.- Es una verdad física que no hay dos artículos que sean iguales, esto es, la Calidad varía continuamente, por lo tanto, está siempre teniendo una realidad alejarse del estandar ideal o deseado.

A la uniformidad deseada se opone el hecho de que la Calidad es un factor variable. En la práctica se hace frente a la situación llegando a un equilibrio y por ello se establecen límites para definir las variaciones que pueden permitirse o tolerarse en el producto comercial, respecto al estandar ideal.

De ver esta situación se desprende que, el Control de la Calidad en la fabricación, es aquella función que asegura que el producto se ajuste a estandares o normas definidas y uniformes, entre límites especificados, con referencias en todas las etapas de fabricación.

LA CALIDAD Y LA EXPORTACION

El mejoramiento de la Calidad competitiva de la industria Mexicana en el comercio mundial, depende primordialmente de que se logre su operación a costos y eficiencias que permitan: volúmenes, precios y calidades capaces de competir con las ofertas de las economías más avanzadas.

La Calidad es una condición imprescindible para la exportación Mexicana de productos industriales, pero aún cuando lleguen a lograrse precios bajos y volúmenes adecuados, solo podrá concretarse si las mercancías logran cumplir con las Normas Industriales de Calidad, prevalecientes en los Mercados Internacionales.

Como por otra parte, la generalidad de los países tradicionalmente exportadores de bienes manufacturados, disponen de complejos industriales, en los que su adelanto se mide por el nivel de eficiencia de sus sistemas de control y certificación de la Calidad de sus productos y solo lo han logrado llegar y crecer en el mercado los que disponen de los mejores de estos sistemas; se concluye que, para consolidar y acrecentar las exportaciones Mexicanas es una necesidad indispensable e inaplazable generalizar en nuestro país el uso de estos instrumentos, precisamente al nivel que determina la competencia internacional.

En resumen, desde hace varios años y particularmente en la presente fase económica del País, el gobierno ha manifestado una excepcional disposición de apoyar las exportaciones y no obstante los estímulos creados, las exportaciones aún no se incrementan en las proporciones deseadas e incluso necesarias.

Para mejorar la balanza comercial, es indispensable agregar a los apoyos gubernamentales, un esfuerzo empresarial destinado a mejorar constantemente la Calidad de los productos elaborados tanto para exportación como para consumo interno.

Lo anterior, de ningún modo quiere decir que los productos exportados hasta la fecha no hayan cumplido todos -- los requisitos de Calidad y las normas vigentes para las transacciones del Comercio Internacional. De no haber sido así simplemente no se habrían exportado, pero es necesario que un mayor número de productos se sujeten a los sistemas de control y certificación de la Calidad, para aumentar la diversidad, el volumen y el valor de nuevas exportaciones de manufacturas industriales. Los países que han sido calificados como milagros económicos -- por disponer de las estructuras productivas más dinámicas, los más altos promedios de ingreso y consumo interno, los mayores rendimientos para sus inversiones, son precisamente los que producen con elevados índices de Calidad.

Esto quiere decir que la Calidad, productividad, racionalidad operativa y fabricación a bajos costos, resultan conceptos que de ningún modo se oponen. De otro modo no se podría competir porque en el mercado mundial, es factible obtener los mejores productos a los más bajos precios, y que incluso, la generalidad de países tenga que protegerse con respecto a esas ofertas internacionales.

Ello conduce a que el mejor sistema proteccionista es el que se apoya en la Calidad de la producción industrial, la cual desemboca en la producción masiva.

Como conclusión diremos que la Calidad no sólo es un elemento técnico o una calificación subjetiva; es por encima de todo, un factor económico fundamental para el desarrollo de nuestro País.

INSTRUMENTOS ESTADÍSTICOS BÁSICOS.

- A) Hojas de check o verificación.
- B) Histogramas y distribución normal.
- C) Diagrama de Pareto.
- D) Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa).
- E) Estratificación.
- F) Diagrama de Dispersión.
- G) Cartas de Control.

En Japón, el doctor Kaoru Ishikawa, (eminente tratadista sobre conceptos de Calidad, representante del equipo Japonés del Juse), asegura que, con el uso de estos siete instrumentos estadísticos básicos, se pueden resolver el 95% de los problemas de Calidad y productividad de las áreas operativas.

La difusión de estos instrumentos en la industria Japonesa, se realiza en todos los niveles; todos las conocen y las usan en la búsqueda continua y participativa de las mejoras en los sistemas productivos.

La combinación efectiva de estas herramientas básicas proporciona una metodología práctica y sencilla para:

- La solución de los problemas.
- La realización de las mejoras.
- El establecimiento de controles en la operaciones de procesos y su estabilización.

¿PORQUE SIETE INSTRUMENTOS ESTADÍSTICOS BÁSICOS?.

Debido al éxito de los métodos estadísticos señalados por el doctor Deming, (que se mencionarán al final de este Módulo), los administradores y asesores industriales-Japoneses, entre ellos el doctor Kaoru Ishikawa, quisieron hacerlos llegar a todos los niveles de sus empresas, incluyendo a trabajadores y operarios, para involucrarlos en la solución de problemas de trabajo y por ende de productividad.

Así, inspirándose en parte de la tradición japonesa, - (el número siete) y en una parte de su historia, el samurai (guerrero del feudalismo Japonés), quien usaba siete herramientas para su actividad militar, se establecieron los siete instrumentos estadísticos básicos y uno de ellos, el Diagrama de Causa-Efecto, o Diagrama de Ishikawa, es la base para el análisis estadístico.

De esta manera, se seleccionaron, de entre los distintos métodos estadísticos, los más útiles y se adaptaron para un uso sencillo y efectivo que permite resolver la mayoría de los problemas de calidad y productividad en los procesos de producción o sistemas productivos.

Estas herramientas, permiten cambiar las cosas a datos, analizarlos y tomar decisiones con base en ellos y no, como tradicionalmente sucede, por efecto de nuestra cultura de trabajo, donde el administrador, empleado, o trabajador experto, por lo general, depende de su propia experiencia, intuición autoridad y determinación, por lo que se toman acciones esporádicas para resolver problemas relacionados con las operaciones del proceso. Así se resolvieron muchos problemas en áreas productivas, pero no hubo mucha eficiencia para la productividad de nuestra época y la del futuro, ya que hoy se demandan acciones más efectivas y rápidas.

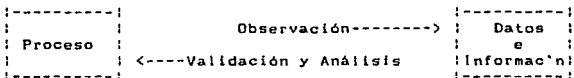
El progreso estriba en aprender y usar técnicas o herramientas simples. El método apropiado por su efectividad y rapidez para la solución de problemas en las operaciones de los procesos, es el que analiza los problemas de operación al investigar las causas crónicas y se basa en datos reales y ordenados.

Posiblemente existan profesionales que no estarán de acuerdo con estas siete herramientas básicas, precisamente por su sencillez y facilidad de uso, y prefieran el uso de técnicas más complicadas. Esto no es correcto, por que si combinan estas herramientas simples, se pueden resolver la mayoría de los problemas de operación en los procesos (y en otras áreas de la empresa).

EL PROPOSITO FUNDAMENTAL DE LAS SIETE HERRAMIENTAS BASICAS ES USARLAS PARA RESOLVER REALMENTE PROBLEMAS DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

LA IMPORTANCIA DE LA OBTENCION DE LOS DATOS:

Los datos son la base para la toma de decisiones y acciones.



Alrededor de la operación diaria de las organizaciones, se generan datos que varían de acuerdo con el proceso involucrado y es necesario clasificarlos en términos de su propósito real.

Por ejemplo:

- A) Datos que ayudan a entender la situación actual.
- B) Datos para el análisis del proceso.
- C) Datos para el control del proceso.
- D) Datos reguladores.
- E) Datos para la aceptación o el rechazo de productos o máquinas.

Para poder tomar acciones apropiadas, es necesario -- evaluar las condiciones que prevalecen, las cuales son -- reveladas por los datos, por lo que es importante determinar si representan las condiciones típicas reales o -- no. Este problema puede plantearse de la siguiente forma

- a) ¿Revelan los datos la realidad?.
- b) ¿Son cotejados, analizados y comprobados los datos de tal forma que revelen la realidad?.

El inciso a), menciona un aspecto de método de muestreo de cómo se obtienen los datos, (el muestreo al azar en el que los datos se capturan sin definir parámetros -- previos de control!), es lo más recomendable. El inciso -- b) se refiere a procedimientos o métodos estadísticos, -- de cómo se representan los datos para su interpretación. Para este caso, lo indicado son los siete instrumentos.

Tiene especial importancia conocer bien el uso que se les va a dar a los datos, o sea, es necesario estar consciente de su propósito, ya que son la base para poder tomar una acción apropiada en la búsqueda de las mejoras y la estabilización del control en los procesos para el mejoramiento de la Calidad y la Productividad.

La toma de decisiones en una empresa depende, principalmente, de observar valores numéricos llamados genéricamente datos; estos deben ordenarse, analizarse e interpretarse en forma de gráficas y valores, lo cual hace necesario el uso de la Estadística. Este es el enfoque científico en cualquier campo.

Tomemos como caso: La empresa X manufactura productos de Calidad, su mercado es limitado por no disponer de -- Controles Estadísticos de Procesos; su futuro comercial no es muy amplio. Por otra parte, la empresa Z produce bienes de Calidad, cuenta con Controles Estadísticos de Procesos; abate continuamente costos y su panorama de -- expansión y aseguramiento de ventas es total.

Por Estadística debemos entender por tanto, la recopilación de datos, su presentación, análisis e interpretación, para poder, conociendo todo aquello que incide en un proceso determinado, establecer procedimientos bien fundamentados, que conduzcan a la eliminación de errores mediante la previsión anticipada de los mismos; esta previsión se logra mediante el estudio derivado de los comportamientos operativos observados mediante la estadística. Así, independientemente de que podamos subdividir se mánicamente a la estadística en: descriptiva (la que toma como base el estudio de la acumulación de datos, considerando sus características específicas), o inductiva (la que toma como base el estudio de datos obtenidos por muestreo); podemos decir que con el uso de técnicas estadísticas, podemos tener control sobre hechos futuros.

TABLA COMPARATIVA ENTRE UNA MUESTRA Y UNA POBLACION:

	MUESTRA	POBLACION
Nombre de los estimadores	Estadísticos	Parámetros
Número de Datos	n	N
Media	\bar{x}	μ
Desviación Estandar	s	σ
Varianza	s^2	σ^2

I N F E R E N C I A :

- $\bar{u} = \bar{x}$ El estimador de la media poblacional es igual a la media muestral.
- $\hat{\sigma} = s$ El estimador de la desviación estandar poblacional es igual a la desviación estandar muestral

CALIDAD TOTAL:

UNA RESPONSABILIDAD GERENCIAL.

Nadie niega que estamos en CRISIS; ante los espasmos de las Empresas, Sociedades y Naciones, toda nuestra convivencia está amenazada. Muchos han descrito sus síntomas: Devaluación y Deuda Externa, Inflación y Recesión, Desempleo y Violencia; en cambio, pocos han investigado sus causas más profundas y sus POSIBLES correcciones, -- más allá de las cataplasmas coyunturales del FMI o del Monetarismo más puro.

- * ¿Nuestros mercados son débiles y se contraen cada vez más?.
- * ¿Estamos obligados a importar insumos, maquinaria, -- tecnología y capitales?.
- * ¿Somos pasivos y apáticos, resignados ante la vida y sus problemas; en resumen somos SUB-DESARROLADOS?.

Sustentemos el supuesto de que TODO esto sea así.

¿Cómo salir de esta trampa?, ¿Cómo encontrar pistas - de acción?.

Hay un país, Japón; estando en crisis, supo salir de ella. Derrotado en la segunda guerra mundial, sin recursos naturales, ni divisas, anacrónico productor de baratas, invadido por tropas extranjeras, frente al desastre, ese país logró modernizarse y resucitar triunfalmente. Este conjunto de elementos fué menos fuerte que el que supieron oponer los Japoneses; utilizando inteligentemente el formidable impulso que les proporcionaron sus vencedores, se han situado como uno de los líderes exportadores a nivel mundial. Japón hoy, es un País moderno y rico. ¿Podemos sacar provecho de esta lección, para participar activamente y salir de nuestra crisis?.

Sin embargo hubo un tiempo en que Japón era dependiente de otros Países. Así, tuvo que reconocer que una causa profunda de su dependencia, era la falta de CALIDAD.- Calidad de productos para exportar, Calidad de servicios para competir, Calidad de tecnología para innovar, Calidad administrativa para la productividad, Calidad de vida para sus trabajadores, Calidad de actitudes para la superación personal.

Japón encontró la técnica adecuada con los Dres. Deming y Juran (USA): "CERO DEFECTOS". Supo adaptar el método a su propia cultura: pacientemente motivó y capacitó personas a todos los niveles; involucró a los trabajadores en los "Círculos de Control de Calidad". En síntesis, Japón substituyó la actitud tercermundista de "Ahí se va", por el lema de "CERO DEFECTOS"; "HAGAMOSLO BIEN-DESDE LA PRIMERA VEZ".

En el fondo, este es el ingrediente esencial: el CAMBIO de ACTITUD. Actitud de autocrítica, de superación, de participación creativa. Muchos empresarios pensarán sólo en la actitud de las bases: obreros, campesinos, indígenas, pueblo; pero, ¿Acaso la empresa no logra lo que el Empresario-Administrador se propone? ¿Acaso la bondad de una Organización no depende del entusiasmo de sus dirigentes? ¿Acaso las crisis de las Naciones aparentemente ricas no dependen de la deshonestidad y de la incapacidad administrativa de sus gobernantes?.

Por lo tanto, si carecemos de "CALIDAD", es porque nosotros, los dirigentes políticos, sociales y empresariales, no nos ha importado; opinamos tolerantemente que "errar es humano", aceptamos "niveles ACEPTABLES de defectos"; dedicamos más tiempo y esfuerzo a detectar y corregir errores que a PREVENIRLOS. Así somos nosotros, -- los Jefes, que pregonamos la redituabilidad y la productividad, quienes los destruimos al no enfatizar simultáneamente la CALIDAD.

TRES MITOS SOBRE CALIDAD:

PRIMERO: "La Calidad es intangible, Calidad es bondad". Así hablamos de "Alta Calidad", "Calidad de Exportación"; "Producto bueno o malo" "Servicio excelente o pésimo".

Para cambiar nuestra actitud hacia la CALIDAD, debemos definirla como algo tangible y no como un valor filosófico abstracto.

CALIDAD es: CUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES
 Si una lámpara se anuncia con vida de 1000 - horas y se funde a las 900, no tiene Calidad
 Si un vuelo debe salir a las 11:00 hs; y sale a las 11:25 hs; el servicio no tiene Calidad. Si una carta mecanografiada contiene errores de ortografía, no tiene Calidad. Si una computadora comete disparates, el programa no tiene Calidad.

CALIDAD es concordancia con expectativas; -- que la electricidad doméstica registre entre 100 y 125 voltios, no 440; que de las llaves del lavabo salga agua, no lodo; que al abrir una conserva no esté maloliente; que al accionar el interruptor del auto funcione el motor, no las bocinas; que los botones de -- nuestra camisa nueva, resistan el abotonado sin caerse; etc. etc.

En resumen, la CALIDAD sólo tiene dos respuestas tangibles: -SI-, si cumple con la Norma, expectativa o promesa publicitaria o bien -NO-, no cumple: no tiene Calidad.

SEGUNDO: "La Calidad es Costosa".

A través de este mito, creemos que reducimos costos al tolerar defectos, es decir, al aceptar productos y servicios que no cumplen con sus normas. La falacia estriba en que la CALIDAD es GRATIS: NO cuesta más ensamblar bien un auto que armarlo mal; NO cuesta más formular bien una factura, que calcularla -- mal; NO cuesta más surtir bien un pedido que despacharlo equivocado; NO cuesta más programar bien que programar mal.

LO QUE CUESTA es inspeccionar lo ya hecho para descubrir errores y corregirlos; las que cuestan son las horas de computadora mal empleadas, el papel desperdiciado. Las devoluciones de los clientes inconformes y el desprestigio derivado. Lo que cuesta es rehacer las cartas mal mecanografiadas, etc. etc.

Lo que cuesta son los errores y los defectos NO LA CALIDAD, por lo tanto, nunca será más económico tolerar errores que "hacerlo bien desde la primera vez", y no habrá un "punto de equilibrio", entre beneficios y costo de Calidad.

TERCERO: "Los Defectos y Errores SON INEVITABLES".

Nos hemos acostumbrado a esta falsedad: aceptamos los baches en las calles, los productos defectuosos, los accidentes, etc. Nos --volvemos cada día más tolerantes hacia nuestro trabajo deficiente, es decir, cada día --aceptamos ser apáticos y mediocres.

En cambio, en nuestra vida personal exigimos CERO DEFECTOS: ¿Cuántos bebés puede dejar caer una partera para tener un nivel aceptable de Calidad? ¿Cuánto faltante tenemos en la receta del farmacéutico? ¿Cuántas piedras son aceptables en nuestros zapatos? ¿Cuántos defectos --planeamos aceptar en el nuevo auto que pretendemos adquirir?.

He aquí la incongruencia de nuestra actitud: CERO DEFECTOS en lo personal y familiar y TOLERANCIA MEDIOCRIZANTE y complaciente en nuestro servicio a los demás. Esto es lo que debemos cambiar, es decir, corregir en nosotros, sólo entonces podremos exigirle CALIDAD TOTAL a --nuestros subalternos.

CERO DEFECTOS: UN PROGRAMA DE ACCION.

Este programa sólo funciona cuando el Empresario-Director, está plenamente convencido de la importancia de la CALIDAD; solo entonces será eficaz y transformará paulatinamente a la Empresa. Durante el proceso, se reafirmará la convicción del Director, conforme analice lo redituable que es operar con CALIDAD; además de las ventajas que puede lograr ante sus competidores.

El programa en 14 pasos (que describiremos adelante), creado por el Ing. Phillip B. Crosby (Americano, 1926 --Quality is Free), al implantarse, significó para la Empresa ITT ahorros de: US \$ 720 millones anuales, atribuidos al mismo. Nosotros hemos adaptado este concepto a --nuestra cultura latina y lo hemos implantado con éxito --en varias Empresas. El programa propicia una concientización inicial, prosigue con una metodología específica para los 12 meses siguientes y remata con una mecánica anual de seguimiento, para lograr un desarrollo a largo --plazo. Recordemos que, toda transformación profunda requiere de un proceso lento de reeducación y aprendizaje.

Esto se demostró en Japón, donde los "Círculos de Calidad" nacieron en 1954 y su efecto profundo se percibió hasta 1975. En nuestro caso no podemos esperar conversiones milagrosas, pero SI, avances lentos, seguros y permanentes.

Como ya indicamos antes, el cambio de actitud hacia la CALIDAD, debe iniciarse en la cúspide de la Empresa y permear, del primer nivel, hasta la base. Ahora describiremos someramente los 14 pasos del programa:

PASO 1 : INVOLUCRAMIENTO DEL DIRECTOR GENERAL.

Un Agente de Cambio Corporativo. (Gerente de Calidad, Consultor Externo, ALGUN EJECUTIVO IMPORTANTE), debe vencer a la Cabeza Operativa de la Empresa, (al Director General) de que:

- A) La CALIDAD es GRATIS.
- B) La NO-CALIDAD (defectos y errores) consumen (cuestan) anualmente, entre el 10% y el 20% de los ingresos por ventas.
- C) Este costo puede abatirse al 10% sobre ventas en los primeros 12 meses del programa y hasta el 3% a largo plazo.
- D) El Director General, es tan responsable de la CALIDAD de la Empresa, como de la rentabilidad, de las estrategias de Mercadeo, de la Productividad y de la imagen Corporativa.

PASO 2 : EL EQUIPO DE LA MEJORIA DE LA CALIDAD.

Una vez concientizado, el Director General convoca a sus Directores de Area (Sub-Directores) para que:

- a) Analicen la CALIDAD en la Empresa.
- b) Rectifiquen su actitud ante los defectos y errores de Calidad.
- c) Proporcionen algunos subalternos (3er. nivel: Gerentes), para integrar el equipo interdisciplinario de "MEJORIA DE CALIDAD".
- d) Participen en la implementación del resto del Programa.

El interés y el empuje del Director General, son vitales para realizar esta etapa; sólo así se involucrarán los Directores de Area.

PASO 3 : MEDIDORES DE LA CALIDAD.

En este paso, deben definirse Medidores CONCRETOS de la Calidad a nivel Corporativo primero, por áreas, después y finalmente, por Medidores Departamentales. Cada Medidor recibirá publicidad amplia y será el Control que establezca el avance de la Calidad bajo el Programa.

Así como la "Redituabilidad" y la "Liquidez" son los Medidores Sumarios Corporativos de la situación financiera de la Empresa, así los Medidores de la Calidad (o de su ausencia) son, visualizar la nueva actitud hacia la Calidad "CERO DEFECTOS".

PASO 4 : EL COSTO DE LA CALIDAD.

Este paso suele constituir la gran sorpresa del Proceso. Al estimar el costo de la Calidad, los Gerentes usualmente lo subestiman en tan sólo el 2% de las ventas. Para encontrar el valor real, Finanzas deberá recorrer los componentes principales de cada departamento de la Empresa (no sólo Producción), con la ayuda del Gerente correspondiente.

Cuando se terminan de integrar los gastos clásicos de inspección y reproceso de los productos terminados, con los costos menos visibles de los errores y defectos: errores de surtido y embarque, errores de créditos y cobranzas, errores de papeleo y computación, accidentes y seguros, rotación, robos, mermas y desperdicios, capacitación, errores de compra y fabricación, devoluciones y reclamaciones de clientes y proveedores, garantías y demandas oficiales, etc., el COSTO de la NO-CALIDAD suele aproximarse al 20% sobre ventas.

Ante estas magnitudes, ¿Puede la Empresa ignorarlas o debe enfocarse de inmediato a su control y reducción?

PASO 5 : CONCIENTIZACION DE LAS BASES HACIA LA CALIDAD.

Una vez convencidos los Gerentes Departamentales, del costo real de la NO-CALIDAD y de su responsabilidad de mejorar la CALIDAD, podrán darse los primeros pasos públicos para rectificar la falsa imagen que prevalecía entre los mandos inferiores y las bases laborales.

Algunas ideas incluyen: Cartas individualizadas del - Director General a todo el personal, explicando la nueva actitud hacia la Calidad. Carteles CERO DEFECTOS, pláticas de cada Gerente con sus subalternos, iniciando investigaciones a fondo, al producirse el siguiente defecto.

Lo más importante ahora, es cambiar la actitud ter---cermundista previa de "Ahí se va..." Por la propuesta: - "para mí, sólo: CALIDAD TOTAL".

PASO 6 : PROGRAMA DE ACCIONES CORRECTIVAS.

Al llegar a este punto, se inician "CIRCULOS DE CALIDAD" o su equivalente: Cada Supervisor con su personal - buscan remediar los errores o defectos generados en su - Departamento. Es importante que, quien haya cometido el error, sea quien tenga que corregirlo. Resulta claro que no se buscan culpables para crucificarlos, sino la con---cientización del personal hacia la prevención de defec---tos.

Si algún Departamento, no advierte sus defectos para---evitarlos, podrá proporcionársele ayuda mediante una "AUDITORIA-ASESORIA" de Calidad.

PASO 7 : El Plan del: "DÍA CERO DEFECTOS".

En el paso 9, se celebrará el "Día Cero Defectos", pa---ra darle realce, un Sub-Comité del Equipo de Mejoría (3---miembros), prepara un plan de celebración que aune: Efi---cacia, costo y festividad del evento.

PASO 8 : CAPACITACION DE SUPERVISORES.

Esta Capacitación tiene 3 objetivos básicos:

- A) Interesar a los mandos inferiores en el Programa - "CERO DEFECTOS", transmitiéndoles la seriedad del compromiso de la Alta Gerencia.
- B) Explicarles la dinámica del día "CERO DEFECTOS", - para que colaboren entusiasmado a sus subalternos
- C) Prepararlos para que motiven y dirijan a su personal al llegar al paso 11 "Corrección de Causas de Error".

PASO 9 : EL DÍA "CERO DEFECTOS".

El objetivo de este paso, es transmitir a las Bases - Laborales, la decisión Gerencial de no tolerar complacientemente más defectos, es decir, el fin OFICIAL de la MEDIOCRIDAD.

Se pretende que el día sea solemne, alegre y motivante, pero sobre todo, se debe convencer al Personal de -- que NO se trata de una moda pasajera a corto plazo. Se - enfatizará que la Dirección General, valora a la CALIDAD tanto como a la Redituabilidad y a la Productividad, y - que, el esfuerzo que ahora se inicia, será PERMANENTE.

PASO 10 : DEFINICION DE METAS DE MEJORIA.

Cada Supervisor se reúne con su personal y se fijan - metas concretas a lograr, en cuanto a PREVENIR defectos. para los siguientes 30 a 90 días.

Es importante que las metas sean medibles, realistas- y ambiciosas.

Suele ser útil, establecer competencias interdeparta- mentales, cuyo premio será el reconocimiento público al DEPARTAMENTO GANADOR.

PASO 11 : CORRECCION DE CAUSAS DE ERROR.

Se pide al Personal que informe de inmediato, cual-- quiera causa de defecto que perciba y que no pueda corre gir personalmente; no se les piden sugerencias, sino hechos. Cada observación se envía al Equipo de Mejoria, -- que deberá acusar recibo en 24 horas. El Equipo - canalizará, los informes, al Departamento correspondiente y vigilará que se corrijan las anomalías denunciadas. Fi nalmente, el Equipo informará al denunciante que su que- ja, fué debidamente solucionada.

OBJETIVO: Que el Personal se sepa ESCUCHADO y busque- su superación.

PASO 12 : PROGRAMA DE INCENTIVOS.

Se establece un Programa de Incentivos a los logros - importantes; los premios buscarán más, el RECONOCIMIENTO que aspectos monetarios.

Eventualmente, debe haber una retroalimentación a todo el personal, mostrando los beneficios colectivos que, la nueva actitud ante la Calidad, les ha producido: más empleos, empleos más seguros, trabajo más creativo y más satisfactorio, posiciones mejor remuneradas, etc.

PASO 13 : COMITES DE CALIDAD.

Se forman "Comités de Asesoría de Calidad" con el personal más experto; quienes fungirán como dinamizadores del Equipo de Mejoría.

Estos "Comités" mantienen la agilidad y el entusiasmo originales, contrarrestando la tendencia a burocratizar y mediocrizar toda innovación.

PASO 14 : REPETIR TODO EL PROGRAMA.

La fase inicial: (13 pasos) toma 12 meses, por lo que al concluirla, parte del esfuerzo concientizador y educativo inicial, se habrá desgastado. Para darle permanencia a la CALIDAD TOTAL, hace falta repetir el ciclo con algunas adaptaciones menores, por ejemplo: celebrar el aniversario del día "CERO DEFECTOS", renovar el Equipo de Mejoría, revisar los Medidores de Calidad, modificar los incentivos, etc.

Esta repetición anual del Programa, garantiza su seriedad e institucionalidad, es decir, nuestro esfuerzo no es un capricho sino un COMPROMISO serio y sostenido, de generar: CALIDAD TOTAL.

C O N C L U S I O N E S :

- 1.- Ante la crisis que amenaza a las Empresas Privadas, se requiere CALIDAD TOTAL no sólo para sobrevivir, sino para crecer, exportar, competir y en este contexto: GANAR.
- 2.- La CALIDAD es gratis, lo que cuestan son los errores y defectos.
- 3.- El costo de la NO-CALIDAD (defectos), es alto y puede reducirse.
- 4.- Los defectos no sólo son corregibles, sino EVITABLES, por ser causados por sub-capacitación o por sub-motivación.

- 5.- CERO DEFECTOS, es: HACER LAS COSAS BIEN, desde la PRIMERA VEZ.
- 6.- Todo el Programa de Mejoría de la Calidad, inicia por el cambio de actitud del Director General -- hacia la: CALIDAD TOTAL.
- 7.- El Programa ITT de 14 pasos, pudo adaptarse y aplicarse en nuestra cultura; lo cual no cambia -- que se requieran esfuerzos sostenidos para que -- sea exitoso. Hemos desarrollado Seminarios Públicos para concientizar a los Altos Directivos, y privados (en Empresas), para capacitar e implantar el Sistema.
- 8.- La Metodología es simple, enfocada hacia la acción y fomenta la participación ("INTEGRAL"), de los diversos niveles Empresariales.
- 9.- Los resultados logrados hasta ahora, son espectaculares en: Ahorros, Imagen Corporativa, Motivación y Comunicaciones. Siempre y cuando, los Programas, se mantengan vigentes a través del tiempo
- 10.- Las Empresas que mejor entiendan y mejor se adapten a los retos de nuestra década, especialmente por lo que toca al importante reto de lograr la CALIDAD TOTAL, serán las Empresas que mejor sobre vivan y que dominen el futuro.

LAS 14 RECOMENDACIONES DEL DR. CROSBY A LOS DIRECTIVOS

ORIGEN DE LOS CATORCE PUNTOS:

Son la base de la transformación de la industria --- Norte-Americana. No es suficiente solo resolver problemas pequeños o grandes. Una señal de que los Directivos de Empresas intentan permanecer en el campo de los negocios, es la adopción y acción resultante de los 14 puntos que, además, se dirigen a proteger a los inversionistas y a la permanencia y creación de empleos. Tal sistema fué la base de las lecciones para la Alta Dirección que se impartieron en Japón en 1950 y en años subsecuentes.

Los 14 puntos se aplican en todas partes, en organizaciones grandes y pequeñas, en las Empresas de Servicio así como en las de Transformación. Se aplican también a una División o a una Organización.

L O S 1 4 P U N T O S :

- 1ro.- Cree una constancia en el propósito de mejorar el producto y el servicio, con la meta de llegar a ser competitivos, permanecer en el campo de los negocios, obtener ganancias y crear empleos.
- 2do.- Adopte la nueva filosofía. Estamos en una nueva era económica creada por Japón. No podemos continuar viviendo dentro del estilo aceptado comúnmente de la administración norte-americana, ni con los niveles comúnmente aceptados de demoras, errores y productos defectuosos.
- 3ro.- Interrumpa la dependencia de la inspección para conseguir Calidad. Elimine la necesidad de la inspección masiva, construyendo Calidad en el producto, en primer lugar.
- 4to.- Acabe con la práctica de hacer negocios en base al precio de venta. En lugar de esto, minimice el costo total.
- 5to.- Mejore en forma constante y permanente, los sistemas de producción y servicio, para mejorar la Calidad y la Productividad y, por tanto, disminuir costos.

- 6to.- Instituya el Adiestramiento en el Puesto.
- 7mo.- Instituya la Supervisión. La meta de la Supervisión debe ser ayudar a las personas, máquinas y accesorios, para desempeñar un trabajo mejor. La Supervisión de los Directivos, así como la de los trabajadores de producción, requiere una revisión a fondo.
- 8vo.- Elimine el miedo, de modo que todos puedan trabajar efectivamente para la Empresa.
- 9no.- Rompa las barreras entre Departamentos. Las personas empleadas en la investigación, diseño, producción y ventas, deben trabajar en equipo para prever problemas en producción o en la impartición del servicio.
- 10mo.- Elimine "lemas" (slogans), exhortaciones y metas IMPUESTAS a los trabajadores, pidiéndoles "CERO-DEFECTOS" o nuevos niveles de productividad si no se les ha dotado de capacitación adecuada. Tales exhortaciones solo crean actitudes de animosidad negativa, puesto que la mayor parte de las causas de NO-CALIDAD, y baja productividad, son parte del Sistema y están, por tanto, fuera del dominio del trabajador.
- 11vo.- Elimine estándares de trabajo que prescriben cuotas numéricas diarias en desorden. Sustitúyalas por una Supervisión de ayuda y servicio.
- 12vo.- A) Elimine las barreras que le roban al trabajador el derecho de sentirse orgulloso de su trabajo. La responsabilidad de los Supervisores debe cambiarse de un enfoque numérico simple a uno de CALIDAD.
- B) Elimine las barreras que le roban a los Directivos e Ingenieros, el derecho de sentirse orgullosos de su trabajo. Esto significa, entre otras cosas, abolir la valuación del desempeño y la Administración por objetivos.
- 13vo.- Instituya un programa vigoroso de educación y re adiestramiento.
- 14vo.- Asigne a TODO el personal de la Empresa la tarea de conseguir la transformación descrita, la cual es tarea de TODOS; resultado: CALIDAD TOTAL.

M O D U L O I I
-----**INDICADORES PARA LA TOMA DE DECISIONES**

- DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS
- HISTOGRAMAS
- DIAGRAMAS DE PARETO
- DIAGRAMAS DE CAUSA Y EFECTO

I.- DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS:

PARA CONSTRUIR UN HISTOGRAMA, ES NECESARIO TENER UNA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.

Distribución de frecuencia, es una Tabla en la cual se agrupan los valores posibles para una variable y se registra el número de valores observados que corresponden a cada clase. Los datos organizados en una distribución de frecuencia se denominan "datos agrupados", y se pueden representar por medio de los diagramas de diversas formas. El más común de ellos es el Histograma en el cual los intervalos de clase se marcan en el eje horizontal y la frecuencia en un intervalo dado, que se mide en dirección vertical y se indica mediante una línea horizontal, que abarca la amplitud del intervalo de clase. En términos estrictos el área de cada rectángulo es la que representa la frecuencia de ese intervalo, en tanto que, el área total bajo el perfil del Histograma, representa el número total de resultados a una escala adecuada. La elección de amplitud de clase, se basa en las mismas consideraciones que en el caso de la agrupación, con fines de facilitar el cálculo. Si se emplean demasiados intervalos, el Histograma se vuelve irregular y resulta difícil tener una idea clara de la distribución de frecuencias.

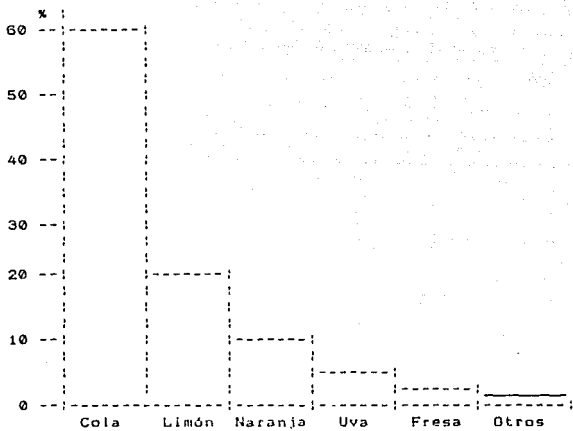
E J E M P L O :

VENTA DE REFRESCOS EN UN DIA

F R E C U E N C I A:

Sabor	Ventas Reales	Ventas Relativas
Cola	600	60%
Limón	200	20%
Naranja	100	10%
Uva	50	5%
Fresa	40	4%
Otros	10	1%
SUMAS:	1000	100%

II.- HISTOGRAMAS:



P R O B L E M A :

Con el objeto de estudiar la distribución de los diámetros internos de mangueras para direcciones hidráulicas, elaborados por una Empresa, se consideraron 40 de tales piezas. Las medidas de los diámetros internos de las 40 mangueras, en pulgadas, se dan a continuación:

0.31	0.28	0.35	0.32	0.32
0.34	0.31	0.30	0.34	0.29
0.33	0.31	0.32	0.33	0.34
0.33	0.30	0.33	0.36	0.32
0.35	0.29	0.31	0.30	0.32
0.29	0.30	0.32	0.28	0.35
0.37	0.36	0.33	0.37	0.30
0.32	0.36	0.29	0.32	0.31

E J E R C I C I O :

La siguiente distribución de frecuencia, corresponde a los diámetros internos (medidos en pulgadas), de 40 -- mangueras para dirección hidráulica.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA:

Inter- valos	Límites		Marca de clase	Frecuencia Absolut.	Frecuencias Relativas
i	Li	Ls	x_i	f_i	h_i
1	0.275	0.295	0.285	6	15%
2	0.295	0.315	0.305	10	25%
3	0.315	0.335	0.325	14	35%
4	0.335	0.355	0.345	6	15%
5	0.355	0.375	0.365	4	10%
Li= Límite Inferior					
Ls= Límite Superior				40	

- a) Construir el Histograma y el Polígono de Frecuencias Absolutas.

P R O B L E M A :

Supóngase que se desea analizar el tiempo de vida de los focos de señales direccionales para autos, fabricados por una Empresa. Para ello, se procede a obtener una muestra de 30 focos, registrando el número de horas que duran encendidos.

Los resultados obtenidos, se muestran en el siguiente cuadro:

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

E J E R C I O :

La siguiente distribución de frecuencia, corresponde a los datos relacionados con la durabilidad de 30 focos para señales direccionales, (en horas).

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA:

Inter- valos	Límites		Marca de clase	Frecuen. Absolut.	Frecuen. Relativa
i	Li	Ls	xi	fi	hi
1	179.5	218.5	199	3	10.0%
2	218.5	257.5	238	8	26.6%
3	257.5	296.5	277	12	40.0%
4	296.5	335.5	316	4	13.3%
5	335.5	374.5	355	3	10.0%
Li= Límite Inferior					
Ls= Límite Superior				30	

- a) Construir el Histograma y el Polígono de Frecuencias Absolutas.

III.- DIAGRAMAS DE PARETO:

Como el minero parado sobre una mina de oro sin saberlo, como seres vivientes que respiramos sin estar pensando constantemente en la importancia de este hecho, así vamos por la vida, topándonos y hasta haciendo uso sin saberlo, de una ley trascendente que rige todos los fenómenos cuyo efecto o valor final, es el resultado de la influencia o contribución de varias causas. Dicha ley podría expresarse de la siguiente manera:

"En todo fenómeno que resulte a consecuencia de la intervención de varias causas o factores, ordenados éstos de mayor a menor según la magnitud de su contribución, se encontrará que un pequeño número de causas de la cabeza de la lista, contribuyen a la mayor parte del efecto, mientras que el número de causas restantes, contribuye solamente a una pequeña parte del efecto".

Cuando decimos que "hay que asignar prioridades a los problemas según su importancia"; cuando se habla de los componentes críticos de los "cuellos de botella", de los clientes más importantes, etc., se está reconociendo que no todas las cosas tienen la misma importancia; que hay unos pocos vitales y muchos triviales, como dijera J. M. Juran en el artículo que se escribió para la revista -- The Management Review Noviembre de 1984.

Ahora bien, este fenómeno común ha sido conocido de tiempo atrás, pero desgraciadamente se ha manejado sin darnos cuenta del enorme valor que encierra como "instrumento de análisis", como base para la toma de decisiones y como criterio para efectuarias adecuadamente, en fin, como una varita mágica, que permita a los Jefes convertir las cosas difíciles en cosas sencillas, hacer posible lo que parece imposible, y en general, aumentar la eficiencia de las acciones, con todos los beneficios que todo esto pueda implicar.

Fué precisamente Wilfredo Pareto economista del siglo XIX, quien descubrió lo que ahora conocemos como el principio que lleva su nombre.

"Si hacemos una lista con todas las causas que contribuyen a la obtención o aparición de cualquier efecto que nos interese analizar, ordenándolas de mayor a menor según la magnitud de la contribución de cada una, encontramos que la importancia relativa de las primeras es tan grande en comparación con las últimas, que aproximadamente el 20% de ellas son responsables del 80% del efecto - total y el 80% restante de causas, son responsables del 20% restante del efecto".

POCOS	-----		-----
VITALES		20	: : : 80
	-----		-----
MUCHOS	: : : :		: : : :
TRIVIA.		80	20
	-----		-----
CAUSAS			EFFECTO

Desde luego, estos valores deben tomarse como promedios y nunca como rigurosamente exactos. Para poder sacarle un gran provecho a éste principio, se necesita con templar las siguientes condiciones básicas:

- 1- Estar profundamente convencidos de que es cierto.
- 2- Adquirir el hábito de analizar los problemas, según este criterio.
- 3- Tomar acción según corresponda a los conceptos: "pocos vitales" y "muchos triviales".

PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACION DEL PRINCIPIO DE PARETO

- 1- Identificar el efecto que nos interesa analizar.
- 2- Hacer una lista con todas las causas que contribuyen para tal efecto, anotando el valor de la contribución de cada causa.
- 3- Ordenar dichas causas en base a su contribución, de mayor a menor; asignar números progresivos a cada causa.
- 4- Asignar el valor de 100% al total del efecto y calcular el porcentaje relativo de la contribución de cada causa. A continuación, anotar los porcentajes acumulados.
- 5- Identificar los "muchos triviales" para establecer -- las reglas o soluciones generales a aplicar como grupo.

EJEMPLOS DE APLICACION EN ALGUNOS CASOS COMUNES:

1.- CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIA PRIMA.

Todo Gerente sensato, conoce el elevado costo de mantener un inventario y por lo tanto, se preocupa por mantenerlo lo más bajo posible; pero no tanto que pueda producir agotamientos e interrumpir la producción.

Desgraciadamente es frecuente que, para lograr este propósito, se establezcan reglas generales y se apliquen a todos los materiales indiscriminadamente, por ejemplo: Se precisa que el total del inventario, no deba ser mayor del necesario para cubrir seis semanas y se aplica un sistema de máximos y mínimos para controlar la existencia de todos y cada uno de los materiales.

En estas condiciones el personal tiene que repartir su atención por igual en todos los materiales; ordenar - nuevos pedidos, expedir su entrega, solucionar problemas de calidad, etc., dando por resultado que algunos materiales se descuidan y no se tienen oportunamente, con los efectos consecuentes; pero lo peor de todo es que no se logra el objetivo porque, de todas maneras, el costo del inventario sigue siendo muy alto.

- 1.1 Identificar el efecto que interesa analizar. Desde el punto de vista de la producción, todos los materiales son igualmente importantes. Lo mismo puede - pararse la producción por falta de un motor que vale - 500,000 pesos, que por falta de un modesto tornillo - que no pasa de 500 pesos. Por tanto, es fundamental -- para cualquier sistema que se establezca, garantizar -- dentro de los límites económicos, que no habrá agotamientos de ningún material, ni de los muy caros, ni de los baratos.

Muy bien, pero el efecto que a nosotros nos interesa, - es el costo del inventario y nuestro objetivo: mantenimiento bajo.

Desde este punto de vista, por lo tanto, debemos analizar la situación en base al costo del consumo de cada material en un período determinado: 3 meses, 6 meses o un año. Este es el efecto que nos interesa.

- 1.2. Hacer una lista de todos los materiales que se consumen digamos en un año, asociar a cada uno su precio -- unitario y el número de unidades que se consumirán en el año.

Calcular el valor en dinero que representa cada uno. - Esta cifra es la contribución de cada material al costo total del inventario.

- 1.3. Ordenar los materiales en base a su costo anual de mayor a menor. Asignar números progresivos a cada material de la lista.

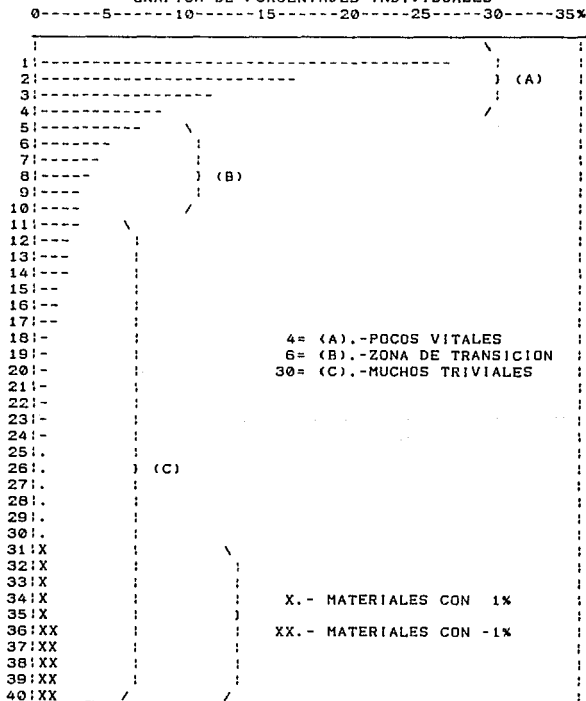
- 1.4. Obtener el costo total de los materiales consumidos en el año y en esta base, calcular el porcentaje correspondiente a cada uno, así como porcentajes acumulados. Los resultados así obtenidos darán un cuadro semejante al ejemplo de la (figura 1), los cuales pueden representarse en valores individuales o en valores acumulados (figuras 2 y 3).

Fig-1

No.	N o m b r e	Costo Unitario	Consumo Anual	Costo Anual	%	% Acumulado
1	Motor Mx-100	500.0	10.000	5,000	27.0	27.0
2	Transmisión	290.0	10.000	2,900	15.7	42.7
3	TR-5	218.0	10.000	2,180	11.8	54.5
4		90.0	20.000	1,800	9.7	64.2 -4
5		125.0	10.000	1,250	6.8	71.0
6		90.0	10,000	900	4.9	75.9
7		22.5	40,000	900	4.9	80.8
8		54.0	10,000	540	2.9	83.7
9		36.0	10,000	360	1.9	85.6
10		18.0	20,000	360	1.9	87.5 -6
11		14.0	20,000	280	1.5	89.0
12		20.0	10,000	200	1.1	90.1
13		20.0	10,000	200	1.1	91.2
14		18.0	10,000	180	1.0	92.2
15		15.0	10,000	150	.8	93.0
16		15.0	10,000	150	.8	93.8
17	Manija MX-17	2.5	40,000	100	.5	94.3
18		10.0	10,000	100	.5	94.8
19		4.5	20,000	90	.5	95.3
20		9.0	10,000	90	.5	95.8
21		8.5	10,000	85	.5	96.3
22		4.0	20,000	80	.4	96.9
23		8.0	10,000	80	.4	97.3
24		4.0	20,000	80	.4	97.7
25		7.0	10,000	70	.4	98.1
26		5.0	10,000	50	.3	98.4
27		0.5	80,000	40	.2	98.6
28	Tornillo ST-10	4.0	10,000	40	.2	98.8
29		3.5	10,000	35	.2	99.0
30		1.0	30,000	30	.2	99.2
31		2.5	10,000	25	.1	99.4
32		2.5	10,000	25	.1	99.5
33		1.0	20,000	20	.1	99.6
34		0.5	40,000	20	.1	99.7
35		2.0	10,000	20	.1	99.8
36		1.5	10,000	15	.08	99.8
37		1.5	10,000	15	.08	99.9
38		0.5	20,000	10	.05	99.9
39		0.25	40,000	10	.05	99.9
40		1.0	10,000	10	.05	100.0-30

- 1.5. Ahora podemos identificar, cuales son los materiales - realmente importantes desde el punto de vista de su -- costo. Veamos que, los primeros 4 representan el 64% - del costo total, los siguientes 6 representan el 23.3% y los 30 restantes, representan solamente el 12.5% del costo; ésto es: el 10% de los materiales del principio valen más de la mitad del dinero que gastamos en materiales al año. SOLAMENTE CUATRO MATERIALES.

Fig-2
GRAFICA DE PORCENTAJES INDIVIDUALES

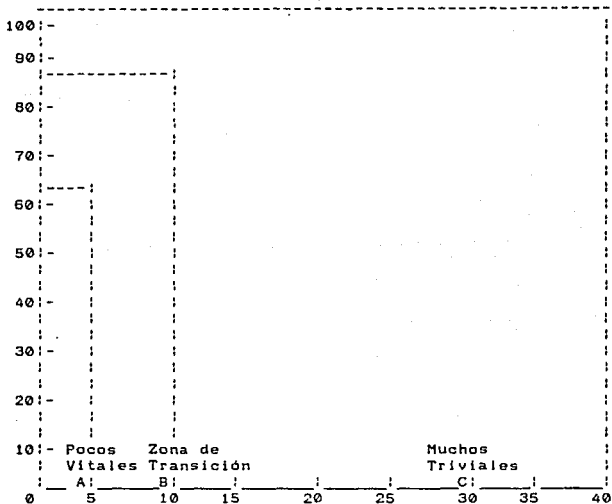


Precisamente a partir de tal observación nació el sistema ABC de control de inventarios, que cada día se hace más famoso por los grandes beneficios que representa y - que, en términos generales establece lo siguiente:

Una vez ordenada la lista de materiales según Pareto, llamamos "A", a los materiales del principio de la lista cuyo costo acumulado representa alrededor del 65%; llamamos "B" a los que siguen hasta alcanzar aproximadamente el 85% y llamamos "C" a los restantes. Ahora, para los materiales "A" que son los que se representan la mayor parte del dinero, establecer convenios especiales con los proveedores, que permitan reducir considerablemente el inventario y hasta eliminarlo en donde sea posible. Que hagan entregas diarias y aun varias veces al día en los casos en que sea recomendable. Establecer sistemas especiales de control. Si es necesario enviar a un hombre a la planta del proveedor para asegurar que no dejen de enviar materiales en cantidad y calidad adecuadas, que tomen las acciones correctivas oportunamente, etc.

Todo este trabajo tan complicado será posible hacerlo por que lo estamos aplicando solamente a unos cuantos materiales. Imposible aplicarlo a todos. Pero además, el costo de llevarlo a cabo, será muchas veces menor que -- los ahorros logrados, pues no es difícil que, con este control de materiales "A", el inventario total se reduzca en un 40 ó 50%

Fig-3



- 1.6 Respecto a los materiales C, que representan los muchos triviales, se establece un sistema de máximos y mínimos con existencia de más de tres meses y entregas bastante anticipadas que hagan que dicho sistema sea muy fácil de operar y casi nulo el peligro de agotamiento. Por estos materiales no vale la pena correr riesgos.

C O N C L U S I O N :

En este caso, el principio de Pareto nos ayuda a lograr nuestro objetivo, en base a concentrar nuestra atención en los pocos materiales "MUY IMPORTANTES", y manejando con amplios márgenes, los muchos materiales "POCO IMPORTANTES", asegurando que ninguno de ellos falte cuando se le necesite y reduciendo considerablemente el valor total del inventario, así como el costo de llevarlo.

- 2.- ATENCION DE LOS PROBLEMAS QUE AFECTAN LA PRODUCCION: Falta de materiales, descompostura de máquinas, falta de personal, falta de entrenamiento, falta de órdenes de producción oportunas y muchas otras más. Se dice que es imposible atender tantas cosas al mismo tiempo, que a cada momento se tienen que atender varios asuntos, que los problemas se repiten todos los días una vez en un lado y otra en otro. Esto es absolutamente cierto....pero, recurramos a Pareto.
 - 2.1 Obviamente el efecto que queremos eliminar son los paros de la producción. Las horas de demora por cualquier causa que sea.
 - 2.2 Si usted sabe cuantas horas ha perdido por cada causa, - bueno, pero si no, establezca un registro de inmediato.- Con los datos de quince días, haga una lista de las causas correspondientes a las horas perdidas.
 - 2.3 Clasifique de mayor a menor.
 - 2.4 Calcule los porcentajes individuales y acumulados.
 - 2.5 Identifique los pocos vitales y asigne la responsabilidad de resolverlos a una o varias personas que puedan realmente estudiarlos a fondo y encontrar soluciones. -- Si, por razones de tiempo, solamente se puede atender un problema importante. Quizá éste represente el 30 o 50%-- del problema total. De ésta manera se evitan dos grandes peligros:

- * Que se siga picando en todos los problemas sin resolver ninguno y que en el mejor de los casos, se resuelva poquito de cada uno, aun de los pocos importantes; pero un poquito de casi cero, es cero.
- * Que por falta de un buen criterio para asignar prioridades, usted se concentre en resolver un problema de poca importancia y al resolverlo no haya ganado nada.

2.6 Respecto a los demás problemas, tratar de establecer algunas reglas generales que nulifiquen su efecto nocivo, aunque no pueda de momento optimizar su costo. En el peor de los casos seguirlos manejando como hasta ahora, que ya pronto les llegará su turno, pues los problemas que se vayan resolviendo darán tiempo para atender estos según su importancia.

3.- ANALISIS DE LAS QUEJAS DE CAMPO.

Si entendemos, como debe ser, que calidad es el grado -- con que se satisfacen los requerimientos del cliente, la reducción de las quejas de los clientes es un elemento -- fundamental para el mejoramiento de la calidad de los -- productos o servicios.

La práctica más común consiste en atender en forma individual las quejas de los clientes y casi siempre los departamentos de servicio se organizan para atender a los clientes con rapidez y eficiencia y se pasan la vida atendiendo una serie de casos que parecen no tener fin, -- hoy es una cosa, mañana es otra, algunas se repiten, etc.

Desde el punto de vista de la falla individual todas las quejas son importantes, todos los clientes son importantes y todos deben quedar satisfechos. Al cliente se le atiende en su problema y queda satisfecho; si no hubiera fallas todos quedarían satisfechos y no haríamos gastos adicionales. Sí, pero, ¿Cómo lograrlo?, recurramos a Pareto.

Después de hacer un análisis, según hemos dicho, usted encontrará que, si bien una lista de quejas es grande, -- una se repite tanto que, si elimináramos las tres o cuatro que más se repiten, el índice de quejas se reduciría considerablemente; y como antes dijimos, para eliminar radicalmente estas fallas principales habrá que tratar -- las como proyectos especiales; que alguien las tome bajo su responsabilidad y que las estudie a fondo hasta encontrar las soluciones adecuadas y paso a paso, las definitivas.

Solamente así, lograremos una reducción notable en el índice de fallas o quejas de campo. Y ¿Qué hacer con las demás? bueno, usted podrá hacer muchas cosas; probablemente ordenará una inspección más estricta, aumentará los tiempos de prueba, o simplemente no hará nada; pero si usted resuelve los más importantes, los efectos en el campo serán notablemente mejorados.

4.- DELEGACION DE LA AUTORIDAD, BASES DE ORGANIZACION.

Todo Jefe tiene una responsabilidad el lograr que su componente contribuya efectivamente al logro de los objetivos de la empresa. Esto es, asegurar el cumplimiento de su misión, que es la razón de la existencia de su puesto y de su grupo. Están ahí, dentro de la organización para algo. Están ahí porque se necesita que se encarguen del logro de asuntos importantes para la buena marcha de la empresa. Y el responsable de esto es el Jefe. Pero normalmente las cosas que el Jefe tiene que atender son muchas y tantas que no puede. Bueno, si no puede con todo, lo correcto es delegar algo todos lo sabemos. Pero, QUE debe detener para sí; preguntémosle a Pareto.

Determine la esencia de su misión y los elementos que -- contribuyen para asegurar su logro. Aplique el análisis de Pareto y retenga para sí el control de los pocos vitales y delegue el resto, cuidando de establecer los reportes que le permitan controlar los resultados de lo que hacen los demás.

A nivel de empresa, el Gerente General controla solamente los elementos más importantes, los Gerentes de segundo nivel controlan los que siguen en la lista y así sucesivamente, generando las bases de la estructura organizacional y dando al principio de Pareto otra aplicación importantísima.

RESUMEN FINAL:

De manera semejante a los ejemplos anteriores, el principio de Pareto le ayudará, a través de clasificar cualquier ámbito mixto en dos grupos, los "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales", así de determinarán por ejemplo:

- * Los verdaderos cuellos de botella.
- * Los clientes más importantes.
- * Los componentes críticos.
- * Los elementos de costo más importantes.
- * Las principales causas de baja productividad, etc.
El principio de Pareto lo orientará hacia el éxito a través de:
 - * Confirmar la importancia de aspectos que usted ya identificaba como importantes o muy necesarios.
 - * Aplicar el principio de excepción y delegación.
 - * Encauzar sus esfuerzos hacia los asuntos verdaderamente importantes evitando la realización de cosas poco importantes o innecesarias.

En una tabla, el principio de Pareto le ayudará a incrementar la eficacia de sus esfuerzos y del de sus empleados, asegurando la contribución valiosa al logro de su misión y de sus objetivos, convertirá los intentos en lo gros y le permitirá hacer posible lo que parece imposible.

HAGA DE PARETO SU AMIGO INSEPARABLE Y APLIQUE SUS PRINCIPIOS, EN TODO MOMENTO.

E J E R C I C I O :

La tabla dada a continuación, contiene información con respecto a algunos de los defectos principales de 2000 parabrisas en un período de dos días.

Tipo de Defecto	No. de Defectos ni
Mal moldeo	42
Rayado	15
Astillado	9
Burbujas de aire	20
Visibilidad inadecuada	53
Esmerillado inadecuado	38
Otros	5
No. de Defectos:	182
No. de Piezas Defectuosas:	160

Realizar y completar lo que a continuación se indica

- a) Ordenar las causas de defectos de mayor a menor, de acuerdo con el número de defectos.

Período de observación _____

N = No. de Unidades Producidas _____

Tipos de Defectos	No. de Defectos Observados n_i
----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----
No. de Defectos:	d = _____
No. de Piezas Defectuosas:	_____

b) Especificar los valores de: $n_i, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

$n_1 =$ _____

$n_2 =$ _____

$n_3 =$ _____

$n_4 =$ _____

$n_5 =$ _____

$n_6 =$ _____

$n_7 =$ _____

- c) Calcular los porcentajes absolutos de defectos con respecto al número total de unidades producidas.

$$a_1 = n_1/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_2 = n_2/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_3 = n_3/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_4 = n_4/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_5 = n_5/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_6 = n_6/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_7 = n_7/N * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_6 + a_7 = \text{-----} + \text{-----}$$

$$+ \text{-----} + \text{-----} + \text{-----} + \text{-----} + \text{-----}$$

- d) Obtener para cada uno de los tipos de defectos, el porcentaje relativo: r_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ de ellos, con respecto al número del total de defectos.

$$r_1 = n_1/d * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$r_2 = n_2/d * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$r_3 = n_3/d * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$r_4 = n_4/d * 100 = \quad * 100 = \text{-----}$$

$$r5 = n4/d * 100 = \quad *100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$r6 = n6/d * 100 = \quad *100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$r7 = n7/d * 100 = \quad *100 = \underline{\hspace{2cm}}$$

e) Calcular los porcentajes relativos acumulados hasta el defecto i.

$$R1 = r1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R2 = r1 + r2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R3 = r1 + r2 + r3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R4 = r1 + r2 + r3 + r4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R5 = r1 + r2 + r3 + r4 + r5 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R6 = r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R7 = r1 + r2 + r3 + r4 + r5 + r6 + r7 = \underline{\hspace{2cm}}$$

f) Completar la siguiente tabla, con los datos obtenidos en los incisos anteriores.

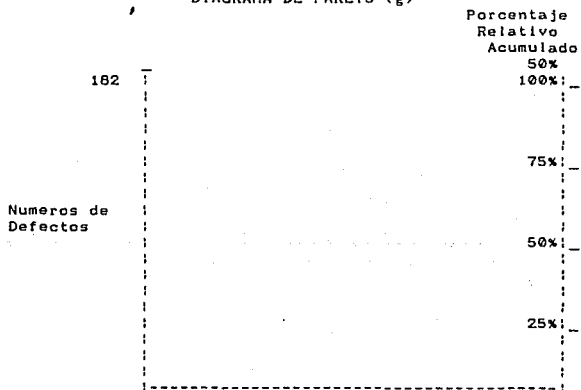
g) Construir el Diagrama de Pareto.

EJERCICIOS :

TABLA (f)

Tipos de Defectos	No. de Defectos ni	Porcentajes Absolutos de Defectos ni	Porcent. Relativ. de Defectos ri	Porc. Relati-vo Acumulado Ri

DIAGRAMA DE PARETO (g)



III.- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.

El Diagrama de Causa y Efecto se desarrolla en Japón --- desde 1950, tomando como base el poder crear un método-- participativo para la mejor toma de decisiones.

Este método es muy fácil de usar. Desde 1950 se popularizó en Japón, del cual existen cantidades extraordinarias de diagramas, Causa-Efecto aplicados en Industrias, para resolver distintos problemas, de ahí que este método-- utiliza no sólo en actividades de Control de Calidad,-- sino también en los distintos campos de la Industria.

Su popularidad ahora ha alcanzado grandes magnitudes con proliferación de los círculos de Calidad o grupos participantes.

HISTORIA Y CONCEPTO DEL DIAGRAMA:

Debido a la gran problemática nacional que vivía el Japón desde el año 1949, en la cual tenían una gran producción, pero de pésima Calidad y con el objeto de hacer lo posible para mejorar, se pensó en diseñar un método-- para enseñar a los encargados el concepto de "Control",-- con el fin de que ellos pudieran comprenderlo totalmente.

El principio básico de Control de Proceso, puede definir se como, controlar muchos factores en el proceso y como resultado, poner las distintas características en un estado de Control.

Fué el diagrama de Causa y Efecto la herramienta que se desarrolló para poder visualizar este fenómeno desde el punto más sencillo y fácil de comprender.

Normalmente se han llevado a cabo numerosos métodos de Control de Calidad para controlar y mejorar cada parte del proceso en una fábrica.

El ingeniero, el Superintendente, el Supervisor y el Operador, dicen a menudo:

"En este proceso hay demasiados factores y sus relaciones son muy complicadas, de esta manera será difícil controlar y menos aun mejorarlo".

Dichas explicaciones son muy frecuentes, pero cuando se empezó a aplicar este proceso, se observó que también se podían resolver diversos tipos de problemas tales como: de manufactura, de desarrollo de nuevos productos, trabajos de oficinas, finanzas, familiares etc.

El nombre Japonés de este diagrama es TOKUSET YO INZU -- (Diagrama de características y factores) o SAKANA NO BONE (Esqueleto de pescado) y el Dr. J. M. Juran lo llamó "Diagrama de ISHIKAWA".

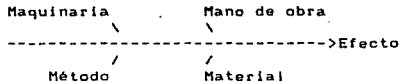
DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA CAUSAS:

En Japón se aplicaron los diagramas de Causa-Efecto originalmente para enseñar el concepto de Control de Calidad, pero en estos días se emplea en varios campos como: Control de Calidad, Producción, Costos y Beneficios Capital, etc., centrando y unificando el concepto acerca del proceso, educación y entrenamiento de puntos de chequeo, desarrollo de nuevos productos, normalización, seguridad compra y venta de negocios, vida familiar, vida social, etc.

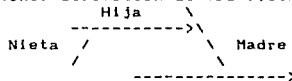
COMO REALIZAR EL DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO:

- 1.- Elegir el proyecto (Característica o Resultados del Proceso).
- 2.- Representar el proyecto en el extremo derecho de la flecha horizontal.
- 3.- Hacer la lista de todos los factores que tendrán alguna influencia sobre el resultado.
- 4.- Dibujar las flechas diagonales principales (ramas principales), para cada factor, en base al principio de las más significativas.

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



- 5.- Las ramas principales serán Man (hombre), Material (material), Method (método), Machine (maquinaria),-- Management (política o dirección).
- 6.- Se desarrollarán otras flechas ó espinas que dependan de la flecha principal (madre).
- 7.- Se buscarán las dependencias de las causas, hasta lograr obtener derivación de las flechas:



Indicando las pequeñas sub-flechas (ramas, ramitas), para cada sub-factor o sub-actividad. Este proceso de subdivisión es llevado a cabo, hasta que todos los factores o variables están representados.

- 8.- Checar y preguntar si todas las causas de variación-- están ya inscritas en el diagrama.
- 9.- Al analizar la "tormenta" deberán de estratificarse-- las ideas y desarrollar un plan de acción.

PLAN DE TRABAJO PARA CADA CAUSA SELECCIONADA

	causa	qué hacer	cómo hacer	quién	cuando
:1	:	:	:	:	:
:2	:	:	:	:	:
:3	:	:	:	:	:
:4	:	:	:	:	:
:5	:	:	:	:	:
:6	:	:	:	:	:
:7	:	:	:	:	:
:8	:	:	:	:	:
:9	:	:	:	:	:
:10	:	:	:	:	:

ADVERTENCIAS PARA PREPARAR EL DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

- 1.- Reunir a todos los miembros que estén involucrados o relacionados con el proyecto, es decir, los miembros del departamento ó área de sección, sin importar ---jerarquías, con el objeto de reflejar todas las-----opiniones.

A veces será efectivo juntar al Superintendente, al personal de Control de Calidad, a Producción, a Materiales, y a cualquier otro involucrado.

- 2.- Definir un líder o coordinador del grupo o equipo---del círculo.
- 3.- Diagnosticar el proyecto, en base al uso de las técnicas de Pareto, haciendo resaltar las características de Calidad o su correspondiente beneficio financiero.
- 4.- Analizar el proyecto, por el diagrama de Pareto (pocos vitales, muchos triviales), y la selección de---más variables a resolver en base al apoyo de las Gerencias.
- 5.- Elegir las características más importantes.
- 6.- Todos los miembros deben comprender totalmente el --sentido o definición del proyecto.
- 7.- A veces el proyecto estará determinado por la política de la Alta o Media Gerencia.
- 8.- Se deberá de escribir en papeles grandes o en pizarra todas las ideas generadas.
- 9.- Se deberá discutir libremente acerca de las características y causas por el método de " TORMENTA DE ---IDEAS".
 - Todos los participantes son alentados para sugerir---ideas, así el coordinador del grupo debe tomar la decisión y preguntarle a todos (si cualquiera de e---llos no quisiera sugerir o hablar, darle un deber).
 - Ninguno de ellos deberá de desconocer la opinión de los demás.

- Usualmente, debido a la problemática de la jerarquía se sugiere que el coordinador pregunte de menor a mayor nivel con el objeto de enriquecer al máximo las opiniones y no condicionar.
- El coordinador deberá de enfatizar que al emitir una opinión no se le contradiga, justifique o se forme una polémica, ya que el objetivo es vaciar todas las ideas y escribirlas.
- Ya que todos los participantes emitieron su opinión, se deberá de hacer una cognotación e indicar si alguna de las proposiciones es retirada, siempre y cuando esto se justifique plenamente por la persona que la emitió.
- Si es posible, será preferible darse una vuelta por el área problema y observarla detenidamente y regresar al área donde se está sesionando, con el objeto de enriquecer aun más el diagrama de Causa-Efecto

Podrá ser el mismo día, el día siguiente o la semana siguiente.

- Cada miembro es responsable para inspeccionar los hechos las características y el proceso.

RECOMENDACIONES:

- a).- No olvidar las siguientes causas:

Definición de las características, factor direccional, factores administrativos, cambios ambientales, cambios naturales, errores de muestreo y medición; error en el método de inspección, errores de cálculo o método, etc.

- b).- No discutir porqué ocurrió el problema. Pero sí se deben analizar las causas y cómo se puede eliminar el problema.

- c).- Clasificar y reordenar las causas para decidir la rama principal (madre), que puede ser, por ejemplo: dividir según los siguientes items: hombres, materiales, métodos, máquinas, y dirección; causas asignables, sistemáticas o por azar; causas dentro de subgrupos; causas por tendencia o precisión; causas esporádicas o crónicas; causas positivas o negativas, causas dentro del proceso en estudio u otro proceso etc.

- d).- Subdividir la causa para dibujar flechas pequeñas, - dibujar las subflechas pequeñas para cada subfactor o subactividad. Este proceso de subdivisión, es llevado a cabo hasta que las causas de cada rama pequeña (nieta ó biznietas) sean todas las causas en las que nosotros podamos tomar acción. Por ejemplo: si la temperatura es una causa de una rama principal, -- nosotros debemos subdividir muchas causas para las ramas pequeñas, tales como presión, temperatura y--- cantidad de vapor, apertura de válvulas, operadores, exactitud y posición del termómetro, etc.
- e).- Estudiar cada causa y marcar los siguientes símbolos:

EJEMPLO

SIMBOLO

1.- Se tiene registro sobre la causa	0
2.- Se tiene gráfica de control	C
3.- Ha sido normalizado	N
4.- El factor es variable	V
5.- Existen interacciones	?

- f).- Se podrá hacer un diagrama de Causa-Efecto, de otro Diagrama de Causa-Efecto.
- g).- No preparar el diagrama Causa-Efecto entre una o dos personas no importando si son Ingenieros o Coordinadores.
- h).- Se deberán de estratificar las causas más importantes del Diagrama Causa-Efecto y desarrollar un plan de trabajo para probar cada causa; posteriormente se "Propondrán Soluciones" en base a los resultados de la investigación.
- i).- Se debe normalizar la acción para mantener el proceso bajo el estado de Control Estadístico.
- j).- Se debe revisar el diagrama Causa-Efecto ocasionalmente, porque el Proceso es dinámico.

B E N E F I C I O S :

- 1.- Preparar un diagrama de Causa-Efecto es educación y entrenamiento para el Coordinador y los operarios.
- 2.- Ayuda a unificar y sistematizar los pensamientos del grupo en el Proceso.
- 3.- Se desinhiben (adquieren confianza) los integrantes del grupo.

- 4.- Se optimiza la toma de decisiones.
- 5.- Se compromete el grupo a llevar a cabo el seguimiento de la solución propuesta, como si fuera de cada uno.
- 6.- Se estrechan las relaciones humanas y se mejora la comunicación.
- 7.- Se puede lograr el control sobre los procesos.

VER EJEMPLOS DIVERSOS.

E J E R C I C I O S :

- A).- Con los participantes en este curso, integrar grupos de cuatro o cinco personas que conozcan algún problema en su área de trabajo para analizarlo, utilizando las técnicas de Causa-Efecto.

Si no se tiene ningún problema específico del área de trabajo, definir alguno más general, por ejemplo: relacionado con la inflación, el transporte urbano, los servicios públicos, etc.

- B).- Los pasos sugeridos a realizar son los siguientes:
 - Definir y escribir en la punta de la flecha el nombre del problema elegido.
 - Siguiendo la técnica presentada en este tema, elaborar un Diagrama de Causa-Efecto.
- C).- Una vez diseñado el diagrama, analizarlo para identificar dos o tres de las causas más probables y enunciar el tipo de datos que deben recabarse, para confirmar la selección de dichas causas.

M O D U L O I I I

GRAFICAS DE CONTROL P

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO

GRAFICAS DE CONTROL P PARA EL PORCENTAJE DE UNIDADES DEFECTUOSAS.

I.- INTRODUCCION:

La gráfica P es una gráfica por atributos la cual es ampliamente aplicable a cualquier tipo de proceso; puede aplicarse a características de Calidad consideradas como atributos, ya que ese tipo de Gráfica determina la fracción defectuosa o el porcentaje de piezas defectuosas en el proceso, incluyendo aquellas que podrían determinarse como variables.

La fracción de unidades defectuosas (P) se define como el número de artículos defectuosos (X) encontrados en una inspección, entre el total de artículos examinados - (n).

La fracción defectuosa es expresada casi siempre como una fracción decimal. Para el cálculo real de los límites de control, es necesario usar la fracción defectuosa.

Para la Gráfica y representación general de los resultados, es necesario que la fracción defectuosa se convierta generalmente en porcentaje defectuoso.

II.- OBJETIVOS DE LAS GRAFICAS P :

- 1) Investigar después de un tiempo, la proporción media de artículos o piezas defectuosas sometidas a inspección.
- 2) Informar a la Dirección así como a las Gerencias involucradas, de cualquier cambio en el nivel medio de la Calidad.
- 3) Visualizar aquellos puntos fuera de control, que requieran de una acción, para eliminar las causas comunes y especiales que afecten a la Calidad.
- 4) Detectar puntos fuera de control que indiquen modelos de inspecciones relajadas.
- 5) Sugerir puntos para el empleo de gráficas X-R para diagnosticar problemas de Calidad (ó algún otro tipo de herramientas de Estadística de Control por Variables).
- 6) Proporcionar criterios para poder enjuiciar si los sucesivos lotes de producción, pueden considerarse representativos de un proceso estabilizado, que influya convenientemente en la severidad del criterio de aceptación.

III.- ETAPAS PARA LA ELABORACION DE LAS GRAFICAS DE CONTROL P:

- 1) Registro de datos en Gráfica P. Seleccione la frecuencia y tamaño de la muestra.
Es relevante definir la frecuencia de los subgrupos - así como el tamaño de los mismos.
- 2) Calcular las fracciones defectuosas de cada subgrupo. Se calcula dividiendo el número de artículos defectuosos (X), entre el número de artículos inspeccionados- (N), dando como resultado la fracción de unidades defectuosas, por la cual deducimos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\text{ARTICULOS DEFECTUOSOS}}{\text{ARTICULOS INSPECCIONADOS}} \quad P = \frac{X}{n}$$

- 3) Calcular la media de P. Esta se obtiene multiplicando el número de piezas inspeccionadas (N1) por la fracción de unidades defectuosas (P1), haciendo la sumatoria total de este resultado y dividiéndolo entre la sumatoria total de números inspeccionados obtendremos la media de P, de lo cual deducimos la siguiente fórmula:

$$\bar{P} = \frac{n_1 P_1 + n_2 P_2 + \dots + n_k P_k}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}$$

$$\text{ó}$$

$$\bar{P} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

- 4) Calcular los límites de control. El límite superior - de control (LSCp), se obtiene mediante la siguiente fórmula:

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

O lo que es lo mismo:

1 - \bar{P} por \bar{P} entre el número de artículos inspeccionados nos da un resultado, a este resultado le extraemos raíz cuadrada, lo que resulte lo multiplicamos -- por tres, para finalmente lo obtenido sumársele a P.

- 5) El límite inferior de control LICp, se obtiene median-
te la siguiente fórmula:

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

O lo que es lo mismo:

1 - \bar{P} por \bar{P} entre el número de artículos inspeccionados nos da un resultado, a este resultado le extraemos raíz cuadrada, lo que resulte será multiplicado por tres para, finalmente lo obtenido restárselo a \bar{P} .

NOTA: SE CALCULAN LOS LIMITES SUPERIOR E INFERIOR DE CADA SUBGRUPO, CUANDO EXISTE UNA VARIACION ENTRE ELLOS, MAYOR AL 25%.

IV.- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO:

OBJETIVO:

Identificar una información relevante que indique -- cuándo el proceso no está operando consistentemente; si se encuentran puntos fuera de control, tomar las acciones correctivas procedentes.

ANALICE LA GRAFICA.

a) PUNTOS FUERA DE LIMITES DE CONTROL:

La presencia de uno o más puntos fuera de los límites de control, es evidencia de falta de estabilidad del proceso.

b) UN PUNTO POR ENCIMA DEL LIMITE DE CONTROL SUPERIOR, - (MAYOR FRACCION DEFECTUOSA).

Puede ser indicación de:

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

c) UN PUNTO POR DEBAJO DEL LIMITE DE CONTROL INFERIOR, (MENOR FRACCION DEFECTUOSA).

Puede ser indicación de:

- El límite de control ha sido mal calculado o el punto mal graficado.
- El desarrollo del proceso ha mejorado, (esta condición debe estudiarse con el fin de que las mejoras obtenidas, puedan ser incorporadas en forma permanente y estable).
- El sistema de medición fué modificado. (Inspector, ca librador, etc.)

d) ADHESION A LAS LINEAS DE CONTROL.

Cuando en las Gráficas de Control, los puntos graficados se agrupan junto a la línea central o junto a las líneas de control, hablamos de ADHESION.

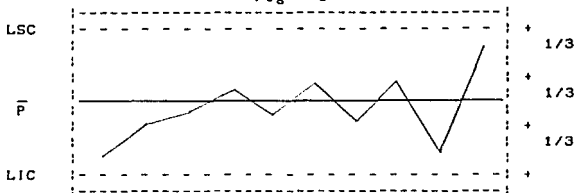
Para evaluar y poder decidir si hay o no ADHESION a la línea central, se procede de la siguiente manera: Dividimos la distancia que hay entre el LCS y el LIC en tres partes iguales, como se muestra en la figura-1. Si una cantidad sustancialmente mayor a 2/3 de los puntos graficados, se encuentra concentrada en el tercio medio, existe ADHESION a la línea central.

1) El proceso muestra ADHESION a la línea central (puntos demasiado cerca del promedio del proceso).

Si existe ADHESION a la línea central, tenemos que verificar lo siguiente:

- Los límites de control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- Los datos han sido alterados.
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo, un tipo diferente de datos, o datos de factores diferentes: (máquinas, materiales, mano de obra, etc. (Fig-1).

Fig - 1



Si hay una cantidad sustancialmente mayor a 1/3 de los puntos graficados en los tercios exteriores, existe ADHESION a los Límites de Control.

- 2) Proceso de ADHESION a las Líneas de Control. Si una cantidad sustancialmente mayor a 1/3 de los puntos graficados, se encuentra dentro de los tercios exteriores, existe ADHESION a las líneas de control.

Cuando esta situación se presente verifique:

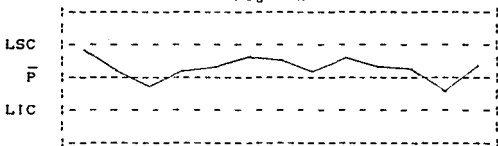
- Los Límites de Control han sido mal calculados, o los puntos mal graficados.
- Suele haberse mezclado en el Sub-Grupo, un tipo diferente de datos, ó datos de factores diferentes (máquina, materiales, mano de obra, etc.)

e) SERIES.

Una Serie es una sucesión de puntos, que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso hacia alguno de los límites.

Cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la Serie recibe el nombre de: CORRIDA. (Fig-2).

Fig - 2



Proceso fuera de Control (Larga sucesión de puntos por encima del promedio).

f) UNA SERIE POR ENCIMA DEL PROMEDIO DEL PROCESO.

Puede ser indicación de:

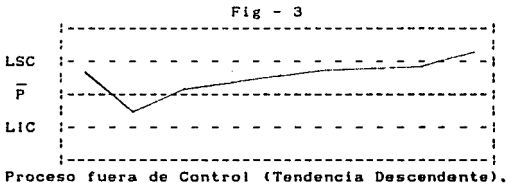
- El desarrollo del Proceso a desmejorado y puede estar aun empeorando.
- El Sistema de Medición fué modificado.

g) UNA SERIE POR DEBAJO DEL PROMEDIO DEL PROCESO.

Puede indicar que:

- El desarrollo del Proceso ha mejorado, (debemos estudiar las causas para incorporar los cambios definitivamente).
- El Sistema de Medición ha sido modificado.

Cuando siete o más intervalos consecutivos se presenten con valores crecientes o decrecientes, la Serie recibe el nombre de: TENDENCIA. (Fig-3).



IDENTIFIQUEMOS Y CORRIJAMOS LAS CAUSAS ESPECIALES.

Cuando, a través del análisis de los datos, identifiquemos una condición de falta de control, deberemos estudiar el proceso, para determinar la causa. La acción correctiva deberá ser tal, que se evite la repetición del problema.

RECALCULEMOS LOS LIMITES DE CONTROL.

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, debemos eliminar todos los puntos fuera de control, de los cuales se encontraron las causas.

Recalculemos y Grafiquemos el promedio del proceso (\bar{P}) y sus Límites de Control, que deben confirmar que todos los puntos estén bajo control cuando se les compare con los nuevos límites, y repetir la secuencia de identificación, corrección y recálculo, si fuera necesario.

Los Límites de Control, una vez que los datos históricos muestran un desarrollo consistente dentro de dichos límites, se transforman en Límites de Referencias para futuros análisis.

En el Área de producto terminado de una fábrica de juguetes, se evalúa el producto, en relación con la apariencia del empaque, (deshechando e identificando los juguetes mal empaquetados), envoltura completa, sellada, etiqueta bien colocada, nombres legibles, colores uniformes buena apariencia, etc.; con una de estas especificaciones que no esté presente, el producto es rechazado para su reproceso. Durante los meses de agosto y septiembre se han llevado Gráficas de Control P y se desea controlar el proceso de empaque durante el mes de octubre; (el papá no comprará en la navidad un juguete con apariencia dañada). Han acudido a nosotros para que, con la información obtenida en agosto y septiembre, les ayudemos a estimar los límites de control, analicemos el proceso de empaque y demos nuestra opinión al respecto. (Fig-4)

Fig - 4

FECHA	n	x	p	s #	LSC p	LIC p
1	3350	31				
2	3354	30				
3	1509	18				
4	2190	20				
5	3696	14				
6	3052	8				
7	3477	27				
8	4051	30				
9	3042	56				
10	1644	42				
11	915	19				
12	1644	6				
13	1572	22				
14	1961	3				
15	2440	3				
16	2086	1				
17	2678	35				
18	3252	46				
19	4641	39				
20	3762	12				
21	2993	3				
22	3362	7				
23	3357	30				
24	3256	31				
25	1529	17				
26	2290	20				
27	3791	15				
28	3542	9				
29	3497	28				
30	4040	27				

E J E R C I C I O :

Con los datos de agosto, podemos calcular la fracción de unidades defectuosas de cada subgrupo. Estimar la media de \bar{P} y calcular los límites variables de control de prueba. Graficar y analizar la Gráfica resultante. (Primera-Etapa).

EJEMPLO DEL REVERSO DE UNA CARTA DE CONTROL

FECHA	HORA	COMENTARIOS	A C C I O N E S
			SOBRE CAUSAS ESPECIALES
			* CUALQUIER PUNTO FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL
			* UNA SERIE DE 7 PUNTOS CONSECUTIVOS, ARRIBA O ABAJO DE LA LINEA CENTRAL
			* UNA TENDENCIA DE 7 INTERVALOS ASCENDENTES O DESCENDENTES
			* CUALQUIER OTRO PATRON QUE DEMUESTRE INESTABILIDAD
			A C C I O N E S

M O D U L O I V
-----**GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} - R**

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO

GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} - R

1.- INTRODUCCION:

La gráfica de control por variables es una herramienta elemental que puede utilizarse en las mediciones de las características del resultado de un proceso.

Por ejemplo: El diámetro de una flecha en milímetros, el esfuerzo de una compuerta en libras o el torque de una pija en libras-pie, son algunos ejemplos típicos de aplicación.

Las gráficas de control por variables más conocidas son:

Las gráficas de control \bar{X} - R.

Las gráficas de control por variables son particularmente útiles por varias razones :

La mayoría de los procesos y sus resultados tienen características que son medibles, por lo que su aplicación es potencialmente amplia.

Debido a que se requiere medir una mayor cantidad de piezas para tomar decisiones confiables, el período que pasa entre la producción de las piezas y la acción correctiva puede ser acortado significativamente.

11.- OBJETIVO DE LAS GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} - R

- 1 Obtener información continua de un proceso para establecer o cambiar especificaciones.
- 2 Obtener información para establecer o modificar los procedimientos de inspección.
- 3 Proporcionar un criterio para la toma de decisiones reales durante la producción, acerca de cuando investigar causas de variación y tomar acción para corregirlas y cuando dejar solo el proceso.
- 4 Obtener información para ser utilizada en el establecimiento o cambio de los procedimientos de producción.
- 5 Proporcionar un criterio para la toma de decisiones rutinarias, sobre la aceptación o rechazo de un producto.

III.- ETAPAS DE ELABORACION DE LAS GRAFICAS \bar{X} - R:

1 Los datos, son el resultado de la medición de las características de nuestro producto, las cuales deben ser registradas y agrupadas de acuerdo al siguiente plan:

SELECCIONE LA FRECUENCIA Y EL TAMANO DE LA MUESTRA.

Para un estudio inicial de un proceso, las muestras (sub grupos) deben estar formadas de 2 a 10 piezas producidas consecutivamente, de esta manera las piezas de cada subgrupo estarán producidas bajo condiciones similares de producción, por lo cual se sugiere como típico que las muestras estén formadas de 5 piezas consecutivas ya que con menos de 5 empieza a perderse la sensibilidad de la gráfica para detectar problemas y con más de 5 se obtiene muy poca información adicional, por tanto, desde el punto de vista del proceso, se recomienda capturar todas las fuentes de variación y desde el punto de vista estadístico, deben registrarse al menos, 25 subgrupos.

A).- Calcular el promedio y el Rango de cada subgrupo.

- 2 Calcular la Media de Medias; esta se calcula haciendo la sumatoria del promedio de los subgrupos: $X_1 + X_2 + X_3 \dots \dots \dots X_K$ entre el número de eventos (K), obtenemos la Media, por lo cual deducimos la siguiente fórmula:

$$X = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 \dots \dots \dots \bar{X}_K}{K}$$

- 3 Calcular la media de rangos.

Se suman los K rangos y se divide el resultado entre el total de subgrupos "K" seleccionados; la fórmula -- que se utiliza es la siguiente:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots \dots \dots R_K}{K}$$

- 4 Calcular el Límite Superior de Control \bar{X} , este límite se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$LSC X = \bar{x} + A2 \bar{R}$$

De lo cual deducimos que, multiplicando el rango (\bar{R}) por A2 valor encontrado en la tabla según tamaño de subgrupo, posteriormente sumándole a este resultado la Gran Media, obtenemos el Límite Superior de Control

- 5 Calcular el Límite Inferior de Control para \bar{X} . Este límite se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$LIC X = \bar{x} - A2 \bar{R}$$

De lo cual deducimos que, multiplicando el rango (\bar{R}) por A2 valor encontrado en la tabla según tamaño de subgrupo, posteriormente restándole a este resultado la Gran Media, obtenemos el Límite Inferior de Control

- 6 Calcular el Límite Superior de Control para rangos, este límite se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$LSCR = D4 \bar{R}$$

De lo cual deducimos que, multiplicando el rango \bar{R} por D4 valor encontrado en la tabla según tamaño de subgrupo, obtenemos el LSCR.

- 7 Calcular el Límite Inferior de Control para rangos, mediante la siguiente fórmula:

$$LICR = D3 \bar{R}$$

De lo cual deducimos que, multiplicando el rango \bar{R} por D3 valor encontrado en la tabla según tamaño de subgrupo, obtenemos el LICR.

V.- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO:

El objeto de analizar una Gráfica de Control, es identificar cual es la variación del proceso, las causas comunes las causas especiales de dicha variación, y en función de ésto, tomar algunas acciones cuando se requiera.

PUNTOS FUERA DE LOS LIMITES DE CONTROL

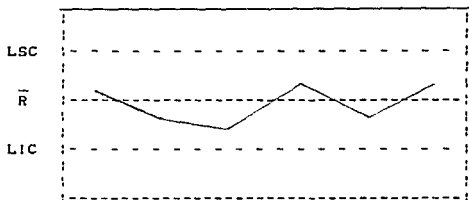
La presencia de un punto fuera de los límites de control, es evidencia de una inconsistencia en el proceso. La variación de los puntos dentro de los límites de control, es debida a causas comunes (fallas del sistema).

Cuando se presentan puntos fuera de los límites de control, también puede deberse a causas especiales; es decir, a fallas locales. Un punto más allá de los límites de control, es una señal de que se requiere un análisis inmediato de la operación, para buscar las causas especiales que lo originaron. Marquemos todos los puntos que están fuera de los límites de control.

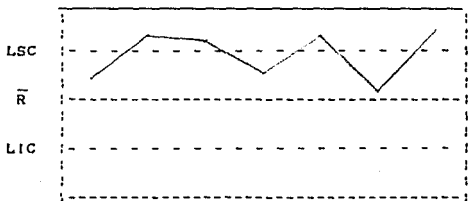
Un punto fuera de los límites de control es una señal de que:

- El Límite de Control está mal calculado, ó los puntos están mal agrupados.
- La variación de pieza a pieza o la dispersión de la distribución ha empeorado.
- El sistema de medición ha cambiado.
- Hay diferentes "Inspectores" ó "calibradores".

Proceso
en control
para rango



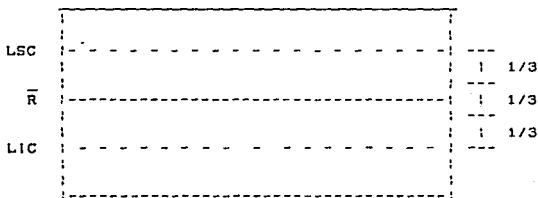
Proceso no
controlado,
puntos fuera
de los lími-
tes de con-
trol



ADHESION A LAS LINEAS DE CONTROL

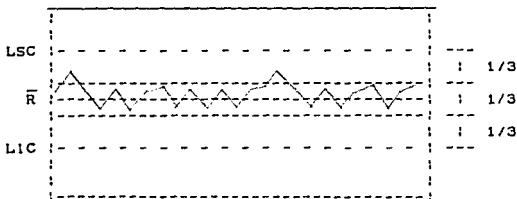
Quando en la Gráfica de Control, los puntos se agrupan - junto a la línea central ó junto a las líneas de control hablamos de ADHESION.

Para evaluar y poder decidir si hay o no ADHESION a la-- línea central proceda de la siguiente manera: Divida la-- distancia que hay entre el LSC y el LIC en tres partes-- iguales, como se muestra en la siguiente figura:



Si una cantidad sustancialmente mayor a 2/3 de los puntos graficados se encuentra concentrada, dentro del tercio medio, existe ADHESION a la línea central.

Proceso de
ADHESION -
a la línea
central.
(23 de 25)
puntos, es
tán dentro
del tercio
medio.

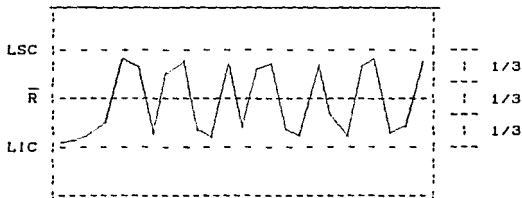


Si existe ADHESION a la línea central se tiene que verificar lo siguiente:

- Los datos han sido alterados (Los valores que se alejan mucho del promedio (R), fueron falseados u omitidos)
- Suelen haberse mezclado en el subgrupo, tipos diferentes de datos de factores diferentes: (máquina, materiales, - mano de obra, etc.)

ADHESION A LOS LIMITES DE CONTROL

- Si una cantidad sustancialmente mayor a 1/3 se encuentra dentro de los tercios exteriores, existe ADHESION a los límites de control.
- Proceso con ADHESION a los límites de control (24 de 25-puntos, están en los tercios exteriores).



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

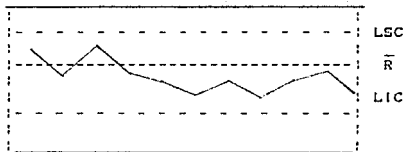
- Los Límites de Control han sido mal calculados o los puntos mal graficados.
- El proceso o el método de muestreo es tal, que los subgrupos contienen mediciones de 2 o más factores diferentes.

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

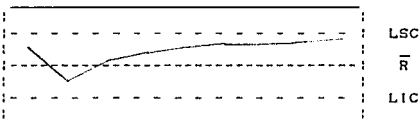
CORRIDA.- Cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio, la serie recibe el nombre de: CORRIDA.

TENDENCIA.- Si 7 o más intervalos consecutivos se presentan con varios valores crecientes o decrecientes, la serie recibe el nombre de: TENDENCIA.

Este proceso, presenta una corrida de 8 puntos, abajo de R



Este proceso muestra una TENDENCIA ascendente: 8 intervalos en ascenso



IDENTIFIQUE Y CORRIJA LAS CAUSAS ESPECIALES EN LA GRÁFICA DE RANGO

Deberá efectuarse un análisis de la Operación del Proceso, ante cada indicación de falta de control proveniente de la Gráfica de Rango, para determinar sus causas, corregir la condición y prevenir su repetición. La Gráfica de Control, es una guía útil para el análisis del problema, pues indica cuando se inició dicho problema y el tiempo transcurrido.

Es importante la rapidez en el análisis del problema, a fin de minimizar la producción de piezas fuera de control y tener datos recientes para el diagnóstico. Por ejemplo, la aparición de un punto más allá de los límites de control, es razón suficiente para iniciar un análisis inmediato del proceso.

RECALCULE LOS LÍMITES DE CONTROL

Una vez identificadas y corregidas las causas especiales de variación, deberán recalcularse los Límites de Control para excluir los efectos de los puntos fuera de control, cuyas causas fueron identificadas y corregidas. Omita los puntos fuera de control, recalculé y grafique el rango promedio \bar{R} y los límites de control. Confirme que todos los puntos correspondientes a los rangos de los subgrupos estén bajo control cuando se les compare con los nuevos límites, repitiendo la secuencia de identificación, corrección y recálculo si fuera necesario. Si algún punto de la Gráfica de Rangos fuera omitido, de bido a la identificación de las causas especiales, deberá también ser excluido dicho punto de la Gráfica \bar{X} . Los valores de: \bar{X} y de \bar{R} modificados, deberán ser utilizados para recalcular los Límites de Control en la Gráfica de Promedios: $(\bar{X} \pm A \bar{R})$.

IDENTIFICAR Y CORREGIR LAS CAUSAS ESPECIALES (GRAFICA \bar{X})

Efectuar el análisis de operación del proceso para determinar las causas ante cada indicación de falta de control proveniente de la gráfica de promedios; corregir la condición y tomar las acciones que permitan PREVENIR --- su repetición. La gráfica de control es muy útil como guía para determinar cuando se inició un problema y cuanto tiempo lleva. Es muy importante la rapidez con la que se analice el problema para minimizar la producción de piezas que estén fuera de control.

RECALCULAR LOS LIMITES DE CONTROL (GRAFICA \bar{X})

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; recalcular y graficar el promedio del proceso (\bar{X}) y sus --- límites de control. Confirmar que todos los puntos estén bajo control cuando se les compare con los nuevos --- límites, repitiendo la secuencia de identificación análisis, corrección y recálculo si fuera necesario.

EXTENDER LOS LIMITES PARA UN CONTROL COTIDIANO

Una vez que se ha logrado mantener nuestro proceso dentro de control; es decir, cuando los datos se encuentran contenidos en forma consistente dentro de los límites, --- es necesario extender dichos límites para cubrir 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 Gráficas \bar{X} - R.

Un cambio en el tamaño de los subgrupos muestreados afectaría el rango promedio y los límites de control en las gráficas de rangos y promedios. Esta situación pudiera ocurrir, por ejemplo, si se decide tomar muestras más pequeñas y más frecuentes, de manera que puedan detectarse cambios grandes en el proceso más rápidamente, sin aumentar el número total del muestreo por día. Para ajustar las líneas centrales y los límites de control para un nuevo tamaño de los subgrupos muestreados debe procederse como sigue:

Estimar la Desviación Estandard del proceso (la estimación se indica como σ). Con base en el tamaño de la muestra anterior, calcule:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Donde \bar{R} es el promedio de los rangos de los subgrupos (en los períodos en que los rangos estuvieron dentro del control), d_2 es una constante que se modifica en función del tamaño de la muestra, como se indica en la Tabla siguiente:

n	d ₂
2	1.13
3	1.69
4	2.06
5	2.33
6	2.53
7	2.70
8	2.85
9	2.97
10	3.08

CARTA DE CONTROL MEDIANA - RANGO

E J E R C I C I O :

En una fábrica de ejes para motores en miniatura, donde una característica de la calidad es el grosor para que no resbalen al ponerlos en funcionamiento, se ha llegado a un alto control de Calidad mediante las Gráficas X - R de modo que, por economía del tiempo y para seguir evaluando el proceso, se pretende incorporar el uso de siete elementos cada una, los datos en décimas de milímetros se expresan a continuación.

	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8
X1	57	58	56	55	57	58	58	59
X2	59	57	56	58	59	57	58	56
X3	56	57	57	57	58	58	58	57
X4	57	58	59	59	59	59	59	59
X5	57	58	59	58	58	59	57	57

	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	n16
X1	58	58	56	58	57	58	58	59
X2	59	57	58	58	57	58	59	56
X3	58	57	57	57	58	59	58	57
X4	56	57	59	59	59	59	59	59
X5	57	58	59	58	58	59	57	57

	n17	n18	n19	n20	n21	n22	n23	n24
X1	57	59	57	55	57	58	58	57
X2	59	56	57	59	55	57	58	56
X3	56	57	57	57	58	55	58	57
X4	57	58	59	59	59	59	58	57
X5	57	58	59	58	58	59	57	57

	n25	n26	n27	n28	n29	n30	n31	n32
X1	58	59	56	56	57	58	58	57
X2	54	57	56	58	58	55	59	56
X3	56	57	58	57	57	59	58	57
X4	57	57	59	59	59	58	59	59
X5	57	58	59	58	58	59	59	56

	n33	n34	n35	n36	n37	n38	n39	n40
X1	55	57	56	56	57	58	58	59
X2	54	57	56	58	58	57	58	56
X3	57	57	57	57	58	59	58	57
X4	57	58	58	59	59	59	59	59
X5	56	57	59	58	58	58	58	56

MEDIANA: Es el valor central de un grupo de datos ordenados.

NOTA: Para cada subgrupo, hay que calcular la Mediana y el rango correspondiente.

PRIMERA ETAPA:

UNO.- Calcular la Media de las Medianas:

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_k}{k}$$

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{40}}{40}$$

$$X = \frac{\dots}{\dots}$$

$$X = \frac{\dots}{\dots}$$

$$X = \frac{\dots}{\dots}$$

DOS.- Calcular la Media de los Rangos:

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

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{40}$$

$$\bar{R} = \dots$$

$$\bar{R} = \dots$$

$$\bar{R} = \dots$$

TRES.- Calcular el Límite Superior de Control P/Medianas

TABLA DE FACTORES CONSTANTES PARA GRÁFICAS DE CONTROL DE MEDIANAS

Numero de observaciones:	Factor para la Gráfica X	Factor para Gráfica R: D3	Factor para Gráfica R: D4
n	A2		
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

$$LSC\bar{X} = \bar{X} + A2\bar{R}$$

$$LSC\bar{X} = \bar{X} + A2(\)$$

$$LSC\bar{X} = \bar{X} +$$

$$LSC\bar{X} =$$

CUATRO.- Calcular el Límite Inferior de Control para Medias:

$$\begin{aligned} \text{LIC}\bar{X} &= \bar{X} - A2\bar{R} \\ \text{LIC}\bar{X} &= \bar{X} - A2() \\ \text{LIC}\bar{X} &= \bar{X} - () () \\ \text{LIC}\bar{X} &= - \\ \text{LIC}\bar{X} &= \end{aligned}$$

CINCO.- Calcular el Límite Superior de Control para Rangos:

$$\begin{aligned} \text{LSC}_R &= D4\bar{R} \\ \text{LSC}_R &= D4 () \\ \text{LSC}_R &= () () \\ \text{LSC}_R &= \end{aligned}$$

SEIS.- Calcular el Límite Inferior de Control para Rangos:

$$\begin{aligned} \text{LIC}_R &= D3\bar{R} \\ \text{LIC}_R &= D3 () \\ \text{LIC}_R &= () () \\ \text{LIC}_R &= \end{aligned}$$

SIETE.- Graficar e interpretar:

OCHO.- Llenar el encabezado, de acuerdo a los datos -
que se obtuvieron, empleando línea continua pa-
ra la línea central y discontinua para los lí-
mites.

NOTA: La interpretación, es similar a las Cartas de -
Control de Medias y Rangos.

M O D U L O V
-----**GRAFICA DE CONTROL \bar{x} - S**

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION
- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO

GRAFICAS DE CONTROL \bar{X} - S

I.- INTRODUCCION:

Cuando recolectamos datos, no lo hacemos con la finalidad de exponerlos como piezas de museo, sino en función de un objetivo. El propósito es, proporcionar una base para la acción. Los diferentes tipos de Gráficas que se estudian, contribuyen a ello. En el Módulo anterior, iniciamos el estudio considerando detalladamente la Gráfica $X - R$ (Media y Rango), resolvimos algunos problemas y -- llegamos a conclusiones.

Una segunda Gráfica de variables, es la Gráfica $\bar{X} - S$ (Media y Desviación Estandar), sus objetivos son similares a los de las Gráficas $X - R$; la principal diferencia consiste en que, mientras que en las Gráficas $X - R$ las muestras son de tamaño constante, en las Gráficas $\bar{X} - S$ pueden ser de tamaño variable. El proceso básicamente -- consta de la obtención de datos, el cálculo de los límites de control, el análisis y la interpretación.

II.- OBJETIVO DE LAS GRAFICAS \bar{X} - S

Mediante este tipo de Gráfica, podemos obtener la siguiente información: (con sus reservas).

- * Establecer o cambiar especificaciones, o bien para determinar si un proceso dado puede llenar dichas especificaciones.
- * Establecer o cambiar los procedimientos de producción.

Estos cambios, pueden llevar a la eliminación de causas que originan la variación, o a cambios fundamentales en los métodos de producción, que podrían ser necesarios dado caso que se concluya que, con los métodos de producción actuales, no fuera posible llenar las especificaciones.

- * Establecer o cambiar procedimientos de inspección y de aceptación o ambas cosas.

Estas Gráficas, nos proporcionan una base en la toma de decisiones durante la producción, que pueden involucrar cualquier etapa del proceso productivo.

- * Cuándo investigar las causas de la variación.
- * Cuándo tomar una acción.
- * Cuándo dejar sólo el proceso.

Nos proporcionan una base de decisiones rutinarias sobre

- * Aceptación ó rechazo del producto.
- * Reducción de costos de inspección.

Contribuyen a familiarizar al personal con el uso de Gráficas y a adquirir un compromiso que favorezca el logro de la Calidad del producto.

USOS DE LAS GRAFICAS \bar{X} - S

En ocasiones, los datos que se toman son de diferentes "fuentes", conviene entonces someter estos valores a una prueba de homogeneidad, para constatar si dichas "fuentes" están ó no afectadas por causas distintas. Las Gráficas de Control, constituyen una prueba sencilla de ello.

Este tipo de Gráficas se utiliza cuando los subgrupos -- son considerablemente grandes.

Si los subgrupos son de diferente tamaño para calcular la Media de la Media (\bar{X}), y la Media de la desviación-estandar (S), se deben utilizar las Medias ponderadas respectivas.

III.- ETAPAS DE ELABORACION DE LAS GRAFICAS \bar{X} - S

A continuación se enumeran los pasos necesarios:

UNO.- Obtener la Media de las Medias de los datos.

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

Como el cálculo de Medias ponderadas es laborioso, podemos hacer una estimación de la Media, basados en la siguiente regla:

```

:-----:
: SI EL SUBGRUPO MAS GRANDE NO :
: SUPERA AL MAS PEQUEÑO EN MAS :
: DE DOS VECES SU TAMAÑO, EL - :
: CALCULO CON MEDIAS NO PONDE- :
: RADAS, SE CONSIDERA SUFICIENTE :
: TEMENTE CORRECTO. :
:-----:
  
```


DOS.- Obtener la Media de la desviación estandar (\bar{S}).

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{n_1 S^2 + n_2 S^2 + n_3 S^2 + \dots + n_K S^2}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_K}}$$

TRES.- Calcular la Media del tamaño de los grupos.

$$n = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_K}{K}$$

CUATRO.- Calcular el factor A1.

$$A1 = \frac{3}{\sqrt{\frac{3}{n}}}$$

CINCO.- Calcular el factor B4.

$$B4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{\frac{3}{2n}}}$$

SEIS.- Calcular el factor B3.

$$B3 = 1 - \frac{3}{\sqrt{\frac{3}{2n}}}$$

SIETE.- Obtener el límite superior de control para X.

$$LSCX = \bar{X} + A1\bar{S}$$

OCHO.- Obtener el límite inferior de control para X.

$$LICX = \bar{X} - A1\bar{S}$$

NUEVE.- Obtener el límite superior de control para S.

$$LSCS = B4\bar{S}$$

DIEZ.- Obtener el límite inferior de control para S.

$$LICS = B3\bar{S}$$

ONCE.- Graficar las líneas centrales para: \bar{X} y para \bar{S} .

DOCE.- Graficar los límites superior e inferior para: \bar{X} y para S.

TRECE.- Graficar los datos.

CATORCE.- Interpretar la Gráfica resultante.

E J E R C I C I O :

En una fábrica se requiere comparar la resistencia y uniformidad de la varilla fabricada por nueve máquinas aparentemente identificadas, se hacen pruebas y los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Máquina	Número de pruebas n	Resistencia Media \bar{x}	Desviación estandar s
A	128	743	63
B	127	695	47
C	126	711	67
D	114	668	51
E	126	736	80
F	126	791	58
G	126	686	50
H	111	801	92
I	119	604	64
TOTALES	1103	6435	572

- Calcular los Límites de Control para la carta $\bar{X}-S$
- Graficar los puntos e interpretar la Carta.

UNO.- OBTENER LA MEDIA DE LAS MEDIAS DE LOS DATOS, ESTO-
ES:

$$X = \frac{n1\bar{X}_1 + n2\bar{X}_2 + n3\bar{X}_3 + \dots + nk\bar{X}_k}{n1 + n2 + n3 + \dots + nk}$$

$$X = \frac{128(743) + 127(695) + 126(711) + \dots + 119(604)}{128 + 127 + 126 + \dots + 119}$$

$$X = \frac{95104 + 88265 + \dots + 71876}{1103}$$

$$X = \frac{788732}{1103}$$

$$X = 715.07$$

DOS.- OBTENER LA MEDIA DE LA DESVIACION ESTANDAR (\bar{S}):

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{n1S_1^2 + n2S_2^2 + n3S_3^2 + \dots + nKS_k^2}{n1 + n2 + n3 + \dots + nk}}$$

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{(128)(63) + 127(47) + 126(67) + \dots + 119(64)}{128 + 127 + 126 + \dots + 119}}$$

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{508032 + 280543 + 565614 + \dots + 487424}{128 + 127 + \dots + 119}}$$

$$\bar{S} = 64.74$$

TRES.- CALCULAR LA MEDIA DEL TAMAÑO DE LOS SUBGRUPOS

$$\begin{aligned} \bar{n} &= \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{K} \\ \bar{n} &= \frac{128 + 127 + 126 + \dots + 119}{9} \\ \bar{n} &= 122.56 \end{aligned}$$

CUATRO.- CALCULAR EL FACTOR A1

$$A1 = \frac{3}{\sqrt{\bar{n}}}$$

$$A1 = \frac{3}{\sqrt{122.56}}$$

$$A1 = 0.271$$

CINCO.- CALCULAR EL FACTOR B4:

$$B4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$B4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{2(122.56)}}$$

$$B4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{245.12}}$$

$$B4 = 1 + \frac{3}{15.66}$$

$$B4 = 1 + 0.19$$

$$B4 = 1.19$$

SEIS.- CALCULAR EL FACTOR B3:

$$B3 = 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$B3 = 1 - 0.19$$

$$B3 = 0.81$$

SIETE.- OBTENER EL LIMITE SUPERIOR DE CONTROL PARA X:

$$LSC_x = \bar{X} + A1\bar{S}$$

$$LSC_x = 715.07 + 0.27 (64.74)$$

$$LSC_x = 715.07 + 17.47$$

$$LSC_x = 732.54$$

OCHO.- OBTENER EL LIMITE INFERIOR DE CONTROL PARA X:

$$\begin{aligned} \text{LIC}_x &= \bar{X} - A_1 \bar{S} \\ \text{LIC}_x &= 715.07 - 0.27 (64.74) \\ \text{LIC}_x &= 715.07 - 17.47 \\ \text{LIC}_x &= 697.6 \end{aligned}$$

NUEVE.- OBTENER EL LIMITE SUPERIOR DE CONTROL PARA S:

$$\begin{aligned} \text{LSC}_S &= B_4 \bar{S} \\ \text{LSC}_S &= 1.19 (64.74) \\ \text{LSC}_S &= 77.04 \end{aligned}$$

DIEZ.- OBTENER EL LIMITE INFERIOR DE CONTROL PARA S:

$$\begin{aligned} \text{LIC}_S &= B_3 \bar{S} \\ \text{LIC}_S &= 0.81 (64.74) \\ \text{LIC}_S &= 52.44 \end{aligned}$$

ONCE.- GRAFICAR LAS LINEAS CENTRALES PARA \bar{X} y PARA S:

DOCE.- GRAFICAR LOS LIMITES SUPERIOR E INFERIOR PARA X y PARA S:

TRECE.- GRAFICAR LOS DATOS:

IV.- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO:

De la Gráfica se desprende una absoluta falta de control; de hecho, en la Gráfica sólo hay un punto dentro de los límites. Evidentemente, aunque estas máquinas producen varillas iguales, al comprobar la resistencia de las mismas, llegamos a la conclusión de que el trabajo realizado es diferente. Es preciso por tanto, analizar máquina por máquina mediante Gráficas \bar{X} - R y determinar si la producción de cada una de ellas está bajo control. -- Los elementos que nos aporta en este caso la Gráfica \bar{X} - S que hemos elaborado no son suficientes para una correcta predicción.

n	B4	B3	A3
2	3.27	0	2.66
3	2.57	0	1.95
4	2.27	0	1.63
5	2.09	0	1.43
6	1.97	.03	1.29
7	1.88	.12	1.18
8	1.82	.19	1.10
9	1.76	.24	1.03
10	1.72	.28	.98

M O D U L O V I

GRAFICA DE CONTROL U

- INTRODUCCION
- OBJETIVO
- ETAPAS DE ELABORACION DE CONTROL U
- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO

GRAFICAS U PARA CANTIDAD DE DEFECTOS POR UNIDAD

I.- INTRODUCCION:

La Gráfica "U" mide la cantidad de defectos (discrepancias) por unidad de inspección, en subgrupos cuyos tamaños pueden ser variables. Es similar a la Gráfica "C", -- con la diferencia de que la cantidad de defectos, se expresa sobre una base unitaria. Las Gráficas "C" y "U" -- son adecuadas para las mismas situaciones, pero deberá utilizarse la gráfica "U" (a) si la muestra incluye más de una unidad o (b) si el tamaño de muestra varía entre subgrupos. Las instrucciones para elaboración de la gráfica "U" son similares a las de la gráfica "P", con las siguientes excepciones:

GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS

- Son potencialmente aplicables a cualquier proceso.
- Los datos están a menudo disponibles.
- Son rápidos y simples de obtener.
- Son frecuentemente usados en los informes a la Gerencia.
- Pueden ayudar a dar prioridad a las áreas con problemas.

TIPOS DE GRAFICAS DE CONTROL POR ATRIBUTOS:

P
np
c
u

A pesar de que las Gráficas de Control por variables \bar{X} -R 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, OK/NO OK, presente/ausente) pero pueden ser contados para registro y análisis. Como ejemplo se puede mencionar la presencia de una etiqueta requerida, la instalación de los tornillos especificados, la presencia de salpicaduras de soldadura o la continuidad de un circuito eléctrico. Las Gráficas de Control por atributos son importantes por las siguientes razones:

- 1) Las operaciones medidas por atributos existen en cualquier proceso de manufactura o ensamble, por lo que estas técnicas de análisis son muy útiles.
- 2) Los datos por atributos están disponibles en múltiples situaciones siempre que exista inspección, listados de reparaciones, material seleccionado o rechazado, etc.

En estos casos, no se requiere gasto adicional de búsqueda de datos sólo el trabajo de incorporarlos a la Gráfica de Control.

- 3) Cuando se requiere obtener datos, la información por atributos es generalmente rápida y barata de obtener y con medios simples (pasa/no pasa) no necesita de personal especializado.
- 4) Muchos de los datos presentados a la Gerencia en forma de resúmenes es del tipo de atributos y se puede beneficiar con el análisis de Gráficas de Control. Ejemplos: Desarrollo del Departamento en cuanto al número de unidades "OK de primera vuelta" (First Run Capability), índices de deshecho (scrap), auditorías de Calidad u rechazo de materiales.
- 5) 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 por atributos en las áreas claves de control de Calidad indicarían cuáles son los procesos que requieren un análisis más detallado incluyendo la posibilidad de utilizar Gráficas de Control por variables.
- 6) Finalmente, las Gráficas de Control por atributos son más fáciles de construir e interpretar que las Gráficas por variables.

Los criterios de aceptación al utilizar Gráficas de Control por atributos deben estar claramente definidos y el procedimiento para decidir si esos criterios se están alcanzando es producir resultados consistentes a través del tiempo. Este procedimiento consiste en definir operacionalmente lo que se desea medir. Una definición operacional consiste en:

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

Si por ejemplo, queremos medir a través de una Gráfica - por atributos si la superficie de los vehículos está o no libre de suciedad, necesitamos definir claramente qué es suciedad y requerimos probar si los inspectores están de acuerdo o no con esa definición. Una vez que está definida operacionalmente la especificación, cuando se esté midiendo en la Gráfica de Control si la superficie de los vehículos está o no libre de suciedad, podrá decirse fácilmente si se alcanza o no el criterio en la superficie revisada.

Las próximas cuatro subsecciones cubren los fundamentos de las principales formas de Gráficas de Control por atributos:

- La Gráfica p para Porcentaje de Unidades Defectuosas (para tamaños de muestras no necesariamente constantes).
- La Gráfica np para Número de Unidades Defectuosas (para tamaños de muestras constantes).
- La Gráfica c para Número de Defectos (para tamaños de muestras constantes).
- La Gráfica u para Número de Defectos por Unidad (para tamaños de muestras no necesariamente constantes).

La presentación de la Gráfica p aquí expuesta, es mucho más amplia que las otras, dado que se introducen los -- conceptos principales. Las restantes subsecciones se -- concentran en los factores que las diferencian de la -- primera.

PASO UNO.- OBTENCION DE DATOS:

- El tamaño de la muestra puede variar entre subgrupos. El cálculo de los límites de control se simplifica en la medida en que la variación de los subgrupos no exceda el -- 25% del tamaño de la muestra promedio.
- Registre y grafique los defectos por unidad de cada subgrupo (U):

$$U_i = \frac{C_i}{n_i}$$

- Donde C_i es la cantidad de defectos encontrados en la -- muestra; n es el tamaño de muestra; (número de unidades -- inspeccionadas) de cada subgrupo. Registre los valores -- de C y n en un formato adecuado.

PASO DOS.- CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL:

- Calcule la cantidad de defectos promedio por unidad del proceso (\bar{u})

$$\bar{u} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Donde C_1, C_2, \dots y n_1, n_2, \dots representan las cantidades de defectos y tamaño de muestra de cada uno de los subgrupos, respectivamente.

- Calcule los límites de control ($LSCu, LICu$)

$$LSCu = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad LICu = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde \bar{n} es el tamaño de muestra promedio.

NOTA: Cuando el tamaño de un subgrupo excede en 25% por encima o por debajo del tamaño de la muestra promedio y el punto graficado correspondiente, está cerca del Límite de Control del Proceso, deberán recalcularse los Límites de Control como sigue:

$$LSCu \text{ ó } LICu = \bar{u} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde \bar{u} es el Promedio del Proceso y \bar{n} el tamaño de muestra (cantidad de unidades de inspección), del subgrupo considerado.

II.- OBJETIVO:

- UNO.- Proporcionar información a la Administración --- acerca del proceso.
- DOS.- Reducir el proceso.
- TRES.- Confirmar o cambiar los procedimientos de producción; eliminar las causas que originen variación en el proceso, o modificar los métodos empleados, si con ellos no se logran las especificaciones del producto.
- CUATRO.- Proporcionar información de los procedimientos de inspección y aceptación, o ambas cosas.

USOS DE LAS GRAFICAS DE CONTROL U:

- UNO.- Utilizamos este tipo de Gráfica en los mismos - casos que la Gráfica "C", cuando el tamaño de - la muestra varía. Por regla general se toma la - variación con un 25%.
- DOS.- Para determinar si el proceso está bajo control y obtener un historial del mismo.

III.- ETAPAS DE ELABORACION DE LA GRAFICA U:

- PASO 1.- Obtención de la información.
- PASO 2.- Cálculo de los Límites de Control.

E J E R C I C I O :

A).- Calcule la cantidad de defectos promedio por unidad del proceso (U).

$$U = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

Donde C_1, C_2, \dots y n_1, n_2, \dots representan las cantidades de defectos y tamaño de muestra, de cada uno de los k subgrupos, respectivamente.

B).- Calcule los Límites de Control: (LSCu, LICu).

$$LSCu = \bar{u} + 3 \frac{\bar{u}}{\bar{n}} \quad LICu = \bar{u} - 3 \frac{\bar{u}}{\bar{n}}$$

Donde \bar{n} es el tamaño de la muestra promedio.

NOTA: Cuando el tamaño de un subgrupo excede un 25% por encima o por debajo del tamaño de la muestra promedio, y el punto graficado correspondiente, está cerca del límite de control del Proceso, deberán recalcularse los límites de control por cada subgrupo como sigue:

$$LSCu \text{ o } LICu = \bar{u} + 3 \frac{\bar{u}}{n}$$

Donde \bar{u} es el promedio del proceso y n el tamaño de la muestra, (cantidad de unidades inspeccionadas) del subgrupo considerado.

IV.- INTERPRETACION DEL CONTROL DEL PROCESO:

La interpretación del Control del Proceso en una Gráfica "U" es igual a la descrita en las Gráficas P.

M O D U L O V I I
-----**ANALISIS DE LA CAPACIDAD DEL
PROCESO**

- ANALISIS USANDO HISTOGRAMAS
- ANALISIS USANDO CARTAS DE CONTROL,
ESPECIFICACIONES BILATERALES.
 - a) CARTAS DE CONTROL (\bar{X} - R/S)
 - b) CARTAS DE CONTROL "P" / "U"
- ANALISIS USANDO CARTAS DE CONTROL,
ESPECIFICACIONES UNILATERALES.
 - a) CARTAS DE CONTROL (\bar{X} - R/S)

ANALISIS DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO

INTRODUCCION:

Las técnicas estadísticas pueden ser una ayuda durante el ciclo del producto, incluyendo el desarrollo de actividades primarias para la manufactura, para la cuantificación de la variación del proceso, análisis de la variabilidad relativa para requerimientos del producto o especificaciones, y para ayudar al desarrollo y manufactura en la eliminación o gran reducción de esta variabilidad. Esta actividad general es llamada ANALISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO.

En este capítulo describimos diferentes Métodos Estadísticos que ayudan en los estudios de la capacidad del proceso, y muestran cómo la información así generada es usada en el establecimiento de especificaciones en partes discretas o componentes.

La capacidad del proceso se refiere a la uniformidad del proceso. Obviamente, la variabilidad en el proceso es una medida de la uniformidad de salida.

Hay dos formas de pensar acerca de esta variabilidad.

- 1.- La inherente o natural variabilidad en un tiempo -- especificado; esto es variabilidad "instantánea".
- 2.- La variabilidad sobre tiempo.

Presentamos métodos para investigación y contribución -- para ambos aspectos de capacidad del proceso.

Es costumbre tomar las 6-sigmas de extensión en la distribución de la característica de calidad del producto, como una medida de capacidad del proceso. La (Figura 1) muestra un proceso para el cual la característica de calidad tiene una distribución normal con media M , y desviación estandar, los límites de tolerancia natural superior e inferior de el proceso, se encuentran en $M + 3\sigma$ y $M - 3\sigma$ respectivamente. Esto es:

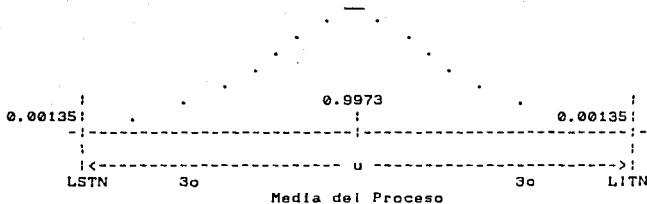


Figura 1. Límites Superior e inferior de tolerancias naturales en la distribución normal.

$$LSTN = M + 3\sigma$$

$$LITN = M - 3\sigma$$

Para una distribución normal, los límites de tolerancia natural contienen el 99.73% de la variable, o puesto de otra forma, sólo 0.27% del proceso está fuera de los límites de tolerancia natural. Dos puntos deben ser recordados:

- 1.- El 0.27% fuera de las tolerancias naturales es muy poco, pero corresponde a 2700 partes no conformes por millón.
- 2.- Si la distribución de salida del proceso es normal, entonces el porcentaje de salida de fallas fuera de $M + 3\sigma$ puede diferir considerablemente de 0.27%.

Definimos al análisis de capacidad del proceso, como es tudio de ingeniería para estimar la capacidad de dicho proceso.

La estimación de capacidad del proceso debe ser en forma de una distribución de probabilidad, teniendo una forma especificada: centro (Media), y dispersión (Desviación-Estandar).

Por ejemplo, podemos determinar que el proceso de salida está normalmente distribuido con Media $M = 1.0$ cm. y Desviación Estandar $\sigma = 0.001$ cm. en este sentido, un análisis de capacidad de proceso puede ser llevado a cabo - "sin tomar en cuenta las especificaciones en la característica de calidad". Alternativamente podemos expresar - la capacidad del proceso como un porcentaje fuera de especificaciones. Por lo tanto, las especificaciones no son necesarias para elaborar un análisis de la capacidad del proceso.

Un estudio de capacidad del proceso usualmente mide los parámetros funcionales del producto, no el producto mismo. Cuando el analista puede observar directamente el proceso y puede controlar o monitorear la actividad de colección de datos, el estudio es un estudio cierto de capacidad del proceso porque, controlando la colección de datos y reconociendo la secuencia del tiempo de los datos, una inferencia puede ser hecha sobre la estabilidad de el proceso sobre el tiempo. Sin embargo, cuando tenemos disponibles sólo unidades muestras del producto, quizás suministradas por el vendedor u obtenidas vía inspección de recibo, y no hay observación directa de el proceso o historia del tiempo de producción, entonces el estudio es más propiamente llamado: "caracterización del producto". En un estudio de caracterización del producto o del proceso proporcionado (conforme especificaciones), no podemos decir nada sobre la conducta del proceso o su estado de control estadístico.

El análisis de capacidad del proceso es una parte importante de la implementación de un programa de Calidad.

De entre los mayores usos de datos de un análisis de capacidad del proceso están los siguientes:

- 1.- Pronosticar qué tan bien se comportará el proceso--- con respecto a las tolerancias.
- 2.- Ayudar a la revelación y designación en la selección o modificación de un proceso.
- 3.- Ayudar en el establecimiento de un intervalo en muestra o para control del proceso.
- 4.- Especificar la elaboración de requerimientos para -- nuevo equipo.
- 5.- Seleccionar a proveedores en competencia.
- 6.- Planear secuencias del proceso de producción, cuando hay un efecto del proceso en tolerancias.
- 7.- Reducir la variabilidad en un proceso de manufactura

Por lo tanto el análisis de capacidad del proceso es una técnica que tiene aplicación en muchos segmentos del ciclo productivo; designación del proceso, producción o plan de manufactura.

Hay tres técnicas básicas usadas en un análisis de capacidad del proceso que son:

El Histograma, Gráficas de probabilidad, Cartas de Control y Diseño de experimentos.

Ahora veremos e ilustraremos cada uno de estos métodos:

I.- ANALISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO, USANDO HISTOGRAMAS.

H I S T O G R A M A :

Es una gráfica que se elabora partiendo de la base de conocer los hechos de un proceso determinado, estableciendo para cada rango un porcentaje; a estos hechos les llamamos "frecuencias" y al ordenamiento de éstas "distribución de frecuencias".

La distribución de frecuencias puede ser de ayuda en la estimación de la capacidad del proceso. Los datos de 50 a 100 observaciones, deben estar disponibles y en orden a fin de que el Histograma esté razonablemente estable y la realización de la estimación de la capacidad del proceso, sea confiablemente obtenida. Si el ingeniero de Calidad tiene acceso al proceso y puede controlar la colección de datos, entonces deberá seguir los siguientes pasos:

- 1.- Seleccione la máquina o máquinas a ser usadas. Si los resultados se basan en una o varias máquinas, estos serán extendidos a la población. Además, si la máquina tiene múltiples estaciones de trabajo o cabezas, es importante coleccionar los datos de cada estación o cabeza para que la variabilidad pueda ser aislada.
- 2.- Seleccione las condiciones de operación del proceso. Cuidadosamente defina las condiciones, tales como cortes rápidos, temperaturas, etc., para futuras referencias. Es también importante estudiar los defectos de variación de estos factores de capacidad del proceso.
- 3.- Seleccione a un operador representativo. En algunos estudios, es importante determinar la variabilidad del comportamiento de los operadores, por lo que deberá seleccionarse un elemento en forma aleatoria de entre su propia población.

4.- Cuidadosamente compruebe la colección de datos del proceso, y registre el orden y el tiempo en el cual las unidades son producidas.

El Histograma, junto con el promedio muestral \bar{X} y la desviación estándar muestral S , provee información sobre la capacidad del proceso.

Para ilustrar el procedimiento, en la (Figura 2) vemos un Histograma de la fuerza de reventamiento de 100 botellas de cristal al envasar una bebida. Los datos se muestran en la (tabla 1). El análisis de 100 observaciones - dió: (ver Histograma página 8).

Tabla - 1

100 observaciones de la fuerza de reventamiento de envases de cristal.									
265	197	346	280	265	200	221	265	261	278
205	286	317	242	254	235	176	262	248	250
263	274	242	260	281	246	248	271	260	265
307	243	258	321	294	328	263	245	274	270
220	231	276	228	223	296	231	301	337	298
268	267	300	250	260	276	234	280	250	257
260	281	208	299	308	264	280	274	278	210
234	265	187	258	235	269	265	253	254	280
299	214	264	267	283	235	272	287	274	269
215	318	271	293	277	290	283	258	275	251

Tabla 2. Distribución de frecuencia de los datos de la fuerza de reventamiento.

Tabla - 2

Intervalo de clase	f	f relativa	f relativa acumulada
170 a 190	2	0.02	0.02
190 a 210	4	0.04	0.06
210 a 230	7	0.07	0.13
230 a 250	13	0.13	0.26
250 a 270	32	0.32	0.58
270 a 290	24	0.24	0.82
290 a 310	11	0.11	0.93
310 a 330	4	0.04	0.97
330 a 350	3	0.03	1.00
	100	1.00	

Consecuentemente, la capacidad del proceso puede ser estimada como:

$$\bar{X} - 3S \quad \text{ó} \quad 264.06 - 3(32.02) = 264 - 96 \text{ psi}$$

Figura - 2

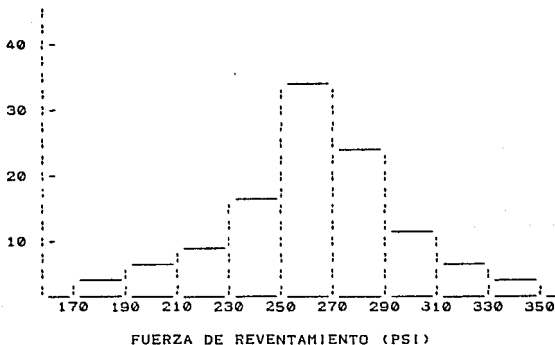


Figura 2. Histograma para los datos de la fuerza de reventamiento de botellas.

II.- ANALISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO, USANDO CARTAS DE CONTROL.

Los Histogramas y las Gráficas de Probabilidad, sumarán la realización del proceso. Estos no se despliegan la capacidad potencial del proceso porque no dirigen la salida de control estadístico, o muestran patrones sistemáticos en proceso. Las Cartas de Control deben ser aplicadas como la primera técnica en el análisis de capacidad del proceso.

Las Cartas de Control pueden ser usadas por Atributos o por Variables en el análisis de capacidad. Así, las X-R deben ser usadas siempre que sea posible, porque dan mayor poder y mejor información sobre atributos.

Las cartas P y C (ó U) son usadas en el análisis de capacidad.

Recuerde que las cartas P son usadas cuando se dan especificaciones de las características del producto. Y las mencionadas X - R permiten el estudio del proceso, sin recurrir a especificaciones. Dichas X - R, permiten visualizar instantáneamente la variabilidad (capacidad a corto tiempo) y la variabilidad a través del tiempo (capacidad a largo plazo).

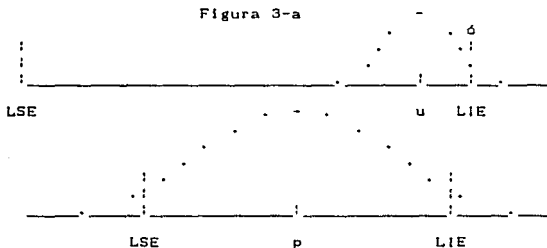
Es de particular ayuda, si los datos para el estudio de capacidad son coleccionados en dos o tres diferentes períodos (tales como: diferentes días, diferentes horas, etc.) La Tabla 5) presenta la fuerza de reventamiento de botellas de bebida en 20 muestras de 5 observaciones cada una. Los cálculos de \bar{X} y R son mostrados más adelante.

$$\bar{X} = 264.06 \quad S = 32.02$$

Las Tablas 1 y 2 se han descrito en página (7) anterior. Además, la forma del Histograma implica que la distribución de la fuerza de reventamiento, es aproximadamente normal, así pudimos estimar que aproximadamente el 99.73% de los envases manufacturados por este proceso reventarán entre 168 y 360 psi.

Note que podemos estimar la capacidad del proceso independientemente de las especificaciones en la fuerza de reventamiento.

Una ventaja de la distribución de frecuencias es que aproxima la estimación de la capacidad o sea, que da inmediatamente una impresión visual de la realización del proceso. También muestra de inmediato la razón de porqué la realización del proceso es malo. Por ejemplo, la Figura 3-a), muestra un proceso con habilidad adecuada, pero el proceso está mal localizado, en tanto la Figura 3-b), muestra un mal proceso debido a una excesiva variabilidad.



Figuras 3-a y 3-b Algunas razones para mala capacidad del proceso: (a) proceso mal centrado, (b) excesiva variabilidad del proceso.

Una manera conveniente para expresar la variabilidad, es de preferencia, la relación de Habilidad Potencial del Proceso.

$$PCR = \frac{\overline{LSE} - \overline{LIE}}{3\sigma} \quad (0.1)$$

Donde \overline{LSE} y \overline{LIE} son el Limite Superior e Inferior de especificación respectivamente.

La ecuación (0.1) es usada para especificaciones bilaterales, para especificaciones unilaterales definimos al PCR como:

$$PCR = \frac{\overline{LIE} - M}{3\sigma} \quad \text{(Sólo para límite superior (0.2))}$$

$$PCR = \frac{M - \overline{LSE}}{3\sigma} \quad \text{(Sólo para límite inferior (0.3))}$$

Para los datos de reventamiento de envases, supóngase que el límite inferior de especificación es 200 psi. Entonces la relación de habilidades es:

$$\begin{aligned} PCR &= \frac{M - \overline{LSE}}{3\sigma} \\ &= \frac{264 - 200}{3\sigma} \\ &= \frac{64}{96} \\ &= 0.67 \end{aligned}$$

La fracción de envases defectivos producidos por este -- proceso, es estimado encontrando el área a la izquierda de $Z = (M-LIE)/\sigma = (264-200)/132 = 2$ dentro de la distribución normal estandarizada. La estimación anda sobre -- 2.28% defectivo o anda sobre 22,000 envases no conformes por millón. Nótese que, si la distribución normal fué -- delo inapropiado para la fuerza, entonces este último -- cálculo debió ser realizado usando la distribución de -- referencia apropiada.

El PCR es una medida de la habilidad del proceso para manufacturar productos que necesitan especificaciones. La (Tabla 3) muestra diferentes valores del PCR, junto con los valores asociados del proceso corriente expresados -- en defectivo o partes no conformantes por millón: (PPM). Este proceso corriente fué calculado asumiendo una distribución normal de la característica de Calidad, y en -- el caso de especificaciones bilaterales, asumiendo que -- la medida del proceso esté centrada entre los límites de especificación. Para ilustrar el uso de la tabla, nótese que un PCR de 1.00 implica una salida de 2,700 PPM para especificaciones bilaterales mientras que un PCR de 1.50 implica una salida de 3.40 PPM para especificaciones unilaterales.

Tabla - 3

Salida del Proceso (en PPM defectuosas)		
PCR	Especificaciones Unilaterales	Especificaciones Bilaterales
0.50	66,800	133,600
0.75	12,200	24,400
1.00	1,350	2,700
1.10	483	966
1.20	159	318
1.30	48	96
1.40	13	26
1.50	3.40	6.80
1.60	0.80	1.60
1.70	0.17	0.34
1.80	0.03	0.06
2.00	0.0009	0.0018

Por consiguiente podemos saber con bastante exactitud, - el pronóstico de botellas con presión inadecuada que pueden fallar y lastimar al consumidor. Esto implica que el PCR, puede ser mejorado aumentando el promedio de la resistencia de envases, por ejemplo: vertiendo más vidrio en el molde al manufacturarlos.

Tablas 4 y 5

VALORES MÍNIMOS RECOMENDADOS PARA EL CALCULO DEL PROCESO.		
	ESPECIFICA. BILATERALES	ESPECIFICA. UNILATERALES
Procesos existentes	1.33	1.25
Nuevos procesos	1.50	1.45
Parámetros críticos de procesos existentes	1.50	1.45
Parámetros críticos de nuevos procesos	1.67	1.60

DATOS DE FUERZA DE REVENTAMIENTO							
MUES- TRA	DATOS				\bar{X}	R	
1	265	205	263	307	220	252.0	102
2	268	260	234	299	215	255.2	84
4	267	281	265	214	318	269.0	104
5	346	317	242	258	276	287.8	104
6	300	208	187	264	271	246.0	113
7	280	242	260	321	228	266.2	93
8	250	299	258	267	293	273.4	49
9	265	254	281	294	223	263.4	71
10	260	203	235	288	277	272.6	73
11	200	235	246	328	296	261.0	128
12	276	264	269	235	290	266.8	55
13	221	176	248	263	231	227.8	87
14	334	280	265	272	283	286.8	69
15	265	262	271	245	301	268.8	56
16	280	274	253	287	258	270.4	34
17	261	248	260	274	337	276.0	89
18	250	278	254	274	275	266.2	28
19	278	250	265	270	298	272.2	48
20	257	210	280	269	251	253.4	70
						$\bar{X}=264.06$	$R=77.3$

CARTA R

$$\text{Línea Central} = \bar{R} = 77.3$$

$$\text{LSC} = D_4 \bar{R} = (2.115) (77.3) = 163.49$$

$$\text{LIC} = D_3 \bar{R} = (0) (77.3) = 0$$

CARTA \bar{X}

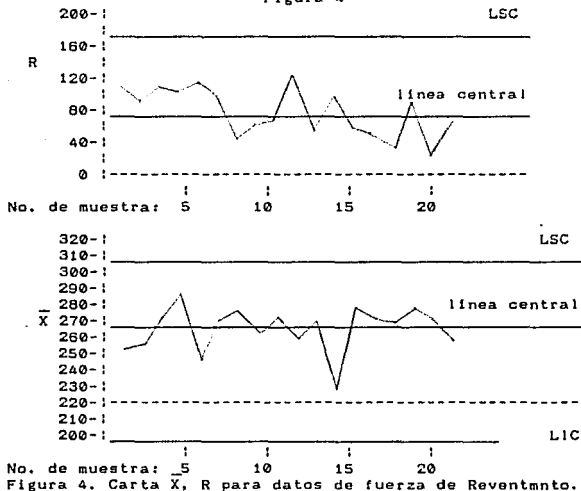
$$\text{Línea Central} = \bar{X} = 264.06$$

$$\text{LSC} = \bar{X} + A \bar{R} = 264.06 + (0.577) (77.3) = 308.66$$

$$\text{LIC} = \bar{X} - A \bar{R} = 264.06 - (0.577) (77.3) = 210.46$$

La (figura 4) presenta las cartas \bar{X} y R de las 20 muestras de la (tabla 5), ambas cartas exhiben Control Estadístico. Los parámetros del proceso pueden ser estimados de las cartas de control como:

Figura 4

Figura 4. Carta \bar{X} , R para datos de fuerza de Reventmto.

$$\begin{aligned} \hat{M} &= \bar{X} = 264.06 \\ \hat{\sigma} &= \frac{\overline{R}}{d_2} = \frac{77.3}{2.326} = 33.23 \end{aligned}$$

Así, el Radio de Capacidad del Proceso o PCR es:

$$\begin{aligned} \text{PCR} &= \frac{M - \overline{LIE}}{3 \hat{\sigma}} \\ &= \frac{264.06 - 200}{3 (33.23)} \end{aligned}$$

Ya que el reventamiento es un parámetro de seguridad, el proceso es inadecuado.

Este ejemplo ilustra un proceso que está dentro de control, pero está operando en un nivel inadecuado. No hay evidencia que indique que la producción de piezas no con formantes es operacionalmente controlada. La intervención de la Dirección, será requerida para mejorar el proceso o cambiar los requerimientos, si los problemas de calidad de las botellas es resuelto. El objetivo de esta intervención es aumentar el CP a un nivel mínimo aceptable. Las Cartas de Control pueden ser usadas como un dispositivo de, (valga la redundancia) control, que muestre los efectos o cambios en el proceso.

Algunas veces el análisis de capacidad se indica en un proceso fuera de control, es riesgoso estimar la capacidad en tales casos. El proceso debe ser estable y en orden para producir una estimación contable de su capacidad; fuera de control en las primeras etapas del estudio el primer objetivo es encontrar y eliminar las causas asignables, y ponerlo dentro de un estado de control.

CONCLUSIÓN:

Como se notó en los anteriores párrafos, un análisis de capacidad del proceso, no sólo es una forma sino que contiene un grado muy alto de conceptualizaciones estadísticas y de experiencia, de conocimiento del producto y su fabricación y de muchos factores que, todos coordinados, nos llevaron a un buen análisis de capacidad del proceso coherente y real de nuestra capacidad y recursos.

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO:

$$\text{SUMA DE } \bar{X} = \boxed{} \quad \text{SUMA DE R} = \boxed{}$$

A B

$$\text{PROMEDIO DE } \bar{X} = \frac{A}{\text{NUMERO DE MUESTRAS}} = \bar{X}$$

$$\text{PROMEDIO DE } \bar{R} = \frac{B}{\text{NUMERO DE MUESTRAS}} = \bar{R}$$

$$\text{LIMITE SUPERIOR DE CONTROL } \bar{X} = \bar{X} + A \times \bar{R} = \text{LSC}$$

LIMITE INFERIOR DE CONTROL \bar{X}

$$LIC = \bar{X} - A \times \frac{\bar{R}}{2} = \quad - \quad x = \quad \bar{X}$$

LIMITE SUPERIOR DE CONTROL R

$$LSC = \bar{X} + D_4 \times \frac{\bar{R}}{4} = \quad x = \quad \bar{X}$$

DESVIACION ESTANDAR ESTIMADA

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \quad = \quad =$$

PARAMETRO INFERIOR

$$Z_1 = \frac{\bar{X} - LIC}{\sigma} = \quad = \quad = \quad Z_1$$

PARAMETRO SUPERIOR

$$Z_S = \frac{LSC - \bar{X}}{\sigma} = \quad = \quad = \quad Z_S$$

CALCULO DEL PORCENTAJE DEFECTUOSO (O FUERA DE ESPECIFICACION).

$$P_Z = P_{Z1} + P_{Z2}$$

PROBABILIDAD

$$P_Z = \boxed{} + \boxed{} + \boxed{}$$

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO. (DOS LIMITES DE ESPECIFICACION).

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{}{} = $$

$$K = 1 - \frac{Cpk}{C} = 1 - \frac{}{} = $$

$$C_{pk} = C(1 - K) = (1 -) = $$

$$C_{pk} = \frac{Z_{min.}}{3} = \frac{}{3} = $$

TAMAÑO DE LA MUESTRA	(n)			
	2	3	4	5
A	1.88	1.02	0.75	0.58
D ₂	3.27	2.57	2.28	2.11
d ₄	1.13	1.69	2.06	2.33

PARA ESTE ESTUDIO SE CONSIDERAN LOS SIGUIENTES CRITERIOS

CP = 1.00 PARA $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 30 (HABILIDAD POTENCIAL)
 CP = 1.33 PARA $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 40 (HABILIDAD POTENCIAL)
 CPK = 1.00 PARA $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 30 (HABILIDAD REAL)
 CPK = 1.33 PARA $\begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$ 40 (HABILIDAD REAL)

REQUISITO PARA QUE UN PROCESO SEA HABIL:

$$CPK > 1$$

1 σ = 68. %
 2 σ = 95.5 %
 3 σ = 99.7 %
 4 σ = 99.996%

TABLA DE CONSTANTE,
 PARA CALCULO DE HABILIDAD (CP Y CPK)

n	E2	d2	D3	D4
2	2.660	1.128	-	3.267
3	1.772	1.693	-	2.574
4	1.457	2.059	-	2.282
5	1.290	2.326	-	2.114
6	1.184	2.534	-	2.004
7	1.109	2.704	0.076	1.924
8	1.054	2.847	0.136	1.864
9	1.010	2.970	0.184	1.816
10	0.975	3.078	0.223	1.777

E J E R C I C I O :

Para el doblado de un clip, cuyas especificaciones según Ingeniería son 0.50 a 0.90 mm, se llevan las Gráficas de Control con muestras de cinco elementos cada una; los -- resultados son:

$$\begin{array}{ll} \bar{X} = 0.716 & LSC_{\bar{X}} = 0.819 \\ \bar{R} = 0.178 & LSC_{\bar{X}} = 0.613 \\ & LSC_R = 0.376 \\ & LIC_R = 0 \end{array}$$

Calcule la Habilidad Potencial y la Habilidad Real del -- proceso:

1.-) Calcular.....

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

=

=

2.-) Determinar CP.....

$$\begin{array}{l} C \\ P \end{array} = \frac{LSE - LIE}{6}$$

$$\begin{array}{l} C \\ P \end{array} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\begin{array}{l} C \\ P \end{array} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$\begin{array}{l} C \\ P \end{array} = \frac{\quad}{\quad}$$

3.-) Aplicar criterio.....

$$C_p = 1 \quad \text{para } + 3 \sigma$$

$$C_p = 1.33 \quad \text{para } + 4 \sigma$$

1.00 para 3 σ , y por lo tanto el proceso no es hábil.

4.-) Calcular.....

$$C_{pk} = C_p (1 - K)$$

$$K = \frac{2D}{LSE - LIE}$$

$$D = IM - X1$$

que sustituyendo tenemos:

$$D = \text{-----} =$$

$$K = \text{-----} =$$

$$K = \text{-----} =$$

$$C_{pk} = (\quad)$$

$$C_{pk} = (\quad)$$

$$C_{pk} = (\quad)$$

$$C_{pk} =$$

5.-> Aplicar criterio.....

$$C_{pk} = 1 \quad \text{para } + 3 \sigma$$

$$C_{pk} = 1.33 \quad \text{para } + 4 \sigma$$

1.00 para 3 , y por lo tanto el proceso no es hábil realmente.

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

(UN SOLO LIMITE DE ESPECIFICACION)

(CARTA \bar{X} - R)

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

Cuando en el proceso se especifica un sólo límite, la --
determinación de la habilidad de dicho proceso se efect--
tua mediante la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{LE - \bar{X}}{\sigma}$$

En donde Z se toma de la tabla de distribución normal; -
de donde se deduce lo siguiente:

a) "Límite superior especificado" (LSE). este dato es to
mado de los planos o especificaciones del evento particu
lar.

b) "Cálculo de Medias de Medias" (\bar{X}); este se obtiene
haciendo la suma de las Medias de los diferentes subgru
pos y dividiendo el resultado entre el numero que de los
mencionados subgrupos se haya utilizado.

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

c) "Cálculo de la Desviación Estandar" (σ) este se calcula de la siguiente manera: se divide el rango promedio (\bar{R}) entre d_2 (valor encontrado en tabla) y así obtenemos la Desviación Estandar (σ).

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

De donde:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_n}{N}$$

Obtenemos el promedio de los rangos (\bar{R}).

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

(UN SOLO LIMITE DE ESPECIFICACION)

$$Z = \frac{LSE - \bar{X}}{\sigma}$$

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_N}{N}$$

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{N}$$

$$\sigma = \frac{R}{d_2}$$

$$\bar{X} = \dots$$

$$\bar{R} = \text{-----}$$

$$= \text{-----}$$

$$Z = \text{-----}$$

$$Z =$$

APLICANDO EL CRITERIO:

Es hábil un proceso si: $Z < - 3.00$

O bien si: $P (Z) > = 99.87$

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

(GRAFICA P)

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

El cálculo de la habilidad del proceso, nos indica qué % de piezas producidas son defectuosas y estas no variarán a menos que se tomen acciones correctivas para modificar el proceso.

Por lo tanto, la habilidad del proceso se refleja a través del promedio de los subgrupos, calculando en base a todos los puntos que están bajo control. Esto puede ser expresado también como el porcentaje que está dentro de especificaciones, de lo cual deducimos la siguiente ecuación:

$$CP = (1 - \bar{P})$$

Donde CP se define como la (habilidad potencial), y 1 -- como el valor constante y P como la Media \bar{P} promedio de P, de los subgrupos.

De lo cual deducimos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{N_1 \bar{P}_1 + N_2 \bar{P}_2 + N_3 \bar{P}_3 + \dots + N_x \bar{P}_x}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_x}$$

Donde (N) es número de inspeccionados y (\bar{P}) es fracción de unidades defectuosas.

CALCULO DE LA HABILIDAD DEL PROCESO

GRAFICA		(\bar{P})
CP	=	(1 - \bar{P})
CP	=	(1 - \bar{P})
CP	=	x 100
CP	=	%

PARA ESTE ESTUDIO SE CONSIDERAN LOS SIGUIENTES CRITERIOS

- a) cuando CP \geq 99.73 considérese hábil el proceso
- b) cuando CP \geq 99.994 considérese potencialmente hábil el proceso

¿Es hábil el proceso? SI : ; NO :

¿Es potencialmente hábil? SI : ; NO :

E J E R C I C I O :

En una fábrica de tubos al vacío, se recopilaron los siguientes datos para determinar la habilidad del proceso:

fecha mayo	n	x	P
1	1221	23	
2	1321	21	
3	1422	20	
4	1500	20	
5	1250	24	
6	2021	36	
7	685	28	
8	2215	23	
9	2321	33	
10	2416	35	
11	1947	20	
12	2332	33	
13	1738	51	
14	650	13	
15	1851	26	
16	2318	31	
17	2154	23	
18	2214	27	
19	2128	22	
20	1245	11	
21	1251	15	
22	1418	17	
23	1732	13	
24	1934	13	
25	2312	25	
26	2453	24	
27	2614	26	
28	659	8	
29	2263	21	
30	2408	26	

Completar la tabla anotando P.

Estimar la habilidad del proceso.

14.- B I B L I O G R A F I A .

DEMING, W. EDWARDS, QUALITY, PRODUCTIVITY AND COMPETITIVE POSITION, 1982.

GRANT, EUGENE L AND LEAVENWORTH, RICHARD S., STATISTICAL QUALITY CONTROL, MCGRAW-HILL, INC. QUINTA EDICION, 1980.

ISHIKAWA, KAORY GUIDE, TO QUALITY CONTROL, ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION, EDICION REVISADA 1979.

JURAN, J.N., GRYNA, FRANK M. AND BINGHAM, R.S. QUALITY - CONTROL HAND BOOK, MCGRAW-HILL, ING., TERCERA EDICION -- 1979.

STEGEL, JAMES C., MANAGING WITH STATISTICAL METHODS, MANUFACTURING STAFF, FORD MOTOR COMPANY, 1982.

CONTROL CONTINUO DEL PROCESO Y MEJORAS A LA HABILIDAD -- DEL PROCESO DE OFICINA DE CALIDAD STAFF, FORD MOTOR COMPANY, 1984.

PHILIP, B. CROSBY., QUALITY IS FREE NEW AMERICA LIBRARY.

SUPPLIER QUALITY ASSURANCE MANUAL PREPARED BY QUALITY &-PRODUCTIVITY OFFICE CHRYSLER CORPORATION APRIL, 1982.

ARMAND V. FEIGENBAUN, ¿PORQUE LA CALIDAD IMPORTA MAS QUE LA CANTIDAD?. INTERNATIONAL MANAGEMENT APRIL, 1984.

JURAN AND GRYNA., QUALITY PLANNING AND ANALYSIS, MCGRAW-HILL BOOK COMPANY.

ELWOOD S. BUFA., DIRECCION DE OPERACIONES, PROBLEMAS Y - MODELOS, EDITORIAL LIMUSA.

JOHN B. KENENDY, ADAM M. NEVILLE. ESTADISTICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA, HARLA HARPER & ROW. LATINOAMERICA, SE GUNDA EDICION.

MENDENHALL / REINMUTH, ESTADISTICA PARA ADMINISTRACION Y ECONOMIA, WADSWORTH INTERNATIONAL, IBEROAMERICA.

TARO YAMANE, ESTADISTICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA. HAR LA HARPER & ROW, LATINOAMERICANA.