

# Estudio de Trabajo

## Lectura 12

# Sistemas de Tiempos Predeterminados (MTM)

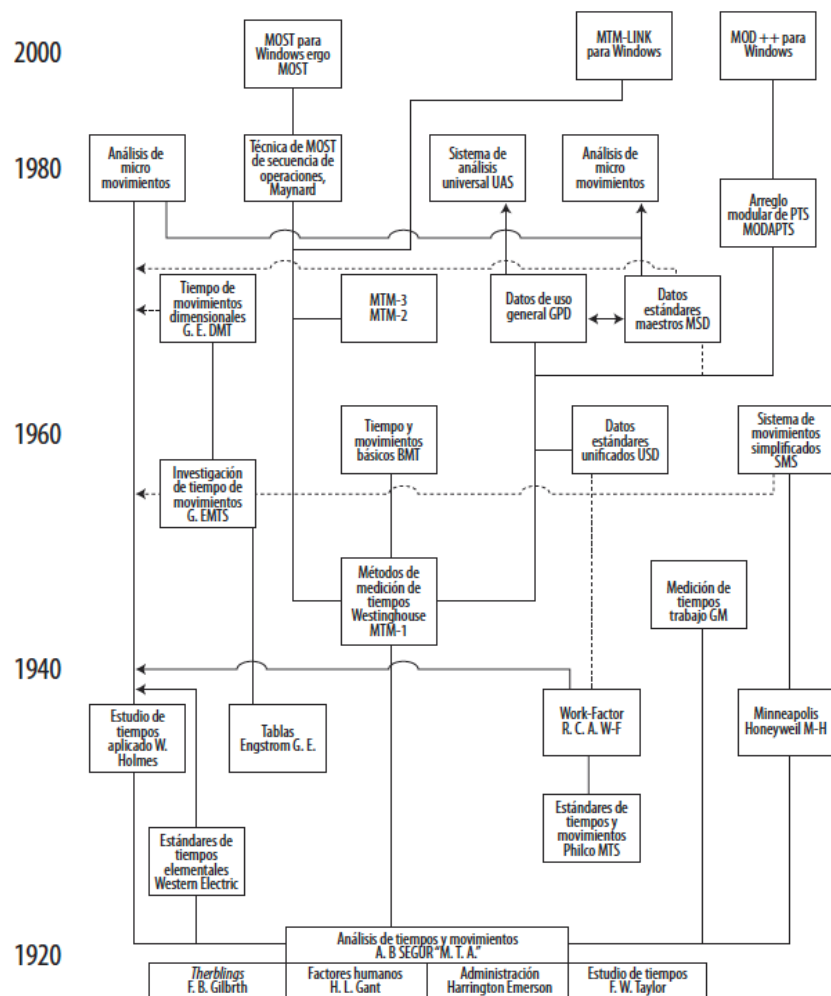
**Profesor:**

Ricardo Caballero, M.Sc.

✉ [ricardo.caballero@utp.ac.pa](mailto:ricardo.caballero@utp.ac.pa)



# Métodos de medición de tiempo - Methods Time Measurement (MTM)



- El MTM se define como la medición del tiempo de los método.
- Procedimiento que analiza cualquier operación manual o método con base a los movimientos básicos requeridos para desarrollarlo
- Asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado
- El tiempo es determinado por naturaleza del movimiento y de las condiciones bajo las cuales se realiza.



Desarrollo histórico de los sistemas de tiempos predeterminados

# Ventajas y desventajas de los sistemas de tiempos predeterminados

---

- Atribuyen a cada movimiento un tiempo dado
- Permiten establecer tiempos más coherentes
- Pueden establecerse tiempos de operación antes de que inicie la producción
- Permiten modificar la disposición y diseño del trabajo
- Ahorran tiempo
- Permiten calcular los costos probables de producción

- Son sistemas complicados y difíciles de aprender
- Se necesita un especialista para poder aplicar los métodos
- Resulta casi imposible llegar a conocer cada método bien para poder juzgar su eficacia real
- No puede medir los tiempos de máquina, proceso y espera
- No cubre todos los casos que se pueden dar en una fábrica

# Aplicación de los sistemas de tiempo determinado

## Aplicaciones del sistema de tiempo predeterminado

### Diseño de un sistema de trabajo

- Planificación de las operaciones del proceso
- Optimización de las operaciones del proceso
- Diseño de herramientas y equipo
- Diseño de manufactura

### Determinación de tiempo

- Creación de tiempos objetivos
- Determinación del tiempo estándar
- Cálculo de costos

### Instrucciones de trabajo

- Descripción de las operaciones del proceso para el entrenamiento y capacitación o materiales de instrucción

# Procedimiento

---

Determinar los micromovimientos básicos que deben utilizarse en la operación que se estudia

Sumar el valor del tiempo dado por las tablas de datos del MTM para cada uno de los dichos micromovimientos

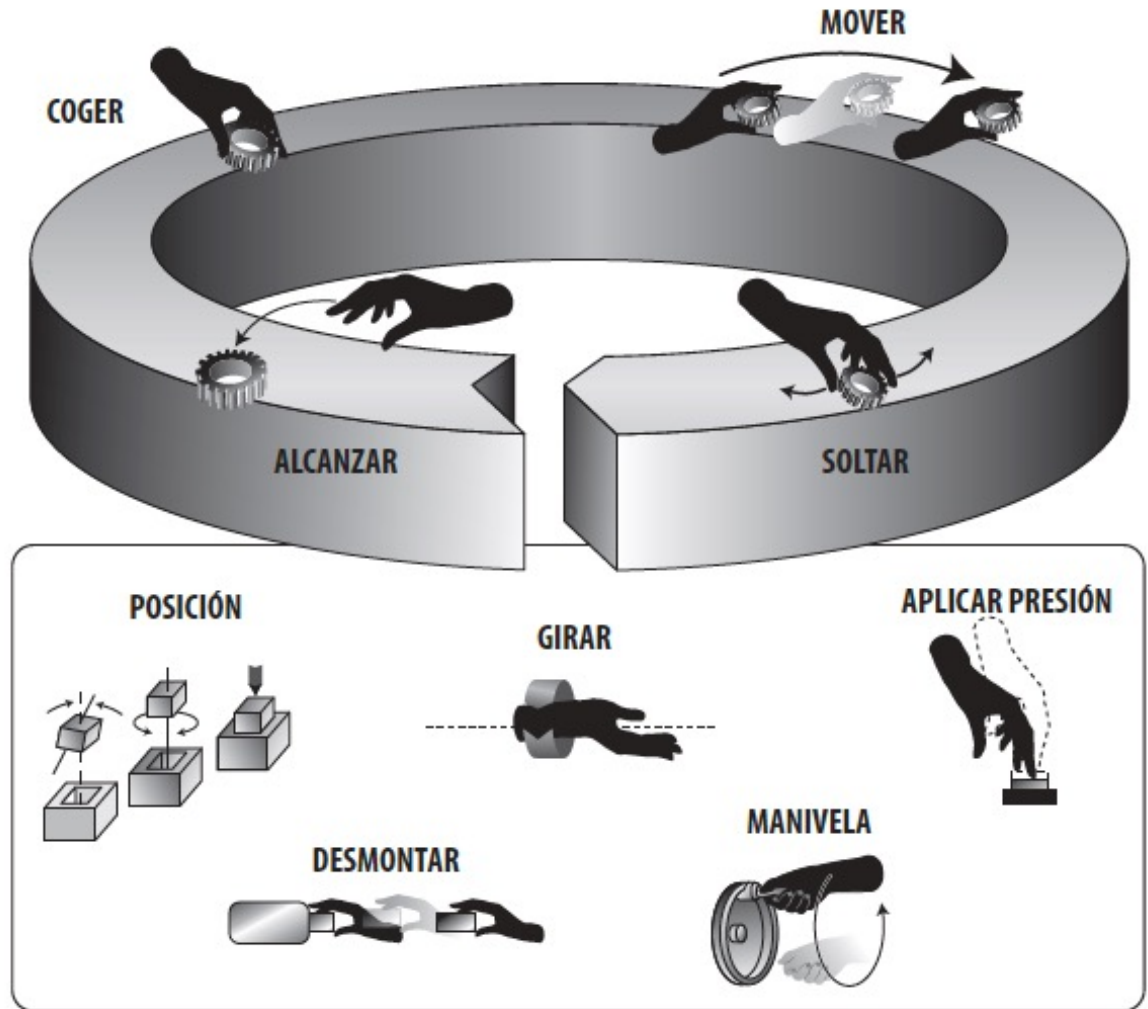
Conceder el suplemento por fatiga, retrasos personales y retrasos inevitables.

# Métodos de medición de tiempo (MTM): movimientos básicos

- Los movimientos vienen bajo dos tipos principales de control: proceso y humano
- Solamente los movimientos que en principio están bajo control humano son medidos por el MTM
- Existen tres niveles de control: bajo, medio y alto.
- Unidades de medición es el Time Measurement Unit (TMU)

1 TMU = 0.00001 horas  
= 0.0006 minutos  
= 0.036 segundos

1 hora = 100 000 TMU  
1 minuto = 1 667 TMU  
1 segundo = 27.8 TMU



# Métodos de medición de tiempo (MTM): movimientos básicos



## Control alto

- Exactitud en el movimiento de terminación
- Coordinación manual-ocular a distracciones (control visual de terminación)
- Actividad simultánea muscular coordinada para la terminación del movimiento
- Dirección consciente mental y ocular
- Se usa para ejecutar movimientos de alcanzar, mover o ubicación exacta

## Control bajo

- Acción automática, poco más que una respuesta aprendida
- Control mínimo
- Falta de coordinación manual ocular
- Confianza en los sentidos subconscientes de tacto

## Control mediano

- Grado moderado de exactitud en la terminación del movimiento.
- Coordinación manual-ocular durante el principio del movimiento
- Alguna actividad muscular coordinada efectuante hacia el final del movimiento para llegar a una ubicación aproximada
- Control mental consciente o control
- Se usa para ejecutar movimientos de alcanzar y mover a ubicaciones aproximadas

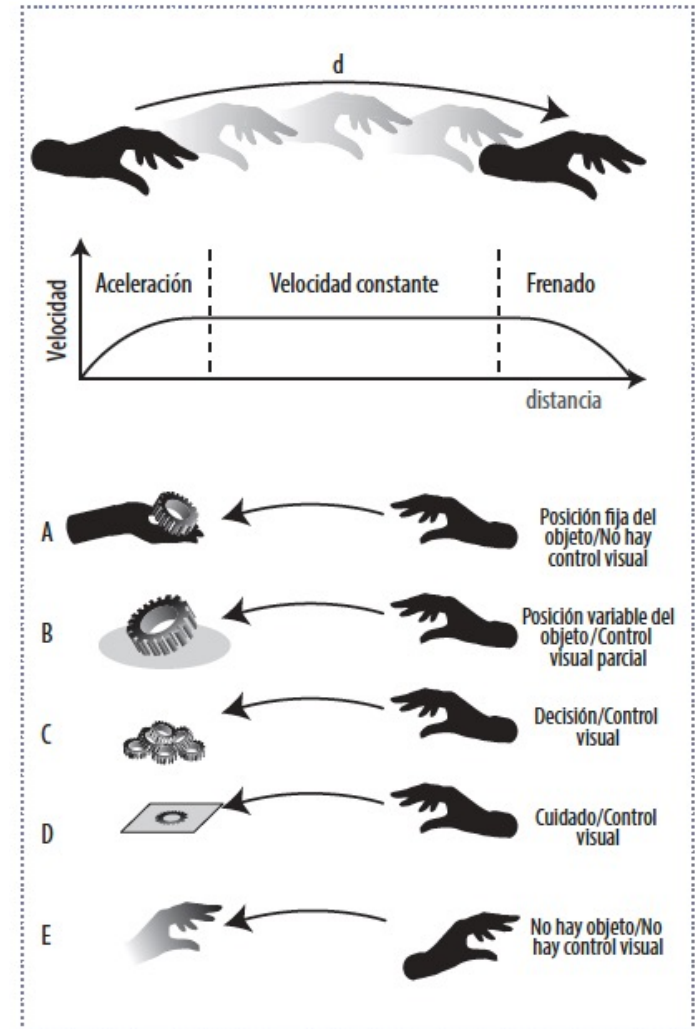


# Alcanzar (R)

Movimiento manual efectuado con el fin de transportar la mano o los dedos a un destino.

## 1. Nivel de control (caso)

- Alcanzar (**caso A**). Alcanzar un objeto en un lugar fijo o un objeto en la otra mano en el cual descansa la otra mano.
- Alcanzar (**caso B**). Alcanzar un objeto en un lugar que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo (e.g. alcanzar una herramienta, se utiliza un control medio)
- Alcanzar (**caso C**). Alcanzar un objeto amontonado con otros en un grupo de manera que se deba buscar y seleccionar. Este alcanzar ocurre principalmente cuando se alcanza un pequeño objeto amontonado con otros, como alcanzar una tuerca en un grupo de tuercas.
- Alcanzar (**caso D**). Alcanzar un objeto muy pequeño o donde se requiere del coger preciso. La característica distintiva del movimiento es que un coger preciso debe seguir a este alcanzar, que a menudo se ejecuta cuando el objeto que se va a sujetar es frágil, filoso caliente o presenta otros peligros para el operador
- Alcanzar (**caso E**). Alcanzar a una ubicación indefinida para poner la mano e posición para el equilibrio del cuerpo, o para el siguiente movimiento o fuera de lugar. El alcanzar R raramente es un movimiento limitante, nunca precede directamente a un coger





# Alcanzar (R)

---

## 2. Tipo de movimiento:

- **Tipo I:**

La mano en descanso al principio como al final del movimiento. En la tabla de datos MTM-1, las primera cuatro columnas de datos de tiempo son para movimientos de este tipo.

- **Tipo II:**

Mano en movimiento ya sea al principio o al final del movimiento

- **Tipo III:**

Mano en movimiento tanto al principio como al final del movimiento extremadamente raro.

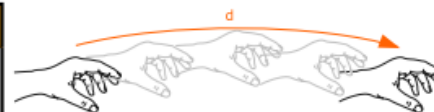
## 3. Distancia alcanzada:

Es la variable que ejerce el mayor efecto sobre el tiempo de ejecución. La distancia se determina midiendo el trayecto de la mano al realizar un alcanzar.

# Tablas MTM-1: Alcanzar

## R - Alcanzar (Reach)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT						
	RdA	RdB	RdC RdD	RdE	mRdA RdAm	mRdB RdBm	m
≤2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	6,8	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7



**A**

Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.

**B**

Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.

**C**

Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de forma que ocurra buscar y seleccionar.

**D**

Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con precisión.

**E**

Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.

# Coger (G)

Es el movimiento manual básico de los dedos o la mano, empleado para asegurar el control de un objeto. Cuando se logra el control por medio mecánico o por algún otro miembro del cuerpo, el movimiento o movimientos no se clasifican como coger.

## Caso G1

- **G1A.**

Un objeto solo, pequeño, mediano o grande, cogido fácilmente. La forma más sencilla para reconocer este coger es recordar que se ejecuta con el cerrar los dedos. El objeto debe estar retirado de cualquier estorbo y ser fácil de coger

- **G1B.**

Un objeto muy pequeño, un objeto que esté cerca y sobre una superficie plana. Existe una interferencia causada por la superficie sobre la cual el objeto que va a cogerse está colocado o por los objetos muy pequeños, que ocasionan una obstrucción a los dedos

- **G1C.**

Interferencia con el coger en el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Se subdivide según los diámetros



# Coger (G)

---

## **Caso G2**

Volver a coger. Se utiliza para mejorar el control sobre un objeto cogido. A menudo se limita debido a la ejecución de un mover.

## **Caso G3**

Coger por transferencia. Ocurre cuando un objeto fácilmente cogido se pasa de una mano a otra.

## **Caso G4**














Objeto amontonado con otros objetos, de manera que ocurra la búsqueda y selección. Depende del tamaño de las piezas

## **Caso G5**

Coger por contacto, deslizante o por gancho. E realidad no es del todo un movimiento, sino un término que indica que un objeto ha sido tocado por las manos o dedos

# Tablas MTM-1: Coger

## G - Coger (*Grasp*)

Tipo de Coger	CASO	UMT	Descripción	
 Cerrando los dedos sobre el objeto	<b>G1A</b>	2,0		
	<b>G1B</b>	3,5		 Sección $\leq 3*3$ mm
	<b>G1C1</b>	7,3		$12 \text{ mm} < \emptyset \leq 25 \text{ mm}$
	<b>G1C2</b>	8,7		$6 \text{ mm} \leq \emptyset \leq 12 \text{ mm}$
	<b>G1C3</b>	10,8		$\emptyset < 6 \text{ mm}$
	<b>G3</b>	5,6		G1A + 1,6 + RL 1
	<b>G4A</b>	7,3		$> 25*25*25 \text{ mm}$
	<b>G4B</b>	9,1		$\geq 6*6*3 \text{ mm}$ y $\leq 25*25*25 \text{ mm}$
	<b>G4C</b>	12,9		$< 6*6*3 \text{ mm}$
	 Por contacto	<b>G5</b>	0,0	
 Volver a coger	<b>G2</b>	5,6		Teoría RfA + MfB + (RfA)

# Tablas MTM-1: Coger – más detalle

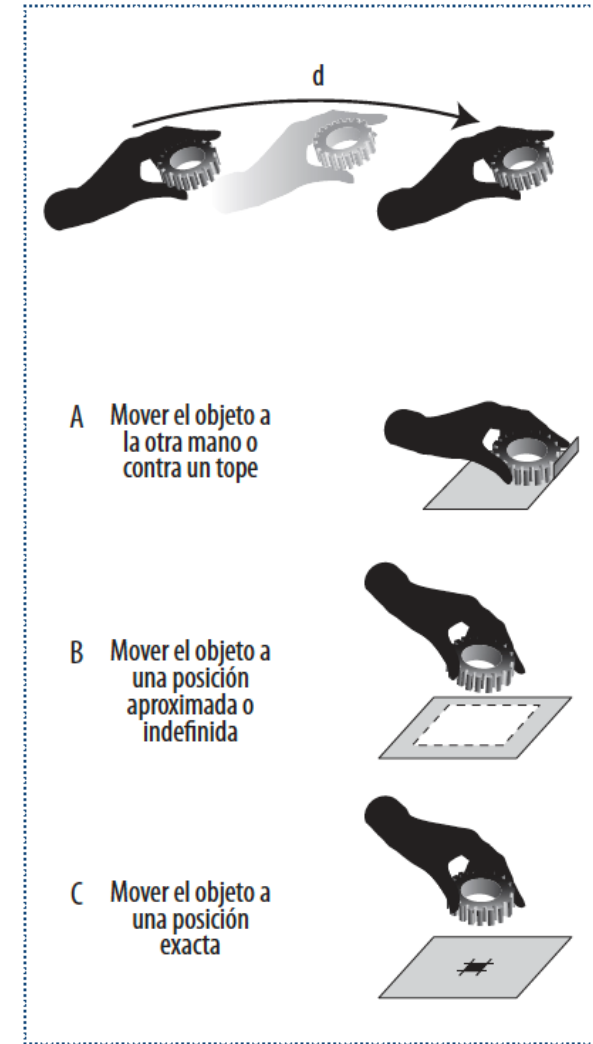
Caso	Tiempo (TMU)	Descripción
1A	2.0	Coger, para recoger, objetos pequeños, medianos o grandes, fácil de tomar.
1B	3.5	Objeto muy pequeño o sobre una superficie plana.
1C1	7.3	Interferencia al coger en la base y a un lado de un objeto casi cilíndrico diámetro mayor que 12 mm.
1C2	8.7	Interferencia al coger en la base y a un lado de un objeto casi cilíndrico diámetro de 6 a 12 mm.
1C3	10.8	Interferencia al coger en la base y a un lado de un objeto casi cilíndrico diámetro menor a 6 mm.
2	5.6	Volver a coger.
3	5.6	Coger para trasladar.
4A	7.3	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar, mayor a 25 x 25 x 25 mm.
4B	9.1	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar, mayor a 6 x 6 x 3 mm menor que 25 x 25 x 25 mm.
4C	12.9	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar menor que 6 x 6 x 3 mm.
5	0	Coger al contacto, deslizamiento o agarre de gancho.

# Mover (M)

Es el movimiento manual básico efectuado con el fin predominante de transportar un objeto a un destino con dedos o mano.

## 1. Nivel de control

- Mover (**caso A**). Mover un objeto a otra mano contra un tope. Mover el objeto a la otra mano a menudo ocurre conjuntamente con un alcanzar A de la otra mano.
- Mover (**caso B**). Mover el objeto hacia un lugar aproximado o definido. Es ejecutado con un control bajo o mediano. Es el caso más frecuentemente encontrado
- Mover (caso C). Mover un objeto a un destino o situación exacta, ejecutado con alto control. El mover C se completa usando tanto la vista como la concentración





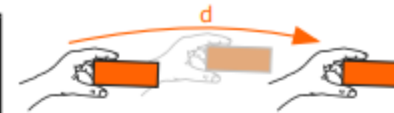
# Tablas MTM-1 : Mover

## M - Mover (Move)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT				
	MdA	MdB	MdC	mMdB MdBm	m (B)
≤2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5

Mover con esfuerzo		
Comp. dinámica: $Md_{\text{caso PNE}} = Md_{\text{caso}} * Fd$		
Comp. Estática: $SC_{PNE}$		
PNE hasta	Factor Dinámico	SC PNE
1	1,00	0,0
2	1,04	1,6
4	1,07	2,8
6	1,12	4,3
8	1,17	5,8
10	1,22	7,3
12	1,27	8,8
14	1,32	10,4
16	1,36	11,9
18	1,41	13,4
20	1,46	14,9
22	1,51	16,4

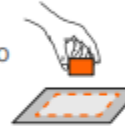
Peso neto efectivo (PNE)		
Manos	PNE	
1	$P * Fc$	
2	$P / 2 * Fc$	
Movimiento		
Espacial		
Fc		
1		
Deslizante	Madera	0,4
	Metal sobre metal	0,3



**A** Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.



**B** Mover el objeto a una posición aproximada o indefinida



**C** Mover el objeto a una posición exacta



**PNE:** Resistencia encontrada por una mano al movimiento

**Fd:** Factor dinámico

**SC:** Constante estática

**P:** Peso del objeto movido

**Fc:** Coeficiente de fricción

# Posicionar (P)

---

Es el movimiento manual básico efectuado para llevar un objeto a una relación exacta (alinearse, orientar o encajar), predeterminada con otro objeto

## 1. Alinear

Es el elemento básico del posicionar sobre el cual se basan todos los demás valores de posicionar. Se efectúa con un alto nivel de control..

## 2. Clase de ajuste

P1 suelto, no se requiere presión

P2 aproximado. Se requiere una ligera presión

P3 exacto. Se requiere una presión fuerte

## 3. Simetría

S. Simétrico. Es aquel que no requiere orientación durante el movimiento de posicionar

SS. Semisimétrico. Toda simetría menos los simétricos o no simétricos

NS. No simétrico. El objeto puede insertarse en solamente una forma sobre le eje de orientación

## 4. Facilidad de manejo

Puede ser de fácil manejo (E) o de difícil manejo (D)

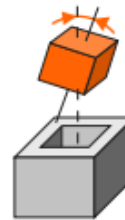
# Tablas MTM-1 : Posicionar

## P - Posición (*Position*)

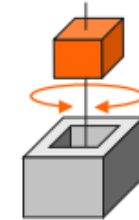
POSICIÓN CON INTRODUCCIÓN		Manejo Fácil <b>E</b>	Manejo difícil <b>D</b>
Suelto	P1S	5,6	11,2
	P1SS	9,1	14,7
	P1NS	10,4	16,0
Flojo	P2S	16,2	21,8
	P2SS	19,7	25,3
	P2NS	21,0	26,6
Exacto	P3S	43,0	48,6
	P3SS	46,5	52,1
	P3NS	47,8	53,4

POSICIÓN SIN INTRODUCCIÓN		
TOLERANCIA=T	MOVER	POSICIÓN
$T > \pm 12 \text{ mm}$	MdB	
$\pm 6 \text{ mm} < T \leq \pm 12 \text{ mm}$	MdC	
$\pm 1,5 \text{ mm} < T \leq \pm 6 \text{ mm}$	MdC	P1
$T \leq \pm 1,5 \text{ mm}$	MdC	P2

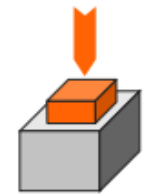
1 Alinear



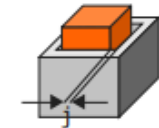
2 Orientar



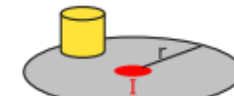
3 Encajar ( $\leq 25 \text{ mm}$ )



Existe posición cuando el juego "j"  $\leq 12 \text{ mm}$



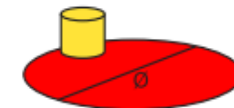
Posicionar respecto al punto I:  
Tolerancia:  $2r$



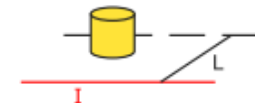
Posicionar respecto a la línea I  
(a los dos lados de la línea)  
Tolerancia =  $2L$






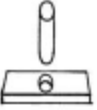
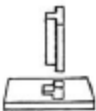
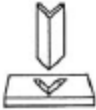
Posicionar respecto a la superficie interior.  
Tolerancia =  $\emptyset$



Posicionar respecto a la línea I  
(a un lado de la línea)  
Tolerancia =  $L$



# Tablas MTM-1 : Posicionar – más detalle

<b>S=Simétrico</b>	<b>SS=Semi-simétrico</b>	<b>NS=No-simétrico</b>
Posicionar en cada posición	Posicionar en múltiples posiciones	Posicionar en una sola posición
No se necesita girar, ni alinear	Rotación promedio de un ángulo de 45° para alineación	Rotación promedio de un ángulo de 75° para alineación
 	 	 

# Soltar (RL)

Es el movimiento básico de dedos o manos empleado para dejar el control de un objeto. Los casos de soltar son .

## 1. Caso RL1



Soltar normal ejecutado abriendo los dedos.

## 2. Caso RL2

Soltar de contacto, es de naturaleza muy semejante a la de coger de contacto, no consume tiempo



## RL - Soltar (*Release*)

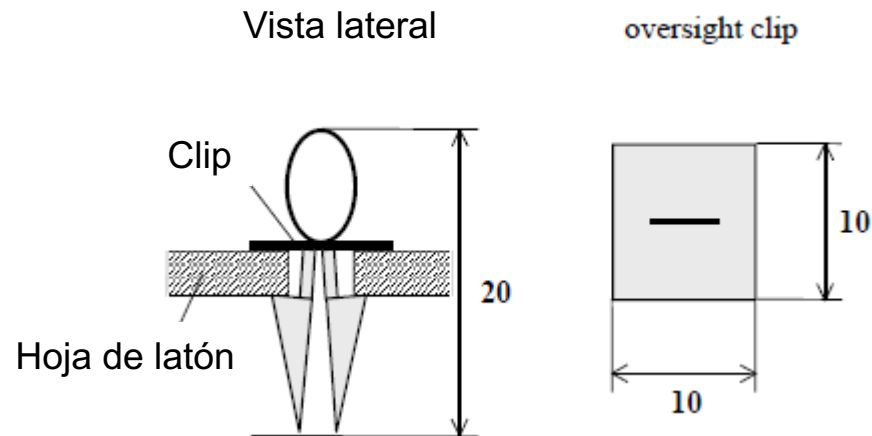
	Soltar separando los dedos con movimiento independiente	RL1	2,0
	Soltar el contacto	RL2	0,0

## Ejemplo 1

En el ensamblaje de automóviles, los clips sintéticos que se muestran en la figura (10 mm x 10 mm x 20 mm) deben introducirse en orificios de hojas de latón con una ligera presión para la fijación de los arneses de cableado (con una posición de fácil manejo y semisimétrica).

Los clips se almacenan mezclados en una caja que está, en promedio, a 50 cm del área de ensamblaje. Después de agregarlos, estos clips se liberan abriendo los dedos.

- Calcule el valor de tiempo estándar para el ensamblaje de un clip utilizando la tarjeta métrica MTM-1.



# Ejemplo 1: Solución

---

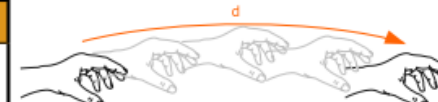
Movimiento	Código	TMU



# Ejemplo 1: Solución

## R - Alcanzar (Reach)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT						
	RdA	RdB	RdC RdD	RdE	mRdA RdAm	mRdB RdBm	m
≤2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,3	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	7,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	8,2	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	8,8	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	9,4	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8
45	12,1	17,0	18,2	15,2	10,4	14,2	2,8
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7



Los clips están almacenados en una caja que está a una distancia promedio de 50 cm

- A** Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.
- B** Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
- C** Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de forma que ocurra buscar y seleccionar.
- D** Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con precisión.
- E** Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.

## Ejemplo 1: Solución














---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6

# Ejemplo 1: Solución

Los clips están almacenados en una caja amontonados con otros objetos

## G - Coger (*Grasp*)

Tipo de Coger	CASO	UMT	Descripción	
 Cerrando los dedos sobre el objeto	<b>G1A</b>	2,0		
	<b>G1B</b>	3,5		 Sección $\leq 3*3$ mm
	<b>G1C1</b>	7,3		$12 \text{ mm} < \emptyset \leq 25 \text{ mm}$
	<b>G1C2</b>	8,7		$6 \text{ mm} \leq \emptyset \leq 12 \text{ mm}$
	<b>G1C3</b>	10,8		$\emptyset < 6 \text{ mm}$
	<b>G3</b>	5,6		G1A + 1,6 + RL 1
	<b>G4A</b>	7,3		$> 25*25*25 \text{ mm}$
<b>G4B</b>	9,1		$\geq 6*6*3 \text{ mm}$ y $\leq 25*25*25 \text{ mm}$	
<b>G4C</b>	12,9		$< 6*6*3 \text{ mm}$	
 Por contacto	<b>G5</b>	0,0		
 Volver a coger	<b>G2</b>	5,6		Teoría RfA + MfB + (RfA)

# Ejemplo 1: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1

# Ejemplo 1: Solución

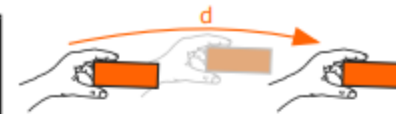
## M - Mover (Move)

Los clips están a 50 cm del área de ensamblaje y se mueven a una posición exacta

Distancia (cm)	MdA	MdB	MdC	mMdB MdBm	m (B)
≤2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5

Mover con esfuerzo		
Comp. dinámica: $Md_{\text{caso PNE}} = Md_{\text{caso}} * Fd$		
Comp. Estática: <b>SC PNE</b>		
PNE hasta	Factor Dinámico	SC PNE
1	1,00	0,0
2	1,04	1,6
4	1,07	2,8
6	1,12	4,3
8	1,17	5,8
10	1,22	7,3
12	1,27	8,8
14	1,32	10,4
16	1,36	11,9
18	1,41	13,4
20	1,46	14,9
22	1,51	16,4

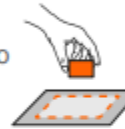
Peso neto efectivo (PNE)		
Manos	PNE	
1	$P * Fc$	
2	$P / 2 * Fc$	
Movimiento		
Espacial		
Fc		
1		
Deslizante	Madera	0,4
	Metal sobre metal	0,3



**A** Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.



**B** Mover el objeto a una posición aproximada o indefinida



**C** Mover el objeto a una posición exacta



**PNE:** Resistencia encontrada por una mano al movimiento

**Fd:** Factor dinámico

**SC:** Constante estática

**P:** Peso del objeto movido

**Fc:** Coeficiente de fricción

## Ejemplo 1: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8

# Ejemplo 1: Solución

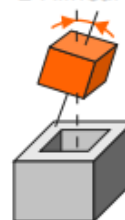
Con un fácil manejo y una posición semisimétrica y poca presión requerida

## P - Posición (*Position*)

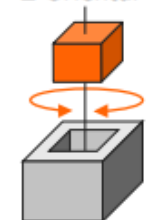
POSICIÓN CON INTRODUCCIÓN		Manejo Fácil E	Manejo difícil D
Suelto	P1S	5,6	11,2
	P1SS	9,1	14,7
	P1NS	10,4	16,0
Flojo	P2S	16,2	21,8
	P2SS	19,7	25,3
	P2NS	21,0	26,6
Exacto	P3S	43,0	48,6
	P3SS	46,5	52,1
	P3NS	47,8	53,4

POSICIÓN SIN INTRODUCCIÓN		
TOLERANCIA=T	MOVER	POSICIÓN
$T > \pm 12 \text{ mm}$	MdB	
$\pm 6 \text{ mm} < T \leq \pm 12 \text{ mm}$	MdC	
$\pm 1,5 \text{ mm} < T \leq \pm 6 \text{ mm}$	MdC	P1
$T \leq \pm 1,5 \text{ mm}$	MdC	P2

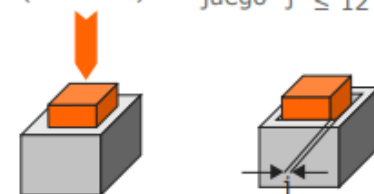
1 Alinear



2 Orientar

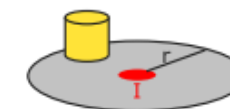


3 Encajar ( $\leq 25 \text{ mm}$ )



Existe posición cuando el juego "j"  $\leq 12 \text{ mm}$

Posicionar respecto al punto I:  
Tolerancia:  $2r$



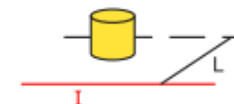
Posicionar respecto a la línea I  
(a los dos lados de la línea)  
Tolerancia =  $2L$



Posicionar respecto a la superficie interior.  
Tolerancia =  $\emptyset$



Posicionar respecto a la línea I  
(a un lado de la línea)  
Tolerancia =  $L$





## Ejemplo 1: Solución



---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P2SSE	19.7

# Ejemplo 1: Solución

Los clips se sueltan al abrir los dedos

## RL - Soltar (*Release*)

	Soltar separando los dedos con movimiento independiente	RL1	2,0
	Soltar el contacto	RL2	0,0

## Ejemplo 1: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P2SSE	19.7
Soltar	RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>		<b>72.2</b>

## Ejemplo 1: Solución

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P2SSE	19.7
Soltar	RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>		<b>72.2</b>

1 TMU = 0.036 seg.

Tiempo total = 72.2 TMU \* 0.036 seg

**Tiempo total = 2.5992 seg.**

## Ejemplo 2

---

El Sr. Pérez, que trabaja en el campo de la Ingeniería Industrial, realiza la tarea de optimizar un proceso de ensamblaje. Por lo tanto, como primer paso, quiere analizar el proceso de ensamblaje existente utilizando MTM-1. Luego, planea identificar potenciales de mejora para los elementos individuales del movimiento.



El proceso de ensamblaje es el siguiente: el empleado coloca un perno simétrico en una pieza construcción. Para ello saca el perno de una caja. Esta caja está situada a 50 cm del área de montaje. Los pernos (diámetro 13 mm, longitud 50 mm) se encuentran mezclados en la caja. Debido a la existencia de un "ajuste fijo", es necesaria una fuerte presión para colocar los pernos en la pieza de construcción. El posicionamiento se complica por una obstrucción de la línea de visión en el parche de unión. El empleado trabaja con una sola mano

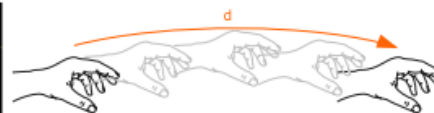
Ayude al Sr. Pérez analizando el proceso de ensamblaje e identificando margen de mejora para disminuir el tiempo de ensamblaje. Ingrese los valores de codificación y tiempo faltantes en la siguiente tabla, permitiendo así la siguiente regla con respecto al tipo de agarre G4: "Si las dos medidas corresponden al elemento a agarrar, entonces se analizará el agarre G4 correspondiente." Calcule el tiempo total para el proceso de ensamblaje.

Además, trace una posible mejora en cada caso con respecto al alcance, agarre, movimiento y posición de los elementos de movimiento en la hoja de cálculo.

## Ejemplo 2: Solución

### R - Alcanzar (Reach)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT						
	RdA	RdB	RdC RdD	RdE	mRdA RdAm	mRdB RdBm	m
≤2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,3	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	7,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	8,2	8,2	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	8,8	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	9,4	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8
45	12,1	17,0	18,2	15,2	10,4	14,2	2,8
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	15,6	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	18,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7



- A** Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.
- B** Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
- C** Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de forma que ocurra buscar y seleccionar.
- D** Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con precisión.
- E** Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.

Los pernos están almacenados en una caja a una distancia promedio de 50 cm

## Ejemplo 2: Solución














---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6

# Ejemplo 2: Solución

Los pernos están amontonados con otros objetos

## G - Coger (Grasp)

Tipo de Coger	CASO	UMT	Descripción	
 Cerrando los dedos sobre el objeto	<b>G1A</b>	2,0		
	<b>G1B</b>	3,5		 Sección $\leq 3*3$ mm
	<b>G1C1</b>	7,3		$12\text{ mm} < \emptyset \leq 25\text{ mm}$
	<b>G1C2</b>	8,7		$6\text{ mm} \leq \emptyset \leq 12\text{ mm}$
	<b>G1C3</b>	10,8		$\emptyset < 6\text{ mm}$
	<b>G3</b>	5,6		G1A + 1,6 + RL 1
	<b>G4A</b>	7,3		$> 25*25*25\text{ mm}$
	<b>G4B</b>	9,1		$\geq 6*6*3\text{ mm}$ y $\leq 25*25*25\text{ mm}$
	<b>G4C</b>	12,9		$< 6*6*3\text{ mm}$
 Por contacto	<b>G5</b>	0,0		
 Volver a coger	<b>G2</b>	5,6		Teoría RfA + MfB + (RfA)



## Ejemplo 2: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1

# Ejemplo 2: Solución

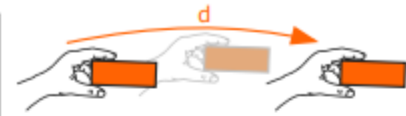
## M - Mover (Move)

Se mueven a una posición exacta

tiempo Nivelado UMT	MdA	MdB	MdC	mMdB MdBm	m (B)
≤2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5
35	14,3	14,5	16,8	11,2	3,3
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2
65	23,6	21,6	26,9	19,5	2,1
70	25,2	22,8	28,6	20,9	1,9
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7
80	28,3	25,2	32,0	23,7	1,5

Mover con esfuerzo		
Comp. dinámica: $Md_{caso\ PNE} = Md_{caso} * Fd$		
Comp. Estática: $SC\ PNE$		
PNE hasta	Factor Dinámico	SC PNE
1	1,00	0,0
2	1,04	1,6
4	1,07	2,8
6	1,12	4,3
8	1,17	5,8
10	1,22	7,3
12	1,27	8,8
14	1,32	10,4
16	1,36	11,9
18	1,41	13,4
20	1,46	14,9
22	1,51	16,4

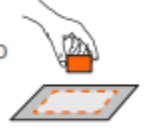
Peso neto efectivo (PNE)		
Manos	PNE	
1	$P * Fc$	
2	$P / 2 * Fc$	
Movimiento		
Espacial		
Fc		
1		
Deslizante	Madera	0,4
	Metal sobre metal	0,3



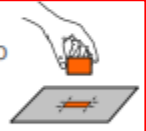
**A** Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.



**B** Mover el objeto a una posición aproximada o indefinida



**C** Mover el objeto a una posición exacta



- PNE:** Resistencia encontrada por una mano al movimiento
- Fd:** Factor dinámico
- SC:** Constante estática
- P:** Peso del objeto movido
- Fc:** Coeficiente de fricción



## Ejemplo 2: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8

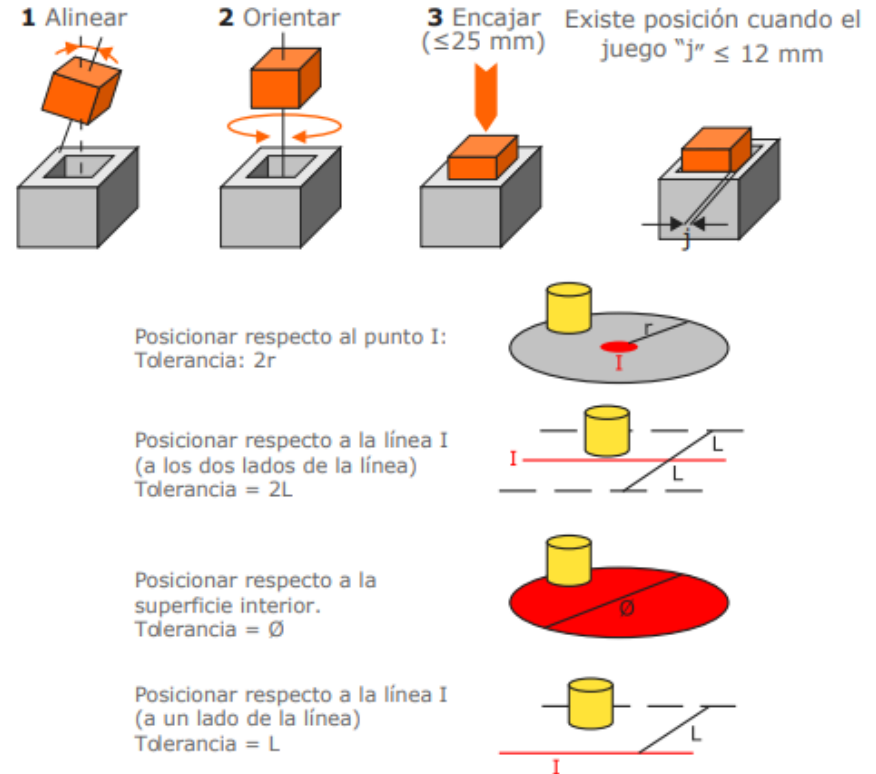
# Ejemplo 2: Solución

El posicionamiento se complica por una obstrucción de la línea de visión

## P - Posición (Position)

POSICIÓN CON INTRODUCCIÓN		Manejo Fácil E	Manejo difícil D
Suelto	P1S	5,6	11,2
	P1SS	9,1	14,7
	P1NS	10,4	16,0
Flojo	P2S	16,2	21,8
	P2SS	19,7	25,3
	P2NS	21,0	26,6
Exacto	P3S	43,0	48,6
	P3SS	46,5	52,1
	P3NS	47,8	53,4

POSICIÓN SIN INTRODUCCIÓN		
TOLERANCIA=T	MOVER	POSICIÓN
$T > \pm 12 \text{ mm}$	MdB	
$\pm 6 \text{ mm} < T \leq \pm 12 \text{ mm}$	MdC	
$\pm 1,5 \text{ mm} < T \leq \pm 6 \text{ mm}$	MdC	P1
$T \leq \pm 1,5 \text{ mm}$	MdC	P2





## Ejemplo 2: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P3SD	48.6

## Ejemplo 2: Solución

### RL - Soltar (*Release*)

	Soltar separando los dedos con movimiento independiente	RL1	2,0
	Soltar el contacto	RL2	0,0

## Ejemplo 2: Solución

---

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P3SD	48.6
Soltar	RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>		<b>101.1</b>

## Ejemplo 2: Solución

Movimiento	Código	TMU
Alcanzar	R50C	19.6
Coger	G4B	9.1
Mover	M50C	21.8
Posicionar	P3SD	48.6
Soltar	RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>		<b>101.1</b>

1 TMU = 0.036 seg.

Tiempo total = 101.1 TMU \* 0.036 seg

**Tiempo total = 3.6396 seg.**



## Ejemplo 2: Solución

Código	TMU	Mejoras	Nuevo Posible Código	TMU
R50C	19.6	Reduciendo la distancia del movimiento y/o preposicionando los pernos individualmente	R30A	9.5
G4B	9.1	Preposicionar los pernos individualmente	G1A	2.0
M50C	21.8	Reduciendo la longitud del movimiento	M30A	12.7
P3SD	48.6	Eliminar la obstrucción de la línea de visión, posicionar con poca presión y fácil manejo	P2SE	16.2
RL1	2.0		RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>	<b>101.1</b>		<b>Tiempo total</b>	<b>42.4</b>

## Ejemplo 2: Solución

Código	TMU	Mejoras	Nuevo Posible Código	TMU
R50C	19.6	Reduciendo la distancia del movimiento y/o preposicionando los pernos individualmente	R30A	9.5
G4B	9.1	Preposicionar los pernos individualmente	G1A	2.0
M50C	21.8	Reduciendo la longitud del movimiento	M30A	12.7
P3SD	48.6	Eliminar la obstrucción de la línea de visión, posicionar con poca presión y fácil manejo	P2SE	16.2
RL1	2.0		RL1	2.0
<b>Tiempo total</b>	<b>101.1</b>	<b>REDUCCIÓN DE 58% DEL TIEMPO</b>	<b>Tiempo total</b>	<b>42.4</b>

## Movimientos simultáneos (dos manos)

---

**Principio del movimiento limitador:** Si un operador ejecuta más de un movimiento a la vez, todos los movimientos pueden ejecutarse en uno solo sin importar que exija mayor cantidad de tiempo

**Los movimientos simultáneos** ocurren cuando se ejecutan al mismo tiempo dos o más movimientos por diferentes miembros del cuerpo.

**Dos movimientos ejecutados al mismo tiempo uno por cada uno** se registran ambos movimientos en el mismo renglón; se indica que se ejecutan al mismo tiempo. Si los movimientos son idénticos, el valor TMU de uno de ellos se coloca en la columna TMU. No se requieren mayores claves. Si los movimientos difieren, el símbolo del movimiento limitador se encierra en un círculo y el valor del tiempo del movimiento limitador se registra en la columna TMU.

**Movimientos combinados.** Ocurren cuando simultáneamente dos o más movimientos son ejecutados por el mismo miembro del cuerpo. Es importante aclarar que cualquier movimiento básico no es realizado con las manos se registrará en la columna de la mano derecha, representado por el símbolo correspondiente

## Movimientos simultáneos (dos manos)

---

**Más de un movimiento ejecutado al mismo tiempo por un solo miembro del cuerpo.** Los movimientos combinados son registrados uno debajo del otro en una misma columna. El hecho de que los movimientos se ejecuten al mismo tiempo se indica conectando los símbolos con una línea curva a continuación de la columna TMU. Se traza una línea a través de los símbolos de movimiento limitado. El tiempo del movimiento limitador se muestra en la columna TMU que está opuesta a su símbolo.

**Tres movimientos ejecutados al mismo tiempo, cada uno de ellos por diferentes movimientos del cuerpo.** Los movimientos colocados en una misma columna se conectan uno con el otro con un signo de paréntesis al lado de los símbolos distantes de la columna TMU. Los movimientos limitativos están encerrados en un círculo, y el tiempo para el movimiento limitativo se muestra en la columna TMU.

**Movimientos combinados y otros ejecutados al mismo tiempo.** Los movimientos combinados limitados se tachan y los movimientos simultáneos limitados se encierran en un círculo

# Movimientos simultáneos (dos manos)

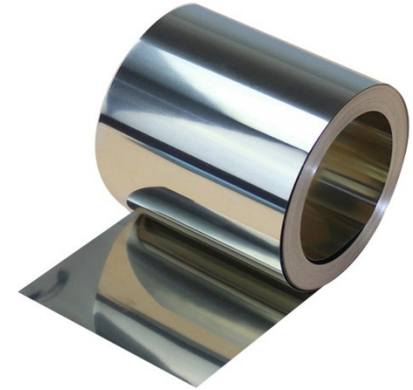
MOVIMIENTO / caso		DESALOJAR		POSICIÓN			MOVER			COGER			ALCANZAR		
		D2	D1	P1NS P2SS P2NS	P1SS P2S	P1S	C	B	A Bm	G4	G1B G1C	G1A G2 G5	C, D	B	A, E
R	A, E				E D										
	B	E D			E D			W O		W O	W O		W O		
	C, D									W O			W O		
G	G1A, G2, G5				E D										
	G1B, G1C						W O	W O	W O	W O					
	G4														
M	A, Bm				E D										
	B	E D			E D										
	C						W O								
P	P1S					E D									
	P1SS; P2S														
	P1NS; P2SS; P2NS														
D	D1														
	D2														

**W** Dentro del área de visión normal  
**O** Fuera del área de visión normal  
**E** Fácil de manejar  
**D** Difícil de manejar

Movimientos de control bajo      Fácil de realizar simultáneamente  
 Movimientos de control medio      Puede realizarse simultáneamente con práctica  
 Movimientos de control alto      Difícil de ejecutar, incluso con experiencia

## Ejemplo 3

Usando el sistema básico MTM, analice el siguiente proceso de estampado en la producción de componentes. Comenzando desde el troquel de perforación, el trabajador toma una tira de chapa de acero rectangular fácilmente agarrable (espesor 1 mm, longitud 200 mm y ancho 40 mm) con ambas manos desde un compartimento fuera de una caja, que está a 50 cm de distancia. Luego, el trabajador coloca la chapa en el lugar designado en el troquel de estampado. La posición se especifica mediante bloques laterales. La persona trabajadora necesita volver a agarrar durante el movimiento de traer. En el segundo paso, la persona que trabaja tiene que presionar los botones de liberación por razones de seguridad con la izquierda y la derecha y simultáneamente. Los botones están a una distancia de 40 cm del dado. Finalmente, vuelve al producto en el dado. Los movimientos se analizarán bajo el supuesto de que los realiza un trabajador experimentado dentro de su campo de visión normal.



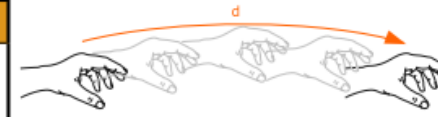
## Ejemplo 3: Solución

Mano izquierda		TMU	Mano derecha	
Movimiento	Código		Código	Movimiento
Tiempo total			Tiempo total	

# Ejemplo 3: Solución

## R - Alcanzar (Reach)

d (cm)	Tiempo Nivelado UMT						
	RdA	RdB	RdC RdD	RdE	mRdA RdAm	mRdB RdBm	m
≤2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8
10	6,3	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0
12	7,1	7,1	9,1	7,3	5,2	4,8	2,6
14	7,9	7,9	9,7	7,8	5,5	5,4	2,8
16	8,7	8,7	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9
18	9,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9
20	10,3	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9
22	11,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8
24	11,9	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9
26	12,7	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9
28	13,5	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8
30	14,3	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9
35	15,5	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8
40	16,7	15,6	16,8	14,1	9,6	12,8	2,8
45	17,9	17,0	18,2	15,2	10,4	14,2	2,8
50	19,1	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7
55	20,3	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7
60	21,5	21,2	22,3	19,0	12,8	18,5	2,7
65	22,7	22,6	23,6	20,2	13,5	19,9	2,7
70	23,9	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7
75	25,1	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7
80	26,3	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7

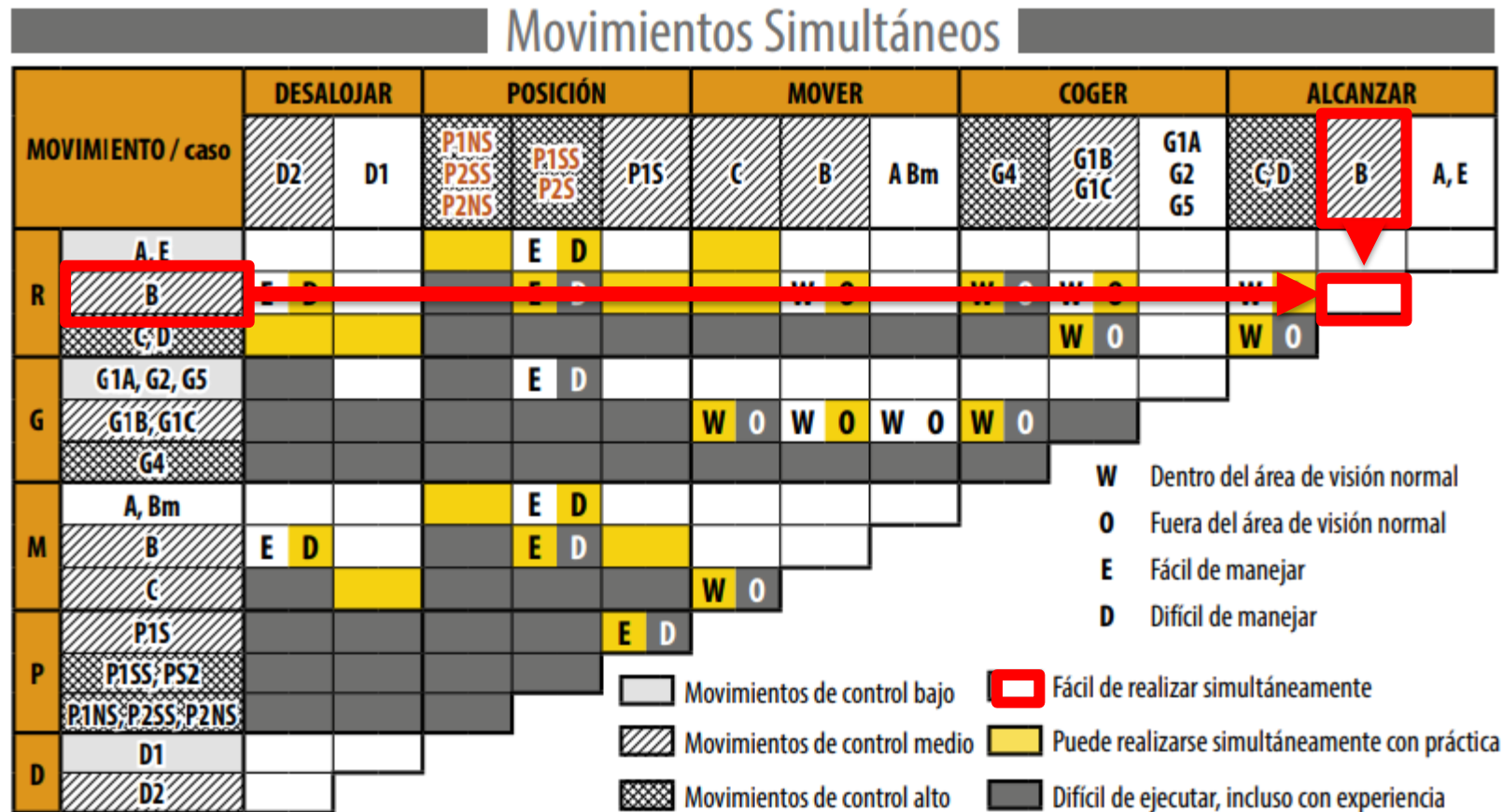


La tira de chapa de aceros e encuentra a una distancia de 50 cm

- A** Alcanzar un objeto en situación fija, o a un objeto en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.
- B** Alcanzar a un solo objeto en situación que puede variar ligeramente de un ciclo al siguiente.
- C** Alcanzar a un objeto amontonado con otros en un grupo de forma que ocurra buscar y seleccionar.
- D** Alcanzar a un objeto muy pequeño o en donde es necesario coger con precisión.
- E** Alcanzar a una situación indefinida para poner la mano en posición de equilibrar el cuerpo o dispuesta para realizar el próximo movimiento o donde no estorbe.



# Ejemplo 3: Solución



## Ejemplo 3: Solución

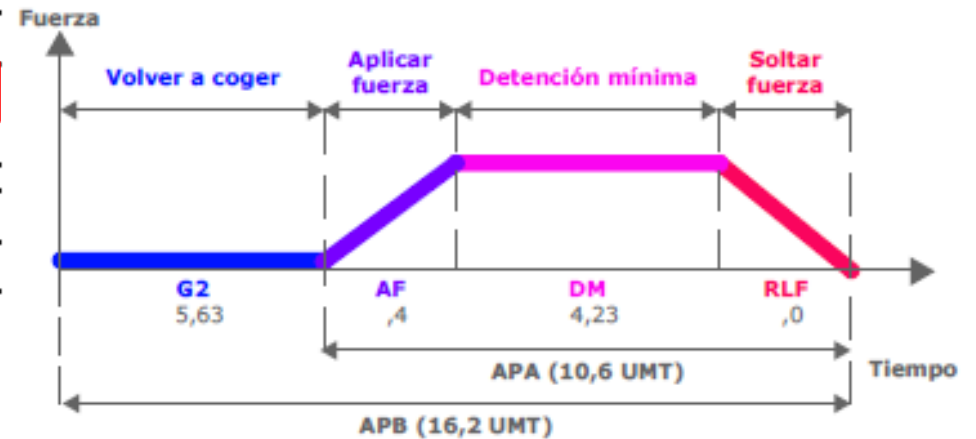
Mano izquierda		TMU	Mano derecha	
Movimiento	Código		Código	Movimiento
Alcanzar el objeto	R50B	18.4	R50B	Alcanzar el objeto
Coger objeto	G1A	2.0	G1A	Coger objeto
Mover y colocar	M50A)	19.0	(M50A	Mover y colocar
Volver a coger	G2)		(G2	Volver a coger
Soltar objeto	RL1	2.0	RL1	Soltar objeto
Alcanzar los botones	R40	11.3	R40A	Alcanzar los botones
Tocar los botones	G5	0.0	G5	Tocar los botones
Tiempo total			Tiempo total	

## Ejemplo 3: Solución

### AP - Aplicar Presión (*Apply Pressure*)

Ciclo Completo		
Símbolo	UMT	Descripción
APA	10,6	AF + DM + RLF
APB	16,2	G2 + APA

Componentes		
Símbolo	UMT	Descripción
AF	3,4	Aplicar fuerza
DM	4,2	Detención mínima
RLF	3,0	Soltar Fuerza



## Ejemplo 3: Solución

Mano izquierda		TMU	Mano derecha	
Movimiento	Código		Código	Movimiento
Alcanzar el objeto	R50B	18.4	R50B	Alcanzar el objeto
Coger objeto	G1A	2.0	G1A	Coger objeto
Mover y colocar	M50A)	19.0	(M50A	Mover y colocar
Volver a coger	<del>G2)</del>		<del>(G2</del>	Volver a coger
Soltar objeto	RL1	2.0	RL1	Soltar objeto
Alcanzar los botones	R40	11.3	R40A	Alcanzar los botones
Tocar los botones	G5	0.0	G5	Tocar los botones
Aplicar presión	APA	10.6	APA	Aplicar presión
Soltar botones	RL2	0.0	RL2	Soltar botones
Alcanzar el objeto	R40A	11.3	R40A	Alcanzar el objeto
Coger el objeto	G1A	2.0	G1A	Coger el objeto
<b>Tiempo total</b>		<b>76.6</b>	<b>Tiempo total</b>	

## Ejemplo 4

---

Una estación de trabajo en una operación de ensamblaje insertará pernos a través de un orificio y luego atornillará una tuerca en el perno. El trabajador alcanza más de 40 cm con su mano izquierda para los pernos M10 (18 mm de longitud, mezclados con otros pernos), selecciona un perno y lo lleva al orificio (distancia = 40 cm), y luego inserta el perno en el orificio mientras que un obstáculo bloquea la visibilidad. Se debe usar una ligera presión para esta acción. Luego empuja el perno a través del agujero hasta la cabeza del perno. El trabajador alcanza los 30 cm con su mano derecha para una tuerca (ubicación fija) que esta recostada individualmente y es fácil de agarrar; la agarra y la mueve 30 cm a las roscas del perno saliente y la atornilla, con una precisión necesaria de 0.2 mm. El proceso de atornillado realizado por la mano derecha tiene una duración de 90 TMU (código:PT). La tuerca y el perno se liberan después del proceso de atornillado.

Nota: El trabajador realiza los movimientos con su mano izquierda y derecha lo más paralelos posible.

## Ejemplo 4: Solución

Mano izquierda		TMU	Mano derecha	
Movimiento	Código		Código	Movimiento
Alcanzar perno	R40C	16.8	[R30A	Alcanzar tuerca
Coger perno	G4B	9.1	[G1A	Coger tuerca
Mover perno	M40C	18.5	(M50A	Mover y colocar
Posicionar el perno	P2SD	21.8		
Mover perno	M2A]	15.1	M30C	Mover tuerca
		46.5	P3SSE	Ajustar
		90.0	PT	Atornillar
Soltar	RL1	2.0	RL1	Soltar
<b>Tiempo total</b>		<b>216.3</b>	<b>Tiempo total</b>	

# Bibliografía

---

- Freivalds, A. & Niebel, B. *Ingeniería Industrial – métodos estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill
- García Criollo, R. *Estudio del trabajo*. McGraw-Hill
- Meyers, F. & Stephens, M.. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Pearson
- Render, B. & Heizer, J. *Principios de administración de operaciones*. Pearson
- Kanawaty, G. *Introducción al estudio de trabajo*. OIT
- Bedny, G. & Bedny, I. (2019) *Work Activity Studies Within the Framework of Ergonomics, Psychology, and Economics*. Taylor & Francis Group.
- Bridger, R. (2019). *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Lehto, M. & Buck, J. (2008). *Introduction to Human Factors and Ergonomics of Engineers*. Taylor & Francis Group.
- Stack, T. et al. (2016). *Occupational Ergonomics – A Practical Approach*. Wiley
- Kroemer, K. (2017). *Fitting the Human – Introduction to Ergonomics / Human Factors Engineering*. Taylor & Francis Group.
- Marras, W. & Karwowski, W. (2006) *Fundamentals And Assessment Tools For Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Konz, S. & Johnson, S. (2016) *Work Design and Occupational Ergonomics*. Taylor & Francis Group.
- Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos: Ingeniería de métodos*. Limusa
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2006). *Guía Técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Gobierno de España
- (1998). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de Métodos, Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Krick (1994). *Ingeniería de Métodos*. Limusa
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Ingeniería de Métodos – Tomo I*. Editorial Felix Varela
- Castellanos, J., et al. (2008). *Organización del Trabajo: Estudio de Tiempos – Tomo II*. Editorial Felix Varela
- Mondelo, P. et al. (1999). *Ergonomía 3: Diseños de Puestos de Trabajo*. Mutua Universal
- Palacios, L. (2016). *Ingeniería de Métodos Movimientos y Tiempos*. Ecoe Ediciones
- Peralta, J. et al (2014) *Estudio del Trabajo*. Grupo Editorial Patria
- Caso Neira, A. *Técnicas de Medición del Trabajo*
- <http://www.css.org.pa/>
- <http://www.osha.gov/>



Ricardo Caballero, M.Sc.

Docente Tiempo Completo  
Facultad de Ingeniería Industrial  
Centro Regional de Chiriquí  
Universidad Tecnológica de Panamá

E-mail: [ricardo.caballero@utp.ac.pa](mailto:ricardo.caballero@utp.ac.pa)

<https://www.academia.utp.ac.pa/ricardo-caballero>