

PRUEBA EXPERIMENTAL DE ALGUNOS
PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS

TESIS

PRESENTADA A LA
ESCUELA DE INGENIERIA
DEL

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

como requisito parcial
para obtener el título de

INGENIERO MECANICO ADMINISTRADOR

Gerardo Ruiz Real

JUNIO 1956

TL
HD37
.S6
R85
1956
c.1

208



1080094219



DONATIVO DE Gerardo
Quiroga Real: \$5.00
18 Junio 56

FR

L

LCUNOS

S I

representada a la mesa de Ing. de la

I

FR I

Y

C D M R. Y.

como se e r l e t l i u l e d e

I O

YH

G M 1

Junio 1 1 6.

ace al Ing. el Rico Samaniego y al
Ing. Francisco Vascotto, profesor de la Lección
terio de Práctica en el Instituto Tecnológico y
de Ingeniería de Monterrey, a labor de
asesoramiento y ayuda en el extranjero.



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

Entre las diversas técnicas para lograr un aumento en la productividad ocupa un lugar importante el " Estudio del Trabajo ", cuyo objetivo es lograr una mejor utilización de los factores de la producción; usando métodos de trabajo, más fáciles, seguros, económicos y eficientes.

Dentro de esta técnica del Estudio del Trabajo, como una serie de reglas prácticas de aplicación directa a las operaciones, se encuentran los más comúnmente llamados Principios de Economía de Movimientos.

Objeto.— El propósito fundamental de este trabajo, es probar en forma experimental y cuantitativa, la validez y alcance de algunos de los principios de economía de movimientos, los enunciados en el párrafo siguiente, con el objeto de usar esta demostración para la enseñanza y compren-

sión de c i i s.

Los ri i i s q e tr tarán b r e a
baj non los sig i test

1- " Las ca manos deben en e y termi r sus o-
viciant a al lamo tie o "

2- " Las o s deuen e ar i sa al mismo
tie o, e e t ex p r i e de c s "

3- " Los v e los b z debe cerse -
s l á e te e dire ci es o t s y simé-
ic s. "

4- " Los viciante de la mano debe ser c nfin-
dos a su rang más baj a pe-o sin perjudicar la
ef ciencia el trabaj realizado " ¹
e f

5- " Los e r i s, ri es y er amienta, de-
ben loc iz nfre té del per lo
más cerca sib e "

6- " S d be r e ar e las herra ntas y te-
r a uede e sición revia a s so "

Impartición " Es a id u la exp r en c ón
juega un pal rim rd al e l ense asa de c e er te-
ria. Como ruaba e elle e tá e hecho de ue e t s las
univers dades y coleg del existe lab r tori s ra
onar e compy de lo ense ado e l teoría, ara as e ro f

sito, resulta y conveniente tener alguna forma de probar experimentales que con la aplicación de los principios de economía individuales a una operación, ésta se mejora notablemente en forma más fácil y rápida.

En la importancia que tienen los principios de economía de movimientos en el Estudio del Trabajo, de lo que se hablará más adelante, y en el hecho de ser una prueba experimental su validez y alcance, para usarse en la enseñanza, es en lo que radica el valor de este trabajo.

Limitaciones.— La demostración experimental no es el único medio de probar que la aplicación de los principios de economía de movimientos mejoran las operaciones, el mismo sentido común nos dice, en muchos de ellos, que si se aplican correctamente, la operación se hará en forma más fácil y rápida. Se puede probar también, por medio de otras ciencias como la psicología, la fisiología, etc., la validez de la aplicación de los principios. Sin embargo, se restringirá a la demostración experimental, dejando otros tipos de pruebas a los estudiosos de esas disciplinas.

Además, hay que tener en mente el hecho evidentemente cierto de que no todos los principios de economía de movimientos pueden aplicarse a una operación, sino sólo algunos de ellos. En muchas ocasiones, la naturaleza misma de la operación excluye unos cuantos principios; más objetivamente hablando, si un principio dice que no debe haber

cambios bruscos de dirección en los movimientos y la operación no los tiene, esta característica excluye la aplicación del principio anterior. Por lo tanto, en este trabajo solo se probaran los principios antes enunciados que son aplicables a la operación seleccionada.

Aunque la investigación sobre las fuentes de información que existen no ha tratado de ser exhaustiva, es de notar se el hecho de que casi la totalidad de los autores y estudiosos de la materia, solo anuncian los principios y dan unos cuantos ejemplos de sus aplicaciones, más su atención hacia los otros en el estudio del Trabajo. Esta dificultad en la bibliografía es evitada, viene a restringir el campo de lo que se tratará en las primeras partes de este trabajo. Se ha consultado con varios profesores en la materia del Estudiante el trabajo, con el fin de obtener mayor información al respecto y para este trabajo se han fructificado los resultados personales con ellos.

Procedimiento.— Puesto que el propósito de este trabajo es probar experimentalmente algunos de los principios de economía de movimientos, es lógico que antes de proceder al experimento se dé una breve explicación de lo que se trata de probar. Por lo tanto, se hablará en primer término del significado e importancia de los principios enunciados y haciendo una clasificación de ellos.

En su último término, se tratará ya exclusivamente con los principios que se van a probar, explicándolos brevemente.

En la tercera y última parte se describirá la operación, los aparatos y dispositivos usados en la prueba; se explicará como se hizo esta; se elaborará un reporte de los datos obtenidos, para finalmente, del análisis de los datos pasar a las conclusiones encontradas.

I N D I C E

I - Principios de economía de Movimientos.

1.1 Significado.

1.2 Enunciado y clasificación.

1.3 Importancia.

II - Principios que se van a probar.

2.1 Simultaneidad de los movimientos de ambas manos

2.2 Simetría de los movimientos de los brazos.

2.3 Uso de movimientos de menor rango.

2.4 Areas óptimas de trabajo.

2.5 Posición previa de los materiales y herramientas

III - Prueba experimental.

3.1 Planos

3.2 Descripción del equipo usado.

3.3 Descripción de la operación.

3.4 Diseño del experimento.

3.5 Procedimiento seguido.

3.6 Datos obtenidos

3.7 Análisis de los datos.

3.8 Conclusiones.

IV - Bibliografía.

El objeto de esta parte es dar un panorama de lo que es el Estudio del Trabajo, explicar los principios de economía de movimientos y estudiar e identificar los efectos más importantes en el que reside su importancia.

LA SIGNIFICACIÓN

El estudio del Trabajo con los principios de economía de movimientos, el significado es conveniente establecer y definir bien el lugar que ellos ocupan dentro de la técnica del estudio del Trabajo.

Se refiere en la introducción que la técnica del estudio del Trabajo busca aumentar la productividad mediante el mejor aprovechamiento de los factores productivos utilizando los métodos más fáciles y rápidos. Para lograr este objetivo el estudio del Trabajo se subdivide en las que podríamos llamar dos grandes campos: el estudio de los métodos y la

medición del trabajo. Estas dos fases del Estudio del Trabajo persiguen fines diferentes, sin embargo, están íntimamente relacionadas ya que el análisis de los métodos es prerequisite y base para la medición del trabajo, puesto que primero deben mejorarse los métodos y luego medirse. Si se hiciera lo contrario, los tiempos encontrados no tendrían validez después de haber hecho cambios en los métodos.

El estudio de los métodos en el logro de su finalidad de mejorar los procesos se ayuda de tres diferentes tipos de análisis. El análisis de los procesos, el análisis de las operaciones y el análisis de los movimientos fundamentales, mejor conocido como estudio de micromovimientos.

El análisis de los procesos, se ocupa del estudio del proceso de manufactura tomado en conjunto y dividiéndolo en sus actividades independientes, viendo la secuencia y relaciones que existan entre ellas, con el objeto de eliminar las actividades innecesarias y mejorar las necesarias.

Con el análisis de los procesos generalmente se logran eliminar y mejorar las deficiencias principales de él, pero también generalmente se escapan muchas deficiencias propias ya de las operaciones que vienen a hacer necesario considerar las operaciones y no el proceso, como el objeto del análisis. Entonces, el análisis de operaciones es el procedimiento empleado para estudiar todos los factores que afectan a una operación dada, con el mismo objeto de que se habló en el análisis de los procesos, mejorar lo necesario y eliminar lo que sea innecesario.

Ahora bien, con el análisis de las operaciones se lo gran eliminar sus principales deficiencias, sin embargo, existen operaciones que por su importancia en el proceso ya sea - esta importancia debida a su costo, a su carácter altamente repetitivo ó a las dificultades que causa en el proceso, amerita un posterior análisis más profundo, es decir, un refinamiento aún mayor de la operación. Este segundo análisis es lo que se ha denominado estudio de micromovimientos.

Las bases sobre lo que descansa el estudio de micromovimientos, son los llamados " therbligs ". Los therbligs son los elementos básicos o movimientos fundamentales que usados en diferentes secuencias y combinaciones vienen a integrar las operaciones.

Lawry, Maynard y Stegemerten en su libro " Time and Motion Study " dividen los therbligs en 5 diferentes grupos, los cuales, con los therbligs que comprenden están expresados en el siguiente cuadro.(1)

Puramente físicos:

Transporte vacío
Transporte cargado
Cambio de dirección
Tomar
Dejar
Sostener
Pre-posicionar

(1) Nota: En estudios de otros autores han eliminado los therbligs: cambio de dirección, demora inevitable y demora para balancear, por no encontrarlos prácticos, además, han añadido el therblig desarma que ocurre en muchas operaciones.

	Posicionar
Semimentales.	Buscar
	Seleccionar.
Mentales	Planear
	Inspeccionar.
Objetivos	Usar
	Armar
	Demora evitable
Demoras.	Demora inevitable
	Demorar por fatiga
	Demora para balancear

Ahora bien, los principios de economía de movimientos vienen siendo corolarios del estudio de movimientos y mejoramiento. Son una serie de reglas e normas prácticas, desarrolladas progresivamente de la observación y del análisis o estudio de movimientos de muchas operaciones, los cuales tienden a conseguir la máxima eficiencia en el aprovechamiento de los movimientos en el curso del trabajo.

Después de haber hecho todos estos análisis y con la aplicación de los principios de economía de movimientos se mejoran el proceso y las operaciones. El grado de esta mejora depende en gran parte de la preparación y experiencia de la persona o personas que hacen el estudio, pues los análisis y principios solo vienen a ser las herramientas de tra-

bajo cuya eficiencia depende de la habilidad con que sean manejadas.

Habiendo dejado ya centrado el lugar que ocupan los principios de economía de movimientos en el ámbito del Estudio del Trabajo y habiendo también explicado lo que son, conviene ahora pasar a ver cuáles y cuántos son estos principios

1.2 ENUNCIADO Y CLASIFICACION.

La mayoría de los autores que tratan los principios de economía de movimientos no están de acuerdo en el número de los principios, algunos resumen en un solo principio lo que otros consideran como dos ó tres principios independientes. Aún teniendo en cuenta las diferencias en el número de principios y en las clasificaciones que de ellos se hacen es de notarse que en fondo los autores expresan lo mismo en todos los casos.

Para el propósito de este trabajo no interesa tanto la clasificación específica de los principios sino más bien, el contenido de ellos en general, así que cualquier clasificación que tomara sería útil. Sin embargo, la clasificación que da Ralph M. Barnes en su libro "Motion and Time - Study" parece ser la más conveniente.

Barnes clasifica los principios en tres diferentes grupos: los relativos al uso del cuerpo humano, los relativos a la disposición del área de trabajo y los relativos al diseño de herramientas y equipo.

Los principios comprendidos en cada grupo se dan a continuación

I.- Aplicación y Uso del Cuerpo Humano

1. " Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo ".
2. " Las dos manos no deben estar ociosas al mismo tiempo, excepte en periodos de descanso ".
3. " Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas ".
4. " Los movimientos de las manos deben ser confinados a su rango más bajo, pero sin perjudicar la eficiencia del trabajo realizado.
5. " El trabajador debe aprovechar, en cuanto sea posible, el impulso que pudiera traer el material sobre el que trabaja y evitar el comunicárselo con esfuerzo muscular propio ".
6. " Se debe preferir que los movimientos de las manos sean suaves y continuos, y nunca en zigzag o en líneas rectas con cambios bruscos de dirección ".
7. " Los movimientos pendulares son más fáciles, rápidos y precisos, que aquellos fijos, fijos o controlados ".
8. " El ritmo es esencial al realizar una operación manual de manera suave y automática; procurándose en cuanto sea posible, adquirirlo en forma natural y fácil ".

II.- Arreglo del Lugar de Trabajo

9. " Debe haber un lugar fijo y determinado para todas las herramientas y materiales ".
10. " Los controles, depósitos y herramientas, deben estar localizados enfrente del operador y lo más cerca posible ".
11. " Las cajas y depósitos que reciban material por gravedad deben estar adaptados para entregarlo cerca y enfrente del operario ".
12. " Siempre que sea posible, el material terminado, debe retirarse usando la gravedad ".
13. " Los materiales y las herramientas deben colocarse de manera que permitan una sucesión continua de movimientos ".
14. " Deben tomarse medidas para asegurar adecuadas condiciones de visión. La buena iluminación es el primer requisito para una percepción visual satisfactoria.
15. " La altura del banco de trabajo y la silla, deben arreglarse para alternar fácilmente, el trabajo parado y sentado.
16. " Debe proveerse a cada empleado con una silla cuyo tipo y altura permitan una correcta postura ".

III.- Diseño de Herramienta y Equipo.

17. Siempre que sea posible deben usarse guías, sostenes o pedales para que las manos realicen más trabajo productivo.
18. " Siempre que sea posible, de 2 o más herramientas deben ser combinadas en una ".
19. " Debe procurarse que las herramientas y materiales queden en posición previa a su uso ".
20. " En un trabajo tal como el de escribir a máquina, en que cada dedo desarrolla un movimiento específico, la carga deberá ser distribuida de acuerdo a la capacidad inherente a cada uno ".
21. " Los mangos como los usados en desarmadores grandes y manivelas, deben diseñarse para permitir que la mano entre en contacto lo más que sea posible con la superficie del mango. Esto es importante cuando al usarlo se ejerce bastante fuerza. "

Para trabajo ligero de ensamble, el mango de las herramientas debe ser más angosto en la parte inferior ".

22. " Las palancas, los travesaños y manivelas, deben colocarse en tal posición, que permitan manejarlas con el menor cambio de posición del cuerpo y con la mayor ventaja mecánica ".

1.3 IMPOSICIÓN.

Algunos autores opinan que a una operación no se le ha hecho análisis, si se le puede aplicar, cuando menos uno de sus incisos, se tiene en cuenta el gran número y variedad de incisos que existen, se ve á el gran campo de aplicación que tienen.

Si ante el examen de los estados de la aplicación de los rines, es en la mayoría de los casos sumamente sencilla y que los gastos de modificación de las operaciones son generalmente mínimos, entonces, el gran campo de aplicación que tiene es real y no potencial. Lo contrario sucedería si los rines fueran difíciles de aplicar o si los costos de modificación de las operaciones fueran altos.

Lo dicho hasta ahora, se puede decir que la importancia de los análisis de economía de movimientos radica en los siguientes puntos:

- 1) Emancipación de los movimientos que es un análisis cuidadoso y refunde de las operaciones.
- 2) Se han expresados en forma de reglas o normas que son de aplicación directa.
- 3) Tienen un gran campo de aplicación real, debido a:
 - a. Su posibilidad de aplicación.
 - b. Su facilidad de aplicación.
 - c. Su economía de aplicación.

FRI I S DE BANA

Con lo dicho hasta aquí se tiene aunque en forma ge-
ral, un panorama de lo que son los principios de economía de
movimientos, de su significado y de su importancia

En este punto, es necesario concentrar la atención ya
sobre el objetivo de este trabajo y explicar los principios que
se van a probar.

Los principios ya fundamentados son casi ne-
cesarios por el carácter esencial de la explicación de ellos
sin hacer un análisis de ellos.

Los dos principios, para poder explicar y comprender
se explican en forma conjunta y además forman indepen-
dientes, pero no se debe perder de vista que uno de ellos
está relacionado con el otro. Los principios se relacionan du-
rante la explicación.

2.1 SIN ESTABILIDAD DE LOS MOVIMIENTOS DE AMBAS MANOS.

" Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo ".

" Las dos manos no deben estar ociosas al mismo tiempo, excepto en períodos de descanso.

Si en la ejecución de una operación solo se usa una mano, el cuerpo hará un esfuerzo tratando de balancearse a sí mismo. Cuando esto sucede, generalmente resulta que hay una mayor fatiga que cuando se usan las dos manos para hacer el trabajo. Cuando se usa una sola mano, la otra aunque permanece ociosa no está descansando, puesto que no hay un relajamiento completo de los músculos. Lo dicho anteriormente lo ha experimentado toda la gente, cuando ha cargado un peso en una sola mano, por ejemplo: un cubo de agua. Después de hacer este trabajo se siente fatiga en los músculos de la espalda, debido a que el cuerpo trata de balancear el trabajo.

Además, cuando los movimientos de las manos son simultáneos y se siente la sensación de balance hay tendencia a que la operación se ejecute con ritmo, con lo cual se hará en forma más fácil, rápida y con un menor esfuerzo tanto físico como mental.

Frecuentemente en las operaciones manuales la mano izquierda sostiene el material mientras la derecha trabaja sobre él, en este caso se debe procurar arreglar el área de trabajo para que las dos manos operen simultáneamente, obteniéndose así una secuencia de movimientos más suave y balanceada.

Cuando se desea un descanso completo para reponerse de la fatiga, debe cesarse el trabajo totalmente e introducirse en la operación un período de reposo.

2.2 -- SI TRABAJO DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS BRAZOS.

"Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas".

Ya se ha dicho en la parte anterior de la simultaneidad de los movimientos, éstos, que principien y terminen al mismo tiempo. Además de estas características los movimientos deben ser opuestos y simétricos. Cuando los movimientos se hacen en una sola dirección, ya sea a la derecha o a la izquierda del cuerpo, será necesario mover el tronco en cierta forma para balancear el peso de los brazos produciéndose así la fatiga, máxime cuando el movimiento es altamente repetitivo. Por esta razón, los movimientos de los brazos deben ser hechos en direcciones opuestas.

Si hacemos pasar un eje vertical por el centro del cuerpo, veremos que existe simetría respecto a este eje. Fisiológicamente el cuerpo está hecho de manera que un lado del mismo tiende a hacer lo que el otro lado y así es la causa por la que es muy difícil coordinar ciertos movimientos. Si por ejemplo, tratamos de seguir con la mano derecha una trayectoria circular y con la izquierda una trayectoria cuadrada, se verá que es muy difícil hacerlo y la tendencia es que ambas manos sigan una misma trayectoria ya sea circular o cuadrada; para lograr lo primero, es necesario un esfuerzo mental, y así

más, hacer los movimientos lentamente. De aquí resulta, la preferencia por los movimientos simétricos con lo cual se evita mucha fatiga.

Si los movimientos son simétricos y opuestos el ritmo y la automaticidad en la operación se desarrollan en una forma natural. El ritmo es la sincronización de los movimientos respecto al tiempo y cuando ha sido obtenida por una persona en una operación ésta trabaja casi sin necesidad de pensar o pensar.

Cuando los movimientos no cumplen este principio, entonces, son hechos en forma lenta, torpe y con torpezas, lo que causa pérdida de tiempo y hace el trabajo menos productivo.

2.3 USO DE MOVIMIENTOS DE MENOR

* Los movimientos de las manos deben ser confinados a un rango más bajo, pero sin perjudicar la eficiencia del trabajo realizado. *

ha tomado el acuerdo de dividir los movimientos físicos en cinco clases o rangos, de acuerdo a las partes del cuerpo que intervienen en el movimiento. Estas cinco clases son las siguientes:

- 1) Movimientos de los dedos.
- 2) Movimientos de los dedos y muñeca.
- 3) Movimientos de los dedos, muñeca y antebrazo.
- 4) Movimientos de los dedos, muñeca, antebrazo y brazo.

) Movimientos de los dedos, muñeca, antebrazo, brazo y hombros. En general en estas clases intervienen los movimientos de órdenes par del cuerpo.

Entre estos movimientos los de la primera clase son los más rápidos y menos fatigantes, haciéndose más lentos y cansados, cuanto mayor es el rango.

Debido a lo anterior siempre debe procurarse arreglar el área de trabajo de manera que los movimientos sean del rango más bajo posible. En este arreglo sin embargo, debe intervenir el sentido común, puesto que con los dedos no se puede desarrollar gran esfuerzo y no es lógico que con ellos se trate de levantar un objeto pesado, pero es posible que si en este trabajo se están usando movimientos del cuarto rango puedan reducirse al tercero.

En realidad no existe gran dificultad en entender y aplicar la clasificación puesto que siempre se tiene en mente la capacidad de esfuerzo en cada rango, y es por esto que en el principio se hace la salvedad que no disminuya la eficiencia al aplicar movimientos de rango menor.

2.4 A OPII E TR *

" Los controles, materiales y herramientas deben estar localizados enfrente del operador y lo más cerca posible ".

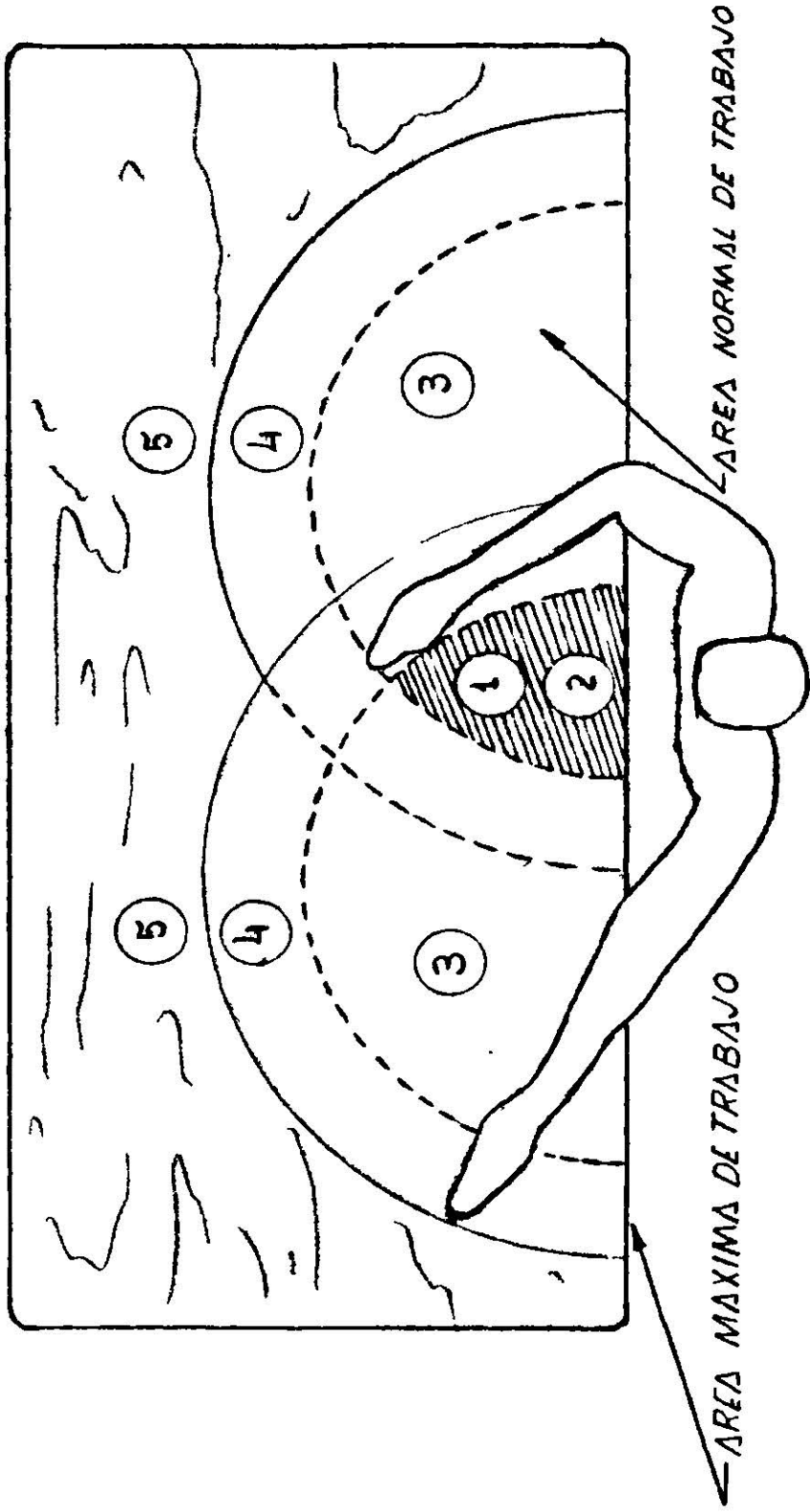
Este principio algunos autores lo expresan como si usara:
" Todos los materiales y herramientas deben estar localizados dentro del área de trabajo ".

La área en que el trabajador ejecuta una operación debe reducirse al mínimo posible sin perjudicar la eficiencia con que hacen los movimientos. Las áreas en que el trabajador puede hacer la operación en forma más rápida y descansada son las áreas en que no necesite movimientos del cuerpo sino solo de los brazos y aún en este caso del menor rango posible.

Si se hace girar, en un plano horizontal los antebrazos y manos, enlazados como ejes los codos, el área comprendida para este movimiento es lo que comúnmente se le llama el área normal de trabajo. Si se hacen girar los brazos, antebrazos y mano enlazados al hombro, el área así obtenida es conocida como área máxima de trabajo. Esto mismo se puede hacer en un plano vertical obteniéndose las áreas normal y máxima para dicho plano.

En la figura se tienen las áreas de trabajo, normal y máxima, con los rangos de movimientos que comprenden. Se ve que el área del área máxima es en los movimientos de quinientos grados la cual es son los más lentos y fatigantes. Por lo tanto, debe procurarse que los materiales y herramientas no queden fuera de dicha área máxima. En la zona se brindan también los movimientos de 1 y 2 con los que se tiene mayor eficiencia, así pues, en esta área debe procurarse hacer el trabajo, los ensambles y inscripciones, etc.

De todo lo hasta aquí se ve que los dos principios están íntimamente relacionados con los conceptos de áreas normal y máxima.



AREAS DE TRABAJO Y RANGO DE MOVIMIENTO

FIG N° 1

2.5 I ION PR VIA D LOS IALES Y HRA S

" Se d be u qu r s y ial s
q ed n en e ón ia a su s ".

Con el princio ie an ior se q i re decir que los ma-
t riales y h rrami n s eben si upre coloc en un d t rmi-
nado lu ar y ri nt ción d manera ue cuand se nec sit n sean
tomados n la posición n ue ser u os.

En el caso de l s herrami ntas se puede id ar sostenes
e dispozi ivos para lo rar t ner la posición pre ia, un ejem lo
muy conocido de e te son los rt luna de se itorio. En el
caso de los materiales; sin embargo, hay que tener en cuan a el
costo y dificultad e tenerlos en posición pre ia, puesto ue
a í g neralmente la posición pr ia se ce n la e r ción an-
teri y a la e r ción n ue van a ser u i iz os y uirá en esa
op ración n s sib ó .

I tener tan e las h rrami ntas como los ma riales en
posición revia eliminan e isminuyen los rblis d buscar,
seleccionar y posicionar, con lo q s lo una mayor rá i-
dez en la ejecución de la ope ación y un menor esfuer o.

7

PRO EX L AL

La siguiente parte trata exclusivamente sobre la forma en que fue diseñado y hecho el experimento.

Primamente se describirá el equipo usado y se explicará en lo que consiste la operación. Después, se hará al respecto y análisis de los datos y finalmente se anunciarán las conclusiones obtenidas.

3.1 PLANO

Los planos del aparato usado en el experimento se encuentran al final de este trabajo.

3.2 DESCRIPCION DEL EQUIPO USADO.

El equipo usado en la parte experimental de este trabajo consistió en:

1.- Un tablero con 7 agujeros de 0.15 cm. (1/16") y 36 agujeros de 0.318 cm. (1/8"). Los agujeros de diámetro grande y en su parte inferior tiene 12 barras de bronce las cuales

forman las dos líneas de un circuito. En su parte inferior el tablero también lleva 32 pernos de bronce que están conectados para formar un circuito abierto, en muchos puntos (Ver figura 2). La distribución de los agujeros en el tablero y la colocación de las barras y pernos en él, se muestran en el plano adjunto.

2.- 36 clavijas de material plástico las cuales llevan torneada en su parte superior una concavidad semiesférica de 1.27 cms. ($1/2''$) de diámetro. Cada clavija lleva también tres agujeros dos de ellos de 0.159 ($1/16''$) y el otro de 0.318 cms. ($1/8''$). En estos agujeros van tres varillas del mismo diámetro que ellos. La distribución de los agujeros y las longitudes de ellos y de las varillas se muestran en el plano de las clavijas.

3.- Una mesa de madera de 95 cms. de alto en la que se tenían dibujados las áreas normal y máxima de trabajo.

4.- Un tablero de madera de 22.86 cms. por 22.86 cms. ($9'' \times 9''$) con agujeros distribuidos en forma semejante al tablero principal.

5.- 36 esferas metálicas de 1.27 cms. ($1/2''$) de diámetro.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN.

La operación es dividida en dos partes las cuales son independientes.

La primera parte de la operación consiste en insertar

36 clavijas en el conjunto de agujeros del tablero.

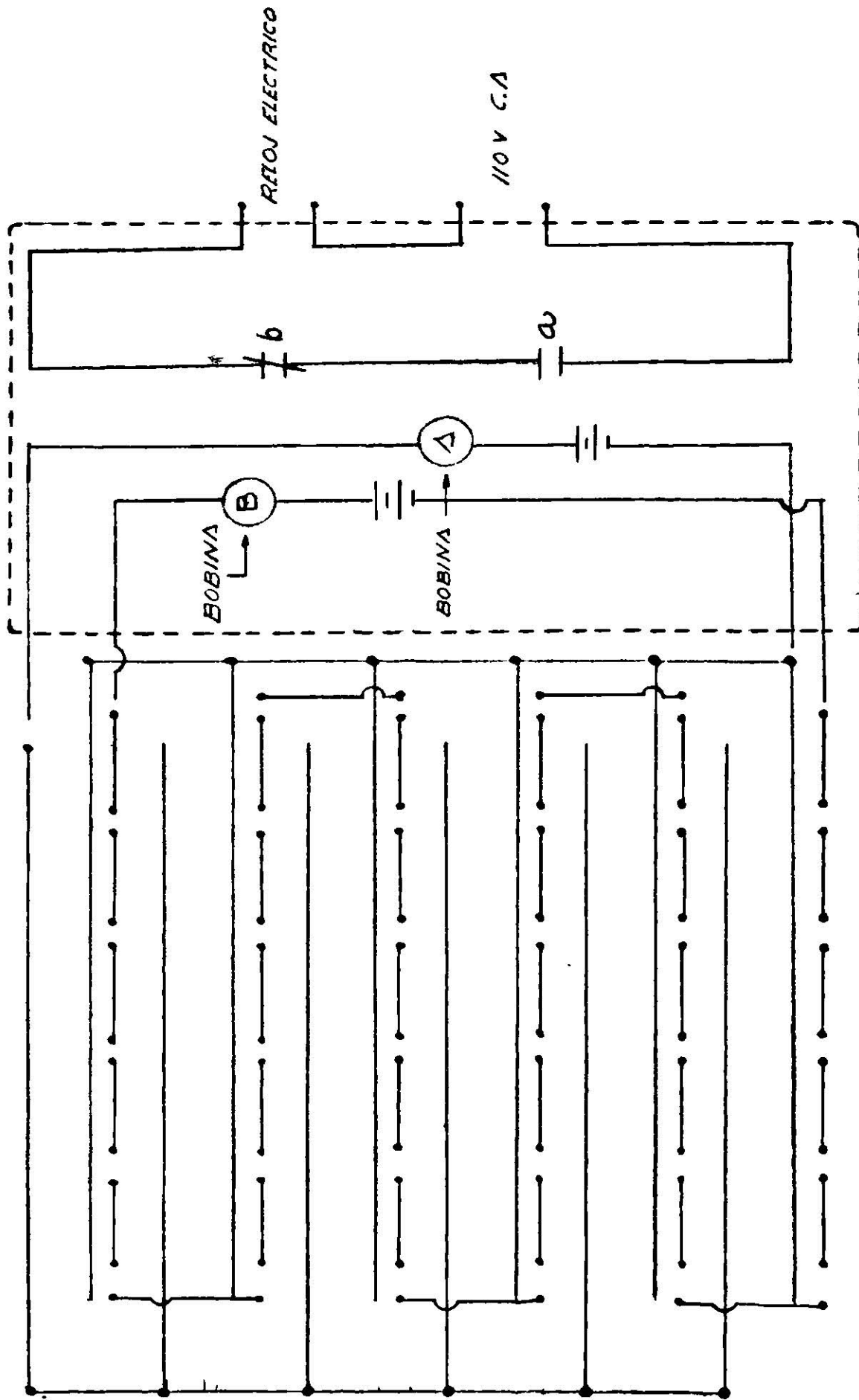
Teniendo insertadas las clavijas, la segunda parte consiste en colocar en las concavidades esféricas de las mismas 36 esferas metálicas.

Al insertar una clavija en el tablero la varilla gruesa de ella viene a cerrar el circuito de las barras. Si este circuito está conectado en serie con una batería y una bobina, entonces la bobina se excita. Refiriéndonos a la figura 2, la bobina excitada sería la (A), la cual cerraría el contacto "a" con lo que el reloj eléctrico del circuito del contacto empezaría a funcionar. El circuito de las barras de bronce está en tal forma que en cualquier lugar que se inserte una clavija se cerrará el circuito.

Las varillas delgadas de las clavijas vienen a hacer el efecto de llevar los contactos de los pernos a la parte superior de ellas. Al colocar la esfera metálica en la clavija cerraría una de las partes abiertas del circuito (Ver figura 2).

Para que el circuito de los pernos quede completamente cerrado es necesario que estén colocadas todas las esferas metálicas; por lo tanto la última esfera que se coloca es la que viene a cerrar el circuito. Si este circuito está conectado en serie con una batería y una bobina, entonces al cerrarse se excitará la bobina. Refiriéndonos a la figura 3, la bobina sería la (B) la cual al excitarse abriría el contacto "b", normalmente cerrado, con lo cual se pararía el reloj eléctrico.

Si se toma en conjunto el efecto de los dos circuitos



TESIS

FIG. 2
DIAGRAMA DE CIRCUITOS

tes, entonces el reloj eléctrico marcaría el tiempo desde la colocación de la primera clavija hasta la colocación de la última esfera o sea el tiempo de la operación total.

Como en este experimento se separó la operación en dos partes no se usarán los circuitos sino un reloj de cuerda. Sin embargo, estos circuitos pueden ser acoplados al tablero si se desea analizar conjuntamente las dos partes de la operación.

3.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Un experimento siempre se hace con algún objetivo, es decir, por medio de él se busca lo que se desea encontrar algo.

Al planear un experimento se debe tener en mente que es lo que se desea encontrar, por lo tanto, primero hay que plantear el problema y después diseñar el experimento para su solución.

En este trabajo se siguió el diseño factorial, sin embargo, antes de explicar el procedimiento a seguir, es conveniente ver el por qué de usar dicho diseño. Para esto es necesario establecer en primer término cuál es el problema y en segundo término cuáles son las ventajas de usar un experimento factorial para su solución.

El problema es probar los principios de movimiento ya enunciados en la introducción. Para probarlos experimentalmente es necesario aplicarlos a la operación y comparar los resultados así obtenidos, con los resul-

todos que se obtienen cuando dichos principios no son aplicados.

Cuando en la operación solo se usa una mano se va contra los siguientes principios:

" Las dos manos deben empezar y terminar sus movimientos al mismo tiempo. "

" Las dos manos no deben estar ociosas al mismo tiempo, excepto en raras de canso. "

" Los movimientos de los brazos deben hacerse simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas. "

Si en la operación se usan las dos manos y los movimientos se hacen simultáneamente en direcciones opuestas y simétricas, entonces, los principios anteriores se cumplen.

Si los materiales son colocados fuera del área máxima de trabajo, se violan los siguientes principios:

" Los movimientos de las manos deben confinarse a su rango más bajo, pero sin perjudicar la eficiencia del trabajo realizado. "

" Los controles, materiales y herramientas deben estar colocados enfrente del operador y lo más cerca posible. "

Cuando los materiales se colocan dentro del área normal de trabajo y enfrente del operador, se cumple lo establecido por los principios anteriores.

Si los materiales se encuentran un recipiente

sin ningún orden ni orientación, no se cumple el siguiente principio:

" Se debe precurar que las herramientas y materiales queden en posición previa a su uso "

Cuando a los materiales se les dá una orientación en forma que queden en posición previa a su uso, se cumple el principio anterior.

De lo anterior se puede considerar que en la operación intervienen tres factores; movimientos del operador, área de trabajo y posición del material. Cada uno de estos factores está a dos diferentes niveles los cuales se explican a continuación:

Movimientos del Operador

1.- En el primer nivel el operador toma las clavijas con una mano, la derecha, y las inserta en el tablero, procediendo de atrás hacia adelante y de izquierda a derecha. Se sigue esta secuencia para evitar que las clavijas insertadas dificulten los movimientos del operador.

2.- En el segundo nivel el operador usa las dos manos, empleando movimientos simultáneos opuestos y simétricos. El orden de inserción es de atrás hacia adelante y del centro hacia los extremos.

Se puede ver que en este segundo nivel se aplican los tres primeros principios de economía de movimientos.

Área de Trabajo

1.- En el primer nivel, el depósito de material se está colocado fuera del área máxima de trabajo.

2.- En el segundo nivel el depósito del material está colocado enfrente del operador y dentro de la área normal de trabajo.

En ambos niveles el tablero de fibra se mantiene dentro del área normal de trabajo.

En este segundo nivel se aplican los principios relativos al rango de movimientos y a áreas de trabajo.

Posición del material

1.- En el primer nivel el material no está colocado en posición previa y queda en forma desordenada dentro del depósito.

2.- En el segundo nivel el material está colocado en posición previa. Para lograr esto, se usa el tablero de madera descrito anteriormente, en el cual se colocan las clavijas de manera que ya estén dispuestas y orientadas en la misma forma igual a la que van a ser insertadas.

En este segundo nivel se aplica el principio de la posición previa del material.

Para la segunda parte de la operación, no existe el factor de la preposición, ya que siendo el material de forma esférica

la orientación no importa, por lo tanto, solamente intervienen los dos primeros factores con sus respectivos niveles.

En un experimento factorial se investigan simultáneamente los efectos de diferentes factores. Se ve si los factores son independientes o existe interacción entre ellos. Se determina si los resultados obtenidos, provienen realmente de los factores considerados o son debidos a errores en el experimento.

Las razones antes expresadas muestran por que en este trabajo se usó el diseño factorial.

Para poder hacer el análisis de un experimento de tipo factorial, es necesario tener un número de tratamientos igual al número de combinaciones posibles de los factores. Si se tienen tres factores a dos diferentes niveles el número de combinaciones posible es ocho y por lo tanto se requieren ocho diferentes tratamientos para el experimento factorial.

La notación usada en el diseño factorial y la forma en que se obtienen los valores de los diferentes efectos se explica a continuación:

Se tomará el caso de tres factores a dos niveles cada uno. Las letras M, A y P indican los tres factores. Las letras "m", "a" y "p" indican que los factores M, A y P se ejecutan al segundo nivel. El primer nivel se indica por la ausencia de la letra correspondiente. Por ejemplo: (ma) indica que la operación se ejecuta con los factores M y A al segundo nivel y el factor P al primer nivel. Para

evitar la ausencia de símbolo cuando los tres factores es ón al primer nivel se us el símbolo (1).

La siguiente tabla aclara los métodos o tratamientos que deben usarse en un experimento factorial :

	M ₁		M ₂	
	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
P ₁	(1)	(a)	(m)	(am)
P ₂	(p)	(a p)	(pm)	(apm)

Los subíndices 1 y 2 indican los niveles a que se ejecutan los factores.

Si se tienen solo dos factores a dos niveles cada uno, la notación usada y el número de métodos o tratamientos se reduce como se muestra en el cuadro siguiente:

	M ₁	M ₂
A ₁	(1)	m
A ₂	a	am

Lo siguiente cuadros explican suficiente la forma de encontrar los valores de los factores tanto de los factores como de las interacciones.

1.- Factores a dos niveles:

efecto Factorial	(1)	(m)	(a)	(am)	(p)	(mp)	(ap)	(map)	Divisor
M	-	+	-	+	-	+	-	+	4
A	-	-	+	+	-	-	+	+	4
P	-	-	-	-	+	+	+	+	4
MA	+	-	-	+	+	-	-	+	4
MP	+	-	+	+	+	+	-	+	4
AP	+	+	-	+	-	+	+	-	4
MAP	+	+	+	+	+	+	-	+	4

2.- Dos factores a dos niveles:

Efecto Factorial	(1)	(m)	(a)	(am)	Divisor
M	-	+	-	+	2
A	-	-	+	+	2
MA	+	-	-	+	2

Donde:

M, A y P dan el efecto de usar esos factores al segundo nivel.

MA, MP, AP y MAP indican el efecto de las interacciones cuando los segundos niveles de los factores se introducen simultáneamente.

táneamente a la operación.

Con los cuadros anteriores se obtienen los valores de los efectos pero no se sabe si estos valores son realmente debidos a la diferencia en tratamientos ó son debidos al error experimental. Para lograr saber a cual de las dos causas se debe el efecto, es necesario hacer el análisis de variancia del experimento tal.

Como en la primera parte de la operación se tienen tres factores a dos niveles y en la segunda parte dos factores a dos niveles y estas partes son mutuamente independientes, se pueden hacer para esta operación dos experimentos factoriales uno para la primera parte y otro para la segunda.

3.5 PROCEDIMIENTO SEGUIDO.-

Para aplicar los experimentos factoriales se sacaron las combinaciones posibles de los factores, obt niéndose ocho tratamientos para la primera parte de la operación y cuatro tratamientos para la segunda.

Recordando lo que se dijo al explicar los niveles de cada factor, viendo los siguientes cuadros se comprende fácilmente cuales fueron los métodos de tratamientos usados en en cada part de la operación.

MA O N

A M B

MA Q D E R E C H

P DE DALL JO	DINT JO	F DE LAR JO	D N D L A B P I A O
<p>MOV 1</p> <p>Noviembre con la mano derecha, material fuera del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 2</p> <p>Noviembre con la mano izquierda, material dentro del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 3</p> <p>Noviembre con las dos manos, material fuera del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 4</p> <p>Noviembre con las dos manos, material dentro del área de trabajo y en posición previa.</p>
<p>MOV 5</p> <p>Noviembre con la mano derecha, material fuera del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 6</p> <p>Noviembre con la mano izquierda, material dentro del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 7</p> <p>Noviembre con las dos manos, material fuera del área de trabajo y en posición previa.</p>	<p>MOV 8</p> <p>Noviembre con las dos manos, material dentro del área de trabajo y en posición previa.</p>

POSICION

POSICION

SEGUNDA PARTE → COLOCACION DE ESPERAS

	MANO IZQUIERDA	
FACTOR DE EJECUCION	M. MODO 1	M. MODO 2
	Movimientos con la mano izquierda, material fuera del área de trabajo.	Movimientos simultáneos, material fuera del área de trabajo.
DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO	M. MODO 3	M. MODO 4
	Movimientos con la mano derecha, material dentro del área de trabajo.	Movimientos simultáneos, material dentro del área de trabajo.

Cuando una persona hace por primera vez una operación, aún siguiendo un método ya establecido, tiene muchos titubeos y dificultades debido a la falta de hábito. Conforme va repitiendo la operación, esos titubeos y dificultades van disminuyendo hasta que llega un momento en que son eliminados y la persona ya no puede prácticamente mejorar su situación.

Si cada vez que se hace la operación se tomara el tiempo que tarda, se vería que conforme se repite la operación el tiempo va disminuyendo hasta que se estabiliza en un valor aproximadamente constante.

Si estos tiempos se graficaran se obtendría una curva de este tipo:



Anteriormente a las pruebas de un experimento no se han practicado los métodos, entonces en las pruebas que se hagan al final, se tendrá una mayor habilidad que en las primeras. Por lo tanto, la diferencia en tiempo entre las últimas pruebas y las primeras se debiera a dos diferentes causas; la diferencia en habilidad y la diferencia en el tratamiento usado.

En el experimento para este trabajo hay varios elementos de la operación que se repiten en todos los tratamientos, y como aquí interesa ver la influencia que en la operación tienen los diferentes tratamientos anteriores debe eliminarse en lo posible el efecto de la habilidad en dichos elementos.

Para lo raro se se hizo que el operador practicara durante un tiempo, los diferentes métodos de tratamientos.

Para cada uno de los métodos se hicieron cuatro pruebas o réplicas y a cada prueba se le tomó el tiempo.

Si las cuatro pruebas se hicieran consecutivamente, entonces, en la última se tendría la habilidad de haber hecho los anteriores. Con el fin de evitar esto, se numeraron las pruebas y el orden en que se ejecutarán fué asignado en forma casual mediante papeletas mezcladas;

3.6 DATOS OBTENIDOS -

Los siguientes cuadros muestran los datos obtenidos para cada prueba en las dos partes de la operación:

OPERACION DE LAS CLAVIJAS

	MANO DERECHA				AMBAS MANOS			
	FUERA DEL AREA DE TRABAJO.		DENTRO DEL AREA DE TRABAJO.		FUERA DEL AREA DE TRABAJO		DENTRO DEL AREA DE TRABAJO	
M P A O P T SR ESIE RIV INII A OA L N	169.0	120.0	127.5	133.0	133.0	124.0	111.5	120.0
	148.0	144.0	127.0	129.0	121.0	121.0	101.5	107.0
	Pr- 153.250		Pr- 129.125		Pr- 124.750		Pr- 110.000	
M P A O T SR ESIE RIV INII A OA L N	120.0	120.0	097.5	095.0	089.0	081.0	076.5	76.5
	118.0	115.5	088.0	085.0	076.0	082.0	076.0	068.0
	Pr- 118.375		Pr- 092.250		Pr- 082.000		Pr- 074.250	

CLASE I

8

		\bar{f}	A	B	HOA
F E L	A J	7.0	74.0	49.5	48.5
		73.0 +	7.0	49.0	48.0
		Pr= 74.75		Pr= 48.75	
F C A D L	Q A D	0.5	59.0	37.5	30.5
		51.5	57.0	31.0	39.0
		Pr= 58.5		Pr= 37.25	

Las unidades en \bar{f} en expresados los tipos
anterior y son en ásimos de mil ude.

3.7 L. D. LOS DA S.

Con los datos del punto anterior y con las tablas
de signo ya mencionadas, se tiene los valores de los factores
para las diferentes interacciones son:

1) Interacción clavija.

$$\begin{aligned}
 H &= - 25.5 \\
 &= 13.1875 \\
 P &= + 37.5625 \\
 MA &= + 6.975
 \end{aligned}$$

MP = - 1.6875

AP = + 1.25

MAP = + 2.25

2) Colocación de las esferas.

N = - 23.5

A = - 14.0

NA = + 2.5

Las letras significan :

N = Efecto de usar las dos manos con movimientos simétricos y simultáneos en lugar de una.

A = Efecto de tener los materiales dentro del área normal de trabajo en lugar de tenerlos fuera del área máxima de trabajo.

P = Efecto de tener el material en posición previa en lugar de estar desordenado y sin orientación.

NA = Interacción entre N y A. Da una medida de la dependencia entre dichos efectos.

NP = Interacción entre N y P. Da una medida de la dependencia entre dichos efectos.

AP = Interacción entre A y P. Da una medida de la dependencia entre dichos efectos.

MAP = Interacción entre N, A y P. Da una medida de la dependencia entre dichos efectos.

Por ejemplos:

$M = 25.5$ quiere decir que la operación, teniendo en cuenta el experimento como un todo, se hizo 25.5 centésimos de segundo más rápida, cuando se usaron las dos manos que cuando se usó una sola. El mismo significado tienen los valores de A y P solo que en lugar de ser la variación en los movimientos del operador, es en el área de trabajo y en la posición del material.

Si el valor de MA fuese cero, querría decir que las dos variaciones, uso de las dos manos y materiales dentro del área de trabajo, son independientes, esto es, que cuando intervienen simultáneamente, la disminución del tiempo en que se hace la operación sería igual a la suma de las disminuciones obtenidas cuando cada una de las variaciones se hace intervenir separadamente. Como para este caso no es cero sino que tiene un valor positivo entonces, la operación se ejecutará + 6.9375 centésimos de segundo más lenta, que si fueran independientes. En los otros casos, las interacciones tienen el mismo significado.

De lo anterior se deduce que las disminuciones en tiempo que en la operación se obtienen cuando se hacen intervenir simultáneamente las variaciones en movimientos del operador, - área de trabajo y posición del material son:

Uso de las dos manos y materiales dentro del área normal de trabajos:

$$M + A + MA = - 36.65$$

Uso de las dos manos y materiales en posición previa a su uso:

$$N + P + MP = 64.75$$

Materiales dentro del área normal de trabajo y en posición previa a su uso:

$$A + P + AP = 54.5$$

Uso de las dos manos, materiales dentro del área normal de trabajo y en posición previa a su uso:

$$N + A + P + MAP = 79.0$$

Los tiempos anteriores son para la primera parte de la operación. En la segunda solo se tiene una interacción, la MA, así que la disminución en tiempo debido al uso de las dos manos y tener los materiales dentro del área de trabajo será:

$$N + A + MA = 35.0$$

Las unidades de los tiempos anteriores siguen siendo los mismos que en los datos, es decir centésimos de minuto.

Es evidente que en todo experimento hay variaciones casuales que no se pueden controlar y se hacen que en el experimento evita un error.

Por lo tanto las diferencias en tiempos encontradas anteriormente pueden ser debidas a ese error experimental y no a la diferencia en métodos de ejecución. Para poder llegar a una conclusión es necesario saber a que son debidas las

variación es en tiempo y por lo cual se hace uso del análisis de variancia.

En este análisis se establecen dos hipótesis:

- 1) Los tratamientos o métodos usados en el experimento son iguales.
- 2) No existe interacción entre ellos.

Estas hipótesis se aceptan o se rechazan basándose en la relación de la variancia del factor que se está considerando a la variancia debida al error experimental. Esta relación sigue la distribución de F .

Si $V/V_e > F_{\alpha}$ las hipótesis se rechazan. F_{α} es el valor de la distribución de frecuencia F para una probabilidad de error α , $\nu_1 = S_1$ grados de libertad para el numerador y $\nu_2 = S_2$ grados de libertad para el denominador.

Para cada efecto e interacción se determina su F y si ésta es mayor que la F_{α} se rechaza la hipótesis y el efecto obtenido es el debido a diferencia en el tratamiento y realmente existe interacción.

Si F es menor o igual que F_{α} entonces debe aceptarse la hipótesis de que no hay diferencia en el tratamiento y de que los efectos son independientes y no existe interacción.

En el análisis de variancia para la primera parte se tiene:

$X \rightarrow$	$X = [M]$	$X = [A]$	$X = [P]$	$X = [MAP]$	$X =$ G M A N T O T A L	
$1 \geq X^2$	1664.04	3612.01	1232.1	79	100	12503296
DIVISOR (1)	32	32	32	32	32	32
$\frac{1}{2} X^2 / \Delta T$	5202	11287.5	387	228	125	39078
$-v^2/32$						
$\frac{1}{6} SU$	5202	11287.5	387	228	125	40.5

Donde:

$$[M] = -[I] + [M] + [a] + [P] + [MAP] - [ap] + [map]$$

$$[I] = \text{suma de los 11 en del tramiento (1)}$$

Los demás cfr.s tienen el mismo significado y siguen las 1 y 2 de signos mostrados en la línea 32.

El valor (1) visor d be er igual al número de segundos q se elevan al cuadrado.

Fuentes de Variación.	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad.	Variancia	F	F _α
M	5202	1	5202	141.17	7.82
A	2646.3	1	2646.3	71.81	7.82
P	11287.5	1	11287.5	306.31	7.82
MA	385	1	385	10.45	7.82
MP	22.8	1	22.8	0.62	7.82
AP	12.5	1	12.5	0.34	7.82
MAP	40.5	1	40.5	1.10	7.82
Error	884.4	24	36.85		
Total	20481	31			

En el análisis de variancia para la segunda parte se tiene:

X	X = Datos	X = [M]	X = [A]	X = [A]	X = Gran Total
$\sum X^2$	51010.5	35344	12544	400	767376
(1) DIVISOR	1	16	16	16	16
$\sum X^2 / \text{DIVISOR}$	51010.5	209	784	25	47711
$- G^2 / 32$	47961	---	---	---	---
SUMA DE CUADROS	3049.5	2209	784	25	---

Donde:

$$[M] = -[1] + [m] - [a] + [am]$$

$$[1] = \text{Suma de r\u00e9 lic del tratamiento (1)}$$

Las dem\u00e1s letras tienen el mismo significado y siguen las reglas mostradas en la p\u00e1gina 32.

En (1) del cuadro anterior el divisor debe ser igual al n\u00famero de sumandos que se elevan al cuadrado.

Fuentes de Variaci\u00f3n.	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad.	Variancia	F	F _{\u03b1}
M	2209	1	2209	341.5	.33
A	784	1	784	29.6	9.33
AM	25	1	5	9.5	9.33
Error	31.5	12	2.625		
Total	309.5	15			

En la primera parte el valor de F_{\u03b1} es para un error alfa de 0.01, 1 grado de libertad en el numerador y 4 grados de libertad para el denominador.

En la segunda parte el valor de F_{\u03b1} es para un error alfa de 0.01, 1 grado de libertad para el numerador y 12 grados de libertad para el denominador.

En la primera parte como F mayor ue F para M, A, P y MA se puede concluir ue lo tr s f e os son r al- m d i os a la dif encia n t. tauti s y ue iste in eración entre M y A

E Ia s runda part tamb én s uede concluir lo mismo puesto u F mayor que F, en todos los casos.

Si s toma como b el tiempo promedio de la opera- ción, cuando es ejecutada con los fact res al primer nivel, los aumentos p fici cia debida a la inclusión de los se un dos niveles ya sea inde ndiente e conjuntamente, serán:

$$M = \frac{25.5}{153.25} = 0.167$$

Aumento en ef cio i ebido al uso de las os manos con no indientes opuestas y simétricos; 16.7%

$$A = \frac{18.175}{153.25} = 0.119$$

Aumento en fici cia bido a tener los materiales dentro del área normal de trabajo; 11.9%

$$P = \frac{37.525}{153.25} = 0.246$$

Aumento e in i a l s eriales en posición previa a su uso; 24.6%

$$MA = \frac{3.25}{153.25} = 0.21$$

Ume o en ficiencia d ido al uso de las manos y tener los materi les dentro d l área normal d trabajo; 21%

n s o r s M, P y P como F menor ue

Por lo que se concluye que no son independientes por lo tanto, hay que tomar como disminución en tiempo, la suma de las disminuciones de los tiempos a cada uno de ellos.

$$P = \frac{25.5 + 37.5625}{130.5} = 0.414$$

Aumento en eficiencia debido al uso de las dos manos y tener los materiales en posición previa a su uso; 41.4%

$$AP = \frac{18.1875 + 37.5625}{153.25} = 0.369$$

Aumento en eficiencia debido a tener los materiales dentro del Área Normal de trabajo y en posición previa a su uso 36.9%

$$= \frac{25.5 + 18.1875 + 37.5625}{153.25} = 0.53$$

Aumento en eficiencia, debido al uso de las dos manos, tener el material dentro del Área normal de trabajo y en posición previa a su uso; 53%

Para la segunda parte de la operación se tienen:

$$M = \frac{23.5}{74.75} = 0.315$$

Aumento en eficiencia debido al uso de las dos manos; 31.5%

$$A = \frac{23.5}{74.75} = 0.188$$

Aumento en eficiencia a tener el material dentro del Área normal de trabajo; 18.8%

$$MA = \frac{35}{74.75} = 0.478$$

Aumento en eficiencia debido al uso de las dos manos y tener el material dentro del área normal de trabajo; 47%.

De los planos y lo dicho en la descripción de la operación, se ve que en la primera parte de la operación, el ensamble de las clavijas tiene que hacerse en una orientación definida, de lo contrario la clavija no podrá ser insertada. En la segunda parte, el ensamble de las esferas, no existe orientación y pueden colocarse en la forma con que fueron tomadas del depósito.

Se ve del análisis de los aumentos de eficiencia para M_1 , A y MA que éstos fueron mayores en la segunda parte que en la primera y ésta es debido precisamente a las diferencias en el tipo de ensamble, ya que el tiempo de ensamble es constante con y sin la inclusión de M_1 , A y MA.

El aumento en eficiencia debido al tener el material en posición previa a su uso fue el mayor comparando exclusivamente los tres factores independientemente.

Lo anterior quiere decir que la posición previa es el factor que mayor influencia benéfica tiene. Sin embargo, hay que tener en cuenta el gasto y pérdida de tiempo para lograr dicha posición previa y compararlo con las ventajas que se obtenga en la operación antes de decidir cambiar el método de hacer éstas.

Al incluir en la operación dos ó los tres factores

esta se mejoró aún más, orientando la eficiencia notablemente hasta llegar a tener un aumento de 53%, es decir que la operación se logra hacer en menos de la mitad del tiempo requerido que cuando se tenía los 3 factores es en el primer nivel.

De lo observado durante las pruebas y así expresado por el operador, el tener los materiales fuera del área de trabajo hacia la operación no ablemente más cansada. El ensamble requería mucho mayor atención cuando los materiales no estaban en posición previa.

3.8 CONCLUSIONES.

De lo dicho anteriormente se puede decir que:

- 1) Cuando se ejecutó la operación teniendo algún factor al segundo nivel, esta se hizo más rápida.
- 2) Cuando la operación se hizo teniendo dos factores al segundo nivel la mejora fue mayor. Llegando a hacer la primera parte de la operación en menos de la mitad de tiempo cuando los tres factores estaban al segundo nivel.
- 3) En las operaciones no se tiene que hacer en una orientación definida, el tener el material en posición previa es el factor que tiene mayor influencia.
- 4) El uso de las dos manos y tener los materiales dentro del área de trabajo tienen mayor influencia cuando en la operación el operador no se afecta por la posición previa del material.

del área máxima de trabajo, se tiene mayor fatiga, u cuando en dicha operación el material está dentro del área normal de trabajo.

De acuerdo con los puntos y recordando un lo según los niveles de los factores se aplicando los principios de economía de movimientos, tratados anteriormente; se puede concluir:

Cuando en una operación, se aplican los principios de economía de movimientos propuestos en el trabajo, la operación mejora notablemente ejecutándose en forma más fácil, descansada y rápida.

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

Anerson, L., y T. Banerjee, "Statistical Theory in
 Research", Wiley, New York, McMillan Book Co., Inc., 1950.

Barnes, Ralph M., "Introduction and Study", 3rd ed., Nueva
 York, John Wiley & Sons, Inc., 1950.

Cochran, William G., y Fred C. Cox, "Experimental Design",
 John Wiley and Sons, Inc., 1950.

Gran, I., y E. L. Johnson, "Handbook of Industrial
 Engineering and Management", John Wiley and Sons, Inc.,
 1950.

Saldana, "Tables and Formulas", Nueva York, -
 John Wiley and Sons, Inc., 1952.

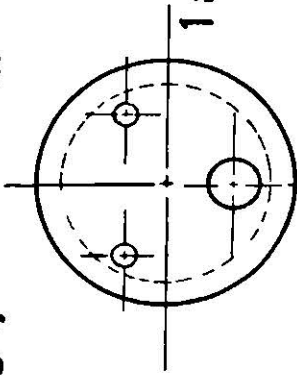
Paul, "Introduction to Mathematical Statistics",
 2nd ed., Nueva York, John Wiley & Sons, Inc., 1954.

Mund, "Introduction to the Study", 2nd ed., Nueva
 York, John Wiley and Sons, Inc., 1950.

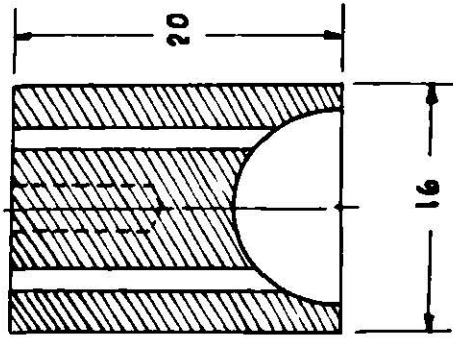
Milner, "Introduction to the Study", Nueva York, McGraw-
 Hill Book Co., Inc., 1950.

Belmont, "Introduction to the Study", Ilinois Richard
 D. Irwin, Inc., 1950.

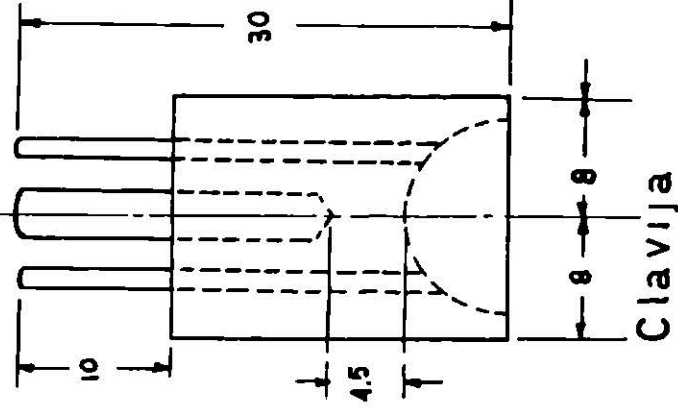
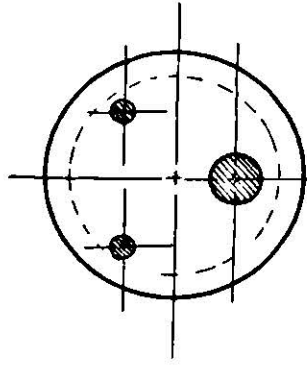
2 agujeros $1.5 \times \phi$ ($\frac{11}{16}$)



1 agujero $1'' \phi$
3.5 m.



Pieza-Plastico



Clavija

I.T.E.S.M.

Pieza-Plastico
y Clavija

Escala: 2= 1mm

Nombre: GERARDO RUIZ REAL

Acot. en milimetros

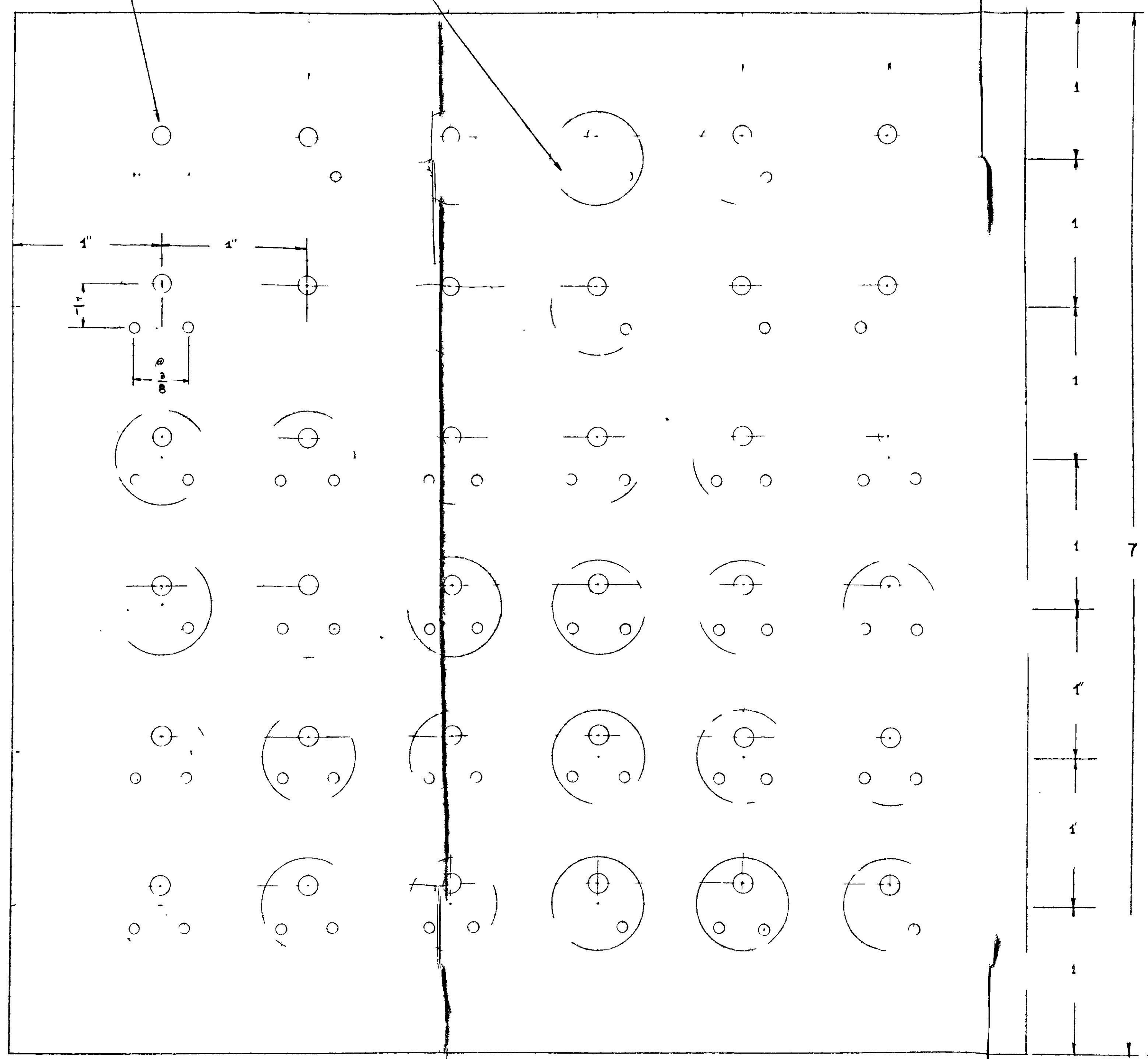
Lamina N° 1

TESIS

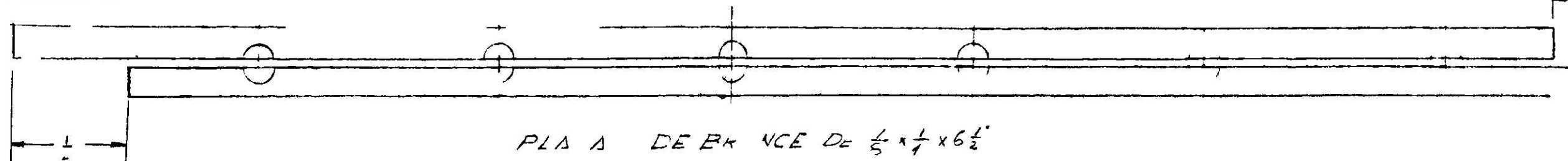
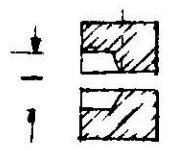
EB LE

AGUJEROS $\frac{1}{8}'' \phi$

AGUJEROS $\frac{1}{16}'' \phi$



PR FUNDIDAD



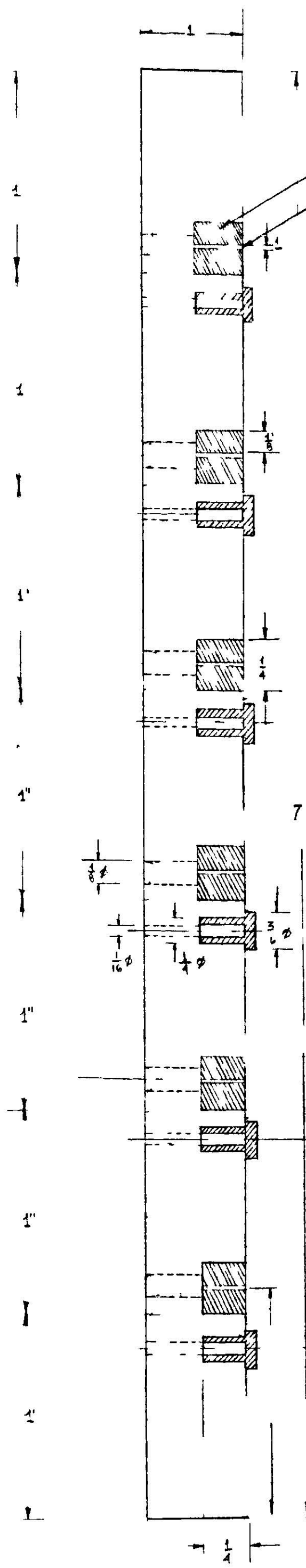
PLA A DE BRONCE DE $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times 6 \frac{1}{2}$

I.T.E.S.M.

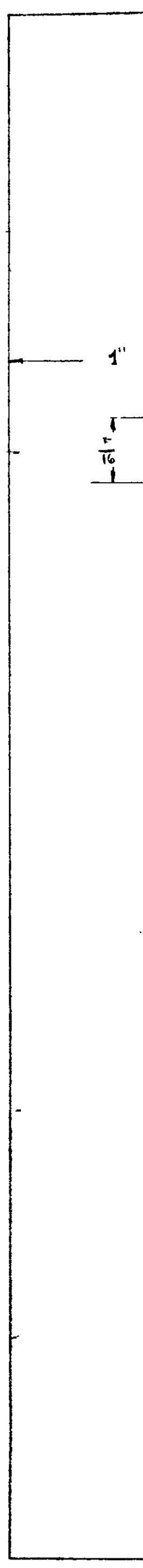
FABRERO DE
CIAMBIER PARA
LA JA

ESCALA: 2-1
ACOTEN FIGS.
TESIS

M. VERREY NL 5 1)
RE SO:
V MBRE.
GERARDO ALIZ REAL



PACA DE B43 LE
AL LANTE



PR FUNDIDAD

