



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
APARTADO 1301
Lima - Perú

PROYECTO DE GRADO

Para optar el Título de Ingeniero Mecánico - Electricista

Bachiller : Luis Alberto Flores Fonseca

PROMOCION 1963

**CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACION DE ENVASE PARA
ENLATADOS**

INTRODUCCION

- 1 Teoría del Control Estadístico de la Calidad.
- 2 Cierre Hermético de Latas.
- 3 Control de cierre hermético de latas.
- 4 Costos del Control.

CONCLUSIONES

Lima, 13 de Febrero de 1965

INDICE

INTRODUCCIÓN	PÁG.	
TEORÍA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CA-		
LIDAD	PÁG.	4
2 CIERRE HERMÉTICO DE LATAS	PÁG.	63
3 CONTROL DEL CIERRE HERMÉTICO DE LATAS ..	PÁG.	71
4 COSTOS DEL CONTROL	PÁG.	129
CONCLUSIONES		
BIBLIOGRAFÍA		

INTRODUCCIÓN

COMÚNMENTE ESCUCHAMOS EL TÉRMINO "CALIDAD" E INTUITIVAMENTE CAPTAMOS SU SIGNIFICADO. PERO SI NOS PEDIMOS UNA DEFINICIÓN DEL TÉRMINO, YA ENCONTRAMOS ALGUNA DIFICULTAD. SIN EMBARGO, SIN PROFUNDIZAR DEMASIADO, PODEMOS ESTAR DE ACUERDO EN QUE EL TÉRMINO "CALIDAD" PUEDE SER DEFINIDO COMO LA MAYOR O MENOR IGUALDAD EXISTENTE ENTRE UN OBJETO Y EL MODELO QUE SE HA TOMADO PARA HACERLO.

YA PODEMOS, ENTONCES, CAPTAR EL SENTIDO DE OTRA FRASE "CONTROL DE CALIDAD" O "CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDADES", COMO TAMBIÉN SE DENOMINA. ES, O CONSISTE EN, UN CONJUNTO DE MEDIOS QUE NOS PERMITEN MEDIR LA CALIDAD DE UN PRODUCTO.

EL CONTROL DE CALIDAD ES, EN GENERAL, UN CONJUNTO DE MEDIOS QUE NOS PERMITEN DETECTAR LA BONDAD DEL PROCESO, DESCUBRIR SUS DERROCHES Y EXCESOS QUE AUMENTAN COSTOS; DE ESPECIFICACIONES NO AD HOC CON LA REALIDAD DE LA MAQUINARIA QUE ESTAMOS USANDO; LA UBICACIÓN RÁPIDA DE FACTORES AJENOS A LOS DE NORMAL APARICIÓN EN EL PROCESO. ES TAMBIÉN UN CONJUNTO DE MÉTODOS DE FÁCIL COMPRENSIÓN Y APLICACIÓN PARA JEFES Y SUBALTERNOS, FACTOR DE VASTA INFLUENCIA PSICOLÓGICA EN LAS RELACIONES JERÁRQUICAS.

EL CONTROL NACE DEL HECHO DE QUE LA IDENTIDAD DE DOS PRODUCTOS SALIDOS DE UNA MISMA LÍNEA ES UTÓPICA. DE QUE LA VARIACIÓN ENTRE UNO Y OTRO ES NORMAL, ES DECIR, QUE ES PRODUCIDA

POR EL AZAR, O NO, SE ENCARGA DE MOSTRARLO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD. NO ES DIFÍCIL CONVENCER AL PRODUCTOR DE QUE LA VARIACIÓN EXISTE; LO DIFÍCIL ES QUE ACEPTEN LA EXISTENCIA DE ALGÚN SISTEMA ESTABLE DE CHANCES INHERENTES A TODO PROYECTO Y DE QUE LA VARIACIÓN ESTARÁ COMPRENDIDA DENTRO DE UN MARCO QUE PUEDE UTILIZARSE PARA EL CONTROL ECONÓMICO DE LA CALIDAD.

EL CONTROL DE LA CALIDAD EXISTE DESDE TIEMPOS INMEMORIALES YA LO APLICABA UN ARTESANO DE LA EDAD MEDIA O QUIZAS LAS FAMOSAS HILANDERÍAS DE LA INGLATERRA DE FINES XVIII. PERO LO APLICABAN EMPÍRICAMENTE, Y SIN SIQUERA SABERLO. GANABA EN POTENCIALIDAD CONFORME AVANZABA LA ESTADÍSTICA.

EN LOS INICIOS DEL SIGLO XX NACIERON LAS INQUIETUDES EN TORNO A LA APLICACIÓN INDUSTRIAL DE LA ESTADÍSTICA. ESTADOS UNIDOS, QUE PUEDE RECLAMAR LA PATERNIDAD DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD, TUVO COMO PREDURSORES O PIONEROS HASTA LA APARICIÓN DEL EMPLEO DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LOGRAR BUENA CALIDAD EN LOS PRODUCTOS, A MALCOLM C. RORTY QUE EN EL AÑO 1903 APLICÓ LA APROXIMACIÓN DE LA NORMAL A DISTRIBUCIÓN BINOMIAL EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE TRAFICO TELEFÓNICO; A EDWARD C MOLINA, QUE CONTINUÓ LOS TRABAJOS DE RORTY; AL DR. G.A.CAMPBELL Y A UNA SERIE MÁS DE INVESTIGADORES. PERO HASTA 1924 NO SE FUNDIÓ EN UN SOLO MOLDE LA TEORÍA PROBABILÍSTICA Y LA DEDUCCIÓN EXPERIMENTAL. Y FUÉ SHEWHART QUIEN MEDIANTE SUS FAMOSAS EXPERIENCIAS CONCILIO AMBOS PARECERES. EN LOS ALREDEDORES DE ESA ÉPOCA (1924 - 1929) APARECIERON LAS TABLAS PARA

INSPECCIÓN POR MUESTREO, CONSTRUÍDAS POR EL BINOMIO DODGE - ROMIG.

EL PERIODO DE 1929 A 1945 FUÉ, PARADÓJICAMENTE DE LENTO DESARROLLO PARA ESTA TÉCNICA; A PARTIR DE LOS ÚLTIMOS AÑOS DE ESTE SEGUNDO PERIODO (1940 - 1945) COMIENZAN LAS NUEVAS APORTACIONES A APARECER CON IMPULSO SEMEJANTE AL PERIODO 1924 - 1929 Y SURGEN NUEVOS MÉTODOS Y TABLAS. LAS NECESIDADES DE LA GUERRA, EL CONTROL DE LOS SUMINISTROS, LA ACELERACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, OBLIGARON A LA CREACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS RÁPIDOS Y EFICIENTES DE CONTROL.

EL PERÚ SE ENCUENTRA EN LA ACTUALIDAD AL BORDE DE UNA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL QUE REQUIERE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS CIENTÍFICOS PARA PODER ENFRENTARSE AL MEDIO PLENAMENTE COMPETITIVO DEL MERCADO MUNDIAL. Y SE REMARCA ESTA NECESIDAD ANTE EL MERCADO COMÚN LATINOAMERICANO CUYA APARICIÓN YA SE AVIZORA. SON ESTAS INMINENCIAS LAS QUE NOS FACULTAN A LLAMAR LA ATENCIÓN HACIA ESTA MODERNA TÉCNICA DE ESTABILIZACIÓN DE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO; ESTABILIZACIÓN QUE LLEVA APAREJADAS GRANDES ECONOMÍAS DE TIEMPO Y MATERIALES, FACTORES FUNDAMENTALES DEL COSTO UNITARIO Y DEL PRECIO DE VENTA.

HEMOS TRATADO A LO LARGO DE ESTE TRABAJO DE HACER PATENTE LA FORMA COMO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DETECTA LAS VARIACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MÁQUINA EN UNA OPERACIÓN MONÓTONA. Y EN LAS CONCLUSIONES INDICAMOS LA MANERA DE PROSEGUIR ESTE CONTROL.

TEORÍA DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

LA VARIABILIDAD

LA VARIABILIDAD, COMO YA LO HEMOS DICHO, SE ENCUEN-
TRA PRESENTE EN TODA LA NATURALEZA. EN LAS COSAS MÁS COMUNES PO-
DEMOS ENCONTRARNOS CON ESTE FENÓMENO.

COJAMOS DOS DE LAS COSAS QUE CONSIDEREMOS MÁS IGUA-
LES Y UN ANÁLISIS, MUCHAS VECES, SOMERO, ALGO PROFUNDO, NOS MOS-
TRARÁ DIFERENCIAS ENTRE UNAS Y OTRAS.

TOMEMOS EL CASO DE DOS DADOS CUALESQUIERA: A SIM-
PLE VISTA SON IDÉNTICOS, MÁS SI AHONDAMOS EN SUS DIMENSIONES FÍ-
SICAS, SI LOS MEDIMOS CON UN MICRÓMETRO, QUIZA YA PODAMOS HALLAR-
SUTILES DIFERENCIAS EN LA MEDIDA DE SU LADOS. O SI NOS REMITIMOS
A UNA BALANZA DE PRECISIÓN QUIZÁ PODAMOS HALLAR EN EL ORDEN DE
LOS MILIGRAMOS VARIACIONES EN LOS PESOS DE UNO Y OTRO.

PERO, NO VAYAMOS A CASOS TAN PROFUNDOS. SUPONGA -
MOS EL CASO DE LOS EJES QUE PRODUCE UN TORNO. ES CONOCIDO EL TÉR-
MINO DE "TOLERANCIAS". SON ÉSTOS LOS LÍMITES QUE SE NOS FIJAN PA-
RA ACEPTARLOS. PERO, PORQUÉ SE NOS FIJAN ESTOS LÍMITES Y NO SE
NOS EXIGE UNA DIMENSIÓN (DIÁMETRO, DIGAMOS) EXACTA?. HAREMOS UNA
DESCRIPCIÓN DE LAS DIVERSAS CAUSAS QUE PUEDEN ORIGINAR QUE UN EJE
NO SEA IGUAL AL OTRO:

C A U S A S

A. PROVENIENTES DE LA MÁQUINA Y LOS MONTAJES

- 1.- IMPERFECCIONES EN LOS ORGANISMOS CINEMÁTICOS DISCONTINUOS-
Ó PERIODICOS, ENGRANAJES, BIE AS.
- 2.- DEFECTOS EN LA CIMENTACIÓN; INERCIAS SECUNDARIAS DE MOTO-
RES, PIEZAS O PORTAPIEZAS.
- 3.- MAL ACABADO DE LAS SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO O DE LAS -
RODADURAS.

B. PROVENIENTES DEL PORTAPIEZAS

A)- DESVIACIONES DEBIDAS A LAS MANIOBRAS

4.- DESPLAZAMIENTO DEL EJE DEL ÁRBOL POR FRANADAS, PUESTAS EN MARCHA, CAMBIOS DE VELOCIDAD.

5.- VARIACIONES EN EL EJE CABEZAL - CONTRAPUNTA DEBIDAS A LA ENTRADA Y SALIDA DE LA HERRAMIENTA AL LABRAR LA PIEZA ENTRE PUNTAS.

6.- ACCIÓN DEL BLOQUEADOR DE LA CONTRAPUNTA.

B)- DESVIACIONES DEBIDAS A LAS TENSIONES DE TRABAJO.

7.- DESPLAZAMIENTO DEL EJE DEL ÁRBOL DEL CABEZAL CUANDO ACTÚA LA HERRAMIENTA.

8.- DESPLAZAMIENTO DEL EJE CABEZAL - CONTRAPUNTO AL ACTUAR LA HERRAMIENTA.

C. PROVENIENTES DEL PORTA-HERRAMIENTAS.

A)- DESVIACIONES DEBIDAS A LAS MANIOBRAS.

9.- VARIACIONES DE LA POSICIÓN REAL CON RELACIÓN A LA POSICIÓN NORMAL EN CONDICIONES APARENTEMENTE IDÉNTICAS (ESTO ES, - CUANDO SE VUELVE A COLOCAR EN LA MISMA POSICIÓN YA HAN AGTUADO JUEGOS EN LAS GUÍAS Y EN LOS SISTEMAS TORNILLO-TUERCA).

10- VARIACIONES POR DESPLAZAMIENTO DEL (ORIGINADOS POR LOS JUEGOS E IMPERFECCIONES EN LAS GUÍAS DE LA BANCADA Y JUEGOS Y TENSIONES DE AMESTRE PIÑÓN - CREMALLERA ETC.)

B)- DESVIACIONES DEBIDAS A LAS TENSIONES EN TRABAJO

11- DESCENSO O ELEVACIÓN DE LOS CARROS SOBRE SUS GUÍAS

12- DEFORMACIONES DE LA HERRAMIENTA

13- DEFORMACIÓN DEL PORTA-HERRAMIENTAS Y DE LA TORRE PORTA-HERRAMIENTAS.

Y SI A ESTAS CAUSAS LES AÑADIMOS LAS CAUSAS PROVENIENTES DEL TRABAJADOR U OPERARIO, TENDREMOS, PUES, UNA SERIE INNUMERABLE DE RA-

ZONES QUE SUSTENTAN UN PRINCIPIO DE VARIABILIDAD EN TODOS LOS PRODUCTOS.

DE UN MOMENTO A OTRO, NO INTERVIENEN LAS MISMAS CAUSAS CON LOS MISMOS EFECTOS; SUCÉDENSE UNA SERIE INFINITA DE COMBINACIONES. Y SIENDO NUMEROSAS LAS CAUSAS POR INTERVENIR Y MÚLTIPLES SUS EFECTOS COMBINADOS PODEMOS IMAGINAR QUE LOS PRODUCTOS ELABORADOS POR UNA MÁQUINA, EN CUANTO A SUS DIMENSIONES, POR EJEMPLO, HAN DE CONSTITUIR UNA DISTRIBUCIÓN, ES OECIR, HAN DE ESTAR DISEMINADOS DENTRO DE CIERTOS LÍMITES.

LOS MODELOS

ANTE UN FENÓMENO NATURAL, ES LA TENDENCIA HUMANA TRATAR DE HALLARLE UNA REPRESENTACIÓN, TRATAR DE HALLARLE UN MOLDE EN EL QUE, MÁS O MENOS, SE ADAPTE DICHO FENÓMENO.

ASÍ, ANTE EL FENÓMENO DE LA VARIACIÓN QUE EXISTE EN LOS PRODUCTOS FINALES, SE HA TRATADO DE ENCONTRAR UN MOLDE QUE NOS DÉ UNA IDEA DE CÓMO VARÍAN. TENEMOS QUE ACEPTAR QUE TODAS LAS CAUSAS DE VARIACIÓN, TALES COMO LAS QUE ENNUMERAMOS ANTERIORMENTE EN EL CASO DEL TORNO, NO ACTÚAN CON IGUAL INTENSIDAD, NO PRODUCEN IGUAL EFECTO NI ACTUAN AL MISMO TIEMPO.

PARA DETERMINAR MODELOS SE HA RECURRIDO PRIMERAMENTE A CIERTOS MECANISMOS SIMPLES GENERADORES DE FLUCTUACIONES, TALES COMO LOS JUEGOS DE AZAR. VEAMOS UN EJEMPLO: TOMEMOS DOS DADOS Y OBSERVEMOS LA SUMA OBTENIDA AL TIRARLOS. EN TOTAL PODEMOS OBTENER 11(ONCE) RESULTADOS, CADA UNO DE LOS CUALES TIENE DIFERENTES FORMAS DE APARECER. ASÍ:

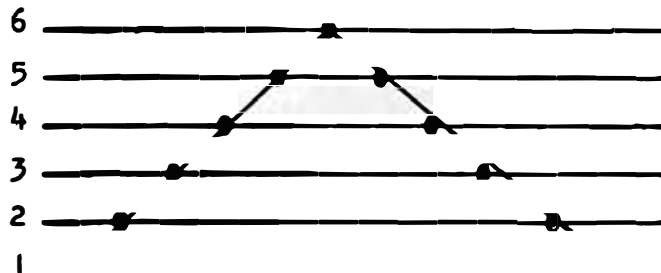
SUMA	NÚMERO DE FORMAS EN LAS CUALES PUEDE APARECER -
2 1
3 3
5 4

 4
10
11 2
12

Es **POR SER EL QUE TIENE MÁS FORMAS DE APARECER** **MAYOR PROBABILIDAD DE PRESENTARSE AL SER TIRADOS**

PODEMOS ESQUEMATIZAR ESTO EN UN GRÁFICO:

NÚMERO DE FORMAS



SUMA

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

MÁS IMPORTANTES DE LOS PRODUCTOS INDUSTRIALES
PATRÓN PARECIDO A ÉSTE.

Y ES UNA DE LAS PREOCUPACIONES MÁS IMPORTANTES CONSEGUIR EL PUNTO CORRESPONDIENTE, PUESTO QUE ÉL NOS INDICARÁ HASTA QUÉ PUNTO VARIANDO CON NORMALIDAD.

SI, POR EJEMPLO, TIRAMOS 36 VECES UN PAR DE DADOS, DEBERÍAMOS HALLAR UN RESULTADO SEMEJANTE A LA TABLA ANTERIOR O UN GRÁFICO (SI FUERA PREFERIBLE LA VISUALIZACIÓN) PARECIDO AL ANTERIOR. PERO SI EJEMPLO, UN GRÁFICO TAL COMO ÉSTE:

DE CASOS

TENEMOS QUE ACEPTAR QUE ALGUNA CAUSA EXTRAÑA, DE MUY FUERTE INFLUENCIA ESTÁ ACTUANDO (DADOS CARGADOS, SUPERFICIE DE ALGUNAS CARAS PEGAJOSAS, ETC.). DIREMOS, SIMPLEMENTE, QUE NO ES NORMAL EL DESEMPEÑO DE LOS DADOS.

PROBABILIDAD

LA PROBABILIDAD ES EL CONCEPTO FUNDAMENTAL SOBRE EL CUAL REPOSA TODA LA ESTADÍSTICA. SU DEFINICIÓN HA SIDO Y ES MOTIVO DE AMPLIAS DISCUSIONES. TOMEMOS UN EJEMPLO CUALQUIERA

-SEA UNA URNA QUE CONTIENE 6 BOLAS BLANCAS Y 4 SOLAS ROJAS, LO QUE NOS DÁ UN TOTAL DE 10 BOLAS; TODAS SON IDENTICAS EN PESO Y TAMAÑO, SOLO DIFIEREN EN EL COLOR. SI EXTRAJÉRAMOS UNA BOLA INTUITIVAMENTE NOS DEMOS CUENTA QUE CUALQUIERA DE ELLAS PUEDE SALIR, PERO PENSAMOS QUE ES MÁS PROBABLE QUE SALGA UNA BLANCA, PUES ÉSTAS ESTÁN EN MAYOR NÚMERO. ESTA FORMA DE DEFINIR LA PROBABILIDAD, EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE LOS ELEMENTOS, ES DENOMINADA "PROBABILIDAD A PRIORI". DIRÍAMOS, QUE LA PROBABILIDAD DE EXTRAER UNA BOLA BLANCA ES:

$$P = \frac{\text{NÚMERO DE BOLAS BLANCAS}}{\text{NUMERO TOTAL DE BOLAS}} = \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$$

LA PROBABILIDAD A PRIORI ES DISCUTIDA POR EL CÍRCULO VICIOSO EN EL QUE CAE: SE PARTE DEL SUPUESTO DE TODAS LAS BOLAS TIENEN (OLVIDEMOS EL COLOR) IGUAL POSIBILIDAD DE SALIR.

CON TODO, ESTA DEFINICIÓN (PROBABILIDAD IGUAL CASOS FAVORABLES ENTRE CASOS TOTALES) HA PERMITIDO ESTRUCTURAR LA ESTADÍSTICA, Y SI BIEN SUS CONCLUSIONES NO SE AJUSTAN A LA REALIDAD, EL MARGEN DE ERROR ES EN LA MAYORÍA DE CASOS SIN REMARCADA IMPORTANCIA.

LEYES DE LAS PROBABILIDADES

LEY ADITIVA: SI UN ACONTECIMIENTO PUEDE SUCEDER POR

LA REALIZACIÓN DE UN ACONTECIMIENTO A, O POR LA DE UN ACONTECIMIENTO B, LA PROBABILIDAD DEL ACONTECIMIENTO SERÁ LA SUMA DE LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRA A MÁS LA DE QUE OCURRA B MENUS LA PROBABILIDAD DE QUE OCURRAN AMBOS SIMULTÁNEAMENTE. EN SÍMBOLOS:

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB)$$

LA MULTIPLICATIVA: CUANDO UN ACONTECIMIENTO ES RESULTADO DEL CONCURSO DE OTROS DOS ACONTECIMIENTOS A Y B, SU PROBABILIDAD ES EL PRODUCTO DE LA PROBABILIDAD DE A POR LA PROBABILIDAD DE B OCURRIDO A.

EN SÍMBOLOS:

$$P(AB) = P(A) P(B/A) = P(B) P(A/B)$$

CUANDO LA PROBABILIDAD DE UN ACONTECIMIENTO A (O B) NO ES AFECTADA POR LA OCURRENCIA, O LLEGADA PREVIA DEL ACONTECIMIENTO B(OA) SE DICE QUE LOS ACONTECIMIENTOS (O EVENTOS) SON INDEPENDIENTES, O SEA:

$$P(AB) = P(A) P(B)$$

VARIABLE ALEATORIA

SI UNA VARIABLE CUALQUIERA X PUEDE OCURRIR DE LAS MANERAS x_1, x_2, \dots, x_n , Y TIENE PARA CADA UNA DE ÉSTAS LA PROBABILIDADES DE OCURRENCIA RESPECTIVAS p_1, p_2, \dots, p_n , DECIMOS QUE X ES UNA VARIABLE ALEATORIA. PODEMOS ESCRIBIR:

$$\begin{array}{l} X \\ P(X) : \end{array} \quad \begin{array}{l} x_1, x_2, \dots, x_n \\ p_1, p_2, \dots, p_n \end{array}$$

FUNCIÓN QUE LIGA LAS PROBABILIDADES DE CADA CASO, $P(X)$, ES DENOMINADA "FUNCIÓN DE FRECUENCIAS" Y ES TAL QUE

$$\sum P(X) = 1$$

ES EL CASO DE UNA VARIABLE DISCRETA. PARA UNA VARIABLE CONTINUA TENEMOS QUE HABLAR DE UN INTERVALO DE VARIACIÓN, DIGAMOS DESDE

$$\int_{x_A}^{x_B} P(X) \, dX =$$

DENOMINAMOS "FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN" A:

$$P(X) = \int_{x_A}^{x_C} P(X) \, dX$$

SIENDO x_C UN VALOR COMPRENDIDO ENTRE A Y B. LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NOS DÁ LA PROBABILIDAD DE QUE X RESULTE UN VALOR COMPRENDIDO ENTRE A Y C.

DISTRIBUCIÓN BINOMIAL

CONSIDEREMOS UNA URNA QUE CONTIENE BOLAS BLANCAS Y ROJAS, LAS PRIMERAS EN LA PROPORCIÓN P.

SI EXTRAEMOS, CON REPOSICIÓN, N BOLAS, PODEMOS CALCULAR LA PROBABILIDAD A PRIORI DE ENCONTRAR K BOLAS BLANCAS ENTRE LAS N EXTRAÍDAS.

LA CORRESPONDENCIA ENTRE K Y SU PROBABILIDAD P_K DEFINE LO QUE SE DENOMINA LA LEY BINOMIAL O DISTRIBUCIÓN BINOMIAL.

ESTA LEY, QUE SE PUEDE DEDUCIR PROBABILÍSTICAMENTE SE ESCRIBE:

$$P = C_N^K P^K (1 - P)^{N-K}$$

DONDE $C_N^K = \frac{N!}{K! (N - K)!}$

SI QUEREMOS HALLAR LA PROBABILIDAD DE HALLAR 2 BOLAS BLANCAS EN 5 BOLAS SACADAS DE UN CONJUNTO EN EL CUAL LAS BOLAS BLANCAS ESTÁN EN LA PROPORCIÓN 0.4, ÉSTA VIENE DADA POR:

$$= C_5^2$$

$$= \frac{5!}{(5-2)!} (0.4)^2 (1-0.4)^3$$

$$= 10 (0.16) (0.216)$$

QUIERE ÉSTO DECIR QUE EN EL 34.56% DE LAS MUESTRAS DE 5 BOLAS EN CONTRAREMOS EXACTAMENTE 2 BOLAS BLANCAS.

EL INTERÉS PRÁCTICO DE ESTA LEY LO VISLUMBREMOS AL PENSAR QUE EN VEZ DE BOLAS BLANCAS PODEMOS PENSAR EN PIEZAS DEFECTUOSAS SUSCEPTIBLES DE APARECER EN UNA MUESTRA.

DISTRIBUCIÓN DE POISSON

EN UN CASO LÍMITE DE LA BINOMIAL CUANDO p ES PEQUEÑO (DIGAMOS MENOR QUE 0.05) Y n ES GRANDE (DIGAMOS MAYOR DE 100) LA FORMA ES LA SIGUIENTE:

$$P_k = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

DONDE $\lambda = np$, FINITO.

SU IMPORTANCIA PRÁCTICA LA VEMOS AL PENSAR QUE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS INDUSTRIALES LA PROPORCIÓN DE, DIGAMOS, PIEZAS DEFECTUOSAS ES PEQUEÑA.

DISTRIBUCIÓN NORMAL

ES OTRO CASO LÍMITE DE LA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL CUANDO p TIENDE A 1/2. VIENE DADA POR LA ECUACIÓN:

$$Y = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}$$

PODEMOS TORNARLA MÁS MANIOBRABLE MEDIANTE EL USO DE LA VARIABLE ESTANDARIZADA Z :

$$Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

LA ECUACIÓN NORMAL ESTANDARIZADA

$$Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} z^2}$$

LOS GRÁFICOS DE LA PÁGINA SIGUIENTE MUESTRAN LAS DIVERSAS FORMAS QUE ADOPTAN LAS TRES DISTRIBUCIONES.

LA DISTRIBUCIÓN NORMAL TOMA EN CUENTA UN CASO QUE ES EL MÁS CUENTE EN LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO; QUE HAYAN MUCHAS CAUSAS DE VARIACIÓN DE EFECTO PEQUEÑO Y OBRANDO NO SIMULTÁNEAMENTE. DE ALLÍ SU UTILIDAD.

medidas

CUANDO COMO RESULTADO DE UNA INSPECCIÓN, DE UN EXPERIMENTO, O DE UN PROCESO, ENCONTRAMOS DIVERSOS VALORES QUE MIDEN UN MISMO FENÓMENO, ES MUY CONVENIENTE SINTETIZAR ESTE CÚMULO DE INFORMACIONES DE TAL MODO QUE CON DOS, TRES O CUATRO NÚMEROS (PARÁMETROS) PODAMOS TENER UNA IDEA CABAL DEL CONJUNTO. FUNDAMENTALMENTE SON DOS LAS MEDIDAS QUE NOS DÁN ESTA IDEA: LA \bar{x} Y LA σ .

LA EDIA ARITMÉTICA

ES UN PROMEDIO DE TENDENCIA CENTRAL. NOS INDICA CUÁL ES, O SERÍA, EL VALOR MÁS FRECUENTE, O EL QUE SE ESPERARÍA LLAR SI SE TOMARA UNA MEDIDA.

VIENE DADA POR LA FÓRMULA:

$$= \frac{\sum X_i}{N}$$

DONDE X_i SIMBOLIZA LA SUMA DE TODOS LOS DATOS Y N EL NÚMERO DE ELLOS. CUANDO LA CANTIDAD DE DATOS ES MUY GRANDE, ES CONVENIENTE ORGANIZARLOS EN CUADROS DENOMINADOS TABLAS DE FRECUENCIA.

LA FRECUENCIA ES LA CANTIDAD DE VECES QUE UN DATO SE REPITE.

SUPONAMOS QUE TIRAMOS UN DADO 100 VECES Y QUE OBTENEMOS LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

NÚMERO	FRECUENCIA
	10
2	13
3	18
4	19
5	25
6	15

OTRA FORMA YA ALGO MÁS ELABORADA SERÍA LA DEL EJEMPLO SIGUIENTE:

SE HA MEDIDO LA ESTATURA DE 100 ALUMNOS DE UN SALÓN Y SE HAN ENCONTRADO LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ESTATURA (cm.) CLASES	MARCA (x)	FRECUENCIA
160 - 165	165.5	4
165 - 170	167.5	16
170 - 175	172.5	45
175 - 180	177.5	28
180 - 185	182.5	7

EL CUADRO YA NO HACE DISTINCIONES PARTICULARES SINO QUE HALLA LA FRECUENCIA PARA INTERVALOS (DE 160 HASTA MENOS DE 165, LO QUE DENOTA EL SIGNO -) Y CADA INTERVALO LO NOMBRA POR EL VALOR DE SU PUNTO MEDIO. LOS INTERVALOS SE DENOMINAN CLASES Y LOS PUNTOS MEDIOS DE ESTAS CLASES, MARCAS.

ESTAMOS INCURRIENDO EN UN ERROR AL ASUMIR QUE TODOS LOS DATOS DEL INTERVALO (O DE LA CLASE) VALEN LO QUE SU MARCA. PERO ÉSTE ERROR ES PEQUEÑO Y FACILMENTE DESPRECIABLE FRENTE A LAS FACILIDADES QUE PROPORCIONA (PUEDE TAMBIÉN EMPLEARSE UNA CORRECCIÓN DENOMINADA - DE SHEPPARD, PERO ESO ES MATERIA QUE ESCAPA A LAS FINALIDADES DEL CONTROL DE LA CALIDAD). LAS FORMAS DE CALCULAR LA MEDIA ARITMÉTICA (O MEDIA SIMPLEMENTE, COMO LA LLAMAREMOS EN ADELANTE) SON LAS SIGUIENTES:

A) DEL CUADRO ANTERIOR:

(X)	(F)	FX
162.5		650.0
167.5	16	2680.0
172.5	45	7762.5
177.5	28	4970.0
182.5	<u>7</u>	<u>1277.5</u>
	100	17340.0

$$\bar{x} = \frac{\sum FX}{N} = \frac{17340.0}{100} = 173.4$$

B)

(X)	(F)	D'	FD'
162.5	4	-10	-40
167.5	16	-5	-80
172.5	45	0	0
177.5	28	5	140
182.5	<u>7</u>	10	<u>70</u>
	100		90

$$\bar{x} = \bar{x}_A = \frac{\sum FD'}{N} = 172.5 + \frac{90}{100} = 173.4$$

EN ESTE CASO, HEMOS USADO UN PROCEDIMIENTO ABREVIADO EN EL CUAL SU PONEMOS UNA MEDIA (\bar{x}_A) QUE GENERALMENTE LA IGUALAMOS A LA MARCA - DE CLASE DE MÁS ALTA FRECUENCIA ($\bar{x}_A = 172.5$ PARA $f = 45$). SEGUIDA MENTE ESTABLECEMOS LA COLUMNA D' , QUE OBTENEMOS RESTANDO A CADA MARCA LA MEDIA SUPUESTA. LA COLUMNA FD' LA SUMAMOS ALGABRAICAMENTE.

EL RESULTADO QUE OBTENEMOS ES IGUAL AL DEL CASO A).

(X)	(f)	D	FD
162.5	4	-2	-8
167.5	16	-1	-16
172.5	45	0	0
177.5	28	1	28
182.5	<u>7</u>	2	<u>14</u>
	100		18

$$\bar{x} = \bar{x}_A + \frac{\sum FD}{N} \times I = 172.5 + \frac{18}{100} \times 5$$

$$= 172.5 + 0.9 = 173.4$$

ESTE ES EL PROCEDIMIENTO MÁS ABREVIADO. LOS NÚMEROS CON QUE SE TRABAJA RESULTAN MÁS PEQUEÑOS Y FÁCILES DE OPERAR. \bar{x}_A ES IGUAL QUE EN EL CASO ANTERIOR. EL TÉRMINO I ES EL INTERVALO DE CLASE (O AMPLITUD DE LA CLASE); ES LA DIFERENCIA ENTRE DOS MARCAS SUCEATIVAS. LA COLUMNA D SE OBTIENE RESTANDO A CADA MARCA LA MEDIA SUPUESTA Y DIVIDIENDO EL RESULTADO ENTRE I . EN REALIDAD, ESTA OPERACIÓN VA A ARROJAR COMO RESULTADOS -1, -2, -3 ETC. HACIA ARRIBA Y 1, 2, 3, ETC. HACIA ABAJO. ASÍ QUE NO HAY NECESIDAD DE EFECUAR LA OPERACIÓN.

LA MEDIA NOS DÁ IDEA DE PROMEDIO, DE UN VALOR REPRESENTATIVO DEL CONJUNTO. PERO, SUPONGAMOS: 6 ES LA MEDIA DE 5 Y 7, DE 4 Y DE 8, DE 3 Y DE 9 ETC. CONOCIENDO SOLO LA MEDIA ES BASTANTE INCIERTO NUESTRO CONOCIMIENTO DE LA POBLACIÓN (CONJUNTO DE VALORES). LA DESVIACIÓN ESTANDAR NOS DÁ UNA IDEA DE LA VARIACIÓN DE LOS VALORES EN TORNO A LA MEDIA.

SE CALCULA:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

DONDE LOS TÉRMINOS x_i , \bar{x} Y N TIENEN LOS SIGNIFICADOS CONOCIDOS.

POR EJEMPLO:

CALCULAR LA DESVIACIÓN ESTANDAR DE LOS NÚMEROS 4, 5 Y 6.

NECESITAMOS \bar{x} $\bar{x} = 4 + \frac{5}{3} + 6 = \frac{15}{3} = 5$

AHORA:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4-5)^2 + (5-5)^2 + (6-5)^2}{3}} = \frac{1+0+1}{3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0.816$$

SI LOS NÚMEROS FUERON 3, 5 Y 7, LA MEDIA SERÍA SIEMPRE 5, PERO σ SERÍA 1.632.

LO QUE INDICA UNA VARIACIÓN MAYOR EN LOS VALORES.

CUANDO SON MUCHOS LOS DATOS, SE PUEDE PROCEDER DE MANERA SIMILAR AL CASO DE LA MEDIA Y ORGANIZAR CLASES Y FRECUENCIAS.

	f	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$f(x - \bar{x})^2$
162.5	4	-10.9	118.81	475.24
167.5	16	- 5.9	34.81	556.96
172.5	45	- 0.9	0.81	36.45
177.5	28	4.1	16.81	470.68
182.5	<u>7</u>	9.1	82.81	<u>579.67</u>
	100			2119.00

$$\frac{\sum f(x_i - \bar{x})^2}{N} = \sqrt{\frac{2019}{100}} = \sqrt{21.19} = 4.6$$

$$= 4.6$$

ES BASTANTE LABORIOSO Y REQUIERE OPERACIONES -
NÚMEROS GRANDES.

X	f	D'	D' ²	fD'	fD' ²
162.5	4	-10	100	-40	400
167.5	16	- 5	25	-80	400
172.5	45	0	0	0	0
177.5	28	5	25	140	700
182.5	7	10	100	<u>70</u>	<u>700</u>
				90	2200

$$= \frac{\sum fD'^2}{N} = \left(\frac{\sum fD'}{N}\right)^2 = \frac{2200}{100} = \left(\frac{90}{100}\right)^2$$

$$= \sqrt{22} \quad 0.81 = \sqrt{21.19} = 4.6$$

$$\sigma = 4.6$$

NOS ARROJA IGUAL RESULTADO PERO CON MENOS TRABAJO. EL SIGNIFICADO DE LOS SÍMBOLOS ES EL MISMO QUE PARA EL CASO DE LA MEDIA.

c)

X	F	D	D	FD	FD
162.5	4	-2	4	-8	16
167.5	16	-1	1	-16	16
172.5	45	0	0	0	0
177.5	28	1	1	28	28
182.5	<u>7</u>	2	4	14	28
	100			18	88

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \sqrt{\frac{\sum FD^2}{N}} \quad \left(\frac{FD}{N}\right)^2 = 5 \sqrt{\frac{88}{100} \left(\frac{18}{100}\right)^2} \\
 &= 5 \sqrt{0.88 \cdot 0.0324} = 5 \sqrt{0.8476} \\
 &= 5 \cdot (0.92) = 4.6
 \end{aligned}$$

ESTE ES EL PROCESO USUAL EN EL CÁLCULO DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR EN CASO DE TENER TABLAS DE FRECUENCIA.

MUESTRA Y UNIVERSO

DENOMINAMOS UNIVERSO AL CONJUNTO DE TODOS LOS ELEMENTOS EN ESTUDIO. P₀ R EJEMPLO, SI EL OBJETO DE NUESTRO ESTUDIO, ES LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UNA FÁBRICA, NUESTRO UNIVERSO SERÁ EL TOTAL DE OBJETOS FABRICADOS EN EL DÍA.

MUESTRA SE DENOMINA A UN GRUPO DE ELEMENTOS DEL UNIVERSO.

YA HEMOS DICHO QUE LOS PRODUCTOS VARÍAN A LO LARGO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN Y QUE EXISTE UN PATRÓN DE VARIACIÓN PARA CADA UNIVERSO. CONOCIDO ESTE PATRÓN, ES POSIBLE HACER PREDICCIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO FUTURO DEL ELEMENTO PRODUCIDO Y TAMBIÉN DARSE CUENTA CUANDO EL PRODUCTO HA ESCAPADO A ESTA VARIACIÓN.

EL OBJETO DE LAS MUESTRAS ES ESTIMAR ESTE PATRÓN, DESCONOCIDO EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, DE UNA MANERA MÁS FÁCIL Y ECONÓMICA QUE ANALIZAR UNO A UNO TODOS LOS ELEMENTOS DEL UNIVERSO.

IGUAL QUE CUANDO HABLAMOS DE LOS MODELOS PROBABILÍSTICOS, ES ÚTIL SACAR CONCLUSIONES SOBRE UNIVERSOS CONOCIDOS A FÍN DE LUEGO PODER PREDECIR SOBRE UNIVERSOS DESCONOCIDOS.

EXPERIENCIAS DE SHEWART

LAS EXPERIENCIAS DE SHEWART FUERON REALIZADAS PARA ESTUDIAR LA ACTUACIÓN DE UN SISTEMA DE CAUSA CONSTANTE:

LOS EXPERIMENTOS CONSISTIERON EN COLOCAR EN UNA URNA BOLAS IGUALES MARCADAS CADA UNA CON UN NÚMERO. LA FRECUENCIA DE CADA NÚMERO LAS CONVERTÍA EN UN UNIVERSO NORMAL. LAS BOLAS SE MEZCLAN BIEN. SE SA CA UNA BOLA, SE ANOTA SU NÚMERO, SE VUELVE A COLOCAR EN LA URNA Y VUELVE A MEZCLAR. SE OBTIENE ASÍ UNA SERIE DE NÚMEROS DE UNA MANERA FORTUÍTA, AL AZAR.

SIGUIENDO ESTE PROCEDIMIENTO, SHEWART EXTRAJO 4,000 BOLAS.

LAS PRIMERAS 400 EXTRACCIONES SE COLOCARON EN GRUPOS DE 4 BOLAS CADA UNO.

PARA CADA GRUPO SE CALCULÓ SU MEDIA, SU RANGO (DIFERENCIA ENTRE EL MENOR Y MAYOR NÚMERO) Y SU DESVIACIÓN ESTANDAR. ESTO PRODUJO 100 MEDIAS, 100 RANGOS, Y 100 DESVIACIONES ESTANDARES.

SE SABÍA QUE LA MEDIA DEL UNIVERSO ERA $\bar{x}' = 30$ Y LA DESVIACIÓN ESTANDAR ERA $\sigma' = 9.954$.

LA EXPERIENCIA ARROJÓ DESVIACIONES ESTANDAR DESDE 0.5 HASTA 17.7, Y DE ESTOS 100 VALORES COMPRENDIDOS ENTRE ESOS LÍMITES DEBEMOS ESTIMAR LA MEDIA σ' DEL UNIVERSO.

LA TEORÍA ESTADÍSTICA PREDICE QUE LA RELACIÓN ENTRE σ (QUE ES LA MEDIA DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR DE MUESTRAS) Y σ' (DESVIACIÓN ESTANDAR DEL UNIVERSO VIENE DADA POR EL SIGUIENTE CUADRO:

T A B L A

TAMAÑO DE LA MUESTRA	= $\frac{\sigma}{\sigma'}$	TAMAÑO DE LA MUESTRA	= σ'
2	0.5642	7	0.8882
3	0.7236	8	0.9027
4	0.7979	9	0.9139
5	0.8407	10	0.9227
6	0.8686		

(ESTOS VALORES SUPONEN NORMAL EL UNIVERSO DE PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS).

DE LAS 100 PRIMERAS MUESTRAS DE 4 BOLAS CADA UNA, SE TUVO:

$$= \frac{807.8}{100} = 8.078$$

LUEGO, LA ESTIMACIÓN σ' , SERÍA, DE ACUERDO A LA TABLA:

$$\sigma' = \frac{8.078}{0.7979} = 10.12$$

QUE ARROJA CON LA VERDADERA $\sigma' = 9.954$ UN ERROR MENOR QUE EL 2%, LO QUE EN CASOS PRÁCTICOS ES ACEPTABLE.

SI TOMÁRAMOS UN MENOR NÚMERO DE MUESTRAS, LOS RESULTADOS DIFERIRAN - MAYORMENTE, LO QUE INDICA QUE CUANTO MAYOR ES EL NÚMERO DE MUESTRAS, TANTO MEJOR ES LA APROXIMACIÓN.

TAMBIÉN PODEMOS ESTIMAR σ' A PARTIR DE \bar{R} (MEDIA DE LOS RANGOS DE MUESTRAS). Y LA RELACIÓN ENTRE \bar{R} Y σ' VIENE DADA POR D_2 , SEGUN LA SIGUIENTE TABLA:

T A B L A

TAMAÑO DE LA MUESTRA:	= $\frac{\bar{R}}{\sigma'}$
2	1.128
3	1.693
4	2.059
5	2.326
6	2.534
7	2.704
8	2.847
9	2.970
10	3.078

(ESTOS VALORES SUPONEN NORMAL EL UNIVERSO DE PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS).

EN LA PRÁCTICA, ES MUCHO MÁS RÁPIDO CALCULAR \bar{R} QUE σ POR LO QUE SUELE UTILIZARSE MAYORMENTE EN GRÁFICOS DE CONTROL.

LA TEORÍA ESTADÍSTICA NOS DICE QUE $\bar{\bar{X}}$ (MEDIA DE LAS MEDIAS DE MUESTRAS) TIENDE A SER IGUAL A \bar{X}' , MEDIA DEL UNIVERSO CONFORME SE INCREMENTA EL NÚMERO DE MUESTRAS. AL IGUAL, NOS DICE QUE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDIAS $\sigma_{\bar{x}} = \sigma' / \sqrt{N}$, DONDE N ES EL TAMAÑO DE LA MUESTRA. ESTA SERÍA OTRA FORMA DE ESTIMAR σ' , PERO TÉNGASE BIEN PRESENTE QUÉ ES

SHEWART LLEGÓ A LAS CONCLUSIONES QUE HEMOS ESBOZADO CON UN UNIVERSO - NORMAL.

TAMBIÉN HIZO OTRAS EXPERIENCIAS CON UNIVERSOS RECTANGULARES Y EN TRIÁNGULO RECTÁNGULO Y HALLÓ QUE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS \bar{X} (MEDIAS DE CADA - MUESTRA) TIENDE A SER NORMAL.

LÍMITES DE CONTROL

EL CONOCIMIENTO DE LA CURVA NORMAL NOS DICE LO SIGUIENTE: CONOCIDOS \bar{X} Y σ DE UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL SE PUEDE AFIRMAR LO SIGUIENTE:

INTERVALOR			PROBABILIDAD DE UN ELEMENTO COMPRENDIDO EN EL INTERVALO
X	+	1σ	0.6827
\bar{X}	+	2σ	0.9546
\bar{X}	+	3σ	0.9973

EN UN PROCESO DE FABRICACIÓN SACAMOS MUESTRAS Y LO QUE TRATAMOS DE AVERIGUAR ES SI ÉSTAS PROVIENEN DE UN SOLO UNIVERSO. Y LA RESPUESTA QUE OBTENGAMOS NOS DIRÁ SI DEJAR SOLO AL PROCESO O SI BUSCAR LAS CAUSAS QUE LO PERTURBAN.

PODEMOS POR EJEMPLO, MARCAR DOS LÍMITES, $\bar{X} - 2 \sigma_{\bar{X}}$ Y $+ 2 \sigma_{\bar{X}}$, DONDE \bar{X} ES EL PROMEDIO DE LAS X MEDIAS DE LAS MUESTRAS Y $\sigma_{\bar{X}}$ LA DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS. Y NUESTRA REGLA SERÍA: SI LA MEDIA DE UNA MUESTRA CAE DENTRO DE ESTOS LÍMITES, DEJAR SOLO AL PROCESO; SI CAE FUERA, AVERIGUAR O BUSCAR CAUSAS DE PERTURBACIONES.

CON LÍMITES DE $\bar{X} \pm 2 \sigma_{\bar{X}}$, TENEMOS SOLO 5 CASOS EN 100, APROXIMADAMENTE, QUE PUEDEN CAER FUERA DE ESTOS LÍMITES SIN ESCAPAR AL AZAR. CON TODO, ESTAREMOS UN 5% DE VECES BUSCANDO DISTURBIOS DONDE NO HAY Y COMO ESTO EN ALGUNOS CASOS NO RESULTA ECONÓMICO, SE HAN BUSCADO LÍMITES MÁS AMPLIOS QUE NOS PERMITAN ESTE ERROR UN MENOR NÚMERO DE VECES. HAN ADOPTADO COMO LÍMITES:

- 3σ

QUE NOS DEJAN, AL AZAR, SOLO 3 EN 1000 CASOS FUERA DE LOS LÍMITES. EL PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE CONTROL SUPERIOR E INFERIOR, ES EL SIGUIENTE:

- 1) DETERMINACIÓN DE LA MEDIA ARITMÉTICA DE LAS MEDIAS DE LAS MUESTRAS:

=

DONDE N ES EL NUMERO DE LAS MUESTRAS PROMEDIADAS.

- 2) DETERMINACIÓN DE LA MEDIA ARITMETICA DE LOS RANGOS DE LAS MUESTRAS:

$$\bar{R} = \frac{\sum}{N}$$

DONDE N SIEMPRE ES EL NUMERO DE LAS MUESTRAS.

- 3) DETERMINACIÓN (ESTIMACIÓN) DE LA DESVIACIÓN DEL UNIVERSO A PARTIR DE \bar{R}

$$\sigma' =$$

- 4) DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR DE DISTRIBUCIÓN DE LAS MEDIAS

=

DONDE N ES EL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

- 5) LOS LÍMITES DE CONTROL SUPERIOR E INFERIOR ESTÁN DADOS POR:

$$LCS = \bar{x} + 3 \sigma_{\bar{x}} = \bar{x} + 3$$

$$LCI = \bar{x} - 3 \sigma_{\bar{x}} = \bar{x} - 3$$

PODEMOS SUSTITUIR $\sigma' = \frac{\bar{R}}{D_2}$ Y TENEMOS:

$$LCS = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{D_2 \sqrt{N}}$$

$$LCI = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{D_2 \sqrt{N}}$$

Y REEMPLAZANDO $\frac{\bar{R}}{D_2 \sqrt{N}}$ POR UNA CONSTANTE A_2 (DADA EN LA TABLA QUE SIGUE), TENEMOS:

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

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

VALORES DE A_2

TAMAÑO DE LA MUESTRA	VALOR DE A_2
2	1.88
3	1.02
	0.73
	0.58
	0.48
7	0.42
8	0.37
	0.34
10	0.31

SI SE DESEA ESTIMAR LOS LÍMITES DE CONTROL A PARTIR DE \bar{x} , MEDIA DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR DE LAS MUESTRAS, SEGUIRÍAMOS LOS SIGUIENTES PASOS:

1) IGUAL QUE EL CASO ANTERIOR

2) CALCULAMOS:

$$\sigma = \frac{\sum \sigma}{N}$$

3) ESTIMACIÓN DE σ' A PARTIR DE

$$\sigma = \frac{\sigma}{c_2}$$

4) DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA DISTRIBUCIÓN DE MEDIAS DE LAS MUESTRAS:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma'$$

5) LOS LÍMITES DE CONTROL

$$LCS = \bar{x} + 3 \sigma'$$

$$LCI = \bar{x} - 3 \sigma'$$

IGUAL QUE EL PASO 5 ANTERIOR

PUDIMOS SUSTITUIR

$$\sigma = \sigma'$$

Y TENDREMOS:

$$LCS = \bar{x} + 3 \bar{\sigma}$$

$$LCI = \bar{x} - 3 \bar{\sigma}$$

HACIENDO $\frac{3}{C_2} = A_1$, (QUE VIENE DADO POR LA TABLA QUE SIGUE), TENEMOS:

$$LCS = \bar{x} + A_1 \bar{\sigma}$$

$$LCI = \bar{x} - A_1 \bar{\sigma}$$

VALORES DE A_1

TAMAÑO DE LA MUESTRA	A_1
2	3.76
3	2.39
	1.88
5	1.60
6	1.41
7	1.28
8	1.17
9	1.09
10	1.03

ESTOS LÍMITES DE CONTROL NOS PERMITEN CONSTRUIR UNA CARTA \bar{x} O GRÁFICO \bar{x} . ES:

$$LCS = \bar{x} + A_1 \bar{\sigma}$$

$$LCI = \bar{x} - A_1 \bar{\sigma}$$

$$LCS = \bar{x} + A_1 \bar{\sigma}$$

LA ESCALA VERTICAL TIENE EL VALOR DE $\bar{\bar{X}}$ (MEDIA DE LAS MEDIAS). Como eje y los límites de control distan $A_2 \bar{R}$ unidades de él.

EL PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUE PARA CONTROLAR MEDIANTE PROMEDIOS, - ES EL SIGUIENTE: SE TOMAN LAS MUESTRAS Y SE VAN ANOTANDO SUS PROmedios. MIENTRAS ÉSTOS PERMANEZCAN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONTROL, NO TOMAMOS ACCIÓN.

EL HECHO DE VARIAR EL PROMEDIO DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONTROL - ES ATRIBUÍBLE AL AZAR Y NO NOS DEBE PREOCUPAR.

EN CASO DE SALIR ALGÚN PROMEDIO FUERA DE LOS LÍMITES, DEBE ESTO - HACERNOS PRESUMIR QUE ALGÚN FACTOR, AJENO AL AZAR, ESTÁ ACTUANDO, SOBRE EL SISTEMA.

LÍMITES DE CONTROL PARA RANGOS

LA OBTENCIÓN DE LOS LÍMITES DE CONTROL PARA LOS RANgos es algo más compleja ya que la teoría estadística no dá una GEneralización tan sencilla de la distribución de las desviaciones - ESTANDARES COMO EN EL CASO DE LAS MEDIAS. SE HAN OBTENIDO LOS LÍ- MITES DE CONTROL PARA LOS RANGOS A TRAVÉS DE PROCEDIMIENTOS MATEMÁticos que no creemos del caso particularizar.

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

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

DONDE D_4 Y D_3 VIENEN DADOS POR LA TABLA:

VALORES DE D_3 Y D_4

TAMAÑO DE LA MUESTRA	D_3	D_4
2	0	2.27
3	0	2.57
	0	2.28
5	0	2.11
6	0	2.00
7	0.08	1.92
8	0.14	1.86
9	0.18	1.82
10	0.22	1.78

LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN

CUANDO SE DISEÑA UN PRODUCTO, EL DEPARTAMENTO DE DISEÑO FIJA PARA CADA DIMENSIÓN DEL PRODUCTO LOS LÍMITES DENTRO DE LOS CUALES PUEDE ÉSTA VARIAR SIN ALTERARLO ESENCIALMENTE. ESTOS LÍMITES SE DENOMINAN "LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN".

POR EJEMPLO, CUANDO SE FABRICAN EJES, EL TORNERO U OPERARIO TIENE EN LAS INDICACIONES DEL TRABAJO, UNA QUE DICE: SUPONGAMOS: DIÁMETRO 2" \pm 0.005; ESTO QUIERE DECIR QUE LOS EJES PODEMOS FABRICARLOS CON MEDIDAS REALES QUE OSCILAN ENTRE 1.995" Y 2.005" SIN QUE NUESTRO TRABAJO SEA RECHAZADO.

SE DENOMINA AL TÉRMINO \pm 0.005 COMO "TOLERANCIA" Y LA DEFINIRÍAMOS COMO LA CANTIDAD MÁXIMA QUE PUEDE DESPLAZARSE LA MEDIDA A UNO Y OTRO LADO DE LA DIMENSIÓN NOMINAL O TEÓRICA.

CON ESTA IDEA SOMERA, QUE LUEGO AMPLIAREMOS, PASAREMOS A ANALIZAR ALGUNOS CASOS COMUNES EN EL LOS RESULTADOS DE LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS.

SUPONGAMOS LOS GRÁFICOS DE LA FIGURA 1.

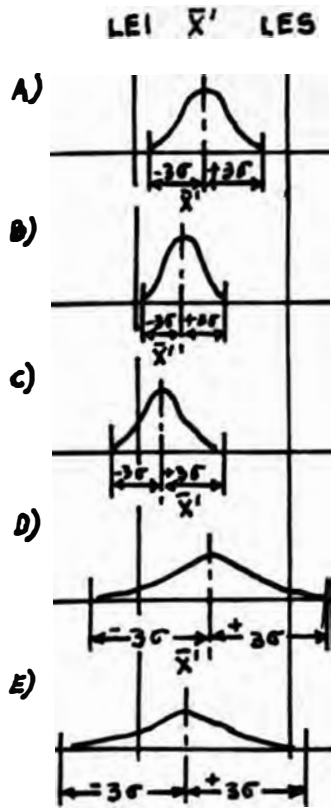


FIGURA 1
←

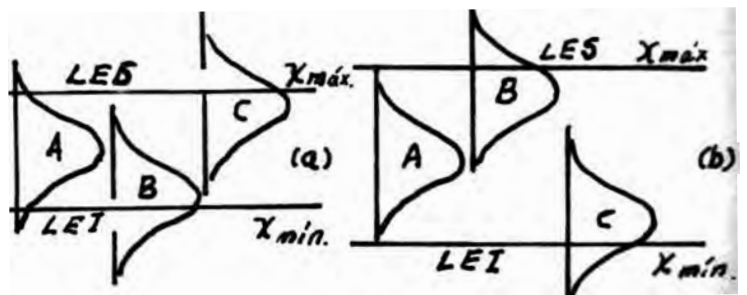
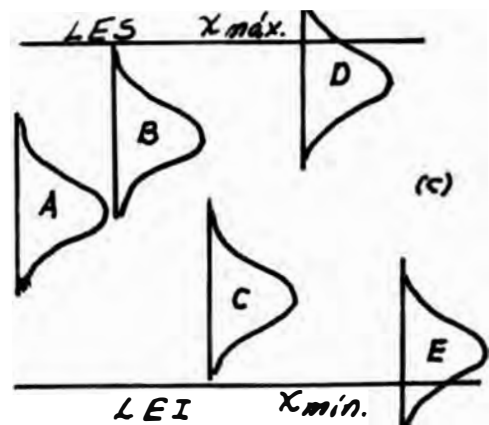


FIGURA 2



EL GRÁFICO A) NOS DICE QUE ESTAMOS EN PRESENCIA DE UN PRODUCTO MUY BUENO; Y QUE SI EL HACERLO ASÍ NOS ES BASTANTE COSTOSO, PODEMOS SUA
VIZAR ALGO NUESTRAS EXIGENCIAS YA QUE LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN ESTÁN LEJOS.

EN EL GRÁFICO B) VEMOS QUE NUESTRO PRODUCTO TIENDE A ACERCARSE AL LÍMITE INFERIOR Y QUE CONVENDRÍA CENTRAR EL PROCESO, O LA MÁQUINA, MÁS A LA DERECHA.

EN EL CASO C), GRAN PARTE DEL PRODUCTO SERÁ RECHAZADO POR HABER SO
BREPASADO EL LÍMITE INFERIOR DE ESPECIFICACIÓN.

EL GRÁFICO D) NOS MUESTRA UN PROCESO QUE NECESITA REVISARSE (YA NO ES CUESTIÓN DE CENTRADO, COMO EN LOS CASOS ANTERIORES).

EN EL CASO E) ES UN PROCESO SÓLO MENOS GRAVE QUE EL ANTERIOR, PERO QUE IGUALMENTE PRECISA REVISIÓN O CAMBIO EN EL PROCESO.

EN EL CASO B) HA HABIDO CORRIMIENTO DE LA MEDIA \bar{X} , PERO AÚN SE CON
SERVA DENTRO DE LÍMITES. EL CASO C) MUESTRA UN MAYOR CORRIMIENTO, DE \bar{X} , PERO AHORA ARROJA PRODUCTO FUERA DE LOS LÍMITES. EN D) HA PRO
DUCTO FUERA DE ESPECIFICACIONES POR AMBOS LÍMITES; AUNQUE LA MEDIA DE TODOS COINCIDA CON LA MEDIA SOLICITADA, LA VARIACIÓN ES DEMASIA
DO GRANDE. EN E) VEMOS DESHECHO SOLO POR UN LADO.

DEBEMOS TENER EN CUENTA QUE NO ES LO MISMO RECHAZAR POR LÍMITE SU
PERIOR QUE INFERIOR: SUPONGAMOS EL CASO DE EJES. RECHAZAR POR LÍ
MITE INFERIOR SIGNIFICA DESHECHOS, PUESTO QUE EL EJE YA ESTÁ MUY -
GASTADO. EN CAMBIO, CUANDO RECHAZAMOS POR LÍMITE SUPERIOR PODEMOS
RETRABAJAR EL EJE.

AHORA BIEN, TODO PROCESO TIENE UNA "TOLERANCIA NATURAL", AJENA A -
LA PROVENIENTE DE LAS ESPECIFICACIONES. ESTA, TOLERANCIA NATURAL -
ES LA AMPLITUD DE LA VARIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL UNIVERSO. ES
DECIR

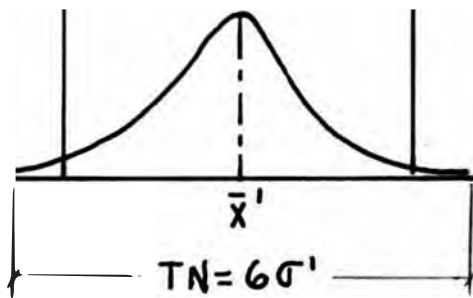
$$TN = 6\sigma'$$

DONDE σ' ES LA DESVIACIÓN ESTANDAR DEL UNIVERSO.

CUANDO LA TOLERANCIA NATURAL SOBREPASA LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN, QUIERE ESTO DECIR QUE LA "CAPACIDAD" DEL PROCESO NO SATISFACE EL DISEÑO.

POR EJEMPLO:

LES

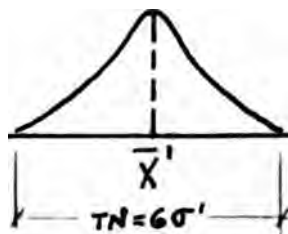


EN EL OTRO CASO, CUANDO LA TOLERANCIA NATURAL CABE ENTRE LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN, EL PROCESO TIENE "CAPACIDAD", O ES "CAPAZ".

POR EJEMPLO:

LEI

LES



PODEMOS VER EN LA FIGURA 2 ALGUNOS CASOS QUE PUEDEN OCURRIR EN LA PRÁCTICA.

EL CASO A) NOS MUESTRA UNAS ESPECIFICACIONES QUE SON SOBREPASADAS POR LA TOLERANCIA NATURAL DEL PROCESO. SIEMPRE HABRÍA DESHECHO, Y ESTO AUNQUE SE CORRA EL CENTRADO DEL PROCESO. EN EL CASO B) VEMOS, UNAS ESPECIFICACIONES DEMASIADO JUSTAS EN DONDE CUALQUIER CORRIMIENTO DEL CENTRADO NOS PRODUCIRÁ DESHECHOS. PODEMOS SUPONER UN TERCER

CASO; C) DONDE LAS ESPECIFICACIONES SON BASTANTE AMPLIAS Y EL PROCESO TIENE AMPLIO MARGEN PARA VARIAR SIN ARROJAR DESHECHOS. PARA LLEGAR A ELLO, SU PROMEDIO DEBE VARIAR MÁS DE A_1 Ó A_2 , COMO EN LOS CASOS D Y E.

CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL

LÍMITES DE CONTROL PARA PROMEDIOS CARTA \bar{X}

LOS LÍMITES DE CONTROL PARA LOS PROMEDIOS LOS OBTENEMOS MEDIANTE:

$$LCS = \bar{X} + \bar{R}$$

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

NECESITAMOS \bar{X} Y \bar{R}

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\sum \bar{X} = 2.00 \quad (\text{DEL CUADRO})$$

$$N = 20$$

$$\text{LUEGO: } \bar{X} = \frac{2.00}{20} = 0.10$$

$$\bar{X} = 0.10$$

$$\text{EL VALOR DE } \bar{R} \text{ LO OBTENEMOS MEDIANTE: } \bar{R} = \frac{\sum R}{N} = \frac{64}{20} = 3.2$$

DEL CUADRO CORRESPONDIENTE, PARA $N = 5$ (TAMAÑO DE MUESTRA), OBTENEMOS:

$$= 0.58$$

ENTONCES:

$$LCS = 0.10 + 0.58 \quad (3.2)$$

$$= 0.10 + 1.85$$

$$= 1.95$$

$$LCI = 0.10 - 0.58 \quad (3.2)$$

$$= 0.10 - 1.85$$

$$= -1.75$$

LA CARTA \bar{X} SERÍA

$$LCS = 1.95$$

$$LC = 0.10$$

$$LCI = -1.75$$

LÍMITES DE CONTROL PARA RANGOS, CARTA R

LOS LÍMITES DE CONTROL PARA RANGOS LOS HALLAMOS MEDIANTE

$$LCS =$$

$$LCI =$$

PARA UN TAMAÑO DE MUESTRA $n = 5$, LOS VALORES DE LAS CONSTANTES,
(VER CUADRO CORRESPONDIENTE) SON:

$$D_4 = 0 \quad 2.11$$

EL VALOR DE \bar{R} ES 3.2 (CONOCIDO DEL CASO ANTERIOR)

LUEGO:

$$LCS = 2.11 (3.2) = 6.75$$

$$LCI = 0 (3.2) = 0$$

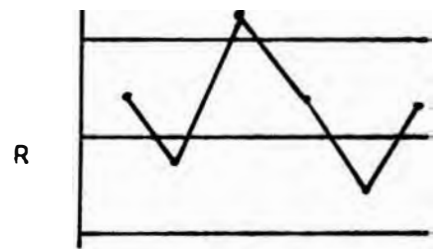
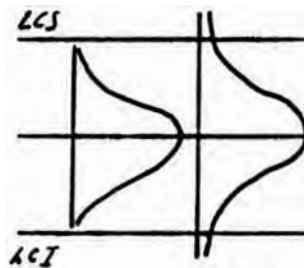
EL GRÁFICO SERÁ:

$$LCS = 6.75$$

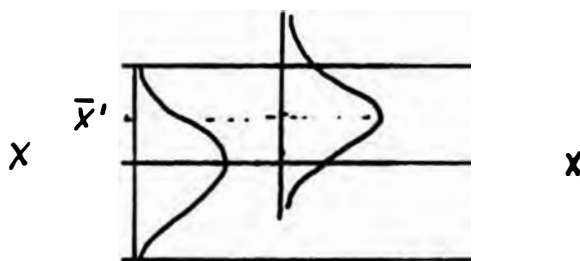
$$LC = \bar{R} = 3.2$$

$$LCI = 0$$

OBTENIDAS ESTAS CARTAS, YA ES MÁS SENCILLO CONTROLAR EL PROCESO. SIMPLEMENTE TOMAMOS MUESTRAS Y CALCULAMOS SU PROMEDIO \bar{X} Y SU RANGO R Y VEMOS SI EN SUS RESPECTIVOS GRÁFICOS CAEN DENTRO DE LOS LÍMITES DE CONTROL; SI ASÍ FUERA, DEJAMOS SEGUIR AL PROCESO. SI CAE ALGUNO FUERA DE ESTOS LÍMITES DEBEMOS TOMAR ACCIÓN, ES DECIR, AVEBIGUAR CUÁL ES EL FACTOR QUE OCASIONA ESTA PERTURBACIÓN. TÉNGASE EN CUENTA QUE UNO SOLO DE LOS GRÁFICOS NO NOS DARÍA UNA INDICACIÓN PRECISA. POR EJEMPLO, SUPONGAMOS QUE EN CIERTO MOMENTO, SIN CAMBIAR SU PROMEDIO, EL PROCESO AUMENTA SU RANGO Y SE SALE DE LOS LÍMITES DE CONTROL. LA CARTA \bar{X} NO NOS DIRÁ LO QUE ESTÁ SUCCEDIENDO, PERO EN LA CARTA R TENDRÍAMOS UN PUNTO FUERA DE LOS LÍMITES.



PUEDE SUCEDER LO OTRO; QUE EL RANGO PERMANEZCA CONSTANTE PERO QUE EL PROMEDIO HAYA CAMBIADO Y EL PROCESO ESCAPE EN PARTE A LOS LÍMITES DE CONTROL. LA CARTA R NO NOS LO DIRÁ:



CONTROL POR ATRIBUTOS

LA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS SE REALIZA CUANDO LOS ELEMENTOS NO SE MIDEN SINO SE CLASIFICAN COMO RECHAZADO O ACEPTADO (TAMBIÉN COMO PASA O NO PASA). Y SE PRESENTA EL PROBLEMA DE FIJAR LA VARIACIÓN DEL PROCESO CUANDO ESTE SE HALLA BAJO CONTROL.

VAMOS A DENOMINAR P' A LA "FRACCIÓN DEFECTUOSA" (RELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE ARTÍCULOS DEFECTUOSOS ENCONTRADOS Y EL NÚMERO DE ARTÍCULOS DEFECTUOSOS ENCONTRADOS Y EL NÚMERO DE ARTÍCULOS INSPECCIONADOS).

SI UN PROCESO ESTÁ DANDO UNA P' DEFINIDA, LA FRECUENCIA RELATIVA (FRECUENCIA OBTENIDA ENTRE FRECUENCIA TOTAL) DE LAS FRACCIONES DEFECTUOSAS DE LAS DIVERSAS MUESTRAS QUE SE EXTRAIGAN HAN DE SEGUIR LA MISMA LEY QUE SEGUIRÍAN LAS MUESTRAS DE BOLAS SACADAS DE UNA URNA QUE CONTIENE UNA PROPORCIÓN P' DE NEGRAS (DEFECTUOSAS) Y $q' = 1 - P'$ DE BLANCAS (BUENAS). EN REALIDAD, LA LEY BINOMIAL ES LA QUE RIGE ESTE PROCESO, COMO YA HEMOS VISTO AL ESTUDIAR LOS MODELOS.

DE ESTA URNA VAMOS A EXTRAER UNA MUESTRA DE TAMAÑO N , Y VAMOS A ENCONTRAR LA PROBABILIDAD DE HALLAR EN ESTAS N BOLAS $0, 1, 2, \dots, N$ DEFECTUOSAS, SABIENDO QUE SU PROPORCIÓN EN TODA LA URNA ES P' . LAS PROBABILIDADES, REPETIMOS, SIGUEN LA LEY BINOMIAL.

COMO EJEMPLO, SUPONGAMOS UN PROCESO QUE ARROJA ARTÍCULOS CON UNA FRACCIÓN DEFECTUOSA DE ARTÍCULOS SALIENTES $P' = 0.1 = 10\%$ LUEGO, LOS BUENOS SERÁN: $q = 1 - P' = 1 - 0.1 = 0.9 = 90\%$. SI SACAMOS MUESTRAS DE 5 ARTÍCULOS CADA UNA, VEAMOS LAS PROBABILIDADES DE OBTENER 0, 1, 2, 3, 4 & 5 ARTÍCULOS DEFECTUOSOS EN LA MUESTRA.

POR LA LEY BINOMIAL:

$$\begin{aligned}
 P(0) &= (0.9)^5 &= 0.59049 \\
 P(1) &= 5(0.1)(0.9)^4 &= 0.32805 \\
 P(2) &= 10(0.1)^2(0.9)^3 &= 0.07290 \\
 P(3) &= 10(0.1)^3(0.9)^2 &= 0.00810 \\
 P(4) &= 5(0.1)^4(0.9) &= 0.00045 \\
 P(5) &= (0.1)^5 &= 0.00001 \\
 &&= 1.00000
 \end{aligned}$$

ES DECIR, TENEMOS EL 59% DE PROBABILIDAD DE ENCONTRAR EN UNA MUESTRA 0 DEFECTUOSOS, DICHO DE OTRA MANERA, EN 59 DE 100 MUESTRAS DE 5 ARTÍCULOS ENCONTRAREMOS 0 DEFECTUOSOS. IGUALMENTE, EN 32 ó 33 - MUESTRAS, DE 100 MUESTRAS, DE 5 ARTÍCULOS OBTENDREMOS 1 ARTÍCULO DEFECTUOSO. EN ÚLTIMO CASO, EN 1 DE 10,000 MUESTRAS ENCONTRAREMOS LOS 5 ARTÍCULOS DEFECTUOSOS.

LA MEDIA DE LA DISTRIBUCIÓN ES

$$NP' = 5(0.1) = 0.5$$

LA DESVIACIÓN ESTANDAR.

$$\sqrt{NP'Q'} = \sqrt{5(0.1)(0.9)} = 0.67$$

REFIRIÉNDONOS A FRACCIÓN DEFECTUOSA, EXPRESARÍAMOS LA MEDIA COMO

$$N$$

Y LA DESVIACIÓN ESTANDAR COMO:

$$= \sqrt{\frac{NP'Q'}{N}} = \sqrt{\frac{P'(1-P')}{N}}$$

ENTONCES PODEMOS TENER DOS TIPOS DE DIAGRAMAS:

EN UNO DE ELLOS NOS REFERIREMOS A LA FRACCIÓN DEFECTUOSA Y EN EL OTRO AL NÚMERO DE DEFECTUOSOS (QUE OBTENDREMOS MULTIPLICANDO LA FRACCIÓN DEFECTUOSA POR N)

DIAGRAMA	MEDIA	LIMITES DE CONTROL
FRACCIÓN DEFECTUOSA	P'	$P' \pm 3 \sqrt{P' \frac{(1-P')}{N}}$
NÚMERO DE DEFECTUOSOS	NP'	$NP' \pm 3 \sqrt{NP'(1-P')}$

UNA COSA QUE DEBEMOS REMARCAR ES QUE EL LÍMITE INFERIOR SE TOMA IGUAL A CERO SI SALE UN VALOR NEGATIVO EN LAS FÓRMULAS ANTERIORES.

PARA EL EJEMPLO:

LÍMITES PARA LA FRACCIÓN DEFECTUOSA:

$$\begin{aligned} LCS &= P' + 3 \sqrt{\frac{P'(1-P')}{N}} = 0.1 + 3(0.134) \\ &= 0.504 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= P' - 3 \sqrt{\frac{P'(1-P')}{N}} = 0.1 - 3(0.134) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Y EL DIAGRAMA:

$$LCS = 0.504$$

$$LC = P' = 0.1$$

$$LCI = 0$$

MUESTRA Nº	NUMERO DE ARTICULOS EN LA MUESTRA <u>N</u>	NUMERO DE ARTICULOS DEFECTUOSOS EN LA MUESTRA <u>M</u>	FRACCION - DEFECTUOSA <u>P</u>
	100	12	0.12
2	100	<u>9</u>	<u>0.09</u>
<u>3</u>	100	<u>5</u>	<u>0.05</u>
4	100	8	0.08
<u>5</u>	100	18	0. <u>18</u>
6	100	4	0.04
<u>7</u>	<u>100</u>	6	0.06
8	100	<u>16</u>	0.16
<u>9</u>	100	4	0.04
10	100	16	0.16
11	100	8	0.08
12	100	16	0.16
<u>13</u>	100	14	0.14
14	100	8	0.08
<u>15</u>	100	8	0.08
16	100	14	0.14
<u>17</u>	100	<u>3</u>	<u>0.03</u>
18	100	7	<u>0.07</u>
<u>19</u>	100	<u>5</u>	<u>0.05</u>
20	100	<u>7</u>	<u>0.07</u>
21	100	<u>5</u>	<u>0.05</u>
22	100	<u>7</u>	<u>0.07</u>
<u>23</u>	100	16	<u>0.16</u>
24	100	16	0.16
<u>25</u>	100	<u>5</u>	<u>0.05</u>
		<u>237</u>	<u>2.37</u>

LÍMITES PARA NUMERO DE DEFECTUOSOS

$$\begin{aligned} LCS &= NP' + 3 \sqrt{NP'(1-P')} = 0.5 + 3(0.67) = 2.51 \\ &= NP' - 3 \sqrt{NP'(1-P')} = 0.5 - 3(0.67) = \\ &= 0 \end{aligned}$$

Y EL DIAGRAMA

$$LCS = 2.51$$

$$LC = np' = 0.5$$

$$LCI = 0$$

PARA EL CASO DE P' PEQUEÑO (P' = 0.05) Y N GRANDE, SE PUEDE HACER USO DE LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON. ESE CASO, LOS LÍMITES, PARA NÚMERO DE DEFECTUOSOS.

EN ESTE CASO, LOS LÍMITES DE CONTROL VENDRÁN DADOS POR:

$$LCS = c' + 3 \sqrt{c'}$$

$$LCI = c' - 3 \sqrt{c'}$$

$$LC = c'$$

DONDE $c' = NP'$ Y $\sigma = \sqrt{NP'(1-P')} = \sqrt{NP'} = \sqrt{c'}$ YA QUE P' ES PEQUEÑO.

VAMOS A REFERIRNOS A UN EXPERIMENTO QUE ES BASTANTE ILUSTRATIVO.

EN UNA CAJA QUE CONTIENE UNA PROPORCIÓN P' = 0.10 BOLAS AZULES (PROPORCIÓN DE AZULES EN EL UNIVERSO CONOCIDA)., SE HACEN 25 EXTRACCIONES DE 100 BOLAS CADA UNA, CON LOS RESULTADOS QUE DÁ LA TABLA:

EN ESTE EXPERIMENTO VAMOS A DEMOSTRAR (TRATAR DE DEMOSTRAR) QUE -
 LOS LÍMITES DE CONTROL OBTENIDOS CONOCIENDO LA PROPORCIÓN P' DE A
 ZULES DEL UNIVERSO SON MUY PARECIDOS A LOS QUE OBTENEMOS MEDIANTE
 UNA ESTIMACIÓN DE P' (QUE LLAMAREMOS \bar{p}).

CON $P' = 0.10$

$$\sigma_p = \sqrt{P' \frac{(1-P')}{n}} = \sqrt{\frac{0.1(1-0.1)}{100}} = 0.03 = 3\%$$

LOS LÍMITES DE CONTROL:

$$LCS = P' + 3\sigma_p = 0.10 + 0.09 = 0.19 = 19\%$$

$$LCI = P' - 3\sigma_p = 0.10 - 0.09 = 0.01 = 1\%$$

$$LC = P' = 0.10$$

CON \bar{p} (ESTIMACIÓN DE P') = $\frac{\sum P}{N}/N$, DONDE N ES EL NÚMERO DE MUES-

TRAS TOMADAS:

$$\bar{p} = \frac{232}{25} / 100 = 0.0948 = 0.095$$

$$\sigma_{\bar{p}} = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} = \sqrt{\frac{0.095(1-0.095)}{100}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.095(0.905)}{100}} = 0.029$$

$$= 0.029$$

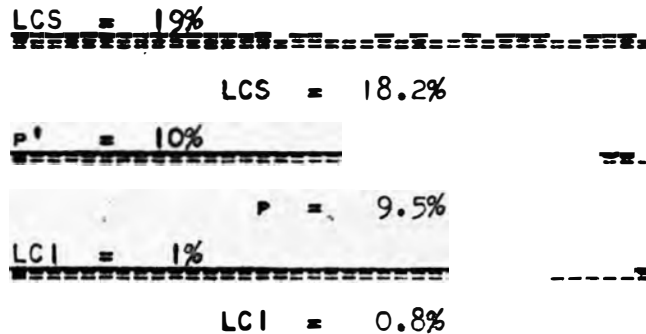
LOS LÍMITES DE CONTROL:

$$LCS = \bar{p} + 3\sigma_{\bar{p}} = 0.095 + 3(0.029) = 0.182 = 18.2\%$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sigma_{\bar{p}} = 0.095 - 3(0.029) = 0.008 = 0.8\%$$

$$LC = \bar{p} = 0.095$$

VEAMOS COMO SE VERÍAN EN UN DIAGRAMA:



PODEMOS OBSERVAR QUE LA DIFERENCIA ENTRE EL VERDADERO DIAGRAMA (CON \bar{p}) Y EL DIAGRAMA A BASE DE LA ESTIMACIÓN \hat{p} SON PRÁCTICAMENTE IGUALES. Y COMO LO MÁ S FRECUENTE ES QUE DESCONOZCAMOS LA PROPORCIÓN DE DEFECTUOSOS, EL SEGUNDO MÉTODO NOS PERMITIRÁ ESTABLECER UN DIAGRAMA QUE NOS INDIQUE CUANDO LAS MUESTRAS POSTERIORES ESTAN PROVIENIENDO DE UN UNIVERSO DISTINTO (CAMBIO EN LA COMPOSICIÓN DE LAS BOLLAS, DESGASTE DE LA MÁQUINA, CAMBIO DE OPERARIO, ETC.).

TEORIA DE LAS SERIES EXTREMAS

AL TOMAR UNA MUESTRA Y CALCULAR SU MEDIA, ÉSTA, CON RESPECTO A LA MEDIA DEL UNIVERSO, PUEDE SER MAYOR O MENOR, ES DECIR PODEMOS ASIMILARLE UNA PROBABILIDAD DE $1/2$ A CADA UNA DE LAS POSIBILIDADES.

ASÍ, SI LLAMAMOS \underline{p} A LA PROBABILIDAD DE QUE DE LA MUESTRA SEA MAYOR QUE LA MEDIA DEL UNIVERSO Y \underline{q} A LA DE QUE SEA MENOR. ENTONCES, PODEMOS CALCULAR LA PROBABILIDAD DE QUE DE 14 MEDIAS DE MUESTRAS, CIER TO NÚMERO DE ELLAS CAIGAN EN UN LADO DE LA MEDIA DEL UNIVERSO, MEDIAN TE LA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL, ES DECIR, $(p + q)^{14}$

DE ESTA MANERA, LA PROBABILIDAD DE CAÍDA DE LAS 14 MEDIAS POR ENCIMA DE MEDIA DEL UNIVERSO, SERÁ:

$$P_{14} = \left(\frac{1}{2}\right)^{14} = \frac{1}{16,384}$$

LA PROBABILIDAD DE QUE SEAN 13 LAS MEDIAS QUE CAEN POR ENCIMA, SERÁ

$$P_{13} = 14 \left(\frac{1}{2}\right)^{13} \left(\frac{1}{2}\right) = \frac{14}{16,384}$$

DE QUE SEAN 12:

$$P_{12} = 91 \left(\frac{1}{2}\right)^{12} \left(\frac{1}{2}\right) = \frac{91}{16,384}$$

DE QUE CAIGAN 13 MEDIAS POR DEBAJO:

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{13} = \frac{14}{16,384}$$

Y DE QUE LAS 14 CAIGAN POR DEBAJO:

$$= \left(\frac{1}{2}\right)^{14} = \frac{1}{16,384}$$

LUEGO, LA PROBABILIDAD DE QUE DE LAS 14 MEDIAS, 12 O MÁS CAIGAN A UN MISMO LADO DE LA MEDIA SERÁ LA SUMA DE LAS PROBABILIDADES ANTERIORES O SEA:

$$\frac{1}{16,384} (1 + 14 + 91 + 91 + 14 + 1) = \frac{212}{16,384} = \frac{1}{77}$$

LO CUAL LO PODEMOS INTERPRETAR DE LA SIGUIENTE MANERA: NO HABIENDO CAMBIO EN EL UNIVERSO, OCURRIRÁ UNA VEZ DE CADA 77 (77) QUE DE 14 MUESTRAS, AL MENOS 12 DE SUS MEDIAS CAERÁN A UN MISMO LADO DE LA MEDIA. AUNQUE ESTO NO ES ABSOLUTAMENTE CORRECTO, PUEDEN DEDUCIRSE LAS REGLAS QUE SE DAN A CONTINUACIÓN COMO REGLAS PARA ACCIONAR O NO SOBRE

EL PROCESO.

DE ESTA MANERA PUEDE TENERSE UN CAMBIO EN LA MEDIA DEL UNIVERSO SI

DE SIETE (7) PUNTOS CONSECUTIVOS EN EL DIAGRAMA DE CONTROL, TODOS CAEN A UN MISMO LADO DE LA MEDIA.

DE ONCE (11) PUNTOS CONSECUTIVOS EN EL DIAGRAMA DE CONTROL, AL MENOS 10 CAEN AL MISMO LADO DE LA LÍNEA CENTRAL.

DE CATORCE (14) PUNTOS CONSECUTIVOS EN EL DIAGRAMA DE CONTROL, AL MENOS 12 CAEN AL MISMO LADO DE LA LÍNEA CENTRAL.

ESTAS SERIES SON MÁS FRECUENTES (O SUCEDEN MÁS FRECUENTEMENTE) QUE LA CAÍDA DE UN PUNTO FUERA DE LOS LÍMITES DE 3 SIGMAS. A PESAR DE SER INDICATIVOS MENOS SEGUROS DE VARIACIÓN A VECES ES CONVENIENTE SU USO.

VEAMOS TODO ANTERIOR DE UNA FORMA MÁS SENCILLA Y PRÁCTICA Y YA EN LOS MISMOS DIAGRAMAS.

PRIMERO DEFINAMOS QUÉ ES LO QUE LLAMAMOS UNA SERIE:

- SI TENEMOS UN DIAGRAMA DE CONTROL (ES PREFERIBLE EL DE PROMEDIO) DEFINIMOS UNA SERIE COMO EL CONJUNTO DE PUNTOS CONSECUTIVOS A UN LADO DE LA LÍNEA CENTRAL. EJEMPLO:



ESTOS 12 PUNTOS DEFINEN SEIS (6) SERIES.

LO QUE VAMOS A DECIDIR ES SI ESTOS PUNTOS ESTÁN AL AZAR ALREDEDOR DE LA LÍNEA CENTRAL.

HACIENDO USO DE LA SIGUIENTE TABLA:

n^m	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	2										
7	23	3									
8	3	3	3								
9	3	3	3	4							
10	3	3	4	4	4						
11	3	4	4	5	5	5					
12	3	4	4	5	5	6	6				
13	3	4	5	5	5	6	6	7			
14	4	4	5	5	6	6	7	7	7		
15	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8	
16	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9

EN ESTA TABLA M Y N REPRESENTAN EL NÚMERO DE PUNTOS ENCIMA Y DEBAJO DE LA LÍNEA CENTRAL.

ASÍ, EN EL EJEMPLO ANTERIOR VEMOS QUE SOBRE LA LÍNEA CENTRAL \bar{x} HAY 5 PUNTOS (N). LA TABLA NOS DA PARA ESTOS VALORES 2. ESTO QUIERE SIGNIFICAR QUE SI ENCONTRÁRAMOS 2 O MENOS SERIES, NO HABRÍA AZAR EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS. V

VEAMOS OTRO EJEMPLO:

2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

ESTOS 16 PUNTOS DEFINEN 8 SERIES. EL VALOR DE m ES 7 Y EL DE n ES 9. LA TABLA DA COMO VALOR CRÍTICO 3. COMO EL NÚMERO DE SERIES ES $8 > 3$, PODEMOS AFIRMAR QUE HAY AZAR EN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS.

SELECCION Y TAMAÑO DE MUESTRAS

CONTROL POR MEDIDA

LAS MUESTRAS SE HAN DE TOMAR DE MODO QUE SE CONCEDA LA MÁXIMA PROBABILIDAD PARA QUE LAS MEDIDAS DENTRO DE CADA MUESTRA SEAN PARECIDAS Y LA MÁXIMA PROBABILIDAD PARA QUE LAS MUESTRAS DIFIERAN ENTRE SÍ. ESTO SE DENOMINA UNA SELECCIÓN RACIONAL. PUEDE HACERSE TOMANDO UNA MUESTRA DEL MATERIAL SALIENTE - EN LA PRÁCTICA, NO MAYOR DE 10 Y GENERALMENTE DE 4 6 5 ARTÍCULOS - Y A INTERVALOS REGULARES. ESTO NOS DA UNAS ESPECIES DE INSTANTÁNEAS DEL PROCESO, QUE AL COMPARARLAS CON LOS LÍMITES DE CONTROL NOS DIRÁN SI HEMOS O NO DE ACCIONAR SOBRE EL PROCESO. PUEDE OCURRIR QUE SE PRODUZCA UN CAMBIO EN EL PROCESO EN EL INTERVALO DE UNA A OTRA MUESTRA, CAMBIO QUE NO REGISTRARÁ EL DIAGRAMA DE CONTROL. PARA EVITAR ESTA POSIBILIDAD EN LUGAR DE COGER LA MUESTRA DE LOS ARTÍCULOS RECIÉN SALIDOS DE LA MÁQUINA, SE ESCOGEN ÉSTOS AL AZAR DE LOS ACUMULADOS EN EL TIEMPO ENTRE MUESTRA Y MUESTRA. ASÍ, SI MUESTRA MUESTRA ES DE 5 ARTÍCULOS POR HORA COGEREMOS UN ARTÍCULO CADA $60/5 = 12$ MINUTOS. CABE LA AD-

VERTENCIA DE QUE LAS VISITAS PARA LA COLECCIÓN DE LA MUESTRA NO SER RIGUROSAMENTE REGULARES, A FÍN DE QUE NO EXISTA LA POSIBILIDAD REMOTA DE COINCIDENCIA CON UNA VARIACIÓN PERIÓDICA DEL PROCESO.

LA FRECUENCIA CON QUE DEBEN TOMARSE LAS MUESTRAS NO POSEE UNA REGLA DEFINIDA. LOS COSTOS MUCHAS VECES SON UN FACTOR DECISIVO. CUANDO, SE INICIA UN CONTROL, ES NECESARIO LLEGAR LO MÁ S RAPIDAMENTE POSIBLE A DECISIONES Y LA FRECUENCIA DE LAS MUESTRAS PUEDE SER GRANDE. OBTENIDO EL CONTROL, LA TOMA DE LAS MUESTRAS PUEDE ESPACIARSE Y PASAR DE SUPONGAMOS, UN 10% ORIGINAL A UN 5 6 2 1/2 POR CIENTO SI SE CONSERVA EL CONTROL SATISFACTORIAMENTE.

PODEMOS CALCULAR EL INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS MEDIANTE LA FÓRMULA:

$$= N \quad T \quad K$$

DONDE:

- = INTERVALO DE INSPECCIÓN
- N = TAMAÑO DE LA MUESTRA
- T = TIEMPO DEL CICLO DE PRODUCCION
- K = FACTOR QUE VALE 10 PARA UNA INSPECCIÓN DEL 10%, 20 PARA UNA INSPECCIÓN DEL 5%, 40 PARA UNA INSPECCIÓN DEL 2.5%.

POR EJEMPLO:

SUPONGAMOS UNA PRODUCCIÓN DE 200 PIEZAS HORARIAS, UN TAMAÑO TRA DE 5 Y UNA INSPECCIÓN DEL 10 POR CIENTO, DEL 5% Y DEL 2.5%. PARA INSPECCIÓN DEL 10%, EL INTERVALO SERÁ:

$$= 5 \times \frac{60}{200} \times 10 = 15 \text{ MINUTOS}$$

PARA INSPECCIÓN DEL 5%, EL INTERVALO SERÁ:

$$= 5 \times \frac{60}{200} \times 20 = 30 \text{ MINUTOS}$$

PARA INSPECCIÓN DEL 2.5%, EL INTERVALO SERÁ:

$$= 5 \times \frac{60}{200} \times 40 = 60 \text{ MINUTOS}$$

SE SOBREENTIENDE QUE EN LA PRÁCTICA SE REDONDEA A CUARTOS Y MEDIAS HORAS LOS RESULTADOS.

CONTROL POR ATRIBUTO

SE DEBE TENER EN CUENTA LO MISMO QUE SE HA DICHO PARA LOS DIAGRAMAS DE MEDIAS, ES DECIR, TENDER A QUE LAS VARIACIONES FORTUÍTAS EN UNA MUESTRA SEAN MÍNIMAS. LOS DIAGRAMAS DE FRACCIÓN-DEFECTUOSA Y NÚMERO DE DEFECTUOSOS TIENEN UNA SELECCIÓN ADECUADA EN EL ORDEN DE PRODUCCIÓN. GENERALMENTE, CADA MUESTRA ESTÁ CONSTITUIDA POR LOS ARTÍCULOS INSPECCIONADOS EN UN DÍA; Y, SI LA PRODUCCIÓN NO ES CONTINUA, PUEDE CONSIDERARSE CADA PEDIDO COMO UNA MUESTRA DIFERENTE.

LOS INGLESES SEÑALAN COMO MÍNIMO TAMAÑO DE MUESTRA 50 ARTÍCULOS, Y ENTRE 3 Y 8 EL NÚMERO DE ARTÍCULOS DEFECTUOSOS QUE SE PUEDEN ESPERAR EN UNA INSPECCIÓN.

CABE ADVERTIR QUE CUANTO MAYOR SEA LA CALIDAD DE UN PRODUCTO TANTO MAYOR HA DE SER LA MUESTRA PARA PODER HALLAR EN ELLA UN DEFECTUOSO. SI SUPONEMOS QUE LA CALIDAD DE UN PRODUCTO ES 1%, NECESITAREMOS UNA MUESTRA DE TAMAÑO 100 PARA PODER ENCONTRAR UN DEFECTUOSO; EN CAMBIO, EN UN PRODUCTO EL 20% ES DEFECTUOSO, BASTARÁ UNA MUESTRA -

DE 5 ARTÍCULOS PARA DETECTAR UN DEFECTUOSO. DE ÉSTO PODEMOS DEDUCIR QUE TANTO MAYOR SERÁ LA MUESTRA CUANTO MAYOR SEA LA CALIDAD DEL PRODUCTO.

SIN EMBARGO, HAY CASOS EN LOS CUALES EN QUE A PESAR DE SER MUY BUENA LA CALIDAD DEBEMOS USAR MUESTRAS PEQUEÑAS. PARA OBIAR ÉSTO DEFINIREMOS EL ARTÍCULO DEFECTUOSO CON UN CRITERIO MÁS RIGUROSO QUE EL DADO POR LAS ESPECIFICACIONES. ÉSTO DETERMINA UN NIVEL DE CALIDAD MALO QUE DETECTA MÁS PRECISAMENTE EL ESTADO DEL PROCESO QUE CON LAS CONDICIONES NORMALES DEL ARTÍCULO DEFECTUOSO QUE SE TRATE.

PLANES DE ACEPTACION

GENERALIDADES

HASTA AHORA, NUESTRO ACCIONAR HA SIDO SOBRE EL PROCESO; HA SIDO DECIDIR SI LO DEJAMOS SOLO O LO MODIFICAMOS PARA ELIMINAR LAS POSIBLES CAUSAS DE VARIACIÓN. PERO TENEMOS OTRO CASO; EL QUE PUEDE PRESENTAR EL PRODUCTO YA FABRICADO.

EL CONTROL PUEDE BRINDARNOS REGLAS PARA DEJARLO PASAR, VOLVER A INSPECCIONARLO, RETRAJAJARLO, DESECHARLO, ETC.

EXISTEN DIVERSAS CLASES DE INSPECCIONES: HECHAS CON FINES DE ACEPTACIÓN, REFERIDAS AL MATERIAL Y PIEZAS ENTRANTES AL TALLER; A LA INSPECCIÓN DE DETERMINADAS OPERACIONES DEL PROCESO, AL PRODUCTO YA ACABADO Y, FINALMENTE, LA DEL COMPRADOR.

EN TODOS LOS CASOS, LA INSPECCIÓN AL 100% SUELE SER PROHIBITIVA, YA SEA POR SU COSTO O POR SER DE CARÁCTER DESTRUCTIVO. OTRA CONSIDERACIÓN, AÚN NO SIENDO DESTRUCTIVA LA PRUEBA, ES QUE EN LAS PRODUCCIONES EN MASA HAY QUE DAR SALIDA AL MATERIAL, Y QUE SIENDO IMPOSIBLE ELIMINAR EL "RIESGO", EL VERDADERO PROBLEMA CONSISTE EN REDUCIRLO AL MÍNIMO.

LA INSPECCIÓN DE ACEPTACIÓN TIENE QUE REALIZARSE, POR LO DICHO, MEDIANTE MUESTRAS. ES, ENTONCES, NECESARIO DAR REGLAS DEFINIDAS RESPECTO AL TAMAÑO Y FRECUENCIA DE LAS MUESTRAS Y TAMBIÉN PARA LAS BASES DE ACEPTACIÓN O RECHAZO. LA INDUSTRIA POSEYÓ REGLAS EMPÍRICAS PARA ASEGURAR UNA CALIDAD Y EN SU MAYORÍA ESTAS REGLAS ERAN MALAS. EL PROBLEMA DE LA SELECCIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRAS ES UNO DONDE JUEGA MUCHO EL AZAR Y, EN CONSECUENCIA, TIENEN VALIDEZ LAS LEYES MATEMÁTICAS DE LA PROBABILIDAD.

PLANES DE ACEPTACIÓN POR ATRIBUTOS

VAMOS A ESTABLECER LA SIGUIENTE NOMENCLATURA: N SERÁ EL NÚMERO DE PIEZAS DEL LOTE; n EL NÚMERO DE PIEZAS DE LA MUESTRA (TAMAÑO DE LA MUESTRA) Y c EL NÚMERO MÁXIMO DE PIEZAS DEFECTUOSAS ACEPTABLES (NÚMERO DE ACEPTACIÓN). ESTO ÚLTIMO QUIERE DECIR QUE SI EL NUMERO DE PIEZAS DEFECTUOSAS EN LA MUESTRA SUPERA A c , EL LOTE SE RECHAZA.

UN PLAN DE ACEPTACIÓN POR MUESTRAS PUEDE SER DESCRITO A BASE DE ESOS 3 NÚMEROS, N , n Y c . ASÍ, PARA $N = 50$, $n = 5$ Y $c = 0$ SE PUEDE DECIR "DE UN LOTE DE 50 ARTÍCULOS, COGER 5 AL AZAR; SI ESTA MUESTRA CONTIENE MÁS DE CERO DEFECTUOSOS, RECHAZAR EL LOTE, EN CASO CONTRARIO".

SIEMPRE ES CONVENIENTE COMPARAR LOS PLANES DE ACEPTACIÓN YA QUE NO HAY PROPORCIONALIDAD NI IGUALDAD EN PLANES TALES COMO $N = 50$, $n = 5$, $c = 0$ Y $N = 100$, $n = 10$, $c = 0$. LA COMPARACIÓN SE PUEDE HACER POR MEDIO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS, TALES COMO LAS MOSTRADAS EN LA FIGURA 3.

PODEMOS OBSERVAR EN ELLA QUE UN PLAN DE ACEPTACIÓN $N = 50$, $n = 5$, $c = 0$ DEJA PASAR UN 88% DE LOTES CON 2% DE DEFECTUOSOS, MIENTRAS QUE UN PLAN DE ACEPTACIÓN $N = 100$, $n = 10$, $c = 0$ DEJA PASAR 81%, - UN PLAN $N = 200$, $n = 20$, $c = 0$, 65% Y UN PLAN $N = 1000$, $n = 100$, $c = 0$ DEJA PASAR 12%.

ESTO SE TORNA MÁS NOTORIO CUANDO NOS REFERIMOS A PORCENTAJES DE DEFECTUOSOS MÁS ALTOS, 6%, POR EJEMPLO; EL PLAN $N = 200$, $n = 20$, $c = 0$ DEJA PASAR EL 27% DE LOS LOTES Y EL $N = 1000$, $n = 100$ Y $c = 0$ PRÁCTICAMENTE NO DEJA PASAR UNO. ESTO LO PODEMOS VER EN LA FIGURA 3.

TENIENDO EN CUENTA LA SEGURIDAD DE LA CALIDAD, ES MÁS IMPORTANTE EL TAMAÑO ABSOLUTO DE LA MUESTRA QUE EL TAMAÑO RELATIVO DEL LOTE. ESTO LO PODEMOS APRECIAR EN LA FIGURA 4, QUE MUESTRA LAS PROBABILIDADES DE ACEPTACIÓN DE 5 PLANES CON IGUAL TAMAÑO DE MUESTRA.

SE PUEDE DECIR QUE LA DIFERENCIA NO ES TAN NOTORIA Y QUE EL CASO $N = \infty$, $n = 20$, $c = 0$, PUEDE CONSIDERARSE COMO UN CASO LÍMITE PARA LOS PLANES CON $n = 20$.

LA FORMA DE OBTENER ESTAS CURVAS ES MEDIANTE EL USO DE LAS FÓRMULAS COMBINATORIAS ANTERIORMENTE EXPLICADAS. PARA $N = \infty$, LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON ES UNA APROXIMACIÓN ACEPTABLE.

LA CURVA CARACTERÍSTICA NOS MUESTRA LA VARIACIÓN DE LA SEGURIDAD DE CALIDAD A TRAVÉS DE LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD. LOS INGENIEROS DE LA "BELL TELEPHONE SYSTEM" HAN DIFUNDIDO EL USO DE UN NÚMERO REPRESENTADO POR P , LLAMADO "FRACCIÓN DEFECTUOSA DE TOLERANCIA DEL LOTE", QUE ES UN SUSTITUTO SATISFACTORIO Y MÁS SENCILLO DE LA CURVA CARACTERÍSTICA. ESTE NÚMERO SE CALCULA SOBRE LA BASE DE ALGÚN VALOR SELECCIONADO DE OTRO NÚMERO P LLAMADO RIESGO DEL CONSUMIDOR.

RIESGO DEL CONSUMIDOR

ES LA PROBABILIDAD DE ACEPTAR UN LOTE CON UNA FRACCIÓN DEFECTUOSA P_T .

LAS TABLAS DE DODGE - ROMIG ADOPTAN 10% COMO RIESGO DEL CONSUMIDOR. CUALQUIR VALOR DE P_T SIGNIFICA QUE SI TAL LOTE ES SOMETIDO A INSPECCIÓN, LA PROBABILIDAD DE QUE PASARÁ EL PLAN DE MUESTRAS PROPUESTO ES DEL 10%. POR EJEMPLO, EN LA FIGURA J, SE TIENE PARA $P_C = P_A = 0.10$ Y PLAN DE ACEPTACIÓN $N = 1000$, $n = 100$ Y $c = 0$, EL VALOR DE $P_T = 2.2$ QUIERE ESTO DECIR QUE SI SE SOMETEN A INSPECCIÓN LOTES 2.2% DEFECTUOSOS, PASARÁN UNA VEZ CADA DIEZ.

UN PLAN $N = 200$, $n = 20$, Y $c = 0$, DÁ UN $P_T = 10.5\%$, LO CUAL SIGNIFICA QUE LOTES 10.5% DEFECTUOSOS PASARÁN UNA DE CADA 10 VECES. ESTOS LOTES SON CASI 5 VECES PEORES QUE LOS DE 2.2% DEFECTUOSOS DEL PLAN ANTERIOR. COMPARANDO LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS SE PUEDE OBSERVAR QUE ESTA RELACIÓN PREVALECE A LO LARGO DE LAS CURVAS Y, POR CONSIGUIENTE PARECE LÓGICO QUE UN NÚMERO P_T , DE CADA UNO DE LOS PLANES DE ACEPTACIÓN POR MUESTRAS, DE UNA MEDIDA VASTA DE SEGURIDAD, DE CALIDAD TIVA, A LO LARGO DE LAS VARIACIONES DE OPERACIÓN POSIBLE.

PUNTOS DE VISTA DEL CONSUMIDOR Y DEL PRODUCTOR

ES COMPLETAMENTE LÓGICO QUE TANTO EL PRODUCTOR COMO EL CONSUMIDOR VEAN LAS COSAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SUS INTERESES EL CONSUMIDOR, DE NO ACEPTAR PRODUCTO MALO Y EL PRODUCTOR, DE QUE NO LE RECHAZEN EL BUENO. VEAMOS LO QUE SUCEDE: SUPONGAMOS QUE EL CONSUMIDOR REQUIERE UN PLAN QUE LE PROTEJA CONTRA UN PRODUCTO 2.2% DEFECTUOSO O MÁS Y SELECCIONA EL PLAN $N = 1000$, $n = 100$ Y $c = 0$ QUE LE DÁ UNA PROBABILIDAD EN 10 DE NO ACEPTAR LOTES DEL 2.2% DEFECTUOSOS QUE SE LE SOMETEN. SIN EMBARGO, ESTE PLAN ESTÁ RECHAZANDO EL 65% DE LOS

LOTES 1% DEFECTUOSOS Y LOS 0.5%, 41%, COMO SE PUEDE VER EN LA FIGURA J. SE DESPRENDE QUE, BUSCANDO PROTECCIÓN CONTRA LOTES 2.2% DEFECTUOSOS O MÁS, ESTAMOS RECHAZANDO GRAN CANTIDAD DE PRODUCTO - DE MUCHÍSIMO MEJOR CALIDAD QUE LA DESEADA. Y EXAMINANDO MEJOR EL ASUNTO, PODEMOS VER QUE AL CONSUMIDOR NO LE SERÁ DE INTERÉS RECHAZAR PRODUCTO BUENO EN EL AFÁN DE EXCLUIR EL MALO. Y, NUEVAMENTE, SE DESPRENDE QUE SE DEBE LLEGAR A UNA SOLUCIÓN DE COMPROMISO ENTRE LOS DOS INTERESES EN CONFLICTO.

NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE

TODOS LOS PLANES DE ACEPTACIÓN TIENEN LA DIFICULTAD DE QUE SIEMPRE DEJARÁN PASAR ALGÚN PRODUCTO NO DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES. SE PRECISA, EN LA UTILIZACIÓN DE UN PLAN DE MUESTRAS, UNA DECISIÓN SOBRE CUÁL ES EL NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE, SI SE DECIDE, POR EJEMPLO, QUE 2.2% DEFECTUOSO ES UN NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE, EL PLAN IDEAL SERÍA EL QUE RECHAZARÁ TODOS LOS QUE SON PEORES QUE 2.2% Y ACEPTARÁ TODOS LOS OTROS. LA CURVA IDEAL SERÍA, UNA LÍNEA IDEAL EN LA OBCISA $P = 0.022$. COMO ESTE PLAN NO EXISTE, SE TRATAN APROXIMACIONES A ÉL ADAPTANDO VALORES DE C MAYORES QUE CERO, CON LOS RESULTADOS QUE MUESTRA LA FIGURA 5.

ASÍ, AL COMPARAR TRES PLANES PARA IGUAL TAMAÑO DE LOTE, 1000 Y UN VALOR DE $P_T = 0.022$, SUPONIENDO $P_C = 0.10$ Y SIENDO LOS PLANES $n=100$ Y $c=0$, $n=170$ Y $c=1$ Y $n=240$ Y $c=2$, SE OBSERVA UNA MAYOR PROTECCIÓN TANTO PARA EL PRODUCTOR COMO PARA EL CONSUMIDOR CON LOS PLANES QUE TIENEN NÚMERO DE ACEPTACIÓN IGUALES A 1 Y 2.

MEJORAR LA CURVA CARACTERÍSTICA REQUIERE AUMENTAR LA MUESTRA Y, POR CONSIGUIENTE, LA INSPECCIÓN; PERO SI SE TIENE EN CUENTA QUE UN RECHAZO INVOLUCRA UNA INSPECCIÓN POSTERIOR AL 100%, LA CANTIDAD DE INSPECCIÓN RESULTANTE PUEDE SER MENOR CON MAYOR TAMAÑO DE MUESTRAS Y MAYOR NÚMERO DE ACEPTACIÓN.

EN LAS TABLAS DE DODGE-ROMIG SE HAN TENIDO EN CUENTA LOS CÁLCULOS PARA HACER MÍNIMA LA CANTIDAD TOTAL DE INSPECCIÓN.

NIVEL DE CALIDAD SALIENTE MEDIO

ES DE MUCHO INTERÉS CONOCER EL NIVEL DE CALIDAD SALIENTE DEL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INSPECCIÓN. SI SUPONEMOS QUE DEL PRODUCTO DESPUÉS DE LA INSPECCIÓN. SI SUPONEMOS QUE A LOS LOTES RECHAZADOS LOS SOMETEMOS A UNA INSPECCIÓN DEL 100%, CON LO CUAL ELIMINAMOS TODOS LOS ARTÍCULOS DEFECTUOSOS, EN EL PRODUCTO SALIENTE SOLO QUEDARÁN LOS DEFECTUOSOS DE LOS LOTES ACEPTADOS. LUEGO, SE DEDUCE QUE SEGÚN LA CALIDAD DEL PRODUCTO ENTRANTE SERÁ LA CALIDAD DEL SALIENTE. ESCOJAMOS UN PLAN $N = 1000$, $n = 100$, Y $c = 0$; LA CALIDAD SALIENTE MEDIA (CSM) SERÁ DADA POR LA CURVA DE LA FIGURA M, CONSEGUIDA AL MULTIPLICAR LA PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN P POR LA FRACCIÓN DEFECTUOSA DE QUE SE TRATE. (PARA $p=0.5\%$, POR EJEMPLO, LA PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN DADA EN LA FIGURA J, ES $P_A = 0.59$; Y EL PUNTO CORRESPONDIENTE DE LA CURVA DE LA FIGURA M, ES $0.005 \times 0.59 = 0.00295$ O SEA, EL 0.295%). CLARO QUE COMO DESCONOCEMOS IGUALMENTE LA CALIDAD SALIENTE, PERO SABEMOS QUE NO SERÁ MÁS QUE LA MÁXIMA DE LA CURVA O NIVEL DE CALIDAD SALIENTE MEDIA.

MUESTRA SENCILLA Y MUESTRA DOBLE

EL TIPO DE MUESTRA HASTA AHORA VISTO PODEMOS DENOMINARLO SENCILLA. LA MUESTRA DOBLE NO PONE LA DECISIÓN EN EL RESULTADO DE UNA MUESTRA SOLAMENTE, SINO QUE DÁ OPCIÓN A UNA SEGUNDA MUESTRA EN CASO DE QUE LA PRIMERA NO NOS DÉ SUFICIENTE CONFIANZA PARA ACEPTAR O RECHAZAR. LA MECÁNICA DE LA MUESTRA DOBLE ES LA SIGUIENTE: DE UN LOTE N SE SACA UNA MUESTRA DE n_1 ARTÍCULOS Y SI SU NÚMERO DE DEFECTUOSOS ES MENOR O IGUAL A c_1 , SE ACEPTA EL LOTE Y SI ES MAYOR QUE c_2 , SE RECHAZA EL LOTE. SI EL NÚMERO DE DEFECTUOSOS ES MAYOR QUE c_1 PERO MENOR O IGUAL QUE c_2 , SE COBE OTRA MUESTRA DE n_2 ARTÍCULOS Y SI EL TOTAL DE DEFECTUOSOS EN LAS DOS MUESTRAS ES MAYOR QUE c_2 , SE RECHAZA EL LOTE. EN CASO DE SER

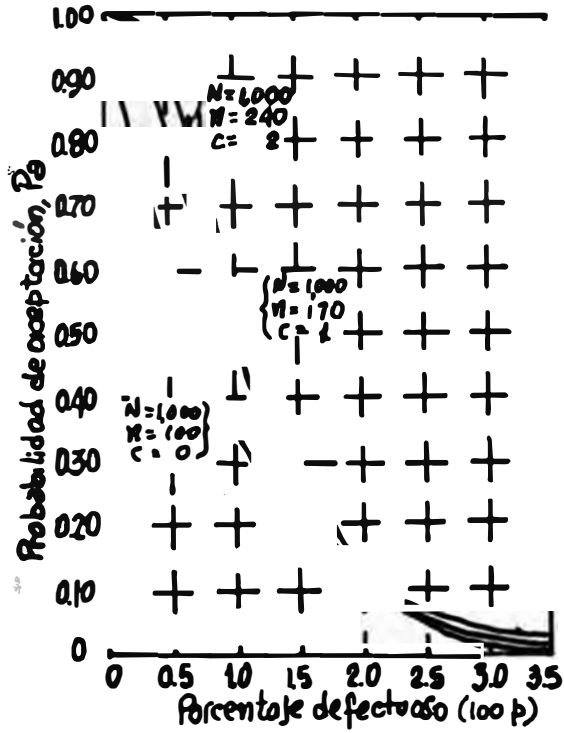
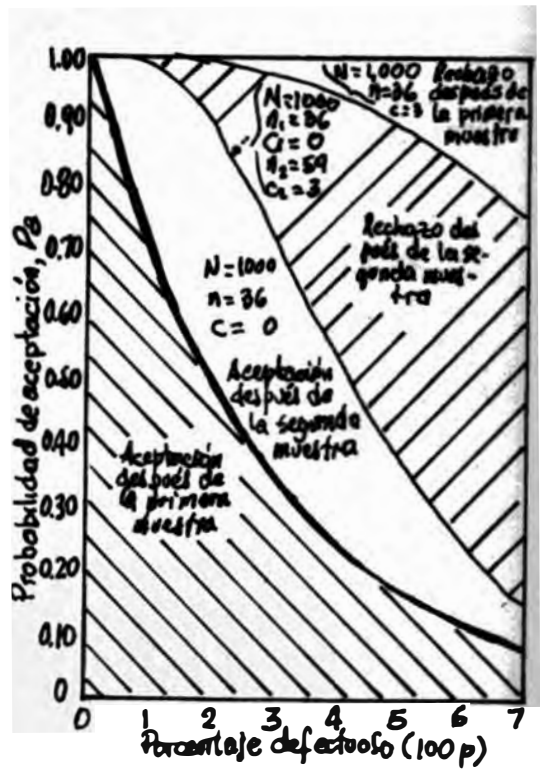


FIGURA 5

ZONAS DE ACEPTACION Y RECHAZO EN MUESTRA DOBLE



IGUAL O MENOR, LA SUMA, QUE c_2 , SE ACEPTA EL LOTE. LOS NÚMEROS c_1 Y c_2 SON LOS DOS NÚMEROS DE ACEPTACIÓN.

PARA MAYOR CLARIDAD, VAMOS A DESCRIBIR UN MUESTREO DOBLE TAL COMO EL SIGUIENTE: $N = 1000$, $n_1 = 36$, $c_1 = 0$; $n_2 = 59$, $c_2 = 3$. QUIERE ESTO DECIR LO SIGUIENTE: DE UN LOTE DE 1000 ARTÍCULOS CÓJASE UNA MUESTRA DE 36; SI EL NÚMERO DE DEFECTUOSOS CONTENIDOS EN ESTA MUESTRA ES CERO, ACEPTE EL LOTE; SI ES 1, 2 Ó 3, TOMA UNA SEGUNDA MUESTRA DE 59 ARTÍCULOS Y, SI EN TOTAL, ES DECIR EN LOS 95 ARTÍCULOS, EN CUENTRA MÁS DE 3 DEFECTUOSOS, RECHAZE EL LOTE. SI SE HALLAN 0, 1, 2 Ó 3 DEFECTUOSOS, ACEPTE EL LOTE. ESTO SE PUEDE VER CLARAMENTE EN EL GRÁFICO DE LA FIGURA N, DONDE SE APRECIAN LAS ZONAS DE POSIBILIDAD DE ACEPTACIÓN Y DE RECHAZO, SEGÚN EL PORCENTAJE DEFECTUOSO DEL LOTE QUE SE PRESENTE A LA INSPECCIÓN.

LOS PLANES DE MUESTRA DOBLE TIENEN UNA VENTAJA PSICOLÓGICA, PUES DÁ UNA SEGUNDA OPORTUNIDAD DE ACEPTACIÓN A UN LOTE QUE NO SEA DEMASIADO MALO, LO CUAL HACE QUE EL VENDEDOR SE MUESTRE MÁS PROTEGIDO QUE FRENTE AL MUESTREO SIMPLE, CUYO RESULTADO ES TERMINANTE (VER FIG.

MUESTRA MÚLTIPLE

ES UNA EXTENSIÓN DE LA MUESTRA DOBLE. PODEMOS VERLO CLARAMENTE EN EL EJEMPLO SIGUIENTE:

Nº DE LA MUESTRA:	TAMAÑO DE LA MUESTRA	TAMAÑO TOTAL:	NÚMERO DE ACEPTACIÓN	NÚMERO DE RECHAZO :
1A.	30	30	0	4
2A.	30	60	2	5
3A.	30	90	3	8
4A.	30	120	4	9
5A.	30	150	6	10
6A.	30	180	8	12
7A.	30	210	11	12

LA MECÁNICA ES IGUAL QUE PARA EL MUESTREO DOBLE, SOLO QUE AQUÍ LA ÚLTIMA COLUMNA DA EL NÚMERO DE RECHAZO. ASÍ POR EJEMPLO, SI EXTRAÍDA LA PRIMERA MUESTRA ENCONTRAMOS CERO DEFECTUOSOS ACEPTAMOS EL LOTE; MÁS DE CERO Y MENOS DE 4 DEFECTUOSOS NOS HACEN TOMAR OTRA MUESTRA DE 30; CON 4 Ó MÁS DEFECTUOSOS RECHAZAMOS. SI TOMADA ESTA SEGUNDA HALLAMOS 2 Ó MENOS DEFECTUOSOS, ACEPTAMOS EL LOTE; SI HALLAMOS 5 Ó MÁS RECHAZAMOS, MÁS DE 2 Y MENOS DE 5, TOMAMOS UNA TERCERA MUESTRA Y ASÍ SUCESIVAMENTE.

RIESGO DEL VENDEDOR

ES EL QUE CORRE ÉSTE DE QUE LE RECHAZEN UN LOTE DE LA CALIDAD ESPECIFICADA MEDIANTE EL PLAN DE ACEPTACIÓN DADO. EL RIESGO DEL VENDEDOR VIENE MARCADO POR UN PUNTO DADO DE LA CURVA CARACTERÍSTICA. GENERALMENTE SE FIJA EN 5% O SEA, UN 95% DE ACEPTACIÓN. EL PORCENTAJE DEFECTUOSO CORRESPONDIENTE A DICHO PUNTO SE LLAMA "NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE" (NCA Ó AQL). EN UN CASO PRÁCTICO, PODEMOS FIJARNOS EN LA FIGURA 1 Y UN PLAN $N = 100$, $n=10$ Y $c = 0$.

EL NCA SERÍA APROXIMADAMENTE, ^{0.5} CORRESPONDIÉNDOLE UNA PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN DEL 95%.

DETERMINACIÓN DE LO QUE ES UN ARTÍCULO

ES SENCILLO, EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS, DETERMINAR LO QUE ES UN ARTÍCULO DEL PRODUCTO, PUES PUEDE SER UNA UNIDAD DEL PRODUCTO, POR EJEMPLO, UNA BOMBILLA, UN EJE, ETC., PERO HAY CASOS, EN QUE LA DEFINICIÓN PRESENTA CIERTAS DIFICULTADES, TAL COMO EN UNA FÁBRICA DE CALZADOS, DONDE UN ARTÍCULO PUEDA SER UN PAR O UN ZAPATO. OTROS CASOS QUE OFRECEN DIFICULTADES SON AQUELLAS PRODUCCIONES TALES COMO CABLES, PINTURAS, ETC. CONVIENE TENER EN CUENTA EL FÍN ÚLTIMO DEL PRODUCTO Y ASÍ, SI EL CABLE SE VENDE O DISTRIBUYE, EN ROLLOS DE X METROS, CADA ROLLO SERÁ CONSIDERADO COMO UN ARTÍCULO.

ARTÍCULOS DEFECTUOSOS

UN DEFECTO ES ALGO QUE INTUITIVAMENTE COMPRENDEMOS PERO QUE CON DIFICULTAD DEFINIMOS. PARA FACILITAR SU DEFINICIÓN PODEMOS FIJAR UNA GRADUACIÓN: HAY DEFECTOS QUE TORNAN INSERVIBLE AL ARTÍCULO Y OTROS QUE SOLO AFECTAN SU ESTÉTICA. LUEGO, ESTA IMPORTANCIA DE LOS DEFECTOS PUEDE SERVIRNOS PARA ESTABLECER UNA ESCALA: DEFECTOS MAYORES, MENORES E IRREGULARIDADES. SERÍAN MAYORES AQUELLOS QUE PROVOCAN EL FALLO DEL ARTÍCULO; MENORES, LOS QUE REBAJAN SU RENDIMIENTO, EFICACIA O ACORTAN SU VIDA; E IRREGULARIDADES LOS QUE NO SON MÁS QUE PEQUEÑAS FALTAS DE EJECUCIÓN.

ELECCIÓN DEL NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE

SI EL NCA ELEGIDO ES MUY AJUSTADO, PROVOCARÁ GRAN CANTIDAD DE RECHAZOS EN EL MATERIAL BUENO; SI ES MUY FLOJO, PASARÁ MUCHO ARTÍCULO DE CALIDAD INFERIOR. ENTONCES, TENEMOS QUE LLEGAR A UN NCA INTERMEDIO. SI LA CALIDAD DEL PRODUCTO DISPONIBLE ES MUY BUENO, SI ES MEJOR QUE LA CALIDAD NECESARIA, EL NCA PUEDE, FIJARSE MÁS FLOJO PARA REDUCIR EL NÚMERO DE ARTÍCULOS RECHAZADOS, LO CONTRARIO ES TAMBIÉN VÁLIDO, PERO HABRÁ QUE PERFECCIONAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN PARA DISMINUIR EL NÚMERO DE DEFECTUOSOS. OTRAS CONSIDERACIONES DIGNAS DE TENERSE EN CUENTA SON LA REFERIDAS A LA DEMANDA Y EL TIPO DE DEFECTOS. EN CASOS DE URGENCIA O INTENSIDAD DE DEMANDA EL NCA SE PUEDE AFLOJAR.

QUIZÁS LA MEJOR MANERA DE FIJAR EL NCA ES ESTIMAR PRIMERAMENTE LA MEJOR CALIDAD DEL PRODUCTO QUE SE ESPERA OBTENER RAZONABLEMENTE DE LOS SUMINISTRADORES DE DICHO PRODUCTO Y DE LOS PRODUCTOS SIMILARES. AHORA BIEN, SI EL NCA SE FIJARA SEGÚN ESTA ESTIMACIÓN SE PODRÍA DAR LUGAR A LA OBTENCIÓN DE MUCHO PRODUCTO RECHAZADO, DEBIÉNDOSE ESTO A QUE INCLUSO UN 5% DE LOTES RECHAZADOS PUEDE SER -

UN PORCENTAJE MAYOR QUE EL JUSTIFICADO. A FÍN DE REDUCIR LA CANTIDAD DE PRODUCTO RECHAZADO, SERÁ A VECES DESEABLE FIJAR EL NCA MÁS-FLOJO (PORCENTAJE DE DEFECTUOSOS MAYOR) QUE LA CALIDAD CORRIENTE - MENTE OBTENIBLE. IGUALMENTE, SE PUEDE FIJAR UN NCA MÁS AJUSTADO SI EL PRODUCTO ES DE CALIDAD POBRE, LO QUE HACE QUE EL PORCENTAJE DE RECHAZADOS SEA MAYOR QUE EL 5% Y OBLIGANDO AL FABRICANTE A AFINAR SUS MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.

NIVEL DE INSPECCIÓN DEL PRODUCTO

ES NECESARIO, PARA DETERMINAR UN PLAN DE MUESTRAS A USARSE EN UN PRODUCTO PARTICULAR, FIJAR EL NIVEL DE INSPECCIÓN O SEA LA CANTIDAD RELATIVA DE INSPECCIÓN.

PUEDE TOMARSE COMO REFERENCIA LA SIGUIENTE TABLA:

NIVEL DE INSPECCIÓN	CANTIDAD RELATIVA DE INSPECCIÓN
	1/2 DEL NIVEL III
II	3/4 DEL NIVEL III
III	CANTIDAD NORMAL
IV	1 Y 1/2 DEL NIVEL III
V	2 VECES EL NIVEL III

PARA UN NCA DADO EL RIESGO DEL 5% ES IGUAL PARA TODOS LOS NIVELES DE INSPECCIÓN, PERO EL RIESGO DE ACEPTAR LOTES DE CALIDAD PERO AL NCA VARÍA DE UN NIVEL A OTRO. CUANTO MAYOR SEA EL NIVEL, MAYOR SERÁ LA PROTECCIÓN CONTRA EL ACEPTAMIENTO DE LOTES DE PRODUCTO DE BAJA CALIDAD.

EL NIVEL DE INSPECCIÓN PARA DEFECTOS MAYORES Y MENORES PUEDE SER DIFERENTE, SIENDO MENOR PARA LOS DEFECTOS MENORES. SIN EMBARGO, PRÁCTICAMENTE, ES MÁS CONVENIENTE FIJAR IGUAL NIVEL PARA AMBAS CLASES DE DEFECTOS A FÍN DE SIMPLIFICAR LA TAREA Y EVITAR ERRORES DEL INSPECTOR.

LOTES DE INSPECCIÓN

SE LE DESIGNARÁ CON ESTE NOMBRE A AQUELLOS LOTES QUE, AL SER INSPECCIONADOS, SE LES ACEPTA O RECHAZA EN CONJUNTO, PERO QUE NO HA DE SER PRECISAMENTE IGUAL A UN LOTE DE PRODUCCIÓN O DE EMBARQUE.

LA CALIDAD DEL PRODUCTO ACEPTADO DEPENDE, HASTA CIERTO PUNTO, DE COMO SE FORMAN LOS LOTES DE INSPECCIÓN. LA CALIDAD MEDIA DEL PRODUCTO ACEPTADO SERÁ MAYOR SI LOS LOTES DE INSPECCIÓN SE FORMAN SIN MEZCLAR PRODUCTOS DE CALIDADES DIFERENTES.

PARA LA FORMACIÓN DE LOTES DE INSPECCIÓN NO EXISTEN REGLAS ESPECIALES, NO OBSTANTE, LAS SIGUIENTES PUEDEN RESULTAR ÚTILES:

- NO COMBINAR PRODUCTO DE DIFERENTES REMESAS DE MATERIA PRIMA O DE PARTES COMPONENTES OBTENIDAS DE DIFERENTES FUENTES.
- NO COMBINAR PRODUCTO DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DIFERENTES O PRODUCIDOS POR MÉTODOS DISTINTOS.
- NO COMBINAR PRODUCTO DE TURNOS DISTINTOS
- NO COMBINAR PRODUCTO PRODUCIDO DE PIEZAS DE MOLDES, MODELOS O MATRICES DIFERENTES.
- FORMAR LOTES DE INSPECCIÓN DE PRODUCTO DE LAS PARTES NATURALES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN, TAL COMO EL PRODUCTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA UN TURNO, EL PRODUCTO PRODUCIDO DE UNA REMESA DE MATERIA PRIMA, PRODUCTO EN UNA UNIDAD DE TIEMPO, TAL COMO UNA HORA, UN DÍA, ETC.

AL FORMAR LOS LOTES DE INSPECCIÓN NO SE PODRÁN TOMAR EN CUENTA TODOS LOS FACTORES QUE PUEDEN CONDUCIR A UNA VARIANTE DE LA CALIDAD. EL PRINCIPIO A SEGUIR ES EL DE FORMAR LOTES DE INSPECCIÓN TAN GRANDES COMO SE PUEDA Y, A LA VEZ, TENER EN CUENTA LOS FACTORES MÁS IMPORTANTES QUE PUEDEN PRODUCIR LA VARIACIÓN DEL PRODUCTO.

LA CURVA CARACTERÍSTICA DEL PLAN DE MUESTRAS DEPENDE PRIMORDIALMENTE DEL NÚMERO DE ARTÍCULOS INSPECCIONADOS POR LOTE. CUANTO MAYOR SEA DICHO NÚMERO, MEJOR SERÁ LA PROTECCIÓN DADA POR EL PLAN DE ACEPTACIÓN. SIN EMBARGO, EL COSTO TOTAL DE INSPECCIÓN DEPENDE, EN PRIMER LUGAR, DEL PORCENTAJE DE ARTÍCULOS SOMETIDOS A INSPECCIÓN, SIENDO MAYOR EL COSTO CUANTO MAYOR ES EL PORCENTAJE. COMO DESEAMOS TENER BUENA PROTECCIÓN Y COSTOS BAJOS, DEBEMOS TENER UN NÚMERO GRANDE DE ARTÍCULOS EN LA MUESTRA Y UN PORCENTAJE PEQUEÑO DE ARTÍCULOS. AHORA BIEN, LAS VENTAJAS DE TENER LOTES DE INSPECCIÓN GRANDES PUEDE CONTRARRESTARSE SI PARA FORMARLOS HAY NECESIDAD DE INCLUIR EN CADA LOTE PRODUCTOS QUE VARIÉN GRANDEMENTE EN CALIDAD. ES NECESARIO LLEGAR A UN PUNTO DE EQUILIBRIO ENTRE HOMOGENEIDAD Y ECONOMÍA DE INSPECCIÓN.

LOS LOTES DE INSPECCIÓN DEBEN SER LO SUFICIENTEMENTE GRANDES PARA PERMITIR UNA INSPECCIÓN ECONÓMICA, PERO TAMBIÉN DEBEN SER LO SUFICIENTEMENTE PEQUEÑOS PARA QUE EL PRODUCTO ENGLOBADO SEA BASTANTE HOMOGÉNEO. SI LA CALIDAD DEL PRODUCTO ES MALA O ES MUY VARIABLE, ES PREFERIBLE LOTES DE INSPECCIÓN PEQUEÑOS Y HOMOGÉNEOS, Y SI LA CALIDAD ES BUENA, PUEDEN FORMARSE LOTES DE INSPECCIÓN GRANDES A EXPENSAS DE LA HOMOGENEIDAD. CUANDO ÉSTE ES EL CASO, SE DEBE PROCURAR FORMAR DEL LOTE DE INSPECCIÓN GENERAL SUB-LOTES CON PRODUCTO HOMOGÉNEO, ESTO ES, PRODUCTO DE ORIGEN COMÚN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN.

ESTOS SUB-LOTES SERÍAN LOS VERDADEROS LOTES QUE SE HUBIERAN FORMADO SI NO FUERA POR LA NECESIDAD ECONÓMICA DE FORMAR UN LOTE GRANDE. HAY QUE ADVERTIR QUE AUNQUE EL LOTE DE INSPECCIÓN SE DIVIDE EN SUB-LOTES, LA TOTALIDAD SE ACEPTARÁN O RECHAZARÁN COMO DECISIÓN DE LA INSPECCIÓN DEL LOTE GENERAL, Y SU SUBDIVISIÓN ES ÚNICAMENTE A FÍN DE PODER SACAR DE CADA SUB-LOTE UN PORCENTAJE PROPORCIONAL PARA LA

MUESTRA GENERAL QUE SE HAYA DE SOMETER A LA INSPECCIÓN.

SIEMPRE QUE SEA POSIBLE, ES PREFERIBLE FORMAR EL LOTE DE INSPECCIÓN ANTES DE COMENZAR LA INSPECCIÓN. PARA LA PRODUCCIÓN CONTINUA, LO MEJOR ES UTILIZAR PLANES DE MUESTRAS ESPECIALMENTE PROYECTADOS PARA ESTOS CASOS.

DECISIÓN EN CUANTO AL PLAN DE ACEPTACIÓN QUE SE HA DE ADOPTAR

HEMOS DECIDIDO A SEGUIR UN PLAN DE ACEPTACIÓN DE MUESTRA SIMPLE, SOBLE O MÚLTIPLE. PERO PARA ELLO NO SE PUEDEN HACER RECOMENDACIONES CATEGÓRICAS PARA TODOS LOS PRODUCTOS, SUMINISTRADORES Y RECEPTORES. CADA PLAN TIENE SUS VENTAJAS Y SUS INCONVENIENTES, - POR LO QUE HABRÁ DE DECIDIRSE SEGÚN LA SITUACIÓN PARTICULAR QUE SE TENGA ENTRE MANOS. SE DEBERÁN TENER EN CUENTA SÓLO LAS VENTAJAS QUE AFECTAN A LA ADMINISTRACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PLAN, PUES EN CUALQUIERA DE LOS TIPOS EXPUESTOS SE PUEDEN ENCONTRAR PLANES CON CURVAS CARACTERÍSTICAS PRÁCTICAMENTE IGUALES QUE OFRECEN IDÉNTICAS-PROTECCIÓN DE CALIDAD.

RESPECTO AL COSTO DE LA INSPECCIÓN POR MUESTRAS, PUEDE DECIDIRSE QUE ESTÁ FORMADO POR DOS SUMANDOS: UNO ES EL COSTE INCURRIDO AL SELECCIONAR EL ARTÍCULO O LAS MUESTRAS, Y EL OTRO EL QUE PROVIENE DE INSPECCIONAR LOS ARTÍCULOS O MUESTRAS ELEGIDAS. A VECES, ESTOS COSTES DEPENDEN DEL NÚMERO DE ARTÍCULOS ELEGIDOS E INSPECCIONADOS POR LOTE DE INSPECCIÓN ; PERO,, NO OBSTANTE, DEPENDEN TAMBIÉN DEL NÚMERO DE MUESTRAS, DEL NÚMERO MÁXIMO DE ARTÍCULOS O MUESTRAS QUE SE PUEDEN NECESITAR.

EL NÚMERO DE ARTÍCULOS INSPECCIONADOS POR LOTE DE INSPECCIÓN ES MENOR PARA EL PLAN DE MUESTRAS MÚLTIPLES QUE PARA EL DE MUESTRA DOBLE Y ÉSTE MENOR QUE PARA EL PLAN DE MUESTRA SENCILLA.

PARA PRODUCTO DE ALTA CALIDAD, LOS PLANES DE MUESTRA DOBLE NECESITAN DE $1/4$ A $1/3$ MENOS INSPECCIÓN QUE EL PLAN DE MUESTRA SENCILLA Y LOS PLANES DE MUESTRA MÚLTIPLE NECESITAN DE $1/3$ A $1/2$ MENOS INSPECCIÓN QUE LOS DE MUESTRA SENCILLA. ELLO SE DEBE AL HECHO DE QUE SI SE LLEGA A LA ACEPTACION O RECHAZO EN LA PRIMERA MUESTRA - DE UN PLAN DE MUESTRAS DOBLES O MÚLTIPLES, NO ES NECESARIO SEGUIR ADELANTE INSPECCIONADO LA SEGUNDA MUESTRA O LAS DIVERSAS MUESTRAS SIGUIENTES, SEGÚN SEA EL PLAN. EN MUCHOS CASOS CONVENDRÁ, POR CON SIGUIENTE, DECIDIRSE POR LOS PLANES, MÚLTIPLES O DOBLE.

SIN EMBARGO, EL NÚMERO MÁXIMO DE ARTÍCULOS QUE PUEDEN SER INSPECCIONADOS DE CUALQUIER LOTE DE INSPECCIÓN ES MENOR PARA EL PLAN DE MUESTRAS SENCILLO QUE PARA EL DOBLE O EL MÚLTIPLE. PUEDE OCURRIR EL CASO DE QUE SEA NECESARIO PREPARAR Y PONER A UN LADO TODOS LOS ARTÍCULOS QUE HAN DE INSPECCIONARSE ANTES DE PROCEDER A ESTA INSPECCIÓN. POR CONSIGUIENTE, AL SEGUIR UN PLAN DE ACEPTACIÓN DE MUESTRA DOBLE O MÚLTIPLE SE NECESITARÁ REALIZAR UNA CANTIDAD DE TRABAJO MAYOR QUE EL DE MUESTRA SENCILLA Y, POR CONSIGUIENTE, MÁS COSTOSO.

APARTE DE LA CUESTIÓN DE ACEPTAR O RECHAZAR EL LOTE, A MENUDO NOS CONVIENE IGUALMENTE CONOCER LA CALIDAD DEL MISMO, Y ESTE SE OBTIENE DEL NÚMERO DE DEFECTUOSOS DE LA MUESTRA PRIMERA DE CUALQUIERA DE LOS TRES PLANES. PERO COMO EN EL CASO DE PLAN DE MUESTRA SENCILLA EL PRIMER LOTE (Y ÚNICO) ES MAYOR QUE EL CORRESPONDIENTE DE LOS PLANES DE MUESTRA DOBLE Y MÚLTIPLE, ES PRECISAMENTE EL PLAN DE MUESTRA SENCILLO EL QUE NOS DÁ UNA INFORMACIÓN MÁS SEGURA SOBRE LA CALIDAD.

HAY QUE HACER NOTAR NO OBSTANTE, QUE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS TRES TIPOS DE PLANES, POR ESTOS MOTIVOS, SON, CON MUCHA FRECUENCIA, POCA IMPORTANCIA, YA QUE LA INFORMACIÓN SOBRE LA CALIDAD PUEDE OBTENERSE DE LAS PRIMERAS MUESTRAS DE VARIOS LOTES DE INSPECCIÓN. DE TODO LO EXPUESTO ANTERIORMENTE SE INFIERE QUE, PARA LA MAYOR PARTE DE LOS PRODUCTOS, LOS COSTOS DE INSPECCIÓN DE MUESTRAS SERÁN LOS DE MAYOR IMPORTANCIA EN LA DECISIÓN.

CIERRE HERMETICO DE LATAS

EL OBJETO PERSEGUIDO POR EL CIERRE HERMÉTICO DE LATAS ES PREVENIR LA INTRODUCCIÓN DE MICROORGANISMOS QUE ECHEN A PERDER EL CONTENIDO. GENERALMENTE, HAY UNA DOBLE RESPONSABILIDAD EN CUANTO AL HERMETISMO: EL FABRICANTE, QUE PUEDE GARANTIZAR LA COSTURA LATERAL Y LA DEL FONDO; Y LA DEL CONSERVERO QUE CIERRA PROPIAMENTE LA LATA. ES, ENTONCES, PRINCIPAL RESPONSABILIDAD LA DE ÉSTE ÚLTIMO.

DOBLE CIERRE

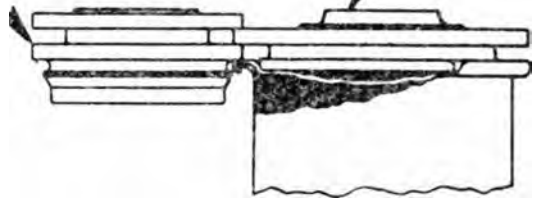
TANTO LA TAPA COMO EL FONDO SE UNEN AL CUERPO POR MEDIO DE UN CIERRE ESPECIAL, LLAMADO "DOBLE CIERRE", NOMBRE DEBIDO AL HECHO QUE HAY CINCO PLANCHAS (O SIETE DONDE ESTÁ LA COSTURA LATERAL) DE HOJALATA QUE SE ENCUENTRAN DOBLADAS Y APRETADAS FIRMEMENTE. PARA USAR LA NOMENCLATURA USUAL, DENOMINAREMOS REMACHE A LA PORCIÓN DE UN ENVASE QUE SE HA FORMADO POR EN ENROLLADO DEL RULO DEL FONDO Y LA PESTAÑA DEL CUERPO JUNTOS, PARA FORMAR UNA ESTRUCTURA FUERTE Y A PRUEBA DE FILTRACIONES (VER FIGURA 1).

LA FORMA DE CONSEGUIR ESTE REMACHE ES MEDIANTE UN JUEGO DE MOLETAS REMACHADORAS DE PRIMERA Y SEGUNDA OPERACIÓN, MIENTRAS EL FONDO Y EL CUERPO SON MANTENIDOS JUNTOS POR UN MANDRIL REMACHADOR LA MOLETA DE PRIMERA OPERACIÓN FORMA EL REMACHE ENTRELAZANDO EL RULO DEL FONDO CON LA PESTAÑA DEL CUERPO DEL ENVASE. LA MOLETA DE SEGUNDA OPERACIÓN COMPRIME EL REMACHE FORMADO PARA PRODUCIR UNA REMACHE FUERTE A PRUEBA DE FILTRACIONES. EL COMPUESTO DE CIERRE, ORIGINALMENTE APLICADO AL FONDO, RELLENA LOS ESPACIOS NO OCUPADOS POR LA CHAPA METÁLICA, ACTUANDO, POR LO TANTO, COMO UNA GUARNICIÓN DE SEGURIDAD CONTRA FILTRACIONES.

MOLETA DE PRIMERA OPERACION



MANDRIL REMACHADOR



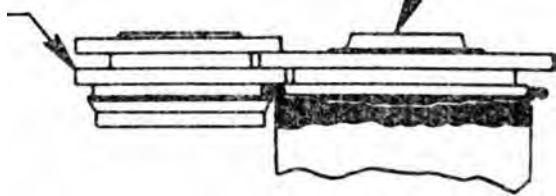
1

ANTES DE REMACHADO

MOLETA DE PRIMERA OPERACION



MANDRIL REMACHADOR



2

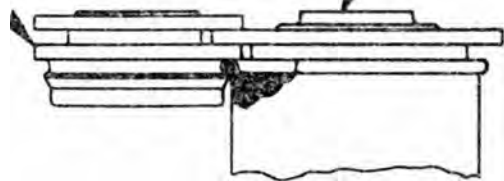
DESPUES DE COMENZAR LA PRIMERA OPERACION DE REMACHADO

EL REMACHE SE EJECUTA EN DOS OPERACIONES. LA MOLETA DE PRIMERA OPERACION ENROLLA EL GANCHO DEL FONDO ALREDEDOR DEL GANCHO DEL CUERPO PARA PROPORCIONAR UN ENGANCHE.



MOLETA DE PRIMERA OPERACION

MANDRIL REMACHADOR



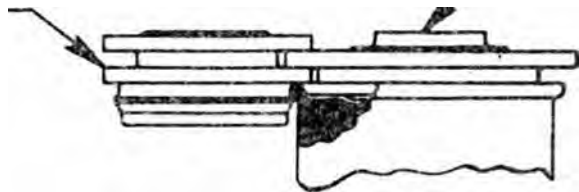
3

PRIMERA OPERACION DE REMACHADO CONCLUIDA



MOLETA DE SEGUNDA OPERACION

MANDRIL REMACHADOR



4

REMACHE TERMINADO

LA MOLETA DE SEGUNDA OPERACION AJUSTA EL REMACHE Y LO PLANCHAN

FIGURA 1 SECUENCIA DE LAS OPERACIONES DE REMACHADO DE UN FONDO A UN CUERPO

REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS Y DE COMPORTAMIENTO DEL REMACHADO

YA DIJIMOS QUE EL FIN PRIMORDIAL DEL REMACHE ES IMPEDIR LA INTRODUCCIÓN EN EL ENVASE DE AIRE, BACTERIAS U OTRAS SUSTANCIAS QUE PUDIERAN DETERIORAR EL PRODUCTO. OTRO DE SUS OBJETOS ES EVITAR FUGAS AL EXTERIOR DEBIDAS AL DESARROLLO DE UNA PRESIÓN INTERIOR ORIGINADA POR GASES, TALES COMO EL BIÓXIDO DE CARBONO EN EL CASO DE LA CERVEZA O BEBIDAS CARBONATADAS. ES DECIR, EL REMACHE DEBE SER PERMANENTEMENTE RESISTENTE A LA PRESIÓN INTERIOR.

LA OPERACIÓN DEBE SER REALIZADA DE MANERA QUE SEA ECONÓMICAMENTE FACTIBLE Y A UNA VELOCIDAD QUE ESTÉ EN CONCORDANCIA CON LAS OTRAS OPERACIONES DE LA LÍNEA DE ENVASADO, TALES COMO LLENADO Y PROCESADO.

TENGAMOS EN CUENTA QUE ESTE REMACHE HA DE SER LO SUFICIENTEMENTE FUERTE COMO PARA SOPORTAR LAS CONDICIONES DE PROCESADO, ACARREO, EMBARQUE Y ALMACENAMIENTO QUE PUEDAN ENCONTRARSE EN UNA MANIPULACIÓN NORMAL.

FUNDAMENTO DEL REMACHADO

A) TERMINOLOGÍA: - PARA TRATAR LOS FUNDAMENTOS DEL REMACHADO ES INDISPENSABLE CONOCER LA NOMENCLATURA USADA PARA EL REMACHE Y PARA LA UNIDAD DE CUERPO Y DE FONDO DEL ENVASE QUE FORMAN EL REMACHE. LAS FIGURAS 2 Y 3 IDENTIFICAN ESTA TERMINOLOGÍA EN LO QUE ATAÑE A LA UNIDAD DEL FONDO Y AL REMACHE TERMINADO.

B) TIPOS DE MÁQUINAS CERRADORAS: - LAS MÁQUINAS CERRADORAS OFRECIDAS EN EL COMERCIO TIENEN DOS DISEÑOS BÁSICOS, QUE SON IDENTIFICADOS COMO DE ENVASE INMÓVIL Y DE ENVASE GIRATORIO. PRÁCTICAMENTE TODOS LOS DISEÑOS DE MÁQUINAS CERRADORAS, EN LOS COMIENZOS DEL DESARROLLO

MIENTO DE LA INDUSTRIA DE ENVASES, ERAN DEL TIPO DE ENVASE INMÓVIL, CON VELOCIDADES DE OPERACIÓN QUE ALCANZABAN DE 25 A 125 ENVASES POR MINUTO. ESTE DISEÑO ES TODAVÍA EXTENSAMENTE USADO, Y EN MUCHOS CASOS, ES UNA NECESIDAD DEBIDO A LOS PRODUCTOS QUE SE ENVASA. EN ESTE DISEÑO, EL ENVASE INMÓVIL Y EL FONDO SON ENSAMBLADOS ENTRE EL EXTRACTOR Y EL MANDRIL (PLATO). EL EXTRACTOR, LEVANTA EL CUERPO Y FONDO A LA POSICIÓN DE REMACHADO DEL MANDRIL. MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN QUE ESTÁN EN POSICIÓN DIAMETRALMENTE OPUESTAS UNA CON OTRA GIRAN ALREDEDOR DEL MANDRIL ESTACIONARIO Y, POR ACCIÓN DE UNA LEVA, APLICAN PRESIÓN PARA PRODUCIR LA PRIMERA OPERACIÓN (VER FIGURA 1).

DESPUÉS QUE LA PRIMERA OPERACIÓN SE HA COMPLETADO HASTA EL AJUSTE DEBIDO, LO QUE BÁSICAMENTE FORMA EL REMACHE, LAS MOLETAS DE SEGUNDA OPERACIÓN, DIAMETRALMENTE OPUESTAS UNA DE LA OTRA, "PLANCHAN" EL REMACHE HASTA DARLE EL AJUSTE REQUERIDO. (VER FIG. 1). DESPUÉS QUE LA OPERACIÓN DE REMACHADO HA SIDO COMPLETADA Y LAS MOLETAS DE SEGUNDA OPERACIÓN HAN QUEDADO LIBRES, EL EXTRACTOR EJECUTA LA OPERACIÓN DE CONDUCIR EL ENVASE DESDE EL MANDRIL DE REMACHADO, MIENTRAS ES DESCENDIDO HACIA LA POSICIÓN DE DESCARGA POR EL PLATO.

DOS PRINCIPALES SISTEMAS SE EMPLEAN EN EL DISEÑO DE MÁQUINAS DE ENVASE INMÓVIL. UN DISEÑO UTILIZA DOS (2) MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN Y DOS (2) DE SEGUNDA OPERACIÓN COMPRENDIDAS EN UN SOLO CABEZAL. EL OTRO DISEÑO UTILIZA DOS (2) CABEZALES REMACHADORES, UNO PARA LA PRIMERA OPERACIÓN Y OTRO PARA LA SEGUNDA OPERACIÓN AMBOS SON IGUALMENTE DE BUEN RENDIMIENTO.

CON EL AUMENTO DE LAS VELOCIDADES DE ENVASAMIENTO, LOS FABRICANTES DE MAQUINARIAS ENCONTRARON DIFICULTADES EN EL FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS DE ENVASE INMOVIL A VELOCIDADES SUPERIORES A 200 ENVASES POR MINUTO. DE ESTE MODO SE HIZO NECESARIO CONSTRUIR U-

NIDADES DE CABEZALES MÚLTIPLES PARA HACER VIABLE ESTE AUMENTO DE VELOCIDADES. PARA SIMPLIFICAR EL DISEÑO DEL CABEZAL REMACHADOR DE MÁQUINAS DE ETAPAS MÚLTIPLES, SE DESARROLLÓ EL TIPO DE MÁQUINAS CERRADORAS DE ENVASE GIRATORIO. EL CUERPO Y EL FONDO SON CONDUCIDOS HACIA LA POSICIÓN DE REMACHADO PRÁCTICAMENTE EN LA MISMA FORMA QUE AQUELLA DEL DISEÑO DE ENVASE INMÓVIL. AL LLEGAR EL ENVASE A LA ESTRELLA DE REMACHADO, EL EXTRACTOR SE PONE EN CONTACTO CON EL FONDO, MIENTRAS EL PLATO, SINCRONIZADO CON EL EXTRACTOR, LEVANTA EL ENVASE A SU POSICIÓN EN EL MANDRIL. AL HACER CONTACTO CON EL MANDRIL, EL ENVASE COMIENZA A GIRAR CON EL MISMO. UNA MOLETA DE PRIMERA OPERACIÓN, ACCIONADA POR LEVAS, DÁ FORMA A LA PRIMERA OPERACIÓN, (VER FIGURA 1). DESPUÉS DE COMPLETADA LA PRIMERA OPERACIÓN, LA MOLETA DE SEGUNDA OPERACIÓN, ACCIONADA IGUALMENTE POR LEVAS, "PLANCHA" EL REMACHE HASTA EL AJUSTE REQUERIDO. DESDE EL PUNTO DE VISTA MECÁNICO, LA VELOCIDAD RECOMENDABLE PARA CADA MANDRIL, ES DE APROXIMADAMENTE: 100 ENVASES POR MINUTO EN CASI TODOS LOS TIPOS DE CERRADORAS DE ENVASE GIRATORIO. POR EJEMPLO, UNA MÁQUINA QUE TIENE CUATRO MANDRILES TIENE UNA ESTIMACIÓN APROXIMADA DE 350 A 400 ENVASES POR MINUTO; UNA MÁQUINA DE SEIS MANDRILES, 550 A 600 ENVASES POR MINUTO; UNA MÁQUINA DE DIEZ MANDRILES, APROXIMADAMENTE DE 800 A 1000 ENVASES POR MINUTO. HAY OTROS DIVERSOS FACTORES, TALES COMO DERRAME DEL PRODUCTO, DIÁMETRO DEL ENVASE Y TRASLADO DE ENVASES, QUE DEBEN SER CONSIDERADOS AL ESTABLECER LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE UNA MÁQUINA CERRADORA.

DEBERÁ TENERSE EN CONSIDERACIÓN DIFERENCIAS MECÁNICAS EN MÁQUINAS CERRADORAS DE DIFERENTE FABRICACIÓN.

INSPECCIÓN DE REMACHES

A) PROPÓSITO DE LAS INSPECCIONES: - LA INSPECCIÓN REGULAR Y SISTEMÁTICA DE LOS REMACHES HA SIDO, DESDE HACE TIEMPO, RECONOCIDA POR -

LA MAYORÍA DE LOS ENVASADORES COMO UNA GARANTÍA CONTRA LOS REMACHES POCO RESISTENTES E IMPERFECTAMENTE CONSTRUÍDOS. ES NECESARIO CONVENIR EN QUE, LA INVERSIÓN EN EL PRODUCTO EN BRUTO, MÁS EL COSTO DE PROCESADO PUEDE SER PERDIDO TOTALMENTE A MENOS QUE SE TOMEN MEDIDAS PARA ESTABLECER UNA SISTEMÁTICA VALORACIÓN DE REMACHES PONE AL CLIENTE EN CONDICIONES DE ABEGURAR EL VALOR TOTAL DE LA CONFIANZA EN LOS ENVASES Y DEL EQUIPO DE DOBLE REMACHADO. LAS MÁQUINAS CERRADORAS - MEJORES PROYECTADAS Y EQUIPOS RELACIONADOS, DEBEN TENER UN MANTENIMIENTO APROPIADO. TAMBIÉN DEBE RECONOCERSE QUE, DONDE QUIERA QUE INTERVENGA EL ELEMENTO HUMANO, EXISTE UNA POSIBILIDAD DE ERROR.

EL MUESTREO DE ENVASES Y EXAMEN DE REMACHES SE HACE POR DOS RAZONES:

"EXÁMENES DE PUESTA A PUNTO" SE HACEN PARA DETERMINAR SI UNA MÁQUINA TIENE UN AJUSTE APROPIADO, O SI HA SIDO "PUESTA A PUNTO" DEBIDAMENTE, ANTES DE INICIAR LA PRODUCCIÓN.

2 - LOS "CONTROLES DE PRODUCCIÓN" CONSISTEN EN UN CONTÍNUO CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS REMACHES QUE SE ESTÁN PRODUCIENDO. INCLUYEN OBSERVACIONES VISUALES PARA DAR SE CUENTA DE CUALQUIER DEFECTO GROSERO. TAMBIÉN INCLUYEN FRECUENTEMENTE MUESTREOS DE LA PRODUCCIÓN CON EL PROPÓSITO DE TOMAR MEDIDAS DE LAS DIMENSIONES CRÍTICAS. EL PROGRAMA DE MUESTREO PROPUESTO QUE SE RESEÑA, PROPORCIONA UN MEDIO DE OBTENER UNA RAZONABLE SEGURIDAD DE QUE SE ESTÁN PRODUCIENDO REMACHES DE BUENA CALIDAD UTILIZANDO UN MÉTODO PRÁCTICO DE MUESTREO Y VALORACIÓN. EL GRADO DE ESTA SEGURIDAD DEPENDE, INDUDABLEMENTE, DE LA CANTIDAD DE ESFUERZO Y TIEMPO QUE UN CLIENTE QUIERA DEDICAR A UN PROGRAMA DE VALORACIÓN DE REMACHES.

B) MÉTODOS DE VALORACIÓN: - AL EXAMINAR REMACHES, ALGUNAS CARACTERÍSTICAS

PUEDEN SER OBSERVADAS POR LA VALORIZACIÓN VISUAL DE SU APARIENCIA EXTERNA. OTROS FACTORES REQUIEREN LA APLICACIÓN DE APARATOS TALES COMO MICRÓMETROS Y CALIBRES. AÚN EXISTEN OTROS QUE PRECISAN QUE EL REMACHE SEA ABIERTO EN DETERMINADA FORMA ANTES DE PODER SER MEDIDOS Y VALORADOS.

1 - INSPECCIÓN VISUAL: - LAS INSPECCIONES VISUALES DEBERÁN HACERSE USANDO TAMBIÉN LAS MANOS COMO LA VISTA. ALGUNOS DEFECTOS PUEDEN SER DESCUBIERTOS MÁS FACILMENTE POR EL TACTO QUE POR LA VISTA. RECORRA CON EL DEDO A LO LARGO DEL REMACHE, TANTO EN EL INTERIOR (PARED DEL MANDRIL), COMO POR EL EXTERIOR (PARED DEL REMACHE) Y DETERMINE SI EXISTE ALGUNA ASPEREZA, ABOLLADURA O FILO EN EL REMACHE. ESTO, UNIDO A UNA OBSERVACIÓN VISUAL CUIDADOSA DETERMINARÁ SI SE PRESENTA ALGUNO DE LOS DEFECTOS SIGUIENTES: REMACHES PARCIALES, FRACTURAS, FALSOS REMACHES, PESTAÑAS DESPLAZADAS, CAÍDAS DEL REMACHE, ROTURA DEL MANDRIL. LA FIGURA 4 ILUSTRARÁ ALGUNOS DE ESTOS DEFECTOS.

2 - MEDIDAS EXTERIORES: - LAS TRES MEDIDAS EXTERIORES PUEDEN OBTENERSE SIN DESTRUIR LA LATA. ESTAS MEDIDAS SON EL COUNTERSINK, EL ANCHO Y EL ESPESOR. LAS DOS MEDIDAS INTERIORES, QUE SON EL GANCHO DEL CUERPO Y EL GANCHO DE LA TAPA, PUEDEN OBTENERSE SOLAMENTE DESPUÉS DE ABRIR EL DOBLE CIERRE DE UNA MANERA ESPECIAL.

EL COUNTERSINK ES LA DISTANCIA DESDE EL EXTREMO SUPERIOR DEL DOBLE CIERRE HASTA LA TAPA. SE MIDE CON UN MICRÓMETRO DE ESFERA. LA BARRA DEL MICRÓMETRO DE ESFERA DEBE SER APOYADA EN EL EXTREMO SUPERIOR DEL DOBLE CIERRE Y DEBE ATRAVESAR POR EL CENTRO DEL

CÍRCULO FORMADO POR EL DOBLE CIERRE. ANTES DE TOMAR ESTA MEDIDA DEBE AJUSTAR PROPIAMENTE EL MICRÓMETRO DE ESFERA. SE COLOCA ÉSTE EN UNA SUPERFICIE COMPLETAMENTE PLANA. SI EL PUNTERO NO MARCA EL CERO DE LA ESFERA, SE PUEDE SOLTAR EL TORNILLO EXTERIOR Y MOVER LA ESFERA HASTA QUE EL CERO COINCIDA CON EL PUNTERO. DESPUÉS SE APRETA NUEVAMENTE EL TORNILLO PARA MANTENER LA ESFERA FIJA EN LA POSICIÓN DESEA-

EL ANCHO Y EL ESPESOR SE MIDEN CON UN MICRÓMETRO ESPECIAL. ANTES DE USAR EL MICRÓMETRO SE DEBE ASEGURARSE QUE ÉSTE ESTÉ PROPIAMENTE AJUSTADO. CUANDO EL MICRÓMETRO ESTÁ EN LA POSICIÓN CERO, EL CERO DE LA ESCALA MOVIBLE DEBE COINCIDIR CON EL CERO DE LA ESCALA FIJA. SI LA VARIACIÓN ES MÁS DE MEDIO ESPACIO DE GRADUACIÓN SERÁ NECESARIO AJUSTAR EL MICRÓMETRO.

PARA MEDIR EL ANCHO, SE COLOCA LA SUPERFICIE PLANA DEL MICRÓMETRO SOBRE EL CUERPO DE LA LATA. PARA MEDIR EL ESPESOR SE BALANCEA EL MICRÓMETRO APOYANDO EL DEDO EN EL INSTRUMENTO POR ENCIMA DEL CIERRE HASTA QUE EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRE PERPENDICULAR AL ANCHO DEL CIERRE.

3 MEDIDAS INTERIORES: PARA OBTENER LAS MEDIDAS INTERIORES ES NECESARIO ABRIR EL DOBLE CIERRE Y SEPARAR EL GANCHO DEL CUERPO Y EL GANCHO DE LA TAPA. ESTO SE PUEDE HACER DE LA SIGUIENTE MANERA. SE ABRE LA LATA CORTÁNDOSE UN DISCO CENTRAL Y DEJANDO UNA ORILLA DE MÁS O MENOS UN CENTÍMETRO ($3/8$ DE PULGADA) DE ANCHO. UN ABRIDOR DE ATAS PUEDE USARSE CON ESTE OBJETO. ENSEGUIDA SE SACA LA ORILLA SOBRANTE CON UN ALICATE, DESPUÉS SE CORTA EL DOBLE CIERRE CON EL ALICATE Y FINALMENTE SE EMPUJA HACIA ABAJO EL GANCHO DE LA TAPA GOLPEÁNDOLO CON EL ALICATE. LOS GOLPES DEBEN SER SUAVES PARA QUE NO SE DESFORME EL GANCHO

DEL CUERPO. UNA VEZ QUE SE HAYAN SEPARADO LOS DOS GANCHOS SE PUEDEN MEDIR CON EL MISMO MICRÓMETRO CON QUE SE HAN MEDIDO EL ANCHO Y EL ESPESOR.

TANTO LAS MEDIDAS EXTERIORES COMO LAS INTERIORES DEBEN TOMARSE EN TRES O CUATRO POSICIONES DIFERENTES ALREDEDOR DE LA CIRCUNFERENCIA DEL CIERRE CON EXCEPCIÓN DE LA POSICIÓN JUNTA A LA COSTURA LATERAL.

FABRICACION DEL CUERPO DE UNA LATA

LA PRIMERA OPERACIÓN CONSISTE EN CORTAR LA HOJALATA EN EL TAMAÑO ADECUADO. ESTA OPERACIÓN SE REALIZA FUERA DE LA LÍNEA AUTOMÁTICA.

LA HOJALATA YA CORTADA SE ALMACENA EN UN ALIMENTADOR (BODY MAKER), DONDE YA EMPIEZA VERDADERAMENTE LA LÍNEA.

LA HOJALATA INGRESA A UNA ROLA, QUE LE DA UNA CURVATURA SUAVE. PASA LUEGO A UNA CUCHILLAS QUE LA PIQUETEAN A AMBOS LADOS PARA PERMITIR LA FORMACIÓN DE LAS PESTAÑAS QUE INMEDIATAMENTE EJECUTA UNA DOBLADORA. ESTAS PESTAÑAS SON PARA EL CIERRE LATERAL. LAS PESTAÑAS SON IMPREGNADAS DE UN LÍQUIDO PARA SOLDAR.

LAS ALETAS DE FORMACIÓN LAS REDONDEA Y ENGRAMPA Y UN MARTILLO ASEGURA EL ENGRAMPE. LUEGO PASA A UN RODILLO SOLDADOR, QUE SUELDA EL ENGRAMPE. A CONTINUACIÓN, UNA ESCOBILLA LIMPIA EL EXCESO DE SOLDADURA. LA LATA SIGUE UN CAMINO LARGO PARA ENFRIARSE ANTES DE INGRESAR A LA PESTAÑADORA (PESTAÑAS PARA EL CIERRE DE FONDO). FINALMENTE, LLEGA A LA MÁQUINA CERRADO, CUYA OPERACIÓN Y FINES DE ELLA DETALLAMOS EN LAS PÁGINAS ANTERIORES.

CONTROL DEL CIERRE HERMÉTICO DE LATAS

EL CONTROL DE CALIDAD DEL CIERRE LO HEMOS REALIZADO CONTROLANDO SEIS VARIABLES:

- ESPESOR
- 2 ANCHO (O ALTURA)
- 3 PROFUNDIDAD
- 4 GANCHO DEL CUERPO
- 5 GANCHO DE LA TAPA
- 6 PORCENTAJE DE TRASLAPE

PARA ESTABLECER LOS PRIMEROS CUADROS, QUE NOS IBAN A PROPORCIONAR UNA IDEA DEL PROCESO, SE TOMARON 15 MUESTRAS. LOS RESULTADOS QUE ARROJARON ESTAS PRIMERAS MUESTRAS SE PUEDEN OBSERVAR EN LOS CUADROS QUE ENCONTRAREMOS MAS ADELANTE.

HECHAS LAS CORRECCIONES NECESARIAS, EN LAS CUALES SE TUVO EN CUENTA EL CUADRO DE DEFECTOS, SE TOMARON NUEVAS MUESTRAS, MAS ESPACIADAS, PUESTO QUE YA TENÍAMOS IDEA DEL COMPORTAMIENTO DEL PROCESO, QUE ERA BASTANTE BUENO. LOS RESULTADOS PODEMOS VERLOS EN LOS CUADROS CORRESPONDIENTES. ESTAS SEGUNDAS MUESTRAS CONSISTIERON EN UN TOTAL DE 15 MUESTRAS, A RAZÓN DE 5 DIARIAMENTE Y EN DÍAS SÉGUIDOS.

ORIGEN DE DEFECTOSGANCHOS DE CUERPO CORTO

1. PRESIÓN INSUFICIENTE EN EL PLATO.
2. AJUSTE EXCESIVO DE MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN.
3. AJUSTE MUY FLOJO DE MOLETAS DE SEGUNDA OPERACIÓN.
4. ALTURA INDEBIDA DEL MANDRIL REMACHADOR.

GANCHOS DE CUERPO LARGOS

1. EXCESIVA PRESIÓN DEL PLATO.
2. ALTURA INDEBIDA DEL MANDRIL (DEMASIADO BAJO).

GANCHOS DE TAPA CORTOS

1. AJUSTE MUY SUELTO DE MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN.
2. DESGASTE DE MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN.
3. EXCESIVA PRESIÓN DEL PLATO.
4. EXCESIVA PROFUNDIDAD DEL FONDO.

GANCHOS DE TAPA LARGOS

1. AJUSTE EXCESIVO DE MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN.

ANCHO MÁXIMO

1. MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN FLOJAS.
2. SEGUNDA OPERACIÓN MUY APRETADA.
3. DESGASTE DE MOLETAS DE SEGUNDA OPERACIÓN.

ANCHO MÍNIMO

1. PRIMERA OPERACIÓN MUY APRETADA.
2. SEGUNDA OPERACION MUY FLOJA.

PROFUNDIDAD DE FONDO DEFORMADO O IRREGULAR

1. MANDRIL REMACHADOR ROTO O AGRIETADO.
2. FONDOS INCORRECTAMENTE FORMADOS.

EXCESIVA PROFUNDIDAD

1. DESGASTE DE MOLETAS DE PRIMERA OPERACIÓN.
2. DESGASTE DE MOLETAS DE SEGUNDA OPERACIÓN.
3. DESGASTE DE LA PESTAÑA DE LA UNIÓN DEL MANDRIL REMACHADOR.
4. DEMASIADA ALTURA DEL LABIO DEL MANDRIL REMACHADOR.

ESPECIFICACIONES

LA LATA PRODUCIDA TIENE COMO DESIGNACIÓN COMERCIAL 307 x 113,
PARA $\frac{1}{2}$ LIBRA DE ENVASADO.

SUS DIMENSIONES SON:

DIAM. 87.31 MM. ó $3\frac{2}{16}$ "

ALTURA 46.04 MM. ó $1\frac{13}{16}$ "

LAS ESPECIFICACIONES PARA EL CIERRE HERMÉTICO DE TAPAS SON LAS
SIGUIENTES:

ESPESOR

$0.045" \pm 0.004"$

ANCHO

$0.118" \pm 0.005"$

PROFUNDIDAD

$0.126" \pm 0.006"$

GANCHOS

$0.080" + 0.008"$

TRASLAPE

MÍNIMO: 40%

DENTRO DE LOS LÍMITES SEÑALADOS POR ESTAS ESPECIFICACIONES SE
ASEGURA UN CIERRE HERMÉTICO.

GRAFICAS DE CONTROLGráficas para el espesorCarta \bar{X}

$$\begin{aligned}
 LCS &= \bar{X} + A_2R \\
 &= 46.25 + 0.48 (2.33) \\
 &= 46.25 + 1.11 \\
 &= 47.36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCI &= \bar{X} - A_2\bar{R} \\
 &= 46.25 - 0.48 (2.33) \\
 &= 46.25 - 1.11 \\
 &= 45.14
 \end{aligned}$$

$$LC = 46.25$$

Carta R

$$\begin{aligned}
 LCS &= D_4\bar{R} \\
 &= 2.00 (2.33) \\
 &= 4.66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCI &= D_3\bar{R} \\
 &= 0 (2.33) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$LC = 2.33$$

Obtenidos los límites de control para cada una de las cartas, podemos ver en las gráficas siguientes la visualización de estos resultados

Gráficas para el ancho

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \bar{X} + A_2 \bar{R} \\ &= 120.46 + 0.48 (3.66) \\ &= 120.46 + 1.76 \\ &= 122.22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= \bar{X} - A_2 \bar{R} \\ &= 120.46 - 0.48 (3.66) \\ &= 120.46 - 1.76 \\ &= 118.70 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 120.46$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\ &= 2.00 (3.66) \\ &= 7.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (3.66) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 3.66$$

En las gráficas siguientes podemos visualizar estos resultados.

Gráficas para la profundidadCarta \bar{X}

$$\begin{aligned}
 \text{LCS} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} \\
 &= 122.65 + 0.48 (6.86) \\
 &= 122.65 + 3.20 \\
 &= 125.85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LCI} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\
 &= 122.65 - 0.48 (6.86) \\
 &= 122.65 - 3.20 \\
 &= 119.45
 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 122.65$$

Carta R

$$\begin{aligned}
 \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\
 &= 2.00 (6.86) \\
 &= 13.72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\
 &= 0 (6.86) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 6.86$$

En las gráficas siguientes podemos visualizar estos resultados.

Gráficas para el gancho del cuerpo

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} LCS &= \bar{X} + A_2\bar{R} \\ &= 78.47 + 0.48 (5.26) \\ &= 78.47 + 2.53 \\ &= 81.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= \bar{X} - A_2\bar{R} \\ &= 78.47 - 0.48 (5.26) \\ &= 78.47 - 2.53 \\ &= 75.94 \\ LC &= 78.47 \end{aligned}$$

Carta R

$$\begin{aligned} LCS &= D_4\bar{R} \\ &= 2.00 (5.26) \\ &= 10.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= D_3\bar{R} \\ &= 0 (5.26) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$LC = 5.26$$

En las gráficas siguientes podemos visualizar estos resultados.

Gráficas para el gancho de la tapa

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \bar{X} + A_2\bar{R} \\ &= 80.78 + 0.48 (4.00) \\ &= 80.78 + 1.92 \\ &= 82.70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= \bar{X} - A_2\bar{R} \\ &= 80.78 - 0.48 (4.00) \\ &= 80.78 - 1.92 \\ &= 78.86 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 80.78$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4\bar{R} \\ &= 2.00 (4.00) \\ &= 8.00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3\bar{R} \\ &= 0 (4.00) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 4.00$$

En las gráficas siguientes podemos visualizar estos resultados.

Gráficas para el porcentaje de traslape

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned}
 LCS &= \bar{X} + A_2 \bar{R} \\
 &= 68.2 + 0.48 (17) \\
 &= 68.2 + 8.2 \\
 &= 76.4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCI &= \bar{X} - A_2 \bar{R} \\
 &= 68.2 - 0.48 (17) \\
 &= 68.2 - 8.2 \\
 &= 60.0
 \end{aligned}$$

$$LC = 68.2$$

Carta R

$$\begin{aligned}
 LCS &= D_4 \bar{R} \\
 &= 2.0 (17) \\
 &= 34
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LCI &= D_3 \bar{R} \\
 &= 0 (17) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$LC = 17$$

En los gráficos siguientes podemos visualizar estos resultados.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

TAN SOLO ENCONTRAMOS UN PROMEDIO FUERA DE CONTROL EN TODAS LAS CARTAS \bar{X} . PERO AL EXAMINAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS CABEZALES HALLAMOS QUE PRESENTAN MUCHAS VARIACIONES CON RESPECTO A LOS LÍMITES DE CONTROL.

ESTO NOS INDICA QUE ES ENGAMOSO ENFOCAR GLOBALMENTE, MEDIANTE PROMEDIOS Y RANGOS, EL PROBLEMA Y OLVIDAR A CADA CABEZAL COMO ELEMENTO PRODUCTOR. SI NO HUBIÉRAMOS GRAFICADO EL COMPORTAMIENTO DE CADA CABEZAL NO HUBIÉRAMOS PODIDO OBSERVAR LAS VARIACIONES QUE HAY A TRAVÉS DE ELLOS.

AUNQUE, EN GENERAL, EL PROCESO SE HALLA DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES, NO ESTÁ ACTUANDO NORMALMENTE.

SE REVISARON Y AFINARON LOS CABEZALES Y SE TOMÓ NUEVAS MUESTRAS, MÁS ESPACIADAS PUESTO QUE YA TENÍAMOS IDEA DE LA CONSTANCIA, MUY REGULAR, DEL PROCESO.

LAS MUESTRAS SE TOMARON DE LA SIGUIENTE MANERA:

5 MUESTRAS EL DÍA 25/1/65, CADA HORA.

5 MUESTRAS EL DÍA 26/1/65, CADA 2 HORAS.

5 MUESTRAS EL DÍA 27/1/65, CADA 2 HORAS.

SE ESTABLECIERON LÍMITES DE CONTROL NUEVOS PARA LAS 5 PRIMERAS MUESTRAS Y SE USARON PARA LAS SIGUIENTES. CUALQUIER VARIACIÓN SE HUBIERA HECHO PATENTE, PUESTO QUE ES RELATIVAMENTE PEQUEÑO EL NÚMERO DE MUESTRAS QUE USAMOS (5).

VEAMOS LOS RESULTADOS.

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL EN BASE A LAS CINCO PRI-
MERAS MUESTRAS (25/1/65)

ESPESOR

$$\bar{X} = 45.43 \quad \bar{R} = 2.4$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= \bar{X} + A_2 \bar{R} \\ &= 45.43 + 0.48 (2.4) \\ &= 46.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= 45.43 - 0.48 (2.4) \\ &= 44.28 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 45.43$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\ &= 2 (2.4) \\ &= 4.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (2.4) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 2.4$$

ANCHO

$$\bar{X} = 120.49 \quad R = 4.5$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= 120.49 + 0.48 (4.5) \\ &= 122.65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= 120.49 - 0.48 (4.5) \\ &= 118.33 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 120.49$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\ &= 2 (4.5) \\ &= 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (4.5) \\ &= 0 \\ \text{LC} &= \mathbf{4.5} \end{aligned}$$

PROFUNDIDAD

$$\bar{X} = 122.47 \quad \bar{R} = 4.8$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= 122.47 + 0.48 (4.8) \\ &= 124.76 \\ \text{LCI} &= \mathbf{122.47} - 0.48 (4.8) \\ &= 120.18 \\ \text{LC} &= 122.47 \end{aligned}$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\ &= 2 (4.8) \\ &= 9.6 \\ \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (4.8) \\ &= 0 \\ \text{LC} &= \mathbf{4.8} \end{aligned}$$

GANCHO DEL CUERPO

$$\bar{X} = 77.06 \quad \bar{R} = 5$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= 77.06 + 0.48 (5) \\ &= 79.56 \\ \text{LCI} &= 77.06 - 0.48 (5) \\ &= 74.56 \\ \text{LC} &= 77.06 \end{aligned}$$

Carta R

$$\begin{aligned} LCS &= D_4 R \\ &= 2 (5) \\ &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (5) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$LC = 5$$

GANCHO DE LA TAPA

$$\bar{X} = 80.66 \quad \bar{R} = 5.4$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} LCS &= 80.66 + 0.48 (5.4) \\ &= 83.20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= 80.66 - 0.48 (5.4) \\ &= 78.12 \end{aligned}$$

$$LC = 80.66$$

Carta R

$$\begin{aligned} LCS &= 2 (5.4) \\ &= 10.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= 0 (5.4) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$LC = 5.4$$

PORCENTAJE DE TRASLAPE

$$\bar{X} = 69.14 \quad \bar{R} = 12$$

Carta \bar{X}

$$\begin{aligned} LCS &= 69.14 + 0.48 (12) \\ &= 74.90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCI &= 69.14 - 0.48 (12) \\ &= 63.38 \end{aligned}$$

$$LC = 69.14$$

Carta R

$$\begin{aligned} \text{LCS} &= D_4 \bar{R} \\ &= 2 (12) \\ &= 24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCI} &= D_3 \bar{R} \\ &= 0 (12) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{LC} = 12$$

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

ESTABLECIDOS LOS LÍMITES DE CONTROL CON LAS 5 PRIMERAS MUESTRAS (DÍA 25/1/65), LOS MANTENEMOS PARA LAS 10 MUESTRAS SIGUIENTES. VEAMOS AHORA LO QUE SUCEDE EN CADA MEDIDA, PARA CADA CABEZAL Y PARA EL CONJUNTO.

ESPESOR

NINGÚN PROMEDIO SALE DEL CONTROL Y EL COMPORTAMIENTO INDIVIDUAL PRESENTA VALORES DE 44 Y 47 QUE ESTARÍAN FUERA DE LOS LÍMITES; PERO COMO AL MEDIR HEMOS APROXIMADO A LA UNIDAD, PODEMOS TENER BASTANTE CONFIANZA EN QUE NO ES MUY IMPORTANTE EL APARTAMIENTO DEL CONTROL Y PUEDE PASARSE POR ALTO.

LOS RANGOS ESTÁN EN CONTROL.

ANCHO

PROMEDIOS EN CONTROL. INDIVIDUALMENTE, NINGÚN CABEZAL SE APARTA DE LOS LÍMITES.

LOS RANGOS ESTÁN EN CONTROL.

PROFUNDIDAD

PROMEDIOS EN CONTROL. EL CABEZAL 1 PRESENTA UNA MEDIDA FUERA DE CONTROL (126) Y EL CABEZAL 4, DOS BAJO EL LÍMITE INFERIOR (119). RANGOS EN CONTROL.

GANCHO DEL CUERPO

LOS PROMEDIOS TIENEN UN PUNTO FUERA DEL LÍMITE DE CONTROL SUPERIOR. LOS CABEZALES PRESENTAN VARIOS PUNTOS FUERA DEL LÍMITE SUPERIOR. CON TODO, LA TOLERANCIA NATURAL ES MUY INFERIOR A LAS ESPECIFICACIONES. RANGOS EN CONTROL.

GANCHO DE LA TAPA

PROMEDIOS EN CONTROL. LOS CABEZALES 3 Y 5 PRESENTAN DOS PUNTOS BAJO EL LÍMITE INFERIOR Y EL CABEZAL 6 PRESENTA UNO. CABE LA MISMA OBSERVACIÓN QUE PARA EL GANCHO DEL CUERPO.

RANGOS EN CONTROL.

PORCENTAJE DE TRASLAPE

PROMEDIOS EN CONTROL. LOS CABEZALES PRESENTAN PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES; SI TENEMOS EN CUENTA QUE LAS MEDIDAS SE HAN APROXIMADO AL $5/8$, SOLO SE PRESTARÍA ATENCIÓN AL CABEZAL 4, QUE PRESENTA CUATRO PUNTOS SOBRE EL LÍMITE SUPERIOR (80).

RANGOS PRÁCTICAMENTE EN CONTROL, A EXCEPCIÓN DE LA MUESTRA 9, PERO TENIENDO EN CUENTA LA OBSERVACIÓN ANTERIOR, CARECE DE IMPORTANCIA.

RESUMEN

EL PROCESO CUMPLE BASTANTE BIEN SU COMETIDO Y PUEDE DECIRSE QUE NO PRECISA UN CONTROL MUY CUIDADOSO EN LOS ELEMENTOS PRINCIPALES: ESPESOR, GANCHOS Y TRASLAPE. ESTO LO VEREMOS EN EL SIGUIENTE RESUMEN COMPARATIVO CON LAS ESPECIFICACIONES.

ESPESOR

ESPECIFICACIONES: 0.045" ± 0.004"
(DE 41 A 49)

PRIMERA PRUEBA:

$$TN = \frac{6\bar{R}}{D_2}$$

$$= \frac{6(2.33)}{2.534}$$

$$= 5.52$$

CENTRADA EN $\bar{X} = 46.25$; ES DECIR, LOS LÍMITES SERÍAN 43.49 Y 49.01

SEGUNDA PRUEBA:

$$TN = \frac{6\bar{R}}{D_2}$$

$$= \frac{6(2.4)}{2.534}$$

$$= 5.8$$

CENTRADA EN $\bar{X} = 45.43$; LOS LÍMITES SERÍAN, EN ESTE CASO, 42.53 Y 48.33 .

ANCHO

ESPECIFICACIONES: 0.118" ± 0.005"
(ES DECIR DE 113 A 123)

PRIMERA PRUEBA:

$$\begin{aligned} TN &= 6\bar{R}/\sigma_2 \\ &= 6 (3.66)/2.354 \\ &= 8.7 \end{aligned}$$

LOS LÍMITES, SIENDO $\bar{X} = 119.60$, SERÍAN 115.25 Y 123.95, DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES.

SEGUNDA PRUEBA:

$$\begin{aligned} TN &= 6\bar{R}/\sigma_2 \\ &= 6 (4.5)/2.534 \\ &= 10.7 \end{aligned}$$

SIENDO $\bar{X} = 120.49$, SERÍAN LOS LÍMITES 115.14 Y 125.84 .

PROFUNDIDAD

ESPECIFICACIONES: $0.126'' \pm 0.006''$
(0 SEA, DE 120 A 132)

PRIMERA PRUEBA:

$$\begin{aligned} TN &= 6\bar{R}/\sigma_2 \\ &= 6 (6.86)/2.534 \\ &= 16.3 \end{aligned}$$

SIENDO $\bar{X} = 122.65$, TENDRÍAMOS LOS LÍMITES 114.50 Y 130.80 .

SEGUNDA PRUEBA

$$\begin{aligned} TN &= 6\bar{R}/\sigma_2 \\ &= 6 (4.8)/2.534 \\ &= 11.4 \end{aligned}$$

SIENDO $\bar{X} = 122.47$, LOS LÍMITES SERÍAN 118.70

GANCHO DEL CUERPO

ESPECIFICACIONES: $0.080'' \pm 0.008$
(ES DECIR, DE 72 A 88)

PRIMERA PRUEBA:

TN

$$= 6 (5.26)/2.534$$

$$= 12.5$$

SIENDO $\bar{X} = 78.47$, LOS LÍMITES SERÍAN 72.22 Y 84.72 .

SEGUNDA PRUEBA:

$$TN = 6R/d_2$$

$$= 6 (5)/2.534$$

$$= 11.9$$

SIENDO $\bar{X} = 77.06$, LOS LÍMITES SERÍAN 70.11 Y 84.01 .

GANCHO DE LA TAPA

ESPECIFICACIONES: $0.080" \pm 0.008"$
(ES DECIR, DE 72 A 88)

PRIMERA PRUEBA

$$TN = 6\bar{R}/d_2$$

$$= 6 (4)/2.534$$

$$= 9.5$$

SIENDO $\bar{X} = 80.78$, LOS LÍMITES SERÍAN 76.03 Y 85.83

SEGUNDA PRUEBA

$$TN = 6\bar{R}/d_2$$

$$= 6 (5.4)/2.534$$

$$= 12.8$$

SIENDO $\bar{X} = 80.66$, LOS LÍMITES SERÍAN 74.26 Y 87.06 .

PONCENTAJE DE TRASLAPE

ESPECIFICACIONES: MÍNIMO 40%

PRIMERA PRUEBA:

$$TN = 6\bar{R}/d_2$$

$$= 6 (17)/2.534$$

$$= 40.5$$

SIENDO $\bar{X} = 68.2$, LOS LÍMITES SERÍAN 47.95 Y 88.45 .

SEGUNDA PRUEBA

$$TN = 6\bar{R}/d_2$$

$$= 6 (12)/2.534$$

$$= 28.5$$

SIENDO $\bar{X} = 69.14$, LOS LÍMITES SERÍAN 54.89 Y 83.39 .

EXAMINANDO LOS RESULTADOS, ENCONTRAMOS QUE EL ESPESOR NO OFRECE DIFICULTADES. EL ANCHO, TIENDE A SER MENOR QUE EL ESPECIFICADO (EN BAJO PORCENTAJE), PERO ESTO NOS DARÍA UNA MAYOR COMPRESIÓN, YA QUE EL ESPESOR ES MAYOR QUE SU LÍMITE INFERIOR DE ESPECIFICACIÓN. EN IGUAL SITUACIÓN, AUNQUE UN POCO MAS ACENTUADA, SE HALLA LA PROFUNDIDAD. LOS GANCHOS ESTÁN AMPLIAMENTE DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES LO MISMO QUE EL PORCENTAJE DE TRASLAPE.

COSTOS DEL CONTROL DE CALIDAD

LOS COSTOS DEL CONTROL DE CALIDAD SE UTILIZAN PARA MEDIR EL RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES DE CONTROL. ESTÁN INCLUIDOS DENTRO DE ELLOS EL COSTO DE INGENIERÍA DE CONTROL DE CALIDAD, ENTRENAMIENTO DE PERSONAL EN INSPECCIÓN Y EN CALIDAD. EL RENDIMIENTO QUE VALUARÁ LA EFICIENCIA DEL PROGRAMA ESTARÁ DADO POR LAS CIFRAS DE DESPERDICIO, REPROCESADO Y QUEJAS DE LOS CLIENTES.

ES PRECISO ESTABLECER CLARA Y DEFINIDAMENTE LA NECESIDAD DE PROGRAMAR LA UTILIZACIÓN DE ESTA TÉCNICA QUE NOS PERMITE "VER" LOS RESULTADOS ECONÓMICOS DEL CONTROL DE CALIDAD.

EXISTEN 3 ZONAS EN LAS CUALES ESTÁN INCLUIDOS TODOS LOS COSTOS DE CALIDAD DE UN NEGOCIO. ESTAS SON: "ZONA DE PREVENCIÓN", "ZONA DE VALUACIÓN" Y "ZONA DE FRACASOS".

EN LA "ZONA DE PREVENCIÓN" ESTÁN TODOS LOS COSTOS DE PREVENIR DE QUE DEFECTO OCURRA. RESULTAN DEL PLANEAMIENTO DE PLANTEAR UN SISTEMA ADECUADO DE CONTROL DE CALIDAD.

EN LA "ZONA DE VALUACIÓN", LOS GASTOS EN MEDICIONES Y PROGRAMA DE CONTROL EN PROCESO, PARA ASEGURAR QUE SE PRODUCE DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE CALIDAD ESTABLECIDAS.

EN LA "ZONA DE FALLAS" TENEMOS LOS COSTOS DE FALLAS INTERNAS, QUE RESULTAN DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS O MATERIAL QUE NO LLENA LOS REQUISITOS DE CALIDAD DE LA PLANTA, Y LOS COSTOS DE FALLAS EXTERNAS, PROVOCADAS POR LOS PRODUCTOS DEFECTUOSOS QUE LLEGAN A SER EMBARCADOS AL CLIENTE.

PARA ENTENDER MEJOR ESTAS TRES ZONAS DE COSTOS LAS ESTUDIAREMOS UNA POR UNA Y TRATAREMOS DE ESTIMAR LOS COSTOS APROXIMADOS, YA QUE INRESA NO CUENTA AÚN CON UN DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD PLENAMENTE ESTABLECIDO Y LAS LABORES DE ALGUNOS MIEMBROS DE SU PERSONAL SON, EN REALIDAD, UNA PEQUEÑA PORCIÓN DE SU TIEMPO, DEDICADO EN LA MAYOR PARTE A OTRAS OCUPACIONES.

ZONA DE PREVENCIÓN

1. INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD: INCLUYE COSTO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE CONTROL DE CALIDAD Y OTRAS PARTES DE LA ORGANIZACIÓN DE CALIDAD CUYA FUNCIÓN SEA PLANEAR SISTEMAS DE CONTROL PREVIOS A LA PRODUCCIÓN.
EN ESTE INCISO INCLUÍMOS COMO COSTO: UNA HORA DIARIA DEL INGENIERO JEFE DE LA PLANTA, VALUADO ESTO EN \$ 1,500.00 MENSUALES.
2. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN Y ESCRITURA DE LAS INSTRUCCIONES DE INSPECCIÓN Y CONTROL DE PROCESO: COSTO DEL PERSONAL ENCARGADO DE ESCRIBIR LAS INSTRUCCIONES Y LLEVAR LOS CUADROS.
UN EMPLEADO, CON HABER DE \$ 2,000.00 MENSUALES.
3. DISEÑO Y DESARROLLO DEL EQUIPO PARA MEDIR LA CALIDAD: COSTO DEL EQUIPO DE CALIBRADORES Y APARATOS DE CONTROL Y EQUIPO ESPECIAL DE PRUEBAS.
SE CUENTA CON DOS MICRÓMETROS, UN CORTADOR, UNA CÁMARA CON PROYECTOR PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE TRASLAPE, CON UN COSTO APROXIMADO TOTAL DE \$ 12,000.00 . LA DEPRECIACIÓN LA PODEMOS ESTIMAR EN \$ 150.00 MENSUALES.
4. ENTRENAMIENTO DE PERSONAL EN CONTROL DE CALIDAD: INCLUYE EL COSTO DE PROGRAMAS FORMALES DE ENTRENAMIENTO EN CONTROL DE CALIDAD.
NO SE REALIZA.

ZONA DE VALUACIÓN

1. INSPECCIÓN DE RECIBO: COSTOS DEL DEPARTAMENTO DE RECIBO.
NO HAY.
2. LABORATORIO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN: COSTO DE LAS PRUEBAS HECHAS EN EL LABORATORIO PARA VALUAR EL MATERIAL DE ENTRADA.
NO HAY.
3. LABORATORIO U OTROS SERVICIOS DE MÉDICIÓN: COSTOS DE LOS SERVICIOS DE LABORATORIO QUE NO SEAN APLICADOS AL MATERIAL DE RECIBO. PUEDEN INCLUIRSE AVISOS O PREVENCIÓNES

SOBRE EL PROCESO, CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS, REPARACIONES, ETC.

NO HAY.

4. INSPECCIÓN: COSTOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INSPECCIÓN, EXCEPTO LOS DE LA INSPECCIÓN DE RECIBO, INCLUIDA EN EL INCISO 1.

EN NUESTRO CASO, SE CUENTA CON 6 INSPECTORES, CON HABERES DE 70 SOLES DIARIOS. MENSUALMENTE, ESTO SIGNIFICA \$ 12,600.

5. PRUEBAS: ALGUNAS COMPAÑÍAS CUENTAN CON UN DEPARTAMENTO DE PRUEBAS, SEPARADO Y DISTINTO DEL DEPARTAMENTO DE INSPECCIÓN.

UN INSPECTOR REALIZA LAS PRUEBAS. CON HABER DE 70 SOLES DIARIOS, \$ 2,100.00 MENSUALES.

6. MANO DE OBRA DE VERIFICACIÓN: COSTO DEL TIEMPO EMPLEADO POR EL OPERARIO EN VERIFICAR SU PROPIO TRABAJO. LA LÍNEA ES AUTOMÁTICA Y NO EXISTE ESTE COSTO.

7. MATERIAL Y PRUEBAS DE INSPECCIÓN: COSTOS DEL MATERIAL Y PRODUCTO CONSUMIDO EN PRUEBAS DESTRUCTIVAS.

CADA HORA SE TOMA UNA MUESTRA DE TAMAÑO 6, ES DECIR, 48 LATAS DIARIAS. EL COSTO DE ESTAS 48 LATAS (QUE CONFORMAN UNA CAJA CUYO PRECIO ES \$ 61.00) ES DE \$ 54.00, DESCANTANDO EL PRECIO DEL CARTÓN. SIGNIFICAN \$ 1,620.00 MENSUALES.

8. CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PRUEBAS: COSTOS DE MANTENER Y CALIBRAR EL EQUIPO. LO REALIZA EL MISMO INSPECTOR DE PRUEBAS.

ZONA DE FALLAS

1. DESPERDICIO: TODAS LAS PERDIDAS POR DESPERDICIO, EXCEPTUANDO AQUELLOS QUE SEAN CAUSADAS POR EL PROVEEDOR.

SE TIENE COMO PROMEDIO UN DESPERDICIO DE 300 CAJAS MENSUALES, DE LAS CUALES 30 SON POR PRUEBAS DESTRUCTIVAS. EL COSTO SERÍA $270 \times 54 = \$ 14,580$. MENSUALES.

MANEJO DEL MATERIAL RE-

4. TIEMPO DEL PERSONAL DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA UTILIZADO EN LA PLANTA.

HEMOS CONSIDERADO 1 HORA DIARIA DEL TIEMPO DEL INGENIERO JEFE DE PLANTA.

5. USO EXCESIVO DE MATERIALES: COSTOS PROVENIENTES DEL EMPLEO EXCESIVO E INÚTIL DE MATERIAL.

ESTOS CINCO PUNTOS COMPRENEN A LAS LLAMADAS "FALLAS INTERNAS".

6. QUEJAS: COSTO DE LOS AJUSTES HECHOS A LAS QUEJAS DE LOS CLIENTES.

NO EXISTEN EN NUESTRO CASO.

7. SERVICIO EN EL PRODUCTO: COSTOS DE LAS CORRECCIONES DE LAS IMPERFECCIONES.

NO EXISTE EN NUESTRO CASO.

ESTOS DOS ÚLTIMOS PUNTOS CORRESPONDEN A LAS ZONAS INTERNAS.

EN TOTAL, LOS COSTOS DEL CONTROL DE LA CALIDAD REPRESENTAN PARA INRESA LA SUMA DE \$ 34,550.00 MENSUALES.

EL TOTAL DE VENTAS ES UNA BUENA BASE DE COMPARACIÓN. VEAMOS A CUANTO APROXIMADAMENTE ASCIENDEN:

PRODUCCIÓN MENSUAL: 100,000 CAJAS

PRECIO POR CAJA, EX-
CLUÍDO EL PRECIO DEL

CARTÓN: 54 SOLES

VOLUMEN DE VENTAS: 5'400,000.00 SOLES

EL COSTO DEL CONTROL SIGNIFICA UN 0.64%, O SEA POCO MÁS DE $\frac{1}{2}$ POR CIENTO. ESTO ES UN BUEN ÍNDICE PORQUE NOS PERMITE RECOMENDAR LA AMPLIACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL HASTA ABARCAR TODAS O LA MAYORÍA DE LAS DEPENDENCIAS ENUNCIADAS EN LAS ZONAS, PUESTO QUE LOS COSTOS ACTUALES SON RELATIVAMENTE PEQUEÑOS.

CLARO QUE PODRÍA ARGÜIRSE DE QUE HAY UNA SERIE DE ACÁPITES QUE NO REPRESENTAN GASTO ALGUNO YA QUE LA LÍNEA AUTOMÁTICA REDUCE LOS GASTOS Y QUE SERÍA INÚTIL AUMENTAR EL PERSONAL. PERO SIEMPRE CABE EL ARGUMENTO DE QUE LA PREVENCIÓN NUNCA ESTÁ

DEMÁS Y QUE PUEDEN EXISTIR UNA SERIE DE PUNTOS DEL PROCESO EN LOS CUALES SE ESTÉ PERDIENDO VANAMENTE TIEMPO Y MATERIAL Y QUE UN ADECUADO SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD LOS DESCUBRIRÍA A UN COSTO MENOR QUE EL DE LAS MISMAS PÉRDIDAS.

LA FORMA EN QUE HEMOS ENFOCADO ESTE CAPÍTULO HA TENDIDO A MOSTRAR COMO SE EVALUARÍAN LOS COSTOS DE CALIDAD EN UNA EMPRESA QUE CONTARA CON UN DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DEBIDAMENTE FORMADO Y EQUIPADO. INDUDABLEMENTE, EN NUESTRO MEDIO, SE CUENTA CON CIERTAS EMPRESAS CAPACES DE SOSTENER UNA ORGANIZACIÓN DE CALIDAD COMO LA ESBOZADA Y LA MISMA EN LA CUAL HEMOS REALIZADO ESTE ESTUDIO CUENTA CON UN VOLUMEN DE PRODUCCIÓN CAPAZ DE MEREERLO.

CONCLUSIONES

LAS CONCLUSIONES A QUE NOS CONDUCE EL ANÁLISIS DE ESTE PROBLEMA PODEMOS RESUMIRLAS EN LAS SIGUIENTES:

EL PROCESO ES BASTANTE ESTABLE Y SÓLO PRECISA UN CONTROL QUE, EN RELACIÓN CON EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN, SE PUEDE CONSIDERAR PEQUEÑO: TOMAR UNA MUESTRA CADA HORA Y USAR LAS CARTAS DE CONTROL DE PROMEDIOS Y RANGOS DE LA SEGUNDA MUESTRA. SI ALGÚN PROMEDIO O RANGO SALE FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL, TOMAR INMEDIATAMENTE OTRA MUESTRA. SI ÉSTA ES CONFORME, DEJAR SOLO AL PROCESO. SI VUELVE A SALIR DEL CONTROL, CHEQUEAR CON LAS ESPECIFICACIONES Y SOLO DETENER Y REAJUSTAR LA MÁQUINA EN CASO DE QUE LAS MEDIDAS SE ACERQUEN MUCHO, SALIÉNDOSE DEL CONTROL, A DICHAS ESPECIFICACIONES.

CADA 15 DÍAS ESTABLECER NUEVAS GRÁFICAS DE CONTROL EN BASE A LAS 12 ÚLTIMAS MUESTRAS TOMADAS, USANDO LOS FORMATOS ANTERIORES Y PRESTANDO ATENCIÓN AL COMPORTAMIENTO INDIVIDUAL DE LOS CABEZALES.

REVISAR LOS CABEZALES QUE PRESENTEN PUNTOS FUERA DE CONTROL QUE SE ACERQUEN NOTORIAMENTE A LOS LÍMITES DE ESPECIFICACIONES.

ARCHIVAR Y GUARDAR TODA LA INFORMACIÓN POSIBLE PARA CALCULAR LOS LÍMITES DE LOS PARÁMETROS CON

MAYOR EXACTITUD.

PROCURAR ESTABLECER UN SISTEMA PERMANENTE DE CONTROL DE CALIDAD, ÚNICO MEDIO DE PREVEER DESVIACIONES DE LA NORMAL CAPACIDAD DE LA MÁQUINA, O EL PROCESO, Y ASEGURAR LA ESTABILIDAD DEL PRODUCTO DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS.

BIBLIOGRAFÍA

CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDADES

AUTOR: CARLOS PAZ SHAW

INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACIÓN DEL TRABAJO
MADRID 1955

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

AUTOR: E. BLANCO

EDITORIAL GRÁFICAS NEBRIJAS - MADRID 1954

CONTROL TÉCNICO Y ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

AUTOR: MAURICE TEILLAC

EDICIONES DEUSTO S.A. - BILBAO 1962

QUALITY CONTROL

AUTOR: E. GRANT

EDITORIAL MC GRAW - HILL

STATISTICS

AUTOR: MURRAY SPIEGEL

COLECCIÓN SCHAUM

CONTROL DE CALIDAD

AUTOR: GEORGE ANDREWS. INGENIEROS ASOCIADOS

CENTRO REGIONAL DE AYUDA TÉCNICA - AGENCIA PARA EL
DESARROLLO INTERNACIONAL (AID). MÉXICO 1963

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD

NOTAS DEL CURSILLO DICTADO POR LOS PROFESORES

CLIFFORD Y DAVID CHAMBERS

CENTRO NACIONAL DE INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
(CENIP). LIMA 1964