

Leeds
Reposado
Re Reposado.

05.02.01.

MUESTREO DEL TRABAJO

10.30.01

Handwritten notes in the top right corner, possibly including a signature and some illegible text.

CLASIFICACION DEL DOCUMENTO

INDICE

<u>PARTE I - UBICACION Y EVALUACION DEL TEMA</u>	Pág. 1
1. TITULO	
2. INTRODUCCION	
3. DEFINICION	
4. UBICACION DEL TEMA DENTRO DEL CONTEXTO DE LA MATERIA	
5. CONEXION CON CONOCIMIENTOS PREVIOS	
6. OBJETIVOS DEL TEMA	
7. VALOR DEL TEMA PARA EL INGENIERO INDUSTRIAL	
8. CAMPO DE APLICACION	
9. ALCANCE DEL TEXTO	
10. APLICACION Y DESARROLLO DEL TEMA EN EL AMBITO NACIONAL Y MUNDIAL.	
<u>PARTE II - FUNDAMENTOS TEORICOS</u>	Pág. 4
11. TEORIA	
11.1 Nomenclatura adoptada	
11.2 Base estadística	
11.3 Muestreo de performance	
11.4 Medios gráficos	
<u>PARTE III - TECNICAS OPERATIVAS</u>	Pág. 20
11.5 Tipos de técnicas de muestreo	
11.6 Preparación del muestreo	
11.7 Ejecución del muestreo	
11.8 Secuencia operativa del muestreo de actividad	
11.9 Secuencia operativa del muestreo de performance	
11.10 Cálculos de tiempos normales.	
<u>PARTE IV - TRATAMIENTO DE CASOS Y PROBLEMAS PROPUESTOS</u>	Pág. 39
<u>PARTE V - TABLAS Y MEDIOS GRAFICOS</u>	Pág. 54

1947

1948

1949

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

1972

1973

1974

1975

1976

1977

1978

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989

1990

1991

1992

1993

1994

1995

1996

1997

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

2025

PARTE I - UBICACION Y EVALUACION DEL TEMA

1. TITULO: Muestreo del Trabajo.

2. INTRODUCCION:

El muestreo del Trabajo es una técnica basada en las leyes de la probabilidad. Una muestra extraída aleatoriamente de una población tiende, si la muestra es suficientemente grande, a tener la misma distribución que esa población.

Cuando se requiere estudiar un suceso, resulta mas conveniente el análisis de las muestras representativas del mismo, que su observación a través de largos períodos.

3. DEFINICION.

El muestreo es una técnica estadística de medida, apta para el análisis cuantitativo de las actividades de hombres, máquinas o cualquier estado observable de una operación.

Consiste en efectuar un número adecuado de observaciones tomadas al azar para denotar una condición del universo estudiado y, a través del análisis de esas observaciones o muestras, inferir condiciones o características de ese universo.

4. UBICACION DEL TEMA DENTRO DEL CONTEXTO DE LA MATERIA

Bolilla N° 6 del programa vigente.

5. CONEXION CON CONOCIMIENTOS PREVIOS.

Para entrar en este tema se deberá tener conocimientos de estadística.

6. OBJETIVOS DEL TEMA.

Proporcionar una herramienta sumamente versátil y eficaz, para el análisis de gran parte de los problemas que se presenten en el

"mundo productivo" y que suele ser en determinados casos el único medio de análisis.

7. VALOR DEL TEMA PARA EL INGENIERO INDUSTRIAL.

7.1 Fundamental por sus ventajas sobre otras técnicas de medición.

- . Requiere menor tiempo de trabajo del analista y por lo tanto su costo es menor.
- . El analista puede ser una persona sin mayor calificación técnica.
- . Permite la observación simultánea de un número grande de máquinas y/o personas.
- . No requiere presencia permanente del analista, lo que evita la deformación del desarrollo habitual de la actividad.
- . No requiere el uso del cronómetro, evitándose con ello todas las reacciones que su uso puede acarrear.
- . Como las observaciones se realizan a través de un período de varios días o semanas, en el estudio están incluidos todos los factores que afectan al hecho estudiado.
- . El muestreo de trabajo puede ser interrumpido en cualquier momento sin que afecte al resultado (continuándolo en su momento oportuno).

Teniendo en cuenta sus desventajas:

- . Se obtiene información general y no detallada. El operario puede variar el método sin que éste sea detectado.
- . No resulta económico para estudiar una operación altamente repetitiva y de pequeños ciclos.

7.2 Insustituible en muchos casos.

(Se tratará de demostrarlo)

7.3 Versátil por su gran campo de aplicación

Este se detalla a continuación:

8. CAMPO DE APLICACION

1- Medición de actividades e inactividades de hombres máquinas

y equipos (% de actividad de un operario, % de trabajo de una máquina).

2- Determinación del nivel de actuación de un operario en una tarea determinada.

La combinación de éstos elementos, su complementación con otros adicionales, hacen posible un gran número de aplicaciones, entre las que destacamos:

- Medidas de las actividades e inactividades, demoras, etc. de personas (Porcentaje de la jornada en que el personal trabajo o estuvo ocioso).
- Evaluación de la PERFORMANCE del personal. Permite obtener el nivel de actuación (actuación promedio) de las actividades productivas de un operario durante la jornada de trabajo.
- Medición del contenido de trabajo de una tarea. Permite calcular el tiempo normal de una tarea determinada.
- Medida del tiempo de interrupción de máquinas y determinación del coeficiente de utilización de las mismas.
- Establecimiento de primas de mano de obra indirecta (incentivos para mano de obra indirecta).
- Determinación de datos para aplicación de teoría de colas

9. ALCANCE DEL TEXTO

Con esta publicación se ha pretendido sintetizar y poner al alcance del lector este tema sumamente disperso en la bibliografía clásica.

10. APLICACION Y DESARROLLO DEL TEMA EN EL AMBITO NACIONAL Y MUNDIAL.

Donde haya un hombre trabajando o una máquina en funcionamiento, podremos utilizar esta técnica que tendrá solamente la propia limitación de quién la utilice. Por eso, creemos que seguirá aumentando su grado de aplicación, incluso en nuevas áreas aún no experimentadas.

Reiterando vamos a presentar la técnica del muestreo del trabajo, herramienta tan precisa como se requiera.

PARTE II - FUNDAMENTOS TEORICOS

11. TEORIA

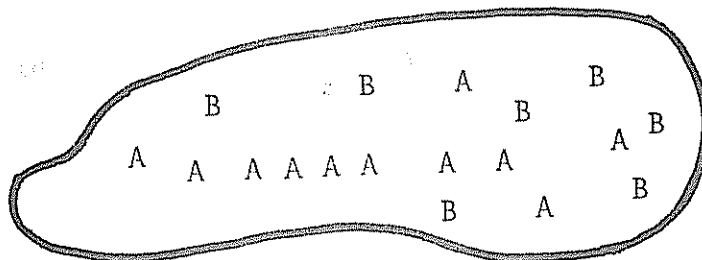
11.1 Nomenclatura adoptada:

P	Porcentaje de actividad
P _{acum}	Porcentaje de actividad acumulado
q	Porcentaje de inactividad
S _{abs}	Precisión absoluta
S _r	Precisión relativa
n	Número de observaciones
n _f	Número de observaciones faltantes
n _{piloto}	Número de observaciones piloto
n _d	Número de observaciones por día
m	Coefficiente de confianza
T	Plazo de entrega del estudio
t _{std}	Tiempo standard
t _t	Tiempo total
N _c	Nivel de confianza
N _a	Nivel de actuación
σ	Desvío standard
Sup	Suplementos
L _c	Límite de control
L.C.I.	Límite de control inferior
L.C.S.	Límite de control superior

11.2 Base estadística

11.2.1 Introducción

Supongamos una población de elementos A y B caracterizada por su tamaño N, suma de todos aquellos.



$$N = N_A + N_B$$

N_A = Total de elementos A

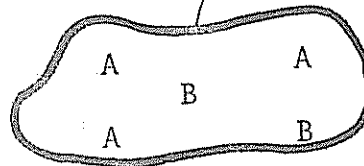
N_B = Total de elementos B

Podemos establecer las siguientes relaciones:

$$P_A = \frac{N_A}{N} \cdot 100 = \text{Porcentaje de A en la población}$$

$$P_B = \frac{N_B}{N} \cdot 100 = \text{Porcentaje de B en la población}$$

Si se extrae una muestra formada por n elementos y suponiendo que $N \rightarrow \infty$ y $n \ll N$



$$n = n_a + n_b$$

n_a = Total de elementos A "en la muestra"

n_b = Total de elementos B "en la muestra"

Podemos igualmente establecer las relaciones:

$$p_a = \frac{n_a}{n} \cdot 100 = \text{Porcentaje de A en la muestra}$$

$$p_b = \frac{n_b}{n} \cdot 100 = \text{Porcentaje de B en la muestra}$$

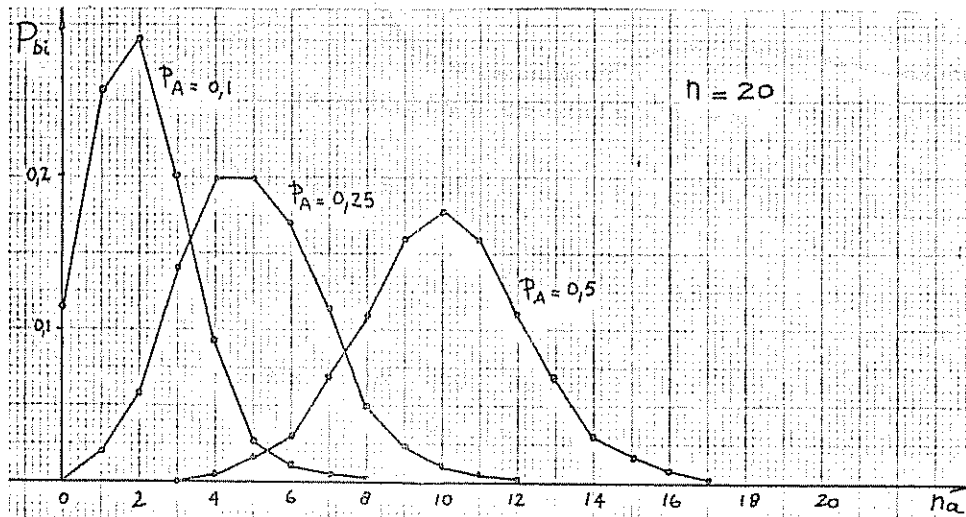
¿Cuál será la probabilidad de tomar una muestra de tamaño n de una población con porcentaje de elementos A igual a P_A , y obtener exactamente n_a ?

De acuerdo a la probabilidad binomial tendremos:

$$P_{bi}(n_a; n; P_A) = \frac{n!}{n_a! (n - n_a)!} \cdot P_A^{n_a} \cdot (1 - P_A)^{n - n_a}$$

Expresión que nos dá la distribución de probabilidad muestral teórica binomial.

Supongamos una muestra de 20 elementos ($n=20$) y calculemos dicha probabilidad de obtener 1,2,3,4,5 ; 19 o 20 elementos A, conociendo el porcentaje que tiene en su población ($P_A = 0,1 = 10\%$)



Hemos representado también el mismo caso para

$P_A = 0,25 = 25\%$ y $P_A = 0,5 = 50\%$

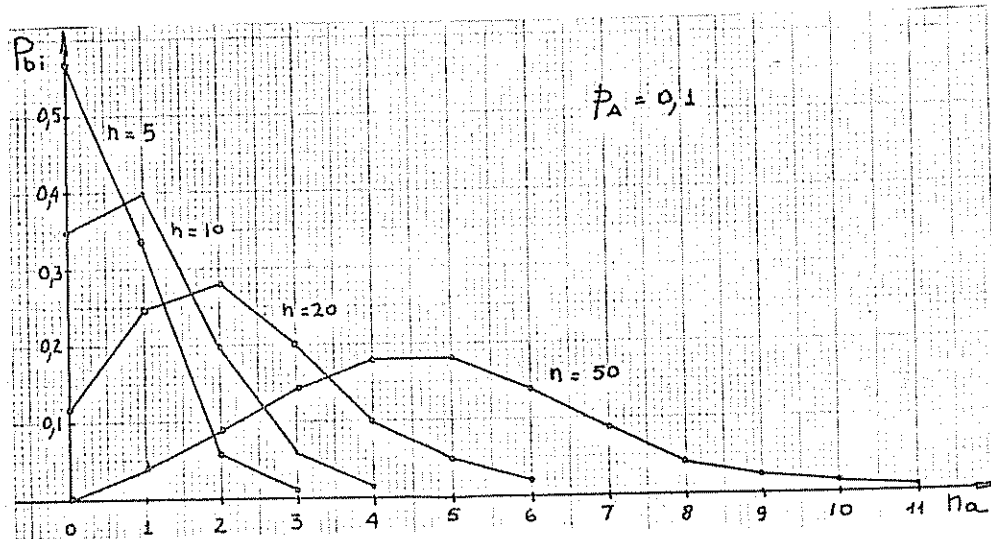
Podemos sacar algunas conclusiones:

- Para un mismo tamaño muestral a medida que se acerca el porcentaje de la población al valor $0,5 = 50\%$, la distribución binomial se aproxima mas a una distribución normal.
- El valor de n_a que corresponde al modo, dividido por n

$$\frac{n_a}{n} = P_A \text{ dá una aproximación de } P_A.$$

Supongamos ahora que tomamos muestras de distinto tamaño ($n=5$; $n=10$; $n=20$ y $n=50$) de una población de $P_A=0,1 = 10\%$.

Representando sus distribuciones muestrales teóricas binomiales tendríamos:



Conclusión:

°A pesar de provenir la muestra de una población de bajo porcentaje $P_A = 0,1 = 10\%$, aumentando el tamaño muestral n , su distribución se aproximará mas a una distribución normal.

11.2.2 Cambio de variable.

Recordando que el desvío standard de la distribución binomial es :

$$\sigma_{bi} = \sqrt{n \cdot p \cdot (1-p)} \text{ y que estamos estudiando a } P_a \text{ y } \underline{\text{no}} \text{ a } n_a.$$

Realizamos el siguiente cambio de variables:

$$1) \quad P_a = \frac{n_a}{n} \quad \Rightarrow \quad \bar{P}_a = \frac{\bar{n}_a}{n}$$

$$2) \quad \sigma_{P_a} = \frac{\sigma_{n_a}}{n} = \frac{\sigma_{bi}}{n} = \sqrt{\frac{n \cdot p \cdot (1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}}$$

11.2.3 Aproximación de la distribución binomial a la normal

Por lo visto anteriormente y para estudiar el muestreo en forma más simple, conviene aproximar la distribución binomial a

a para conocer las
 al tiene un ciclo
 menor a 20 días no
 Se deduce que el
 elementos que influyen
 rentes a épocas anor
 s normales.
 atificación, es decir,
 ciones son distintas.
 picos y muy diferen-

ón (S)
 total de observaciones

queremos inferir), no
 círculo vicioso. Para
 loto (100 observacio-

0.5 = 50% con el posi
 riamente la toma de
 o, pues esas observacio

100 observaciones por
 bable de la muestra).
 bservaciones.

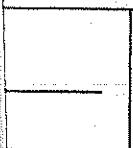
o piloto y se realizan
 0 observaciones se de-

NORMALES POR MUESTREO DEL TRABAJO.

de un muestreo de actividad hemos
 rarios trabaja productivamente el
 cabo de todo el día producen

$$0,80 = 0,19 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

al tiempo observado de cronometra-
 l muestreo de performance podremos



el cual se ha obtenido lo produ-
 ión media
 ctividad.

un muestreo de actividad

culo se adjuntan en la Parte V un
 de observaciones de un muestreo
 explicación adicional, encontrán-
 s.

$$\% = 0,95$$

ontrol para un muestreo de actividad

equiere explicación adicional.
 se calculan los límites de control
 rias (nd).

$$5\% = 0,95$$

Así definido tendríamos:

$$T_v = \sum_1^{N_0} T_0 + \text{tiempo de regreso.}$$

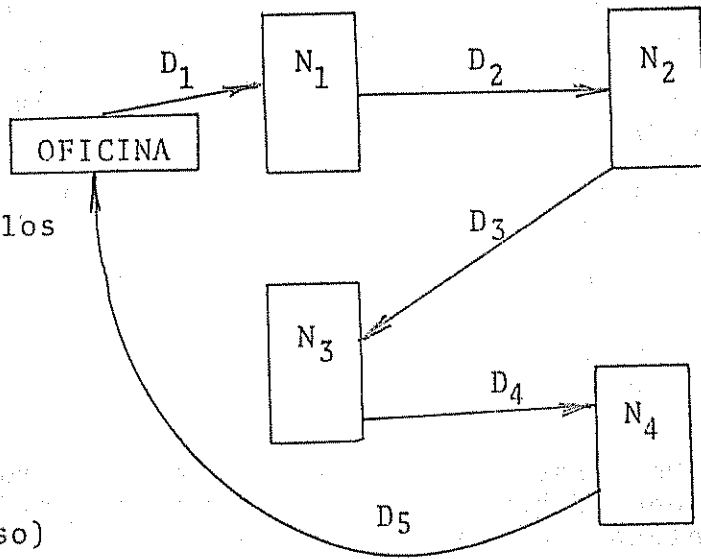
Ejemplo:

El recorrido incluye 4 estaciones desde donde se observan:

- $N_1 = 15$ puestos
- $N_2 = 10$ puestos
- $N_3 = 10$ puestos
- $N_4 = 10$ puestos

y las distancias entre ellos

- $D_1 = 20$ mts.
- $D_2 = 40$ mts.
- $D_3 = 60$ mts.
- $D_4 = 40$ mts.
- $D_5 = 80$ mts. (regreso)



Tiempo necesario de observación:

Estación 1:	$0.1 + 0.015 \times 20 + 0.04 \times 15 = 1,0$ min.
Estación 2:	$0.1 + 0.015 \times 40 + 0.04 \times 10 = 1,1$ min.
Estación 3:	$0.1 + 0.015 \times 60 + 0.04 \times 10 = 1,4$ min.
Estación 4:	$0.1 + 0.015 \times 40 + 0.04 \times 10 = 1,1$ min.
Regreso oficina:	$0 + 0.015 \times 80 + 0 = 1,2$ min.
<hr/>	
Tiempo por viaje (T_v)	= 5,8 min.

Suponiendo que todas las observaciones sean homogéneas, resulta que en 5,8 minutos hacemos 45 observaciones.

En base al número de observaciones diarias necesarias (n_d), y al T_v puede así calcularse el tiempo total de aquellos y por lo tanto la cantidad de observadores necesarios para cumplir con el plazo fijado.

11.7.7 Determinación del horario de los viajes

Para evitar que el operario altere su forma de actuación cuando el analista es visto, se proveerá; en lo posible, varios itinerarios distintos.

Esto se logra numerando los puestos de observación y estableciendo la secuencia del recorrido por uso de una tabla de números al azar.

La duración del circuito es calculada teniendo en cuenta el tiempo que tarda el observador en efectuar la observación, el número de observaciones, el recorrido del mismo y por supuesto incluyen do las tolerancias necesarias.

Una vez establecida la duración de la observación, se procede a determinar el número de unidades de tiempo que integran el período de estudio, numerándose correlativamente cada una de ellas. Si la duración de cada observación fuese de un minuto y el período de estudio un día de trabajo (8 horas), el número de unidades de tiempo que integran dicho período sería 480. Numeradas estas unidades de 1 a 479 se acude a una tabla de números al azar y se buscan números de 3 cifras menores que 479, en cualquier dirección, así el Nro. 167 representa que en el minuto 167 se deberá hacer una observación, si la jornada comienza a las 6 horas corresponderá a las 8 horas 47'. (Ver tabla adjunta).

Es importante recordar que deben quedar perfectamente definidos:

- . Tiempos de observación
- . Rutas
- . Puntos de observación

Para asegurar la eliminación de errores sistemáticos, las observaciones deben hacerse en forma instantánea sin que el observador pretenda adivinar ni lo que pasó, ni lo que va a pasar. Debe limitarse a registrar lo que ve en el instante en que mira.

Es conveniente, al iniciar el muestreo tener categorías en exceso y no en defecto, pues es preferible una mayor información, que nos de mejores medios de análisis y gracias a ello se obtienen datos que si bien estadísticamente no tienen valor, permiten detectar problemas de organización del trabajo, que a lo mejor no se tenían en cuenta. Un caso clásico es cuando se muestrea el tiempo de utilización de una máquina y se ve a ésta parada, puede ser importante conocer el motivo de esa parada. Por ejemplo:

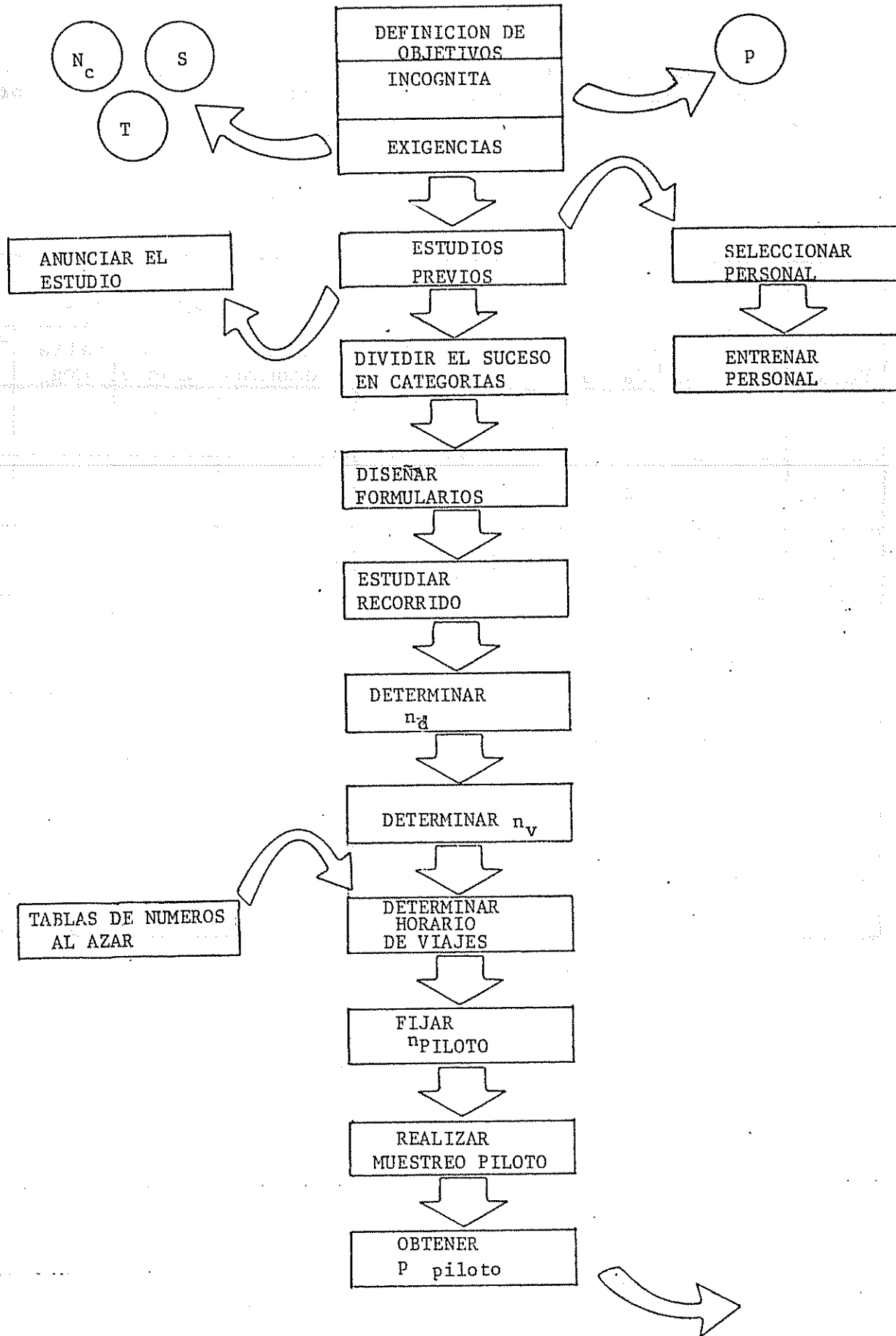
máquina parada	Inconvenientes mecánicos
	Falta de herramientas
	Falta de materiales
	Falta de operario
	Varios (causas desconocidas)

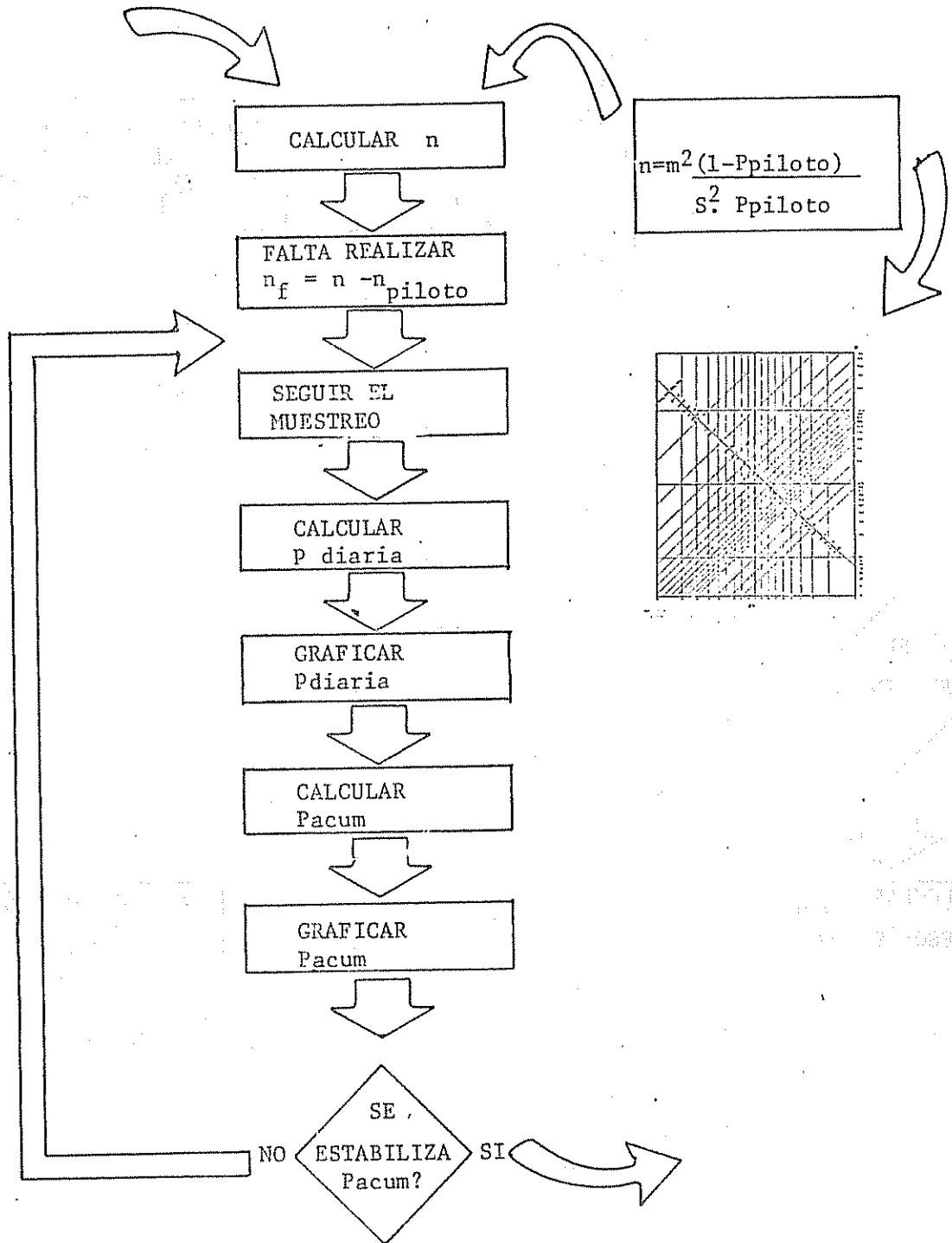
Por lo tanto, siempre un estudio conviene que sea realizado en la forma más completa posible, pues se puede reunir información que puede servir para otros estudios, máxime considerando que esta información extra se logra "gratis".

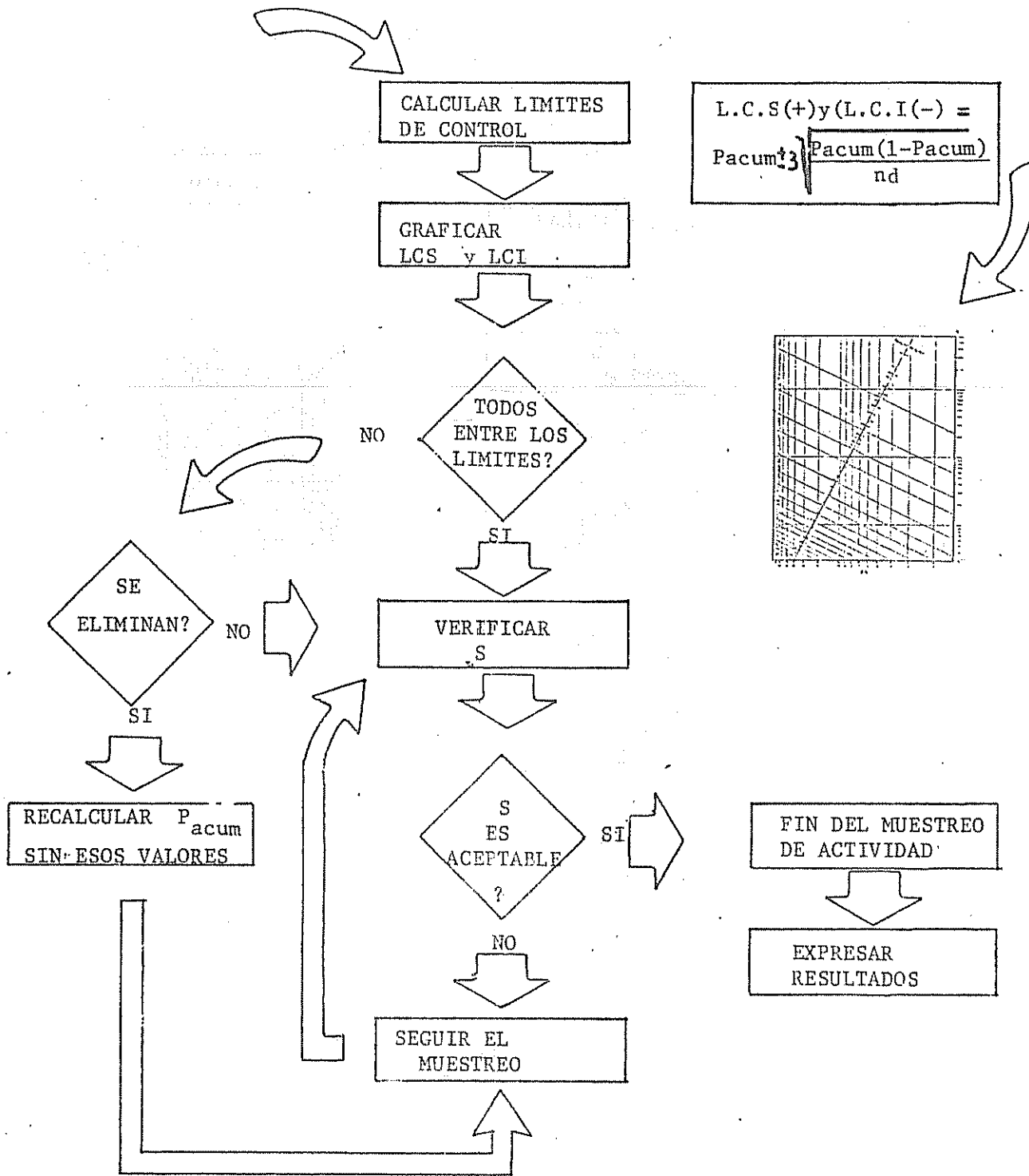
Un diseño de formulario de registro que da buenos resultados es el de doble entrada con puestos de trabajos (o equipos) y observaciones.

Observación	Máquina trabajando				Máquina parada			
	En preparación	Carga	En trabajo	Total	Inconv. mecánicos	Falla material	Falta prog.	Total
1	IIIIII	II	IIII	—	I	III	I	—
2		I	II	—				—
3	II		IIIIII	—	-			—
4								
5								
6								
7								
TOTAL	-	-	-		-	-	-	

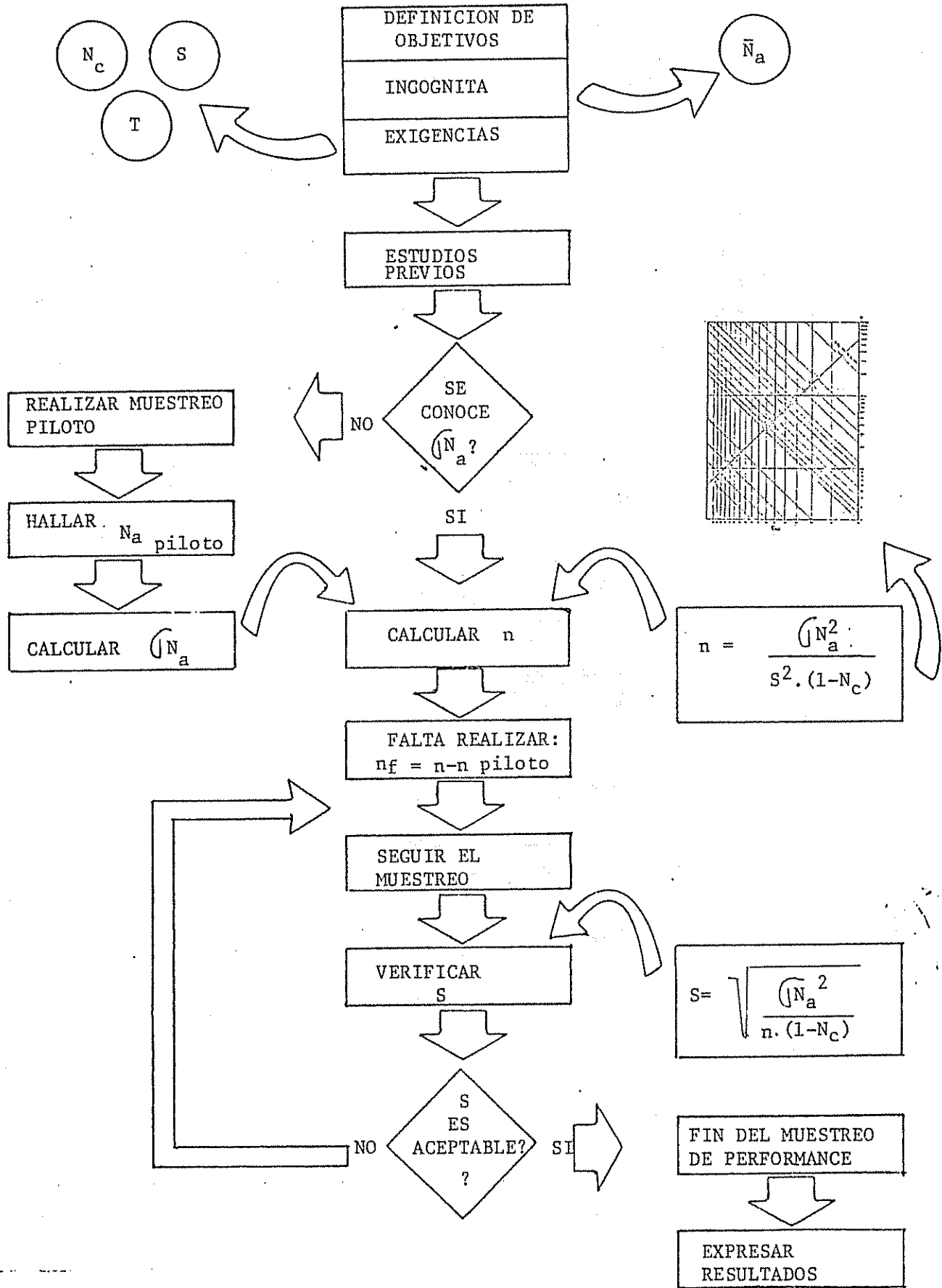
SECUENCIA OPERATIVA DEL MUESTREO DE ACTIVIDAD



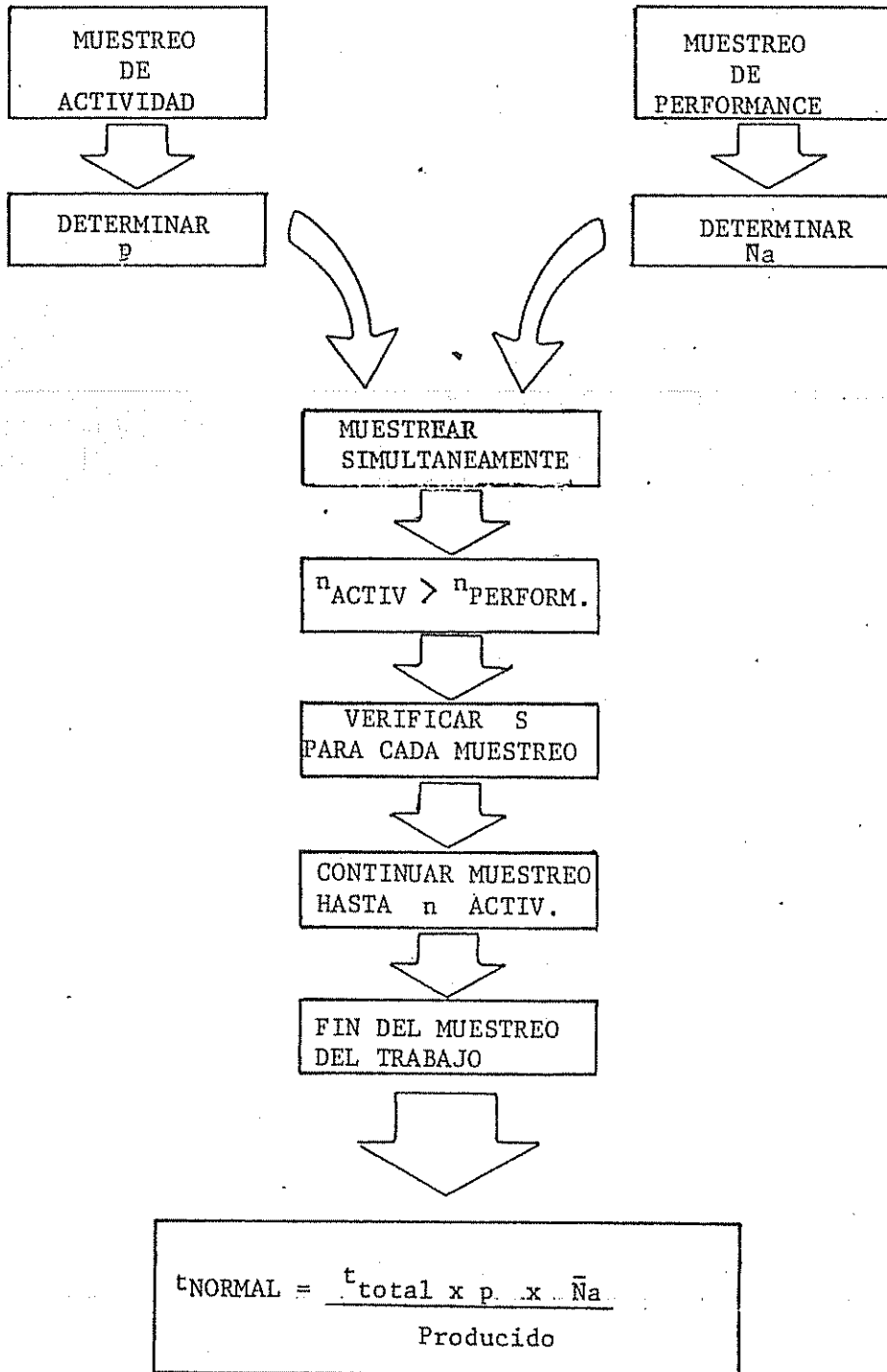




SECUENCIA OPERATIVA DEL MUESTREO DE PERFORMANCE



CALCULO DE TIEMPOS NORMALES

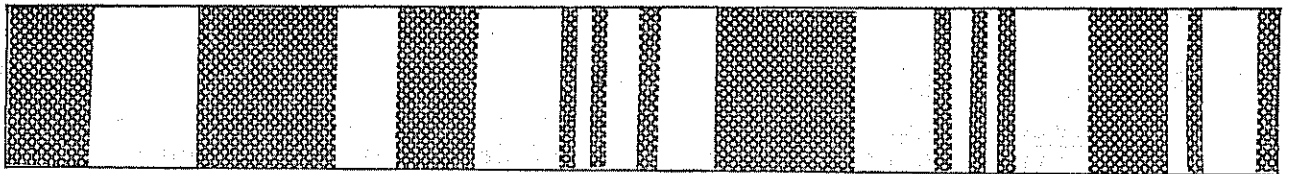


PARTE IV - TRATAMIENTO DE CASOS Y PROBLEMAS PROPUESTOS

I - DEMOSTRACION GRAFICA

Porcentaje de utilización de un montacargas

La longitud del rectángulo dibujado representa una jornada de trabajo. Las zonas oscuras los lapsos en los cuales el equipo realmente se utilizó.



- 1- Sobre un papel transparente cópiese el rectángulo exterior.
- 2- Trazar 50 rayas verticales en cualquier posición sin observar la distribución que tienen a lo largo del rectángulo, los pequeños rectángulos sombreados. Estas rayas representan oportunidades elegidas al azar en que hubiéramos observado si el montacargas trabajó o no.
- 3- Colóquese el papel transparente sobre el rectángulo. Cuéntese cuántas rayas coinciden sobre el área sombreada. Por ej. 20 en primera aproximación diremos que el montacargas trabaja un 40%.
- 4- Agreguemos 50 rayas mas. Total 100. Repitamos la operación de contar cuántas coinciden. Obtendremos un nuevo porcentaje. Por ej. 36. Hemos mejorado nuestra confianza en el resultado que será ahora 36%.
- 5- Si el gráfico lo permite, podemos seguir agregando mas rayas y obtener los sucesivos % que se irán estabilizando alrededor del valor verdadero que hubiera surgido de observar en toda esa jornada la utilización del montacargas.
- 6- El valor exacto lo obtendremos sumando la longitud de cada zona sombreada dividido por el total.

II - SATURACION TORNERIA.

La gerencia de la empresa ORUNBA S.A. debido al incremento de las órdenes de producción provocadas por el aumento de sus ventas, ha solicitado al Departamento de Ingeniería Industrial que efectúe

un estudio sobre la saturación de los equipos existentes en la sección Tornería ya que esta sección constituye un "cuello de botella" en el proceso.

La sección tornería cuenta con 25 tornos y se quiere determinar si es necesario aumentar el número de los mismos. La gerencia ha establecido que la información la necesita en las siguientes condiciones:

Nivel de confianza $N_c = 95\%$
Precisión $S = 5\%$
Plazo para presentar el estudio $T = 30$ días

El Dpto. de Ingeniería Industrial encaró el trabajo de la siguiente forma:

- 1- Fijación de objetivos: Porcentaje de utilización del equipo.
- 2- Selección del personal: Se designó a un ingeniero responsable y un ayudante para la realización de las observaciones.
- 3- Definición del suceso a observar:

Las alternativas son dos

- 1.- Máquina trabajando
- 2.- Máquina parada

Se considera máquina trabajando cuando el observador la encuentra en alguna de las siguientes situaciones:

- 1.- Máquina trabajando sola
- 2.- Máquina en preparación para la próxima tarea.
- 3.- Máquina parada pero el operario está observando la pieza que se encuentra en elaboración.

Se considera máquina parada cualquiera otra situación no contemplada anteriormente.

- 4- Instrucción de los observadores.

El ayudante a cargo de la recopilación de la información se puso en contacto con la operación durante dos días. Fue presentado al capataz de la sección por el Ingeniero y éste a su vez por el capataz a los operarios de la sección.

- 5- Instrucción del personal.

En oportunidad de comienzo de turno el capataz informó al personal que se iba a realizar un estudio para determinar capacidad vacante de máquinas y que debían proceder durante la realización del mismo con absoluta normalidad a fin de no alterar los resultados del estudio.

6- Determinación del número de observaciones.

Como el valor de p (porcentaje de máquinas paradas) no se conoce, para determinarlo y de acuerdo a lo explicado se optó por hacer un muestreo piloto.

Se efectuaron en un día 400 observaciones mediante 16 viajes a 25 máquinas. El resultado obtenido fue:

parada 80
trabaj. 320 $p=80/400=20\% = 0,20$

Una vez conocido p se calculó n por medios gráficos obteniéndose:

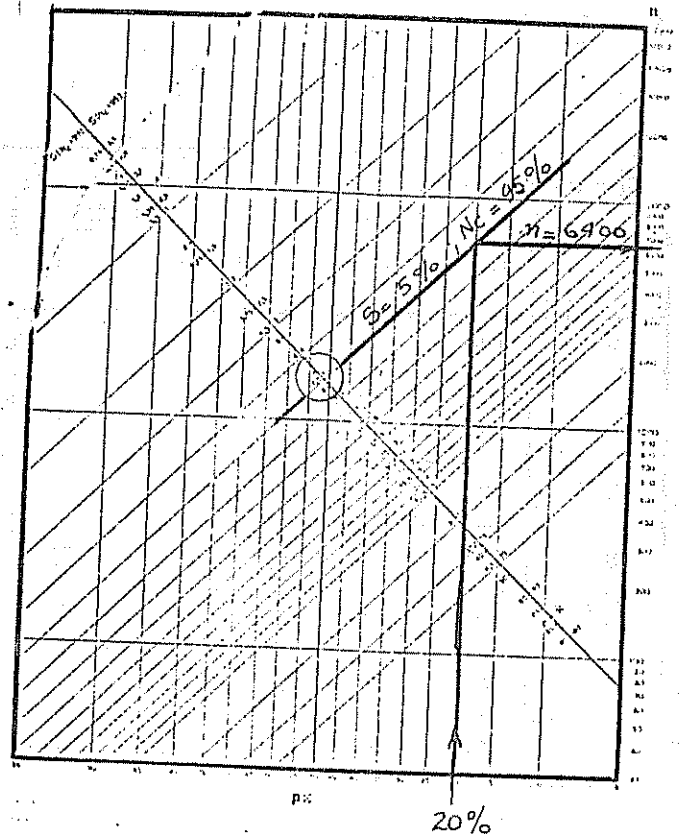
Del gráfico $n=f(p;S;N_c)$

$$N_c = 95\%$$

$$S = 5\%$$

$$p = 20\%$$

$$n = 6400 \text{ observaciones}$$



Como ya se contaban con 400 observaciones del muestreo piloto, restaban hacer 6.000.

7- Plan de muestreo

1.- Tiempo de duración

Se decidió hacer las observaciones en 15 días para contar con un plazo para repetir algunas observaciones si hubiera tenido que rechazarse las observaciones de algún día.

2.- Determinación de los viajes diarios.

T = 15 días; n= 6.000 observaciones

$$\text{N}^\circ \text{ de viajes diarios} = \frac{n}{(\text{N}^\circ \text{ observaciones/viaje}) \times T} = \frac{6.000}{25 \times 15} = 16 \text{ viajes}$$

Para determinar el instante en que se debe realizar cada viaje se usarán tablas de números al azar. Entre un viaje y el siguiente debe existir por lo menos 5 minutos que es el tiempo que requiere el analista para ir y volver de la sección a su oficina (en este caso). Además se eliminaron los primeros 15 minutos y los últimos de la jornada para evitar distorsiones en los resultados.

8.- Realización del muestreo.

Los datos obtenidos en el muestreo fueron los siguientes:

Fecha	Número de observaciones		Total máquinas paradas		Porcentaje máquinas paradas (p)			Observación
	Diario	Acum.	Diario	Acum.	Diario	Acum.	Nuevo acum.	
11/7	400	400	80	80	20	20	Eliminado	Muestreo piloto
14/7	400	800	110	190	27,5	23,5	27,5	
15/7	400	1200	112	302	28	25,16	27,75	
18/7	400	1600	140	442	35	27,62	30,17	
19/7	400	2000	115	557	28,75	27,85	29,81	
20/7	400	2400	108	665	27	27,70	29,25	
21/7	400	2800	100	765	25	27,32	29,54	
22/7	400	3200	92	857	23	26,78	27,75	
25/7	400	3600	152	1009	38	28,03	Eliminado	Accidente en zona balanc.
26/7	400	4000	120	1129	30	28,22	28,03	
27/7	400	4400	112	1241	28	28,20	28,02	

Diariamente se fue graficando el % del suceso en estudio (p) y su acumulado (ver gráficos Fig. 1 y Fig. 2)

Cuando se observó que el Pacum, se estabilizaba alrededor del 28% se calcularon los límites de control.

9.- Cálculo de los límites de control

Para calcularlos se usaron medios gráficos obteniéndose:

Del gráfico $L_c = f(p, n, N_c)$

Número de observaciones
diarias = $n_d = 400$

$N_c = 99\%$ (para control)

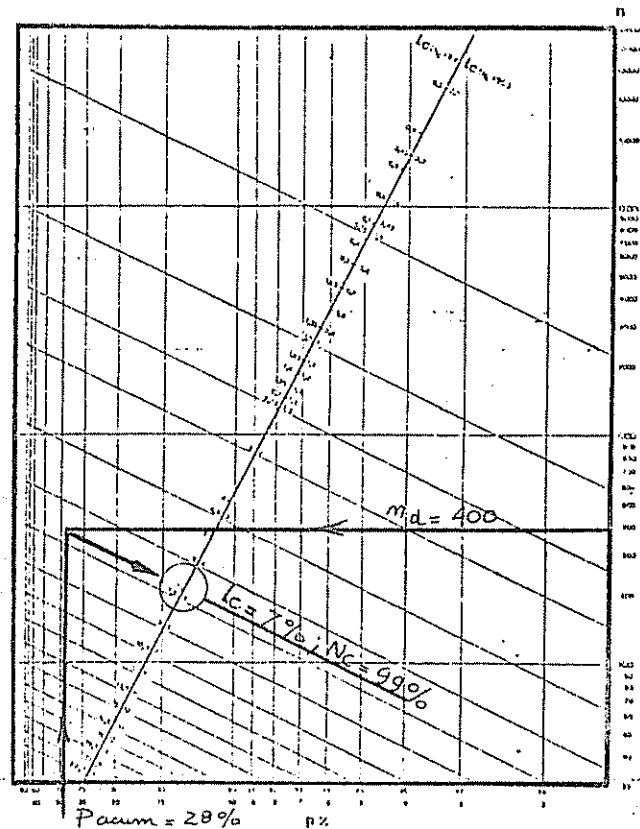
Pacum. = 28%

$L_c = \pm 7\%$

por lo que

L.C.S = 28% + 7% = 35%

L.C.I = 28% - 7% = 21%

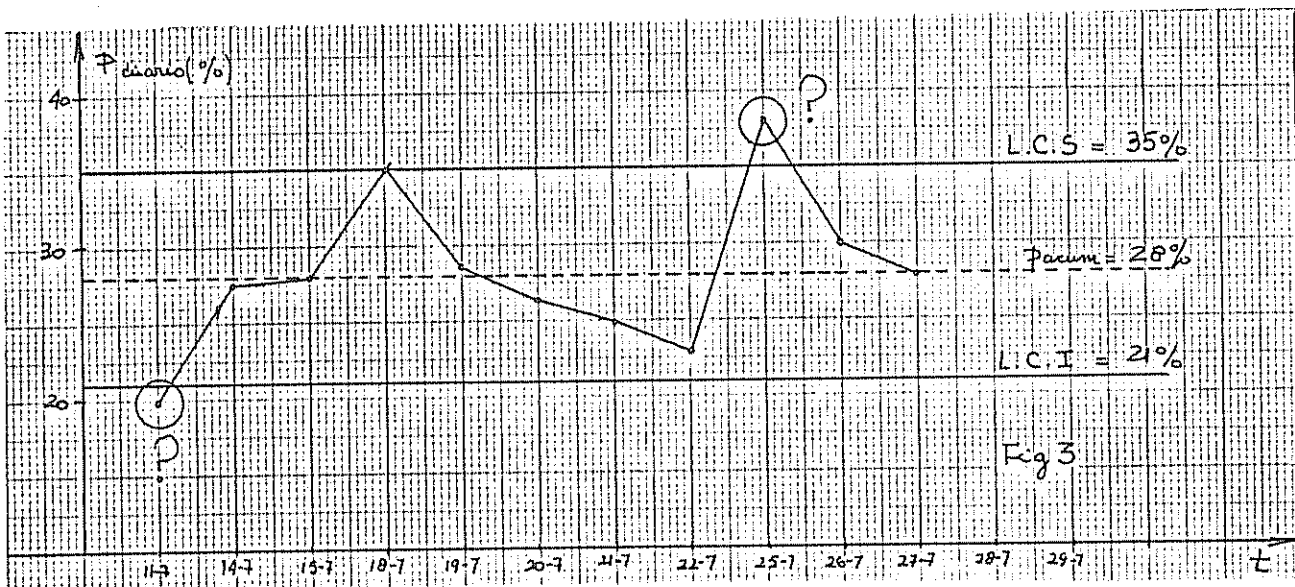
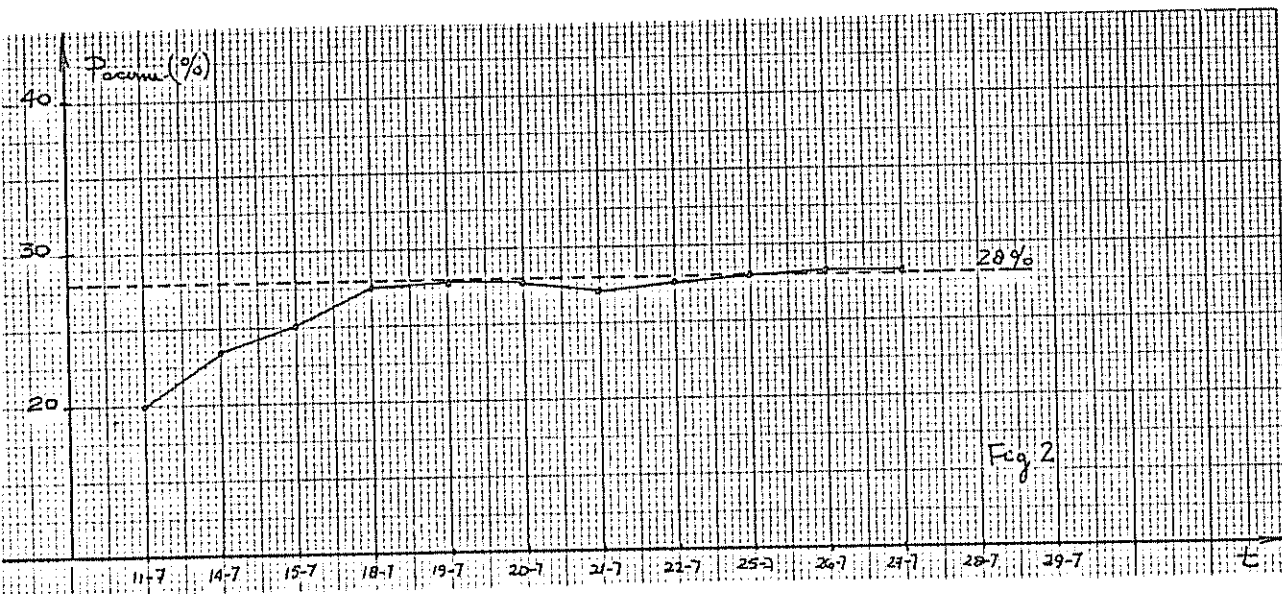
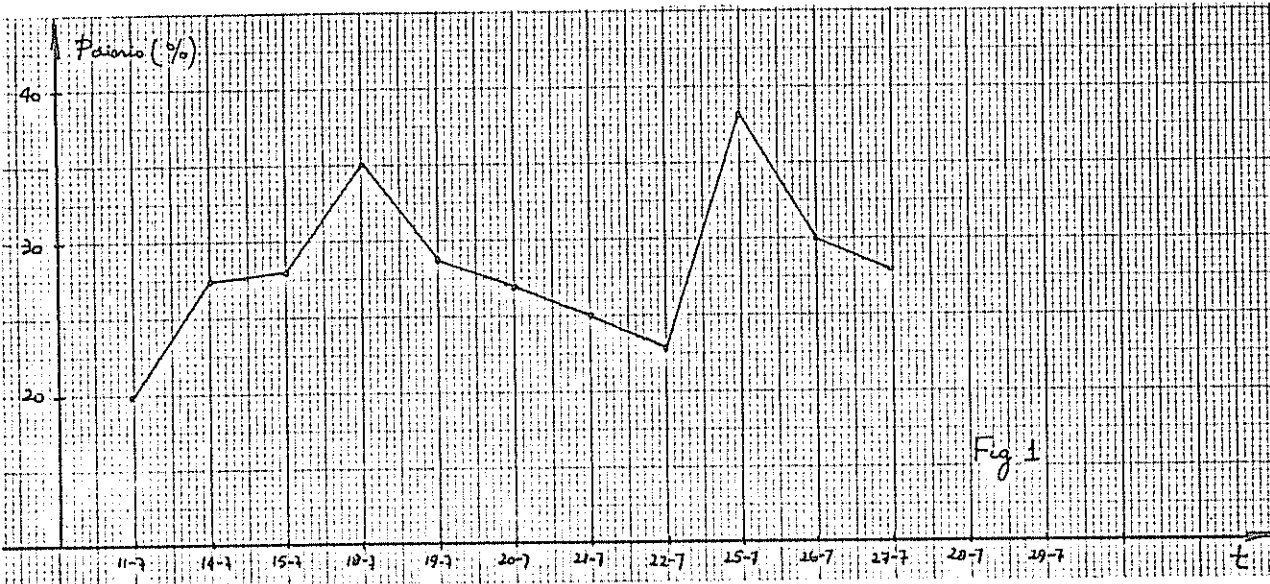


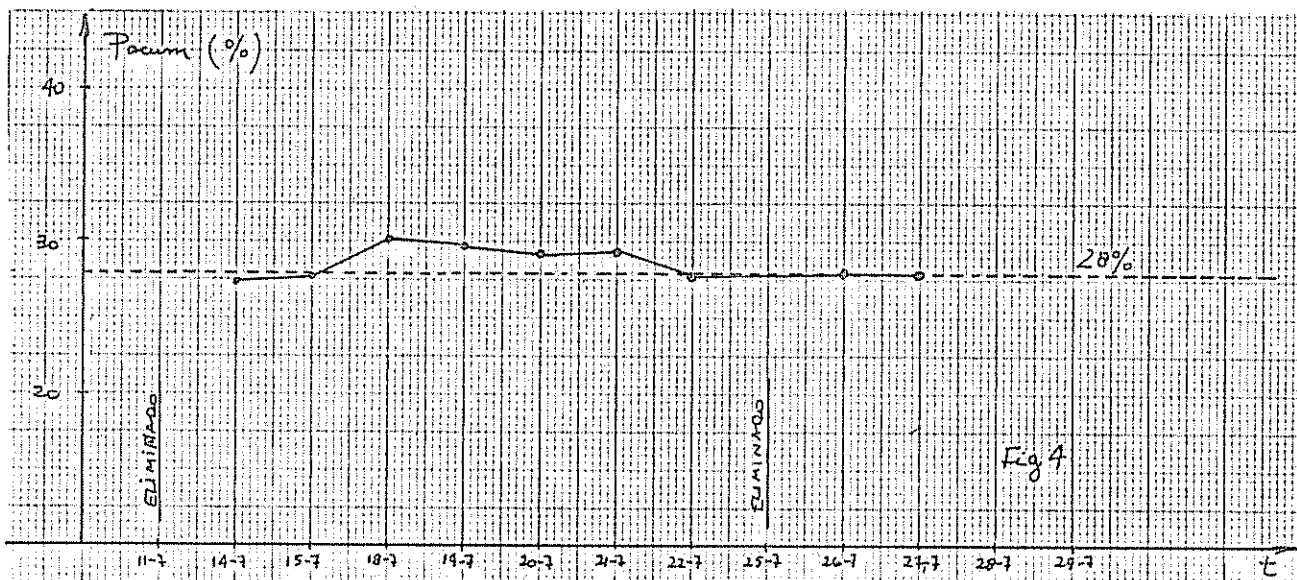
Llevando éstos límites al gráfico de la Fig. 1 se observaron los valores de dos días, el 11/7 y el 25/7. (Fig. 3)

Se averiguó las posibles causas y se encontró que en el muestreo piloto las observaciones no se habían realizado al azar y el día 25 un accidente en la sección balancines, alteró las condiciones normales de trabajo.

Eliminados esos dos días se volvió a calcular el nuevo P acumulado y se graficó en la Fig. 4

Como P acum. se siguió manteniendo en 28% n_d no varió, ni tampoco variaron los límites de control.

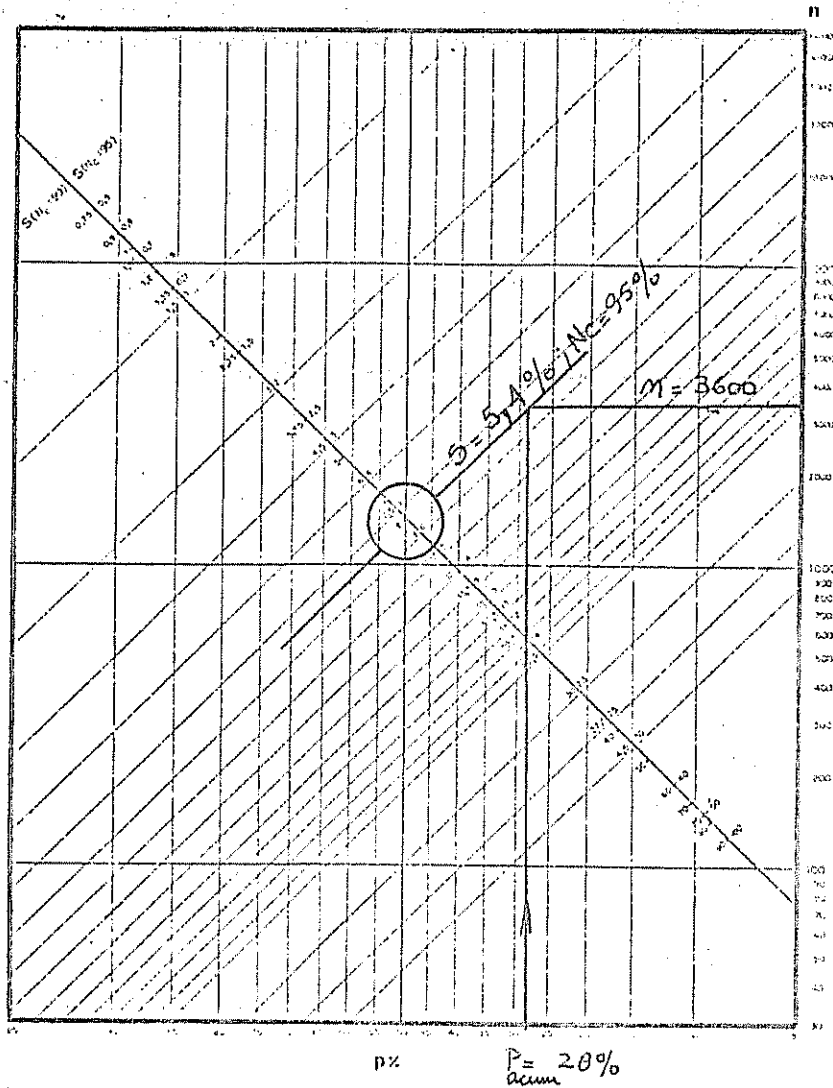




Se verificó si se cumplía con la precisión pedida.
Haciendo nuevamente uso de los medios gráficos se obtuvo:

Del gráfico $n=f(p;S;N_c)$

- $N_c = 95\%$
- $p = 28\%$
- $n = 3600$
- $S = 5,4 \%$



Como este valor sobrepasa la precisión exigida, se recalculó n para p= 28%. Se obtuvo 4.100 observaciones.

Faltarían realizar: $nf = 4.100 - 3.600 = 500$ observaciones

Se decidió continuar con el muestreo dos días más.

Los datos obtenidos en el muestreo fueron los siguientes:

Fecha	Número de observaciones		Total máquinas paradas		Porcentaje máquinas paradas (p)		Observación
	Diario	Acum.	Diario	Acum.	Diario	Acum.	
28/7	400	4000	116	1125	29	28,13	
29/7	400	4400	108	1233	27	28,02	

Como el valor de Pacum. se mantuvo no variaron los límites de control. Se agregaron estos dos valores al gráfico y se pasó a verificar ahora la nueva precisión.

Resulta: precisión = 4,7 lo que cumple con las especificaciones

10.- Análisis de los resultados

Se verificó con el estudio que los equipos se encuentran para dos en la sección Tornería el 28% del tiempo total de trabajo.

Esto se obtuvo con una confianza del 95% y una precisión del 4,7% lo que significa que el resultado se encuentra dentro del intervalo de confianza.

$$I_c = Pacum \pm S_{obtenido} \times Pacum =$$

$$28\% \pm 28\% \times 0,047 \begin{cases} \nearrow 26,68 \% \\ \searrow 29,32 \% \end{cases}$$

El nivel de confianza del 95% indica la probabilidad (0,95) de que el verdadero valor del porcentaje de máquinas paradas está dentro del intervalo de confianza 26,68% - 29,32%.

III - RECHAZO SUBMONTAJE X

La empresa ORUNBA S.A. ultimamente ha aumentado en forma

alarmante el porcentaje de rechazo del submontaje X. Se supone que el aumento se debe a la falta de supervisión adecuada y a la ausencia de instrucción a los operarios. Para fundamentar esta suposición se encomendó al Departamento de Ingeniería Industrial que realizara un Muestreo de Trabajo.

Se definieron, luego de un contacto con la sección y un breve análisis las siguientes tareas como las correspondientes al trabajo diario del supervisor.

- 1- Asignación y control de las tareas
- 2- Enseñanza a operarios nuevos o deficientemente instruidos
- 3- Ajuste del equipo
- 4- Conversar con su jefe
- 5- Preparar informes
- 6- Hablar con personal de otros departamentos
- 7- Planificar
- 8- Descanso
- 9- Ausente de la sección

Ampliación de la base teórica:

Para estudios de este tipo se supone que cada uno de los sucesos en estudio es independiente e incompatible entre si luego tendremos que:

$$S_1 \cdot p_1 = m \cdot \sqrt{\frac{p_1 \cdot (1-p_1)}{n}}$$

$$S_2 \cdot p_2 = m \cdot \sqrt{\frac{p_2 \cdot (1-p_2)}{n}}$$

Generalizando:
$$S_i \cdot p_i = m \cdot \sqrt{\frac{p_i \cdot (1-p_i)}{n}}$$

o sea que las precisiones correspondientes a cada suceso serán distintas. Para un estudio dado en el que se han hecho un cierto número de observaciones n , el suceso "trabaja" que por ej. vale 30% lo podremos asegurar con una precisión del 5% pero el suceso "en que trabaja" descomposición de ese 30% desde luego lo podremos afirmar para ese número fijo de observaciones con una precisión menor o sea solamente quizás con un 15%. Las alternativas que se presentan frente a esas informaciones adicionales que podemos obtener de un estudio sin un trabajo adicional, es si nos conformamos con la precisión de la información obtenida, o se deberá ampliar el número de observaciones para lograr la precisión exigida, referida ahora a un suceso de menor frecuencia de aparición.

$$\bar{N}_a = \frac{106.940}{1.047} = 102,1 \%$$

El tiempo total fue:

$$t_t = 5 \text{ días} \times (8 \text{ horas/día}) \times (60 \text{ min./hora}) \times 15 \text{ oper.} = 36.000 \text{ min.}$$

El tiempo real trabajando fue:

$$= 36.000 \times 0,93 = 33.480 \text{ min.} \quad (\text{Adoptando } 15\% \text{ de suplementos})$$

El tiempo Standard será:

$$t_{std.} = 1,15 \frac{(36.000 \times 0,93 \times 1,02)}{12.506}$$

$$t_{std.} = 3,14 \text{ min/pieza}$$

2- Número de observaciones necesarias

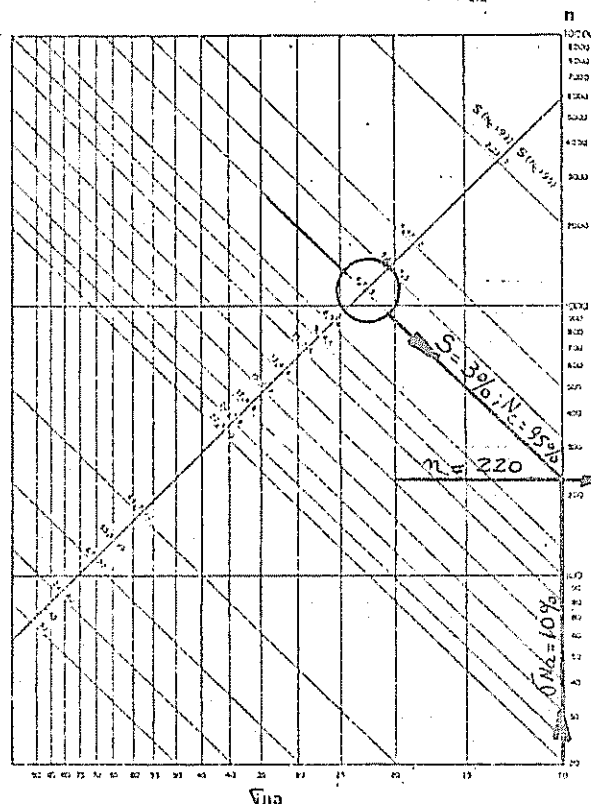
1) Para el muestreo de performance

$$N_c = 95\% \quad S = 3\% \quad \sqrt{N_a} = 10\% \quad (\text{Valor adoptado})$$

Podemos calcular n por medios gráficos obteniéndose:

Del gráfico $n = f(\sqrt{N_a}; S; N_c)$

- $N_c = 95\%$
- $S = 3\%$
- $N_a = 10\%$
- $n = 220$



3- Verificación del valor de σ_{Na}

Desarrollemos el cálculo de σ_{Na} para los datos obtenidos.

f	Na	fxNa	A'	X	Xxf	X ²	X ² xf
30	0,85	25,50	100	-15	-450	225	6750
93	0,90	83,70		-10	-930	100	9300
199	0,95	189,05		-5	-995	25	4975
246	1,00	246,00		0	-	-	-
211	1,05	221,55		5	1055	25	5275
146	1,10	160,60		10	1460	100	14600
78	1,15	89,70		15	1170	225	17550
34	1,20	40,80		20	680	400	13600
10	1,25	12,50		25	250	625	6250
1047		1069,40			2240		78300

Variables de cálculo

$$\bar{N}_a = \frac{106940}{1047} = 102.1 \%$$

$$\left\{ \begin{aligned} D^2 &= (1/N) \sum f \cdot X^2 = (1/1047) \times 78.300 = 74,78 \\ d^2 &: \left[(1/N) \sum X \cdot f \right]^2 = \left[1/1047 \times 2240 \right]^2 = 4,58 \end{aligned} \right.$$

$$\sigma_{Na}^2 = D^2 - d^2 = 74,78 - 4,58 = 70,2 \Rightarrow \sigma_{Na} = 8,4$$

Esto significa que con $n = \frac{70,2}{9 \times 0,05} = 156$ observaciones hubieran sido suficientes para el muestreo de performance.

4 - Cálculo de la precisión obtenida con el n utilizado

$$S = \sqrt{\frac{\sigma_{Na}^2}{n(1-Nc)}} = \sqrt{\frac{70,2}{1047 \times 0,05}} = 1,16$$

$$\begin{aligned} Sr &= S \cdot \bar{N}_a \\ Sr &= 0,0116 \times 1,021 = \\ Sr &= 1,18 \end{aligned}$$

Por lo que los valores de la actuación estarán entre $(102,1 \pm 1,18) \%$

Para el muestreo de actividad:

$$S = 2 \sqrt{\frac{(1-p)}{p n}} = 2 \sqrt{\frac{1-0,07}{0,93 \times 1047}} = 0,0169$$

$S < 1,7\%$ lo que es muy aceptable!

VI - PLAYA DE CARGA Y DESCARGA DE MATERIALES

Medición de operaciones indirectas y trabajos no repetitivos:
Cuadrilla de playa de carga y descarga de camiones.

En la playa de carga y descarga de una fábrica de azulejos cerámicos se realizan las siguientes tareas:

- 1-Carga con Producto terminado
- 2-Descarga de materia prima a granel, camiones de 4 toneladas (uno diario por lo menos)
- 3-Descarga de bolsas de caolín de 50 Kg.
- 4-Descarga de colorantes en tambores diversos
- 5-Descarga de otras materias primas en bolsas y tambores
- 6-Carga de desperdicios a granel.

Se desea conocer el tiempo standard de éstas operaciones en relación a la unidad de producción despachada. El muestreo piloto de 5 días arrojó las siguientes frecuencias absolutas de nivel de actividad:

Día	1						2						3						4						5					
Inactivos	15						5						8						18						18					
Trab. Diversos	20						12						9						11						15					
Nivel de actuación	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
85	9	-	4	-	9	1	-	6	7	2	4	-	-	-	-	1	1	6	1	2	4	1	3	2	2	6	3	5	2	1
90	7	8	9	-	6	5	-	3	6	2	5	6	1	5	3	2	3	4	4	6	3	7	5	6	3	6	5	3	7	4
95	5	6	6	-	4	7	9	6	7	2	4	3	4	6	8	9	2	3	6	9	8	4	7	5	3	6	5	3	4	2
100	7	5	8	9	1	9	8	4	6	8	3	2	9	7	6	8	9	9	7	9	8	6	8	2	4	6	9	7	8	9
105	8	-	-	8	-	-	8	1	6	-	2	3	6	2	4	7	8	4	2	5	3	6	4	5	9	6	7	8	6	9
110	6	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	4	5	6	8	9	6	7	1	2	-	1	2	4	7	9	8	9	7	8
115	2	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	2	3	2	1	-	1	-	-	-	-	-	2	4	7	6	5	6	8

La producción es a pedido, es decir no se guarda mercadería en stock. La producción despachada en esos cinco días son 500 cajones de 100 unidades cada uno.

Se pide:

- 1.- El tiempo standard por operación en relación a la unidad de producto despachada.
- 2.- Calcular la duración que debería tener el muestreo de actividad y de performance considerando un Nc de 95% y una precisión de 5% para el % de actividad y de 2% para el nivel de actuación.
- 3.- Qué comentarios se pueden hacer en base al resultado de éste muestreo piloto y de no poder continuarlo, con que precisión estaríamos fundando esos comentarios?

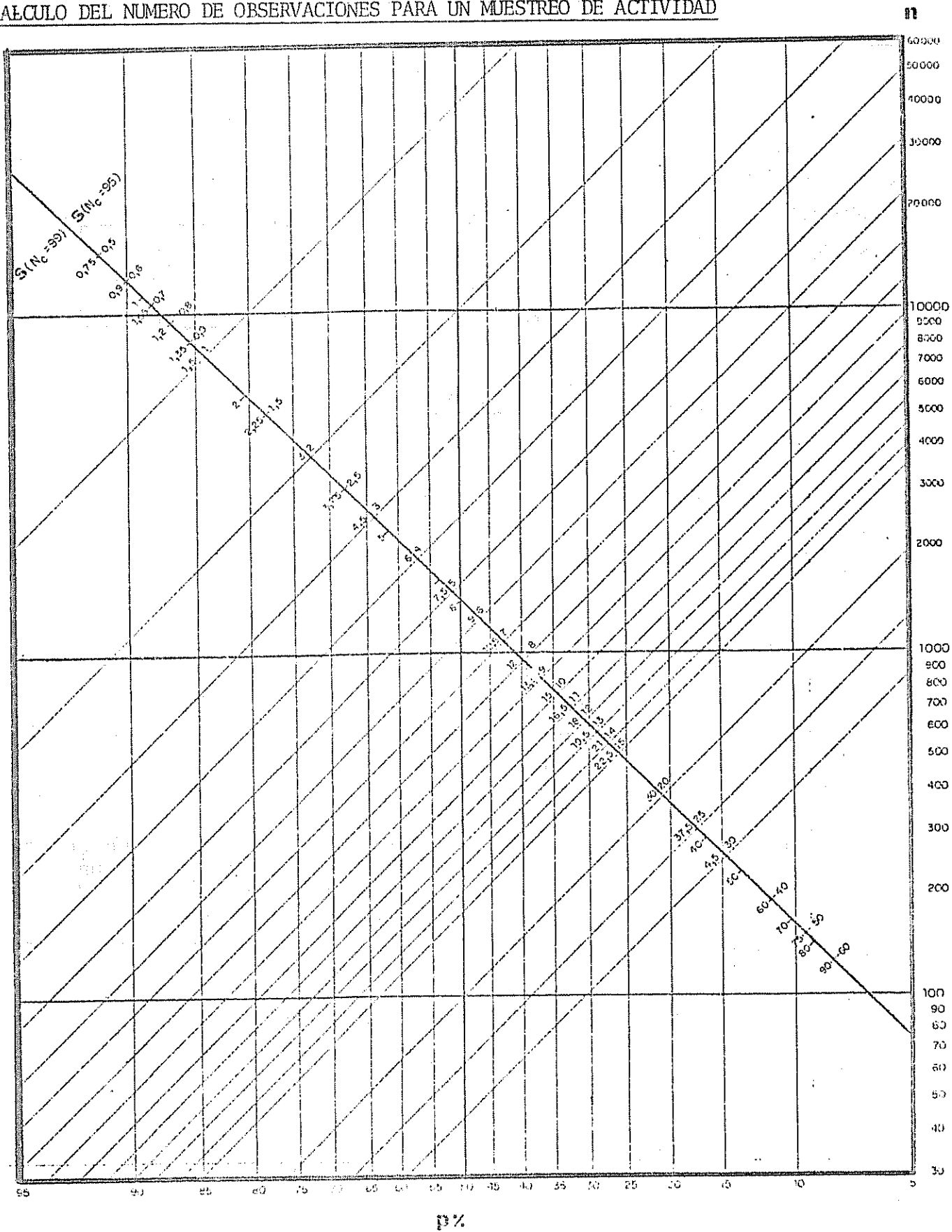
PARTE V - TABLAS Y MEDIOS GRAFICOS

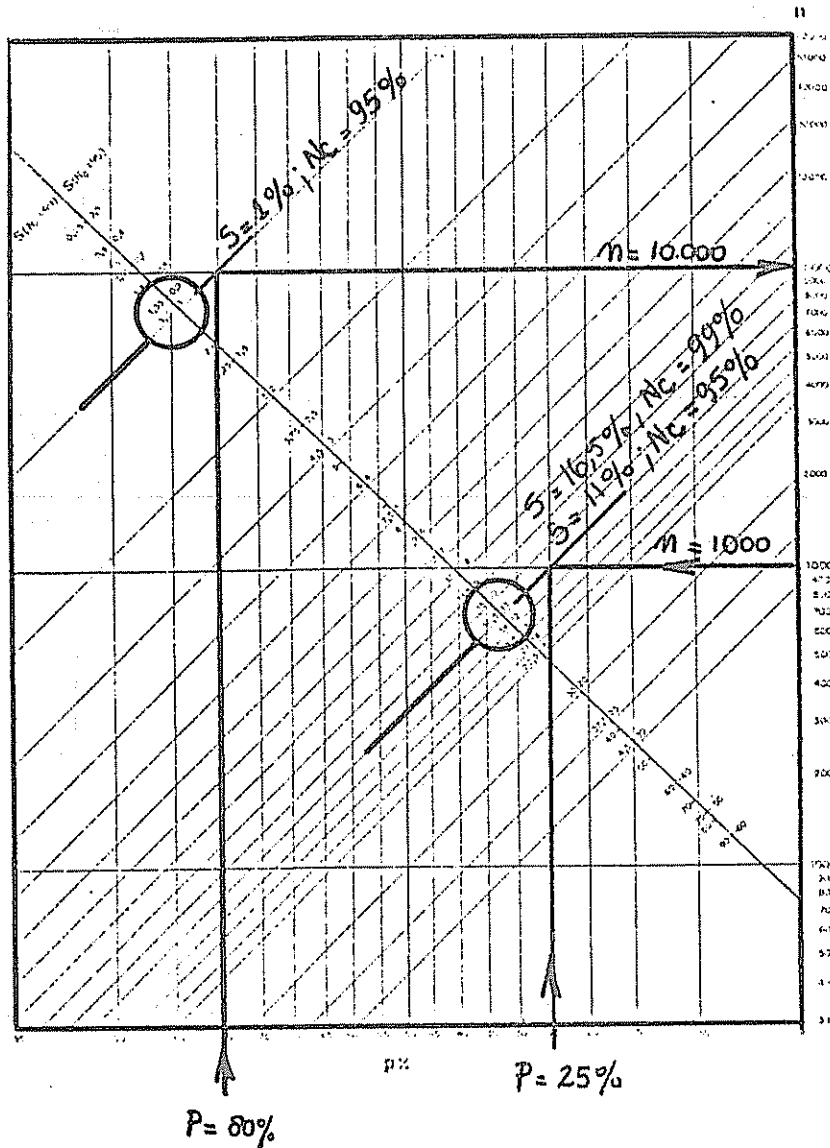
NUMEROS AL AZAR

97	74	24	67	62	40	33	20	38	26	25	46	78	73	80
16	76	62	27	66	96	83	50	87	70	64	19	58	97	79
12	56	85	99	26	88	42	95	45	72	05	26	93	70	60
55	59	56	35	64	33	27	14	34	09	07	97	10	88	23
16	22	77	04	39	50	27	89	37	19	68	71	86	85	85
84	42	17	53	31	55	74	30	77	40	26	99	61	65	53
63	01	63	78	59	58	29	97	68	60	14	65	52	68	75
33	21	12	34	29	48	55	90	65	72	36	96	47	36	61
57	60	86	32	44	66	37	32	20	30	42	81	14	57	20
18	18	07	92	46	68	49	69	10	82	56	50	26	71	07
26	62	38	97	75	83	62	64	11	12	96	96	68	37	31
23	42	40	64	74	06	09	19	74	66	33	54	82	46	22
52	36	28	19	95	33	32	51	26	38	49	54	43	54	82
37	35	94	35	12	42	38	97	01	50	57	24	55	06	83
70	29	17	12	13	96	44	33	49	13	16	95	55	67	19
56	62	18	37	35	64	05	71	95	86	78	64	56	07	82
99	49	57	22	77	75	73	88	05	90	09	47	27	96	54
16	08	15	04	72	83	96	02	75	19	44	17	16	58	09
31	16	93	32	43	97	51	40	14	02	84	16	07	44	99
68	34	30	13	70	15	06	15	93	20	82	97	77	77	81
74	51	25	65	76	52	35	85	15	13	03	47	43	73	86
87	75	66	81	41	04	33	46	09	52	98	10	50	71	75
34	76	82	53	91	13	58	18	24	76	52	42	07	44	38
11	05	65	09	68	96	46	92	42	45	49	17	46	09	62
52	27	41	14	86	10	45	65	01	26	79	83	86	19	62
07	60	62	93	55	34	25	20	57	27	83	11	46	32	24
04	02	33	31	08	60	47	21	29	68	07	45	32	14	08
01	90	10	75	06	76	70	90	30	86	00	56	76	31	38
92	03	51	57	77	16	72	53	56	16	42	34	07	96	88
61	71	62	99	15	40	01	74	91	62	13	89	51	03	74
73	32	08	11	12	00	52	43	48	85	97	12	25	93	47
42	10	50	67	42	76	83	20	37	90	16	64	38	16	00
26	78	63	08	55	22	98	12	22	08	45	59	24	68	49
33	26	16	80	45	59	33	82	43	90	20	15	37	00	49
27	07	36	07	51	39	54	16	49	36	44	22	78	84	26
13	55	38	38	59	40	78	78	89	62	72	91	38	67	54
57	12	10	14	21	59	36	78	06	23	96	57	69	36	10
06	18	44	32	54	06	51	29	16	93	77	84	57	03	29
87	35	20	96	43	44	95	92	63	16	53	75	91	93	30
21	76	33	50	25	32	17	55	95	74	67	19	00	71	74
12	86	72	58	07	13	08	27	01	50	02	94	37	34	02
15	51	00	13	42	79	78	45	04	91	83	34	50	08	30

$$n = f(p; S; N_c)$$

CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES PARA UN MUESTREO DE ACTIVIDAD





Responde a:

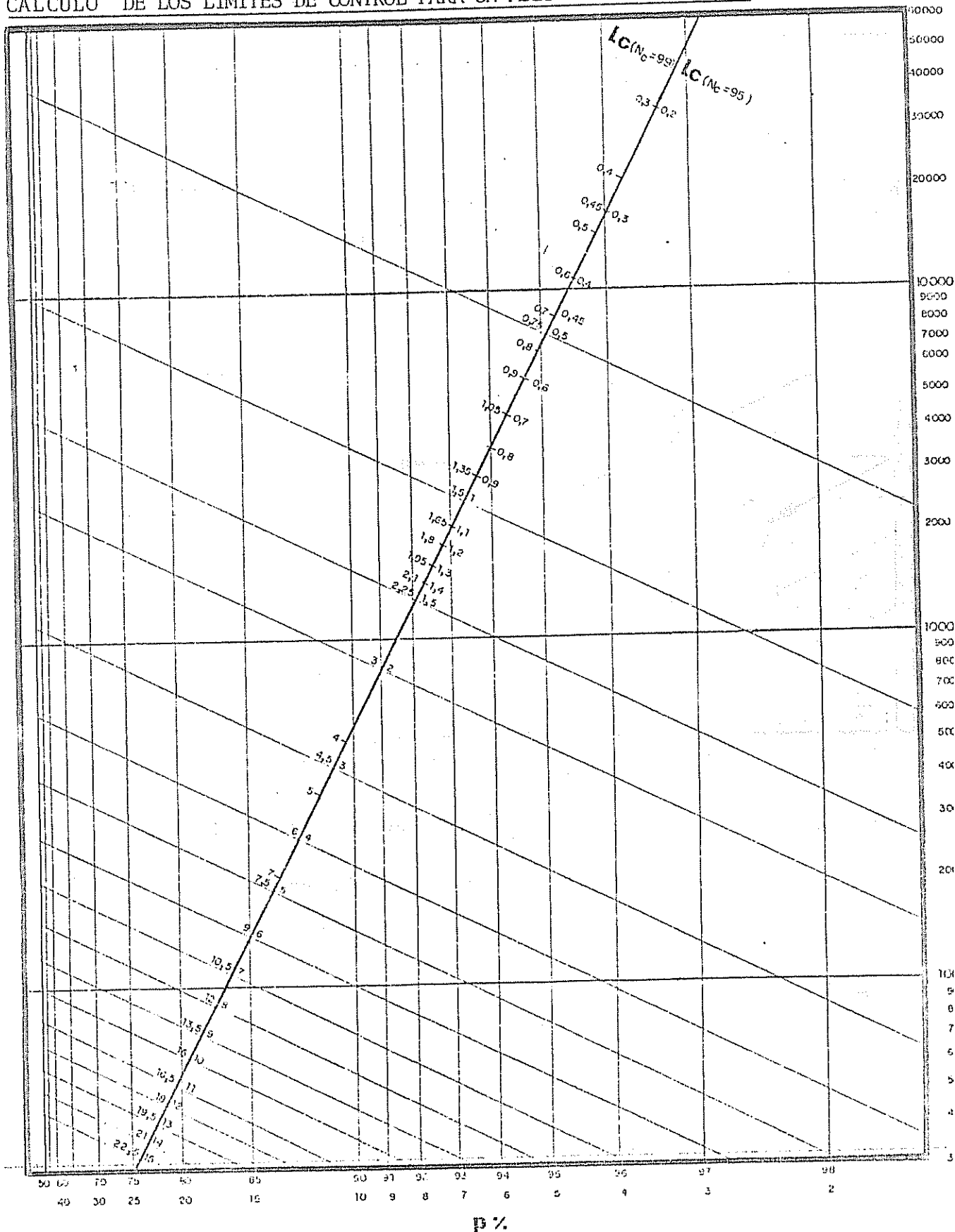
$$n = \frac{m^2 \cdot (1-p)}{S^2 \cdot p}$$

Ejemplo 1 - Para un porcentaje de actividad del 80% = 0,8 = p se desea calcular el número de observaciones necesarias con una precisión absoluta de 1% = 0,01 = S y con un nivel de confianza del 95% = 0,95 = N_c. Rta: n = 10.000

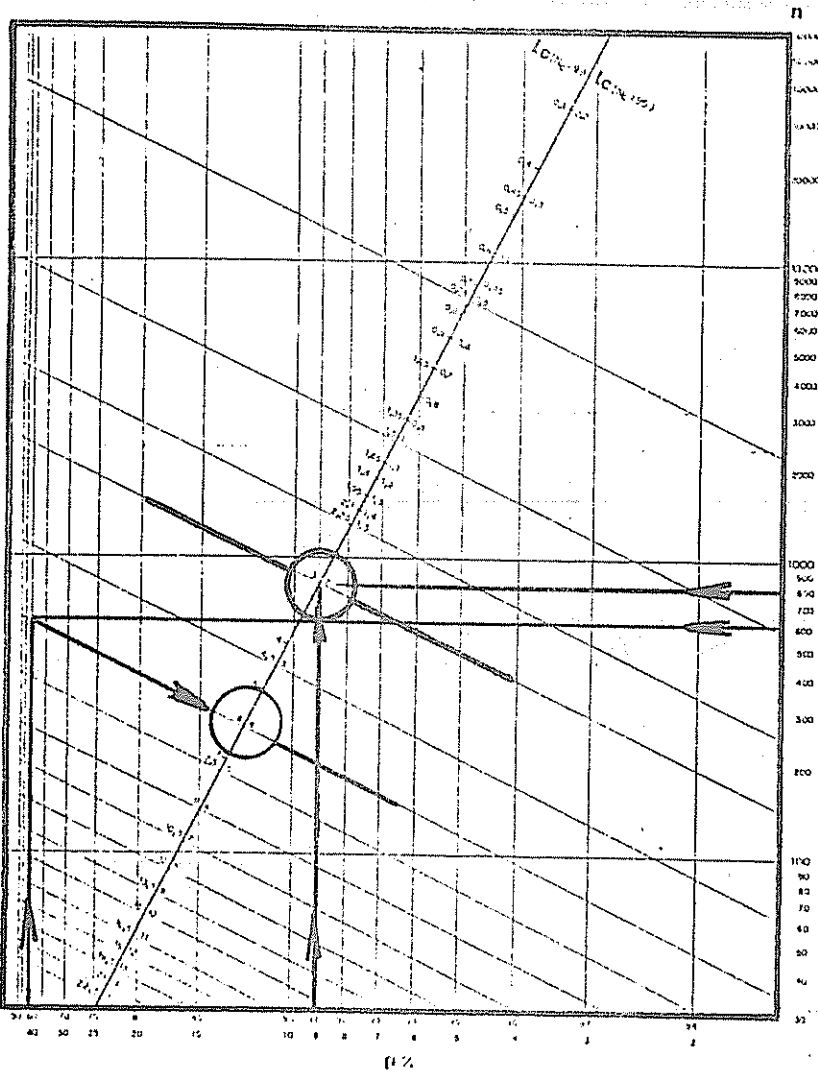
Ejemplo 2 - Se han realizado hasta el momento 1000 observaciones y se ha obtenido un porcentaje de actividad de 25% = 0,25 = p. Se quiere saber que precisión absoluta se obtendrá si se suspende el muestreo. Rta: S = 11% para N_c = 95% y S = 16,5% para N_c = 99%

$$L_c = (p; n; N_c)$$

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL PARA UN MUESTREO DE ACTIVIDAD



UTILIZACION DEL GRAFICO



Responde a:

$$I_C = m \cdot \sqrt{\frac{P(1-p)}{n}}$$

Ejemplo 1 - Si la actividad promedio en un estudio es de 91%=0,91=p y el número de observaciones diarias es de 800 = n_d. Calcular entre que valores se debe encontrar el porcentaje de actividad para ser estadísticamente estable.

Rta: p 21% ± 2% para N_C = 0,95 = 95%

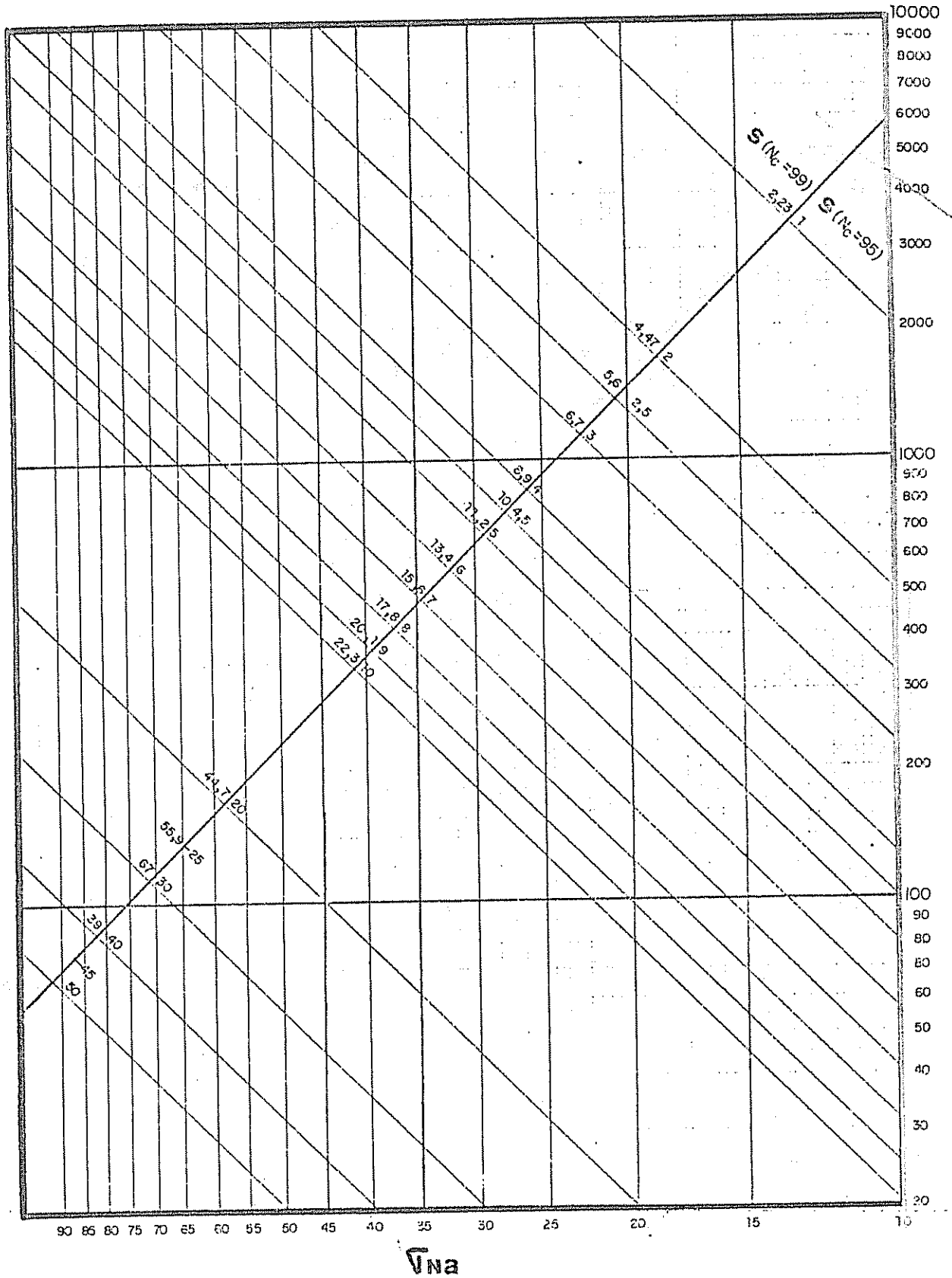
p 21% ± 3% para N_C = 0,99 = 99%

Ejemplo 2 - Si n_d = 600 y p = 40% , el intervalo de confianza será de 40 ± 4% para N_C = 0,95 y 40 ± 6% para N_C = 0,99.

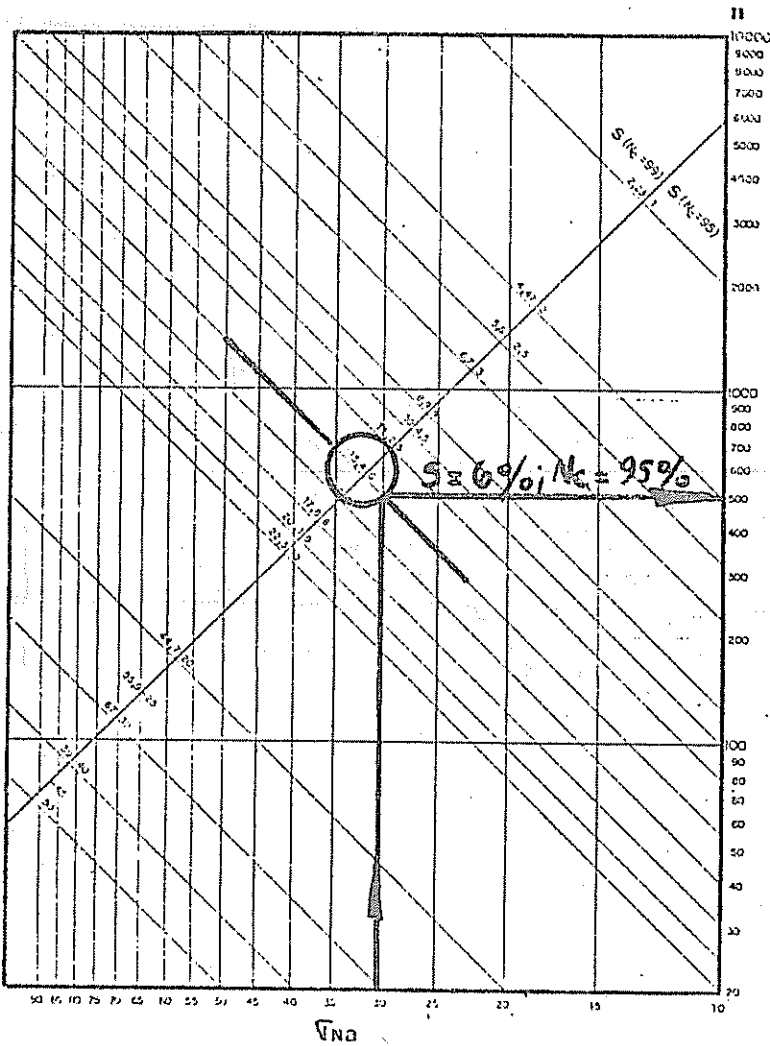
Esto significa que existe una probabilidad del 95% de que P_{real} se encuentre entre 36% y 44% y del 99% entre 34% y 46%.

$$n = f (\sigma_{Na} ; S ; N_C)$$

CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES PARA UN MUESTREO DE PERFORMANCE



UTILIZACION DEL GRAFICO



Responde a:

$$n = \frac{\sigma_{Na}^2}{S^2 (1 - N_c)}$$

Ejemplo 1 - Si el desvío standard del nivel de acutación en un estudio resulta igual a 30%, calcular el número de observaciones para una precisión absoluta del 6% = 0,06 = S y un nivel de confianza de 95% = 0,95 = Nc - Rta. n = 500

12. BIBLIOGRAFIA

- 12.1 R.M. BARNES - "MUESTREO DEL TRABAJO" - Ed. Aguilar o "WORK SAMPLING", John Willey & Son, New York. USA.
- 12.2 R.E.HEILAND Y W. RICHARDSON - "WORK SAMPLING" - Mc Graw - Hill, New York, USA.
- 12.3 H.B.MAYNARD -"MANUAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL" - Ver capítulo de Muestreo del Trabajo de C.L. Brisley
- 12.4 DAVID BAUER -"MUESTREO DE ACTIVIDADES"
- 12.5 EDUARDO O. APARTIN - "MUESTREO DEL TRABAJO" - U.N.B.A. 1976.
- 12.6 M.G.DELFOSSE- RACIONALIZACION DEL TRABAJO: METODOS Y TIEMPOS- Editorial Hispano Europea - Barcelona, España .

Profesor: Ing. Norberto Félix Carlsson
Autor: Ing. Eduardo Oscar Apartín
Fecha de emisión: Junio de 1977.

11/18

11/18/1918

11/18/1918

11/18/1918

11/18/1918

11/18/1918

11/18/1918

11/18/1918

11/18