

Instituto Tecnológico y de Estudios
Superiores de Monterrey

ESCUELA DE INGENIERIA

OBJETIVIZACION DEL PRINCIPIO DE ECONOMIA DE
MOVIMIENTOS REFERENTES AL USO DE PEDALES
PARA LIBRAR LAS MANOS DE TRABAJO
IMPRODUCTIVO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PRESENTA

CARLOS RICARDO ELIZONDO TREVIÑO
EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO ADMINISTRADOR

MONTERREY, N. L.

JUNIO DE 1980

TL
TJ230
.E4
c.1



1080110904

Este libro debe ser devuelto, a más tardar, en la última fecha sellada. Su retención más allá de la fecha de vencimiento causa multa a razón de \$1.00 diario.

5.39

--	--	--	--

TJ230
E4
c-1

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
ESCUELA DE INGENIERÍA

OBJETIVIZACIÓN DEL PRINCIPIO DE ECONOMÍA DE MOVIMIENTOS REFERENTE AL USO DE PEDALES PARA LIBERAR LAS MANOS DE TRABAJO IMPRODUCTIVO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PRESENTA

Carlos Ricardo Elizondo Treviño

EN OPCIÓN AL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO ADMINISTRADOR



MONTERREY, N.L.

JUNIO DE 1959.

INDICE.

1. INTRODUCCION.

- 1.1 Objeto de la tesis.
- 1.2 Limitaciones de la tesis.
- 1.3 Importancia de esta tesis.
- 1.4 Método de ataque.

2. PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS.

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Sobre el principio relativo a esta tesis.

3. DISEÑO DEL APARATO.

- 3.1 Descripción y diagramas de los pedales.
- 3.2 Diagrama del conjunto.

4. EXPERIMENTACION.

- 4.1 Limitaciones de la experimentación.
- 4.2 Resultados obtenidos.

5. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

- 5.1 Analisis de variancia.
- 5.2 Prueba de Tukey para comparación de promedios.

6. CONCLUSIONES.

7. RECOMENDACIONES PARA OTROS USOS DE LOS PEDALES.

8. BIBLIOGRAFIA.

1.- INTRODUCCION.

1.1 Objeto de la tesis.

El objeto de esta tesis es el de demostrar la influencia que tiene el diseño de los pedales en el principio de economía de movimientos número 17, que dice: "Debe revelarse a las manos de todo trabajo que pueda ser hecho más ventajosamente por una planilla, un dispositivo de sujeción o un funcionamiento por pedal."

La demostración de la influencia mencionada se logra haciendo una cuantificación de las variaciones ocasionadas al operar pedales de diferente diseño.

1.2 Limitaciones de la tesis.

Las limitaciones en el desarrollo de esta tesis serán: Permanecerán constantes factores como tamaño de los pedales, posición de la persona que operará los pedales, ángulo de la rodilla; variará únicamente el fulcro (punto de apoyo) de cada pedal. Los pedales serán de un solo material y tendrán 10.16 centímetros (4 pulgadas) de ancho por 25.40 centímetros (10 pulgadas) de largo. Para cuantificar la influencia de los pedales se medirá la máxima fuerza que se puede aplicar con cada pedal.

1.3 Importancia de esta tesis.

Los principios de economía de movimientos forman —

una base, un código o una serie de veintidós reglas para la mejor utilización del cuerpo humano, del área de trabajo, de las herramientas y equipo, lo cual hará posible aumentar grandemente la eficiencia del trabajo manual, buscando disminuir la fatiga al mínimo por la mejor distribución del esfuerzo. Es por esto conveniente contar con aparatos que nos permitan analizar estos principios, mostrándonos en forma más objetiva la importancia de tomarlos en consideración.

Observando las diversas herramientas y dispositivos de sujeción utilizados en la mayoría de las fábricas, nos podemos dar cuenta que en muchos casos los soportes se han construido únicamente para moverlos manualmente, sin pensar que si se hubiesen preparado para accionarlos con pedal se permitiría al operario mantener libres sus manos para poder dedicárselas a otra clase de movimientos.

1.4. Método de ataque.

La tesis se desarrollará en el orden siguiente:

a) Se mencionan las ventajas de los principios de economía de movimientos, haciendo hincapié en el relativo a esta tesis.

b) Descripción y diagramas del aparato.

c) Pruebas efectuadas.

d) Resultados de 30 series de pruebas realiza-

das para probar la eficiencia de los
pedales.

e) Análisis de resultados y conclusiones.

2.- PRINCIPIOS DE ECONOMIA DE MOVIMIENTOS.

2.1 Introducción.

Existen varias reglas o principios de economía de movimientos. Estos principios se exponen bajo tres subdivisiones: las relacionadas con el uso del cuerpo humano, un segundo grupo con la distribución del sitio de trabajo y finalmente con el diseño de herramientas y equipo, pero todas están enfocadas a lo mismo, son reglas que hacen posible aumentar la eficiencia del trabajo manual con un mínimo de fatiga.

2.2 Sobre el principio relativo a esta tesis.

Los estudios realizados por el Dr. Ralph M. Barnes sobre el principio relacionado a esta tesis, fueron llevados a cabo para determinar la eficiencia relativa de cinco tipos de pedales diferentes. Cada pedal se presionaba contra una muestra en tensión, que requería 0.2305 kgm-cm (20 libras-pulgada) para un recorrido completo. Por ejemplo, el pedal tenía el fulcro bajo el talón, y la parte del pie posterior a los dedos se movía a través de una distancia de 5.08 cm (2 pulgadas) contra una resistencia de 4.53 kg (10 libras). Se hicieron funcionar todos los pedales, como si fueran del tipo de disparo, semejantes a los que accionan una punzonadora; esto es, se instruyó al operario para que pisara el pedal lo más rápidamente posible y se midió el tiempo de cada golpe de pedal por medio de un cinógrafo. Los resultados del estudio muestran que el -

operario del pedal mejor diseñado consiguió el mismo de tiempo, mientras el pedal deficientemente diseñado requirió el — máximo, esto es 34 por ciento más que el pedal de mejor adaptación a la presión ejercida.

En esta tesis habrá una modificación; pues en lugar de medir el tiempo de cada golpe de pedal se medirá, por medio de un dinamómetro, la fuerza ejercida en cada pedal.

3.- DISEÑO DEL APARATO.

3.1 Descripción y diagramas de los pedales.

Los cinco pedales fueron hechos de madera y firmemente asegurados en el fulcro por una bisagra metálica. Los pedales tienen un ancho de 10.16 centímetros (4 pulgadas) por 25.40 centímetros (10" de largo) y están cubiertas en la parte superior con hule.

El diseño de la construcción de los cinco tipos de pedales se muestra en la figura No. 1 y es el siguiente:

Pedal No. 1.- Todo el pie descansa en el pedal, - este tiene un tope en su parte posterior el cual mantiene el pie en la correcta posición sobre el pedal.

Pedal No. 2. El fulcro está bajo los dedos del - pie, con la parte posterior del talón coincidiendo con el extremo del pedal. El fulcro o bisagra fue asegurado a un block 10.16 centímetros (4 pulgadas) sobre el nivel del piso.

Pedal No. 3. El fulcro está en el arco del pie, y el talón descansa en un block estacionario. La parte delantera del talón del operario está limitada, en su posición hacia adelante, por medio de

una tirita de madera asegurada en el descanso del talón.

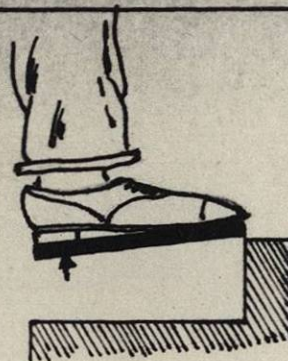
Pedal No. 4. El fulcro está en la misma posición que en el Pedal 2, o sea, bajo los dedos del pie. Sin embargo, el talón del pie del operario descansa en un block asegurado al piso. En posición normal el pedal está colocado 2.54 centímetros (1 pulgada) sobre el nivel del talón. Lo cual significa que el fulcro está 12.70 centímetros (5 pulgadas) sobre el suelo. El pedal fue diseñado de 2.54 centímetros (1 pulgada) sobre el nivel del talón a 2.54 cm. (1 pulgada) abajo.

Pedal No. 5. Parecido al pedal de la máquina de coser operada con el pie, con el fulcro bajo el arco y el pedal pivotado en ese punto.

Para determinar la fuerza ejercida en cada uno de los pedales, se usó un dinamómetro, enganchado al pedal por medio de un arco metálico, sujeto este a 17.78 centímetros (7 pulgadas) del punto de apoyo; el dinamómetro está suspendido, por medio de armellas, de una barra de madera, la cual corre perpendicular a los pedales y a una distancia de 71.12 centímetros (28 pulgadas) del suelo.



PEDAL N°1

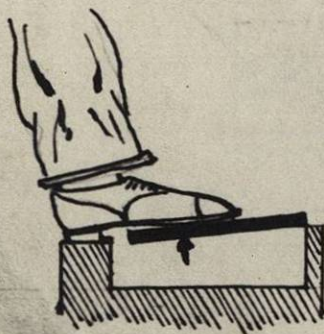


PEDAL N°2

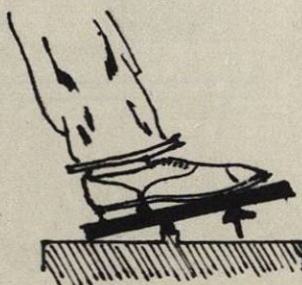


PEDAL N°3

FIGURA
N° 1



PEDAL N°4



PEDAL N°5

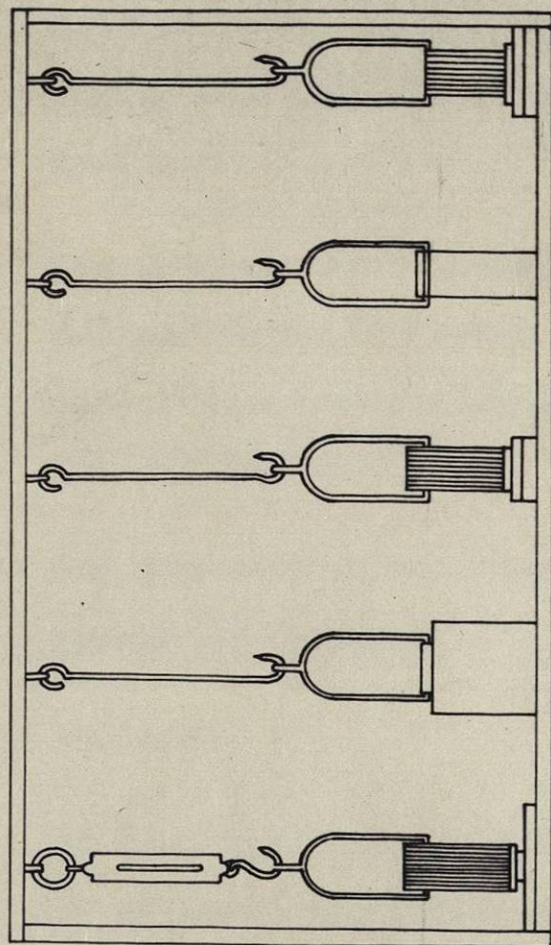


DIAGRAMA DEL CONJUNTO

4.- EXPERIMENTACIÓN.

4.1 Limitaciones de la experimentación.

Tomando en consideración:

- a) Que las variables analizables en un pedal son: forma, posición del fulcro o punto de apoyo, material.
- b) Que las principales variables en cuanto a la aplicación de la fuerza son: posición del operario, posición del pie y flexión del tobillo.
- c) Que las pruebas por realizar tengan por objeto probar el aparato.

Se decidió:

- a) Conservar constante el material, utilizando en todos los casos madera, por ser un material de uso común y fácil de conseguir.
- b) Construir los cinco pedales de madera con dimensiones de 10.16 centímetros (4 pulgadas) de ancho por 25.40 centímetros (10 pulgadas) de largo.
- c) Variar el fulcro (punto de apoyo) en cada tipo de pedal.

d) Conservar constante la posición del operario y la de su pie.

e) Que las 50 series de pruebas, de 5 pruebas - cada una, fueron hechas al azar; utilizando para ello 5 fichas numeradas del 1 al 5, las cuales fueron introducidas en una caja, que se agitaba para alterar su orden. Las fichas eran sacadas de la caja antes de cada prueba.

4.2 Resultados obtenidos.

Tabla en kilogramos por cada Golpe de Pedal.

OPERARIO	1	2	3	4	5
A	16.0	13.0	8.0	7.0	6.0
B	15.5	14.0	6.0	7.5	7.0
C	15.0	15.0	7.0	6.0	7.5
A	14.0	12.0	7.0	6.5	6.5
B	14.5	14.0	7.5	6.5	6.0
C	14.5	14.0	6.5	5.5	5.5
A	15.5	13.5	6.5	6.0	6.0
B	15.0	13.0	6.0	7.0	5.5
C	15.0	13.5	6.5	6.0	6.5
A	15.5	13.5	7.5	6.5	6.5
B	14.0	15.0	6.0	6.5	7.0
C	15.0	14.5	6.0	7.0	7.0
A	16.0	13.0	7.0	6.0	6.5
B	15.0	14.0	6.5	6.0	6.5
C	15.0	15.0	6.0	5.0	6.0
TOTALES	225.5	207.0	100.0	95.0	96.0

OPERARIO	1	2	3	4	5
A	15.5	14.5	6.5	7.0	6.0
B	15.5	15.0	8.0	6.0	7.0
C	16.0	13.0	7.0	7.0	7.5
A	14.5	13.5	7.5	6.0	6.5
B	14.0	13.0	7.0	7.0	5.5
C	14.5	12.0	6.0	6.0	6.0
A	15.0	13.0	6.5	7.0	6.5
B	15.5	13.5	6.5	6.0	5.0
C	15.5	13.0	6.0	6.0	7.0
A	15.0	14.0	7.0	6.5	6.5
B	14.5	15.0	6.5	6.5	7.0
C	14.5	13.5	6.0	6.5	7.5
A	15.5	13.0	6.5	6.0	6.0
B	15.0	14.0	6.0	6.5	6.5
C	16.0	15.0	7.0	6.0	6.5
TOTALES	226.5	205.0	100.0	96.0	97.0

PROMEDIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

PEDALES	1	2	3	4	5
KILOGRAMOS	15.06	13.73	6.60	6.36	6.13

5.- ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.

5.1 Analisis de Variancia.

El análisis de variancia es una de las técnicas estadísticas más poderosas. Se aplica cuando se tienen varios factores que contribuyen a la variación total de una operación y permite determinar si estos factores contribuyen a la variación total, si contribuyen, se puede determinar cuantitativamente la cantidad de variación de cada factor.

En el caso específico de esta tesis en que se hicieron pruebas para determinar la fuerza máxima que se puede aplicar con cada pedal, intervienen los siguientes factores: operarios y pedales. Como el experimento se hizo con 3 operarios y 5 pedales, repitiendo cada prueba 10 veces, se tendrán 150 pruebas; siendo las fuentes de variación:

A.- Operarios.

B.- Pedales.

C.- Interacción Operario Pedal.

D.- Error.

El análisis de variancia determina primero, si la variación encontrada dentro de cada factor, entre los tres operarios, entre los 5 pedales, entre las 15 posibles interacciones operario pedal, es atribuible a que realmente hay diferencia entre operarios, entre pedales y hay interacción, ó

puede ser debida a otras causas: variación dentro de cada operario, variación en el pedal, etc. Se determina, para cierto nivel de certeza, si hay diferencia entre las componentes de cada factor. Si se encuentra que la hubo se puede determinar la cantidad de variación de la cual es responsable ese factor.

En este experimento el objetivo es determinar si hay diferencia en la máxima fuerza aplicable entre los pedales; esta diferencia se supone resultante de la diferencia en diseño.

Se usará un nivel de certeza de 95%.

TABLA DE FUERZA MAXIMA LOGRADA PARA CADA PEDAL.

P E D A L E S

	1	2	3	4	5
O	16.0	15.5	13.0	14.5	8.0 6.5 7.0 7.0 6.0 6.0
P	14.0	14.5	12.0	13.5	7.0 7.5 6.5 6.0 6.5 6.5
E	15.5	15.0	13.5	13.0	6.5 6.5 6.0 7.0 6.0 6.5
R	15.5	15.0	13.5	14.0	7.5 7.0 6.5 6.5 6.5 6.5
A	16.0	15.5	13.0	13.0	7.0 6.5 6.0 6.0 6.5 6.0
R	15.5	15.5	14.0	15.0	6.0 8.0 7.5 6.0 7.0 7.0
I	14.5	14.0	14.0	13.0	7.5 7.0 6.5 7.0 6.0 5.5
O	15.0	15.5	13.0	13.5	6.0 6.5 7.0 6.0 5.5 5.0
S	14.0	14.5	15.0	15.0	6.0 6.5 6.5 6.5 7.0 7.0
	15.0	15.0	14.0	14.0	6.5 6.0 6.5 6.5 6.5 6.5
	15.0	16.0	15.0	13.0	7.0 7.0 6.0 7.0 7.5 7.5
	14.5	14.5	14.0	12.0	6.5 6.0 5.5 6.0 5.5 6.0
	15.0	15.5	13.5	13.0	6.5 6.0 6.0 6.0 6.5 7.0
	15.0	14.5	14.5	13.5	6.0 6.0 7.0 6.5 7.0 7.5
	15.0	16.0	15.0	15.0	6.0 7.0 5.0 6.0 6.0 6.5

TABLA PARA LA OBTENCION DE LAS SUMAS DE CUADRADOS.

$y = x$	$y = E$	$y = O$	$y = P$	$y = Q$
$\sum x$	$\sum E^2$	$\sum O^2$	$\sum P^2$	$\sum Q^2$
$\sum y^2$				
16,322	162,671.50	698,903.50	487,778	2,1096,704
r	10	50	30	150
$\sum \frac{y^2}{r}$	16,267.15	13,978.07	16,259.26	13,978.02
$-\frac{Q^2}{150}$	-13,978.02	-13,978.02	-13,978.02	
SUMA DE CUADRADOS.	2,345.98	0.05	2,281.24	

TABLA PARA LA COTACION DEL ANALISIS DE VARIANCA

FUENTES DE VARIACION	S.C.	G.L.	C.M.	E _{exp.}	F _c
OPERARIOS	0.05	2	0.025	0.0615	3.07
PEDALES	2,281.24	4	570.31	1157.54	2.44
INTERACCION PEDALES OPERARIOS	7.84	8	0.98	2.41	2.01
EXP.	2,289.13	14			
ERROR	54.85	135	0.4063		
TOTAL	2,343.98	149			

CONCLUSION. La variación entre pedales se encontró altamente significativa.

La variación debida a interacción operario - pedales se encontró significativa únicamente.

5.2 Prueba de Tukey.

Ya que se encontró diferencia significativa en el Análisis de Variancia, se procederá, por medio de la prueba de Tukey, a determinar cuales de entre todos los pedales pueden considerarse diferentes entre si y cuales forman un grupo de pedales iguales, tomando en cuenta, únicamente, para esta clasificación la fuerza máxima que se puede aplicar con ellos.

Por medio de la prueba de Tukey, para comparaciones entre promedios es posible, cuando el resultado del Análisis de Variancia indica que los componentes de un factor son diferentes, hacer comparaciones del tipo

$$\bar{X}_k - \bar{X}_i \pm c$$

en donde:

$\bar{X}_k$ = fuerza promedio del pedal k

$\bar{X}_i$ = fuerza promedio del pedal i

c = es el factor

c = $c = \sqrt{\frac{CM \text{ error}}{G.L. \text{ factor}}}$

CM = Cuadrado medio del error.

G.L. = grados de libertad del factor que se está considerando.

obteniéndose c de tablas (Ref).

Para el caso de Pedales, para los cuales el Análisis de Variancia muestra que difieren significativamente.

Ref. "Handbook of Industrial Engineering & Management" Sección 13 - pp. 914 y 15. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. 1955.

se determina c_0 entrando en la tabla para una seguridad de 95% con 5 (número de pedales) y 120 (número aproximado de grados de libertad para error), determinándose

$$c_0 = 3.90, \text{ por lo tanto}$$

$$c = c_0 \sqrt{\frac{\text{C.M. error}}{\text{G.L. Pedales}}}$$

$$c = 3.90 \sqrt{\frac{0.4063}{4}}$$

$$c = 1.24$$

Por lo tanto las comparaciones serán

$$\bar{x}_k - \bar{x}_1 \pm c, \text{ para}$$

$$\text{Pedales 1 y 2 : } 1.33 \pm 1.24 = \begin{cases} 2.57 \\ 0.09 \end{cases}$$

$$\text{Pedales 4 y 3 : } 0.30 \pm 1.24 = \begin{cases} 1.54 \\ -0.94 \end{cases}$$

Se considera, con una probabilidad de 95% que los pedales no difieren entre sí, si el intervalo incluye cero.

En el caso de Pedales 1 y 2 no incluye cero, por lo tanto son diferentes. En el caso de Pedales 4 y 3 si incluye cero, por lo tanto son iguales siendo también igual a éstos dos últimos el pedal 5.

NOTA: La comparación entre pedales 3 y 4 incluye la del pedal 5 por estar $\bar{x}_5$ entre $\bar{x}_3$ y $\bar{x}_4$.

6.- CONCLUSIONES.

Considerando los cinco pedales estudiados y las condiciones bajo las cuales se efectuó el estudio, se pueden citar las siguientes conclusiones:

A.- Con el pedal 1 se ejerció la mayor fuerza 15.06 kilogramos.

B.- Con el pedal 2 se ejerció 8.94% menos fuerza -- que con el pedal 1.

C.- Con los pedales 3, 4 y 5 se ejerció 57.07% menos fuerza que con el pedal 1.

El efecto más importante es la posición del fulcro (punto de apoyo) en el pedal, pues al ser variado cambia notablemente la fuerza que ejerce un mismo operario.

Se encontró que para aplicación de fuerza los pedales 3, 4 y 5 son iguales y forman un grupo, por lo tanto -- se tienen 3 grupos diferentes: Pedal 1, Pedal 2, y Pedales 3, 4 y 5, siendo la fuerza máxima que se puede aplicar:

Pedal 1 = 15.06 kilogramos.

Pedal 2 = 13.73 kilogramos.

Pedal 3, 4 y 5 = 6.48 kilogramos.

Considerando el Pedal 1 con una eficiencia de --

100, las eficiencias de los pedales serán:

Pedal 1 = 100%

Pedal 2 = 91.16%

Pedales 3, 4 y 5 = 43.02%

7.- RECOMENDACIONES PARA OTROS USOS DE LOS PEDALES.

- A.- El principal uso es para liberar las manos de trabajo improductivo.**
- B.- También ayuda a cualquier operario que carezca de alguno de sus miembros superiores a realizar trabajos a los cuales está imposibilitado sin el uso de pedales.**
- C.- El aparato ayudará en el Laboratorio de Producción a demostrar el principio de Economía de Movimientos número 17.**

8.- BIBLIOGRAFIA.

Barnes, R.M. "Estudio de Movimientos y Tiempos"

Agollar, Madrid, 1956.

Barnes, R.M. "Motion and Time Study"

Wiley and Sons, Inc., New York, 1955.

Mc Cormick, E.J. "Human Engineering"

Mc Graw Hill, New York, 1957.

Mundel, M.E. "Motion and Time Study"

Prentice Hall, New York, 1955.

Maynard, H.B. "Industrial Engineering Handbook"

Mc Graw Hill, New York, 1956.

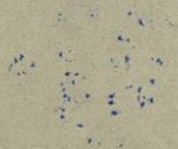
Duncan, A.J. "Quality Control and Industrial Statistics",

Richard D. Irwin, Homewood, Illinois, 1955.

Ireson, W.G. E.L. Grant. "Handbook of Industrial Engineering

ring & Management" Sección 13 - pp. 914 y 15. - -

Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1955.



ENCUADERNACION "MONTERREY"
CALLE 15 SUR. TELFONO 3-06-15

