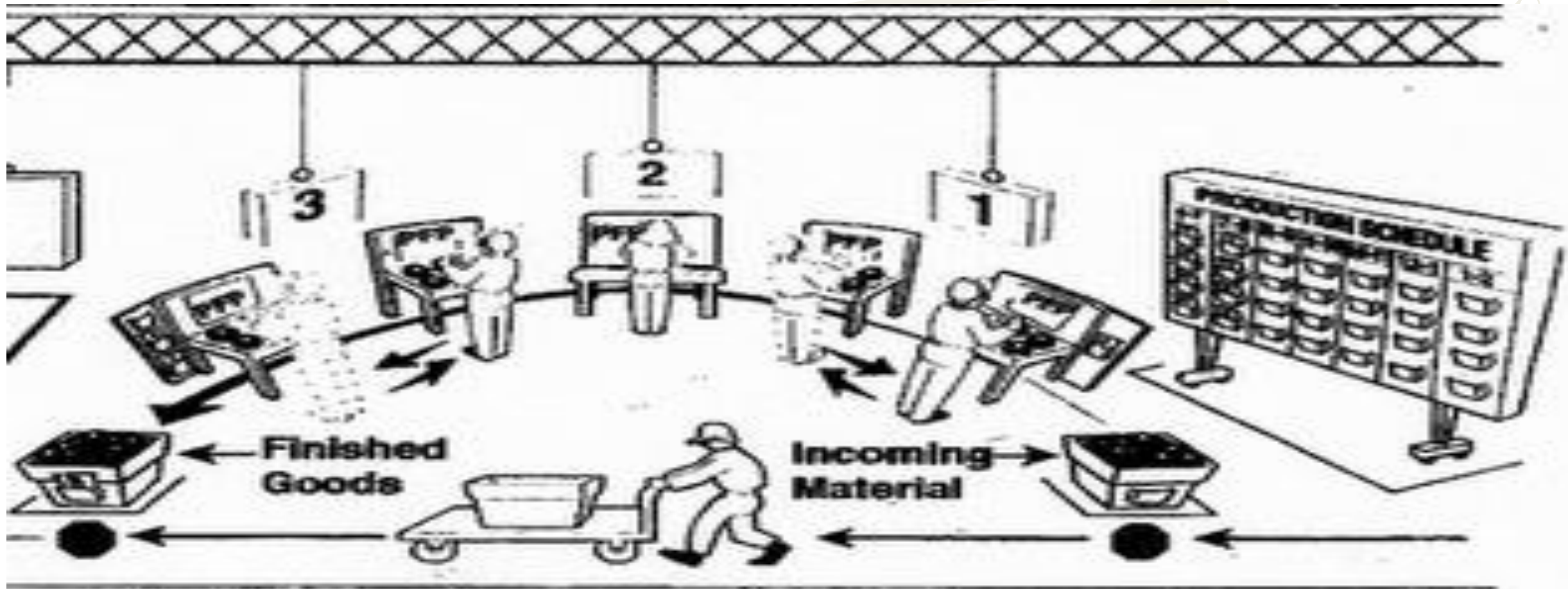


BALANCE DE LINEA



Introducción

- Tal vez no lo sepamos, pero las líneas de montaje tuvieron una repercusión importante en nuestras vidas, al reducir costos y elaborar productos a precios más razonables.
- Vestimos, usamos, respiramos y manejamos productos fabricados en las líneas de montaje
- Henry Ford popularizo el termino al hacer accesible al famoso automóvil Ford T para la población en general.



¿Qué son las Líneas de Ensamble?

Definición:

- Una serie de estaciones de trabajo de montaje (ensamble) manual o automatizado, en las cuales se ensamblan en secuencia un producto o varios.
- Es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo.
- El Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de la mano de obra y equipo y de esa forma reducir o eliminar el tiempo ocioso.



• H. A. Maynard

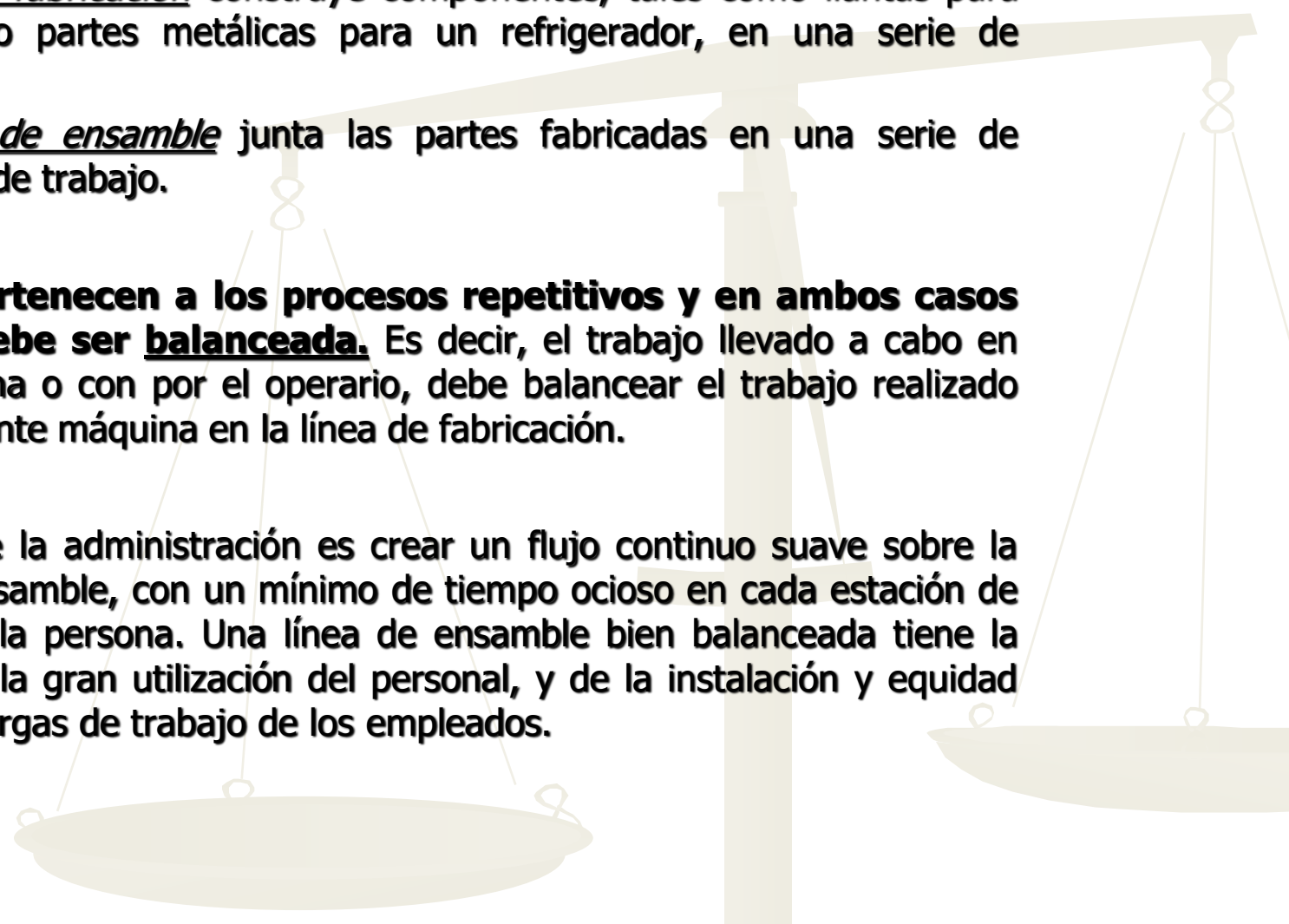
• Roberto García Criollo

LINEA DE FABRICACION Y LINEA DE ENSAMBLE



- La línea de fabricación construye componentes, tales como llantas para automóvil o partes metálicas para un refrigerador, en una serie de máquinas.
- Una línea de ensamble junta las partes fabricadas en una serie de estaciones de trabajo.
- **Ambas pertenecen a los procesos repetitivos y en ambos casos la línea debe ser balanceada.** Es decir, el trabajo llevado a cabo en una máquina o con por el operario, debe balancear el trabajo realizado en la siguiente máquina en la línea de fabricación.

La meta de la administración es crear un flujo continuo suave sobre la línea de ensamble, con un mínimo de tiempo ocioso en cada estación de trabajo de la persona. Una línea de ensamble bien balanceada tiene la ventaja de la gran utilización del personal, y de la instalación y equidad entre las cargas de trabajo de los empleados.



¿Qué es el Balance de línea?

- La idea fundamental de una línea de ensamble es que un producto se arma progresivamente a medida que es transportado, pasando frente a estaciones de trabajo relativamente fijas, por un dispositivo de manejo de materiales, por ejemplo una banda transportadora.

Los principios básicos en línea son los siguientes:

- Principio de la mínima distancia recorrida.
- Principio del flujo de trabajo.
- Principio de la división del trabajo.
- Principio de la simultaneidad o de las operaciones simultáneas.
- Principio de trayectoria fija.
- Principio de mínimo tiempo y del material en proceso.
- Principio de intercambiabilidad.
- Si los tiempos productivos que se requieren en todas las estaciones de trabajo fuesen iguales no existirían tiempos muertos, y la línea estaría perfectamente equilibrada. El problema de diseño para encontrar las formas de igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea.

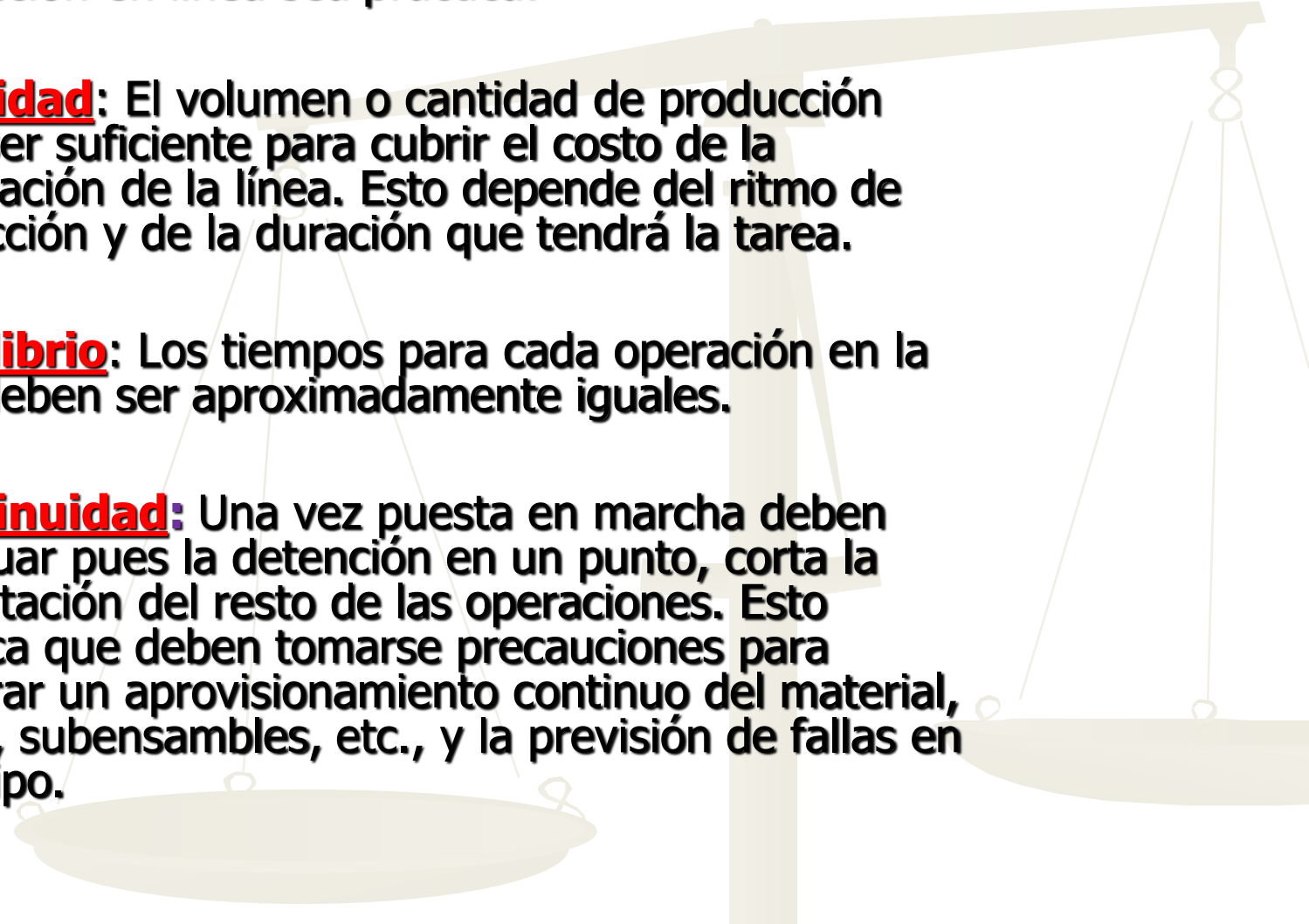


Condiciones de una línea de ensamble



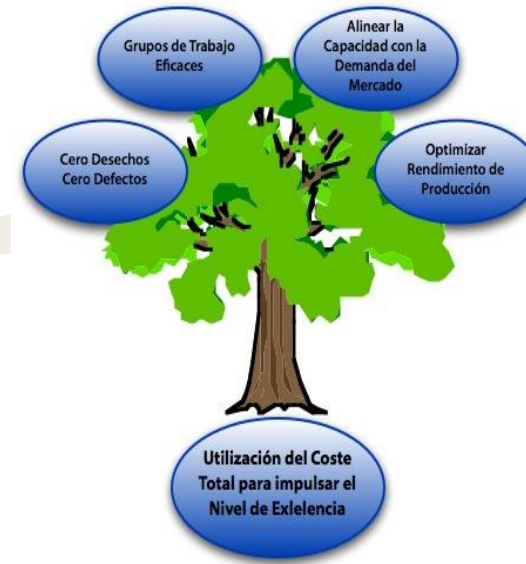
- Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- 1.- **Cantidad**: El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- 2.- **Equilibrio**: Los tiempos para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales.
- 3.- **Continuidad**: Una vez puesta en marcha deben continuar pues la detención en un punto, corta la alimentación del resto de las operaciones. Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, subensambles, etc., y la previsión de fallas en el equipo.

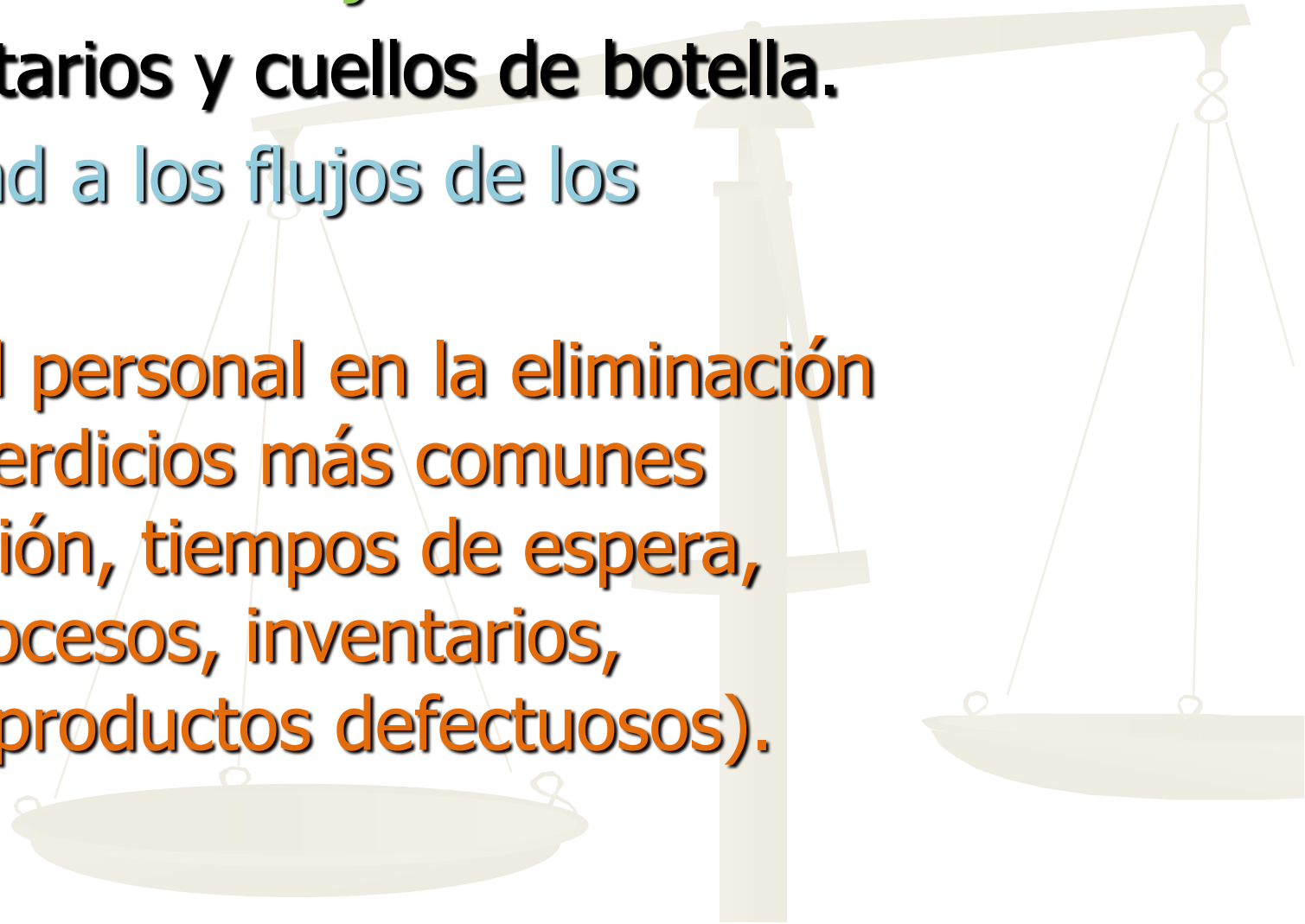


Beneficios

1. Reducción de costos y estandarización.
2. Sistema de pago por productividad.
3. Alcanzar la producción esperada en el tiempo requerido.
4. Administración de la producción.
5. Aumento de productividad general y motivación del personal.



- Estudio de tiempos y movimientos para distribuir cargas de trabajo.
- **Eliminar inventarios y cuellos de botella.**
- Dar continuidad a los flujos de los procesos.
- Se involucra al personal en la eliminación de los 7 desperdicios más comunes (sobreproducción, tiempos de espera, transporte, procesos, inventarios, movimientos, productos defectuosos).



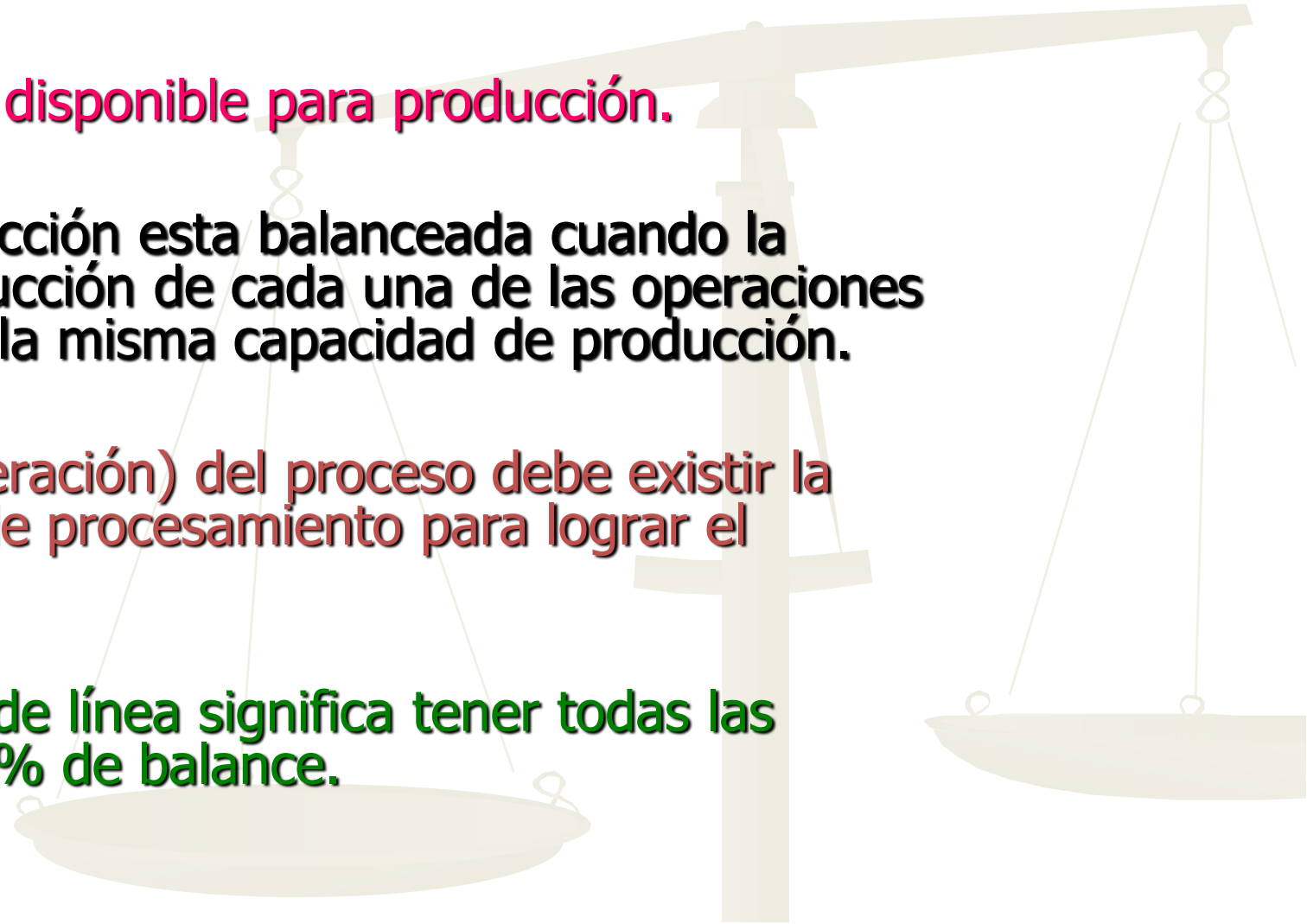
Consideraciones

- Al diseñar y equilibrar una línea se Debe considerar:
 - 1) La configuración de la línea
 - 2) Características de las estaciones de trabajo y de los operarios
 - 3) Tareas asignadas a las estaciones de trabajo
 - 4) Velocidad de la línea
- El desafío del equilibrio es asignar paquetes de trabajo para reducir al mínimo los costos operativos e incrementar la productividad .



Balance de línea

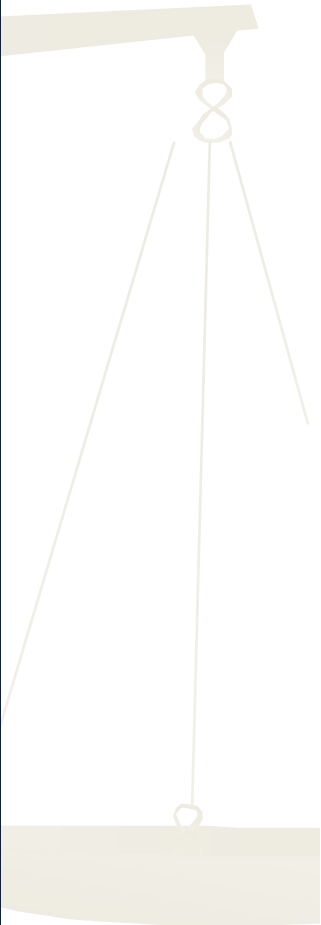
- El objetivo es un ciclo de tiempo constante en todas las estaciones.
- Capacidad: tiempo disponible para producción.
- Una línea de producción esta balanceada cuando la capacidad de producción de cada una de las operaciones del proceso tienen la misma capacidad de producción.
- En cada etapa (operación) del proceso debe existir la misma capacidad de procesamiento para lograr el balance.
- Un buen balanceo de línea significa tener todas las estaciones a un 95% de balance.



Criterios utilizados para el balanceo de líneas

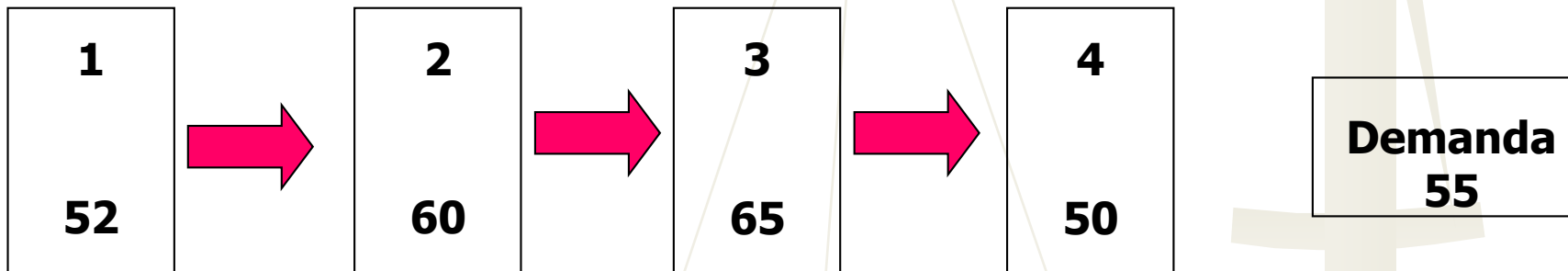


- ✓ Se requiere cambios en la línea de producción.
- ✓ Repartir las tareas de ensamble en las estaciones afectadas.
- ✓ Evaluar el sistema actual de producción para el área afectada.
- ✓ Encontrar áreas de oportunidad de mejora, verificar los equipos e instalaciones, herramientas y dispositivos necesarios.
- ✓ Los cambios se deben ir utilizando poco a poco sin interrumpir el flujo de la línea de producción.
- ✓ Se requiere aplicar herramientas como la simulación (para saber si hay disminución o aumentos de tiempos de producción, cuellos de botella, falta o sobra de operarios).



Búsqueda de la restricción

- **Recurso Cuello de botella:** cualquier recurso cuya capacidad es menor o igual a la demanda.



Tiempos de producción

- **Tiempo estándar de operación:** tiempo promedio permisible requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo, bajo las siguientes condiciones:
 - (1) un operador calificado y bien capacitado,
 - (2) que trabaja a una velocidad o ritmo normal, y
 - (3) hace una tarea específica.



Cuando el tiempo estándar del operador es mayor que el tiempo de ciclo crea restricciones para que el flujo sea continuo.

Tiempos de producción

- **Takt Time (TT)** es el ritmo de la demanda del cliente, o el tiempo permitido por la demanda del cliente para hacer un producto o parte.



$$TT = \frac{\text{Tiempo Disponible / Periodo}}{\text{Demanda del Cliente / Periodo}}$$



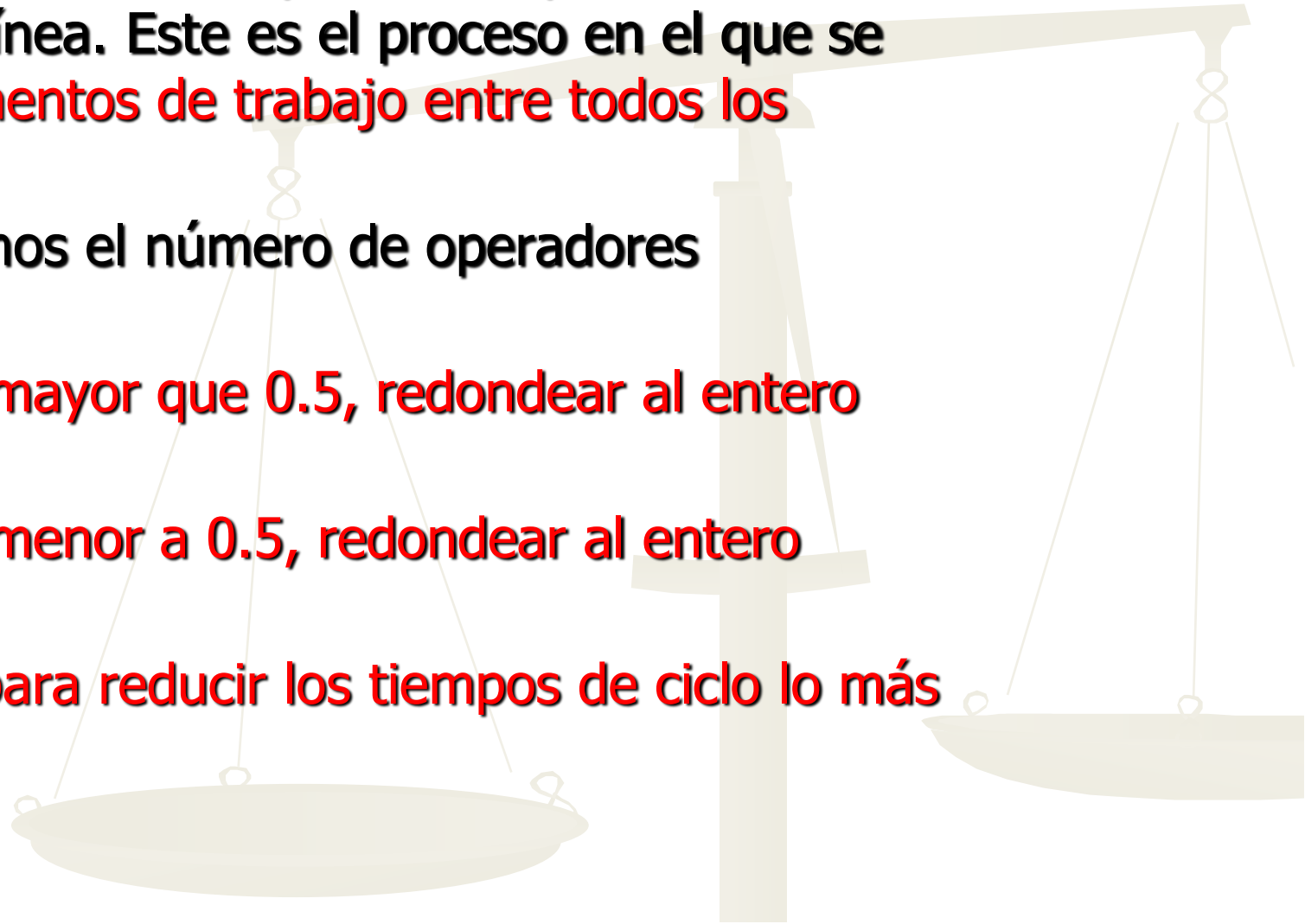
- **Tiempo de Flujo (TF)** es el tiempo que transcurre para llevar a cabo todas las operaciones en el proceso del flujo de trabajo.
- **Tiempo de Ciclo (CT)** es el ritmo de la producción, o el tiempo que transcurre entre la producción de cada pieza.

Recuerden: CT debe ser menor que TT.
Reducir TF a través de la eliminación de desperdicios



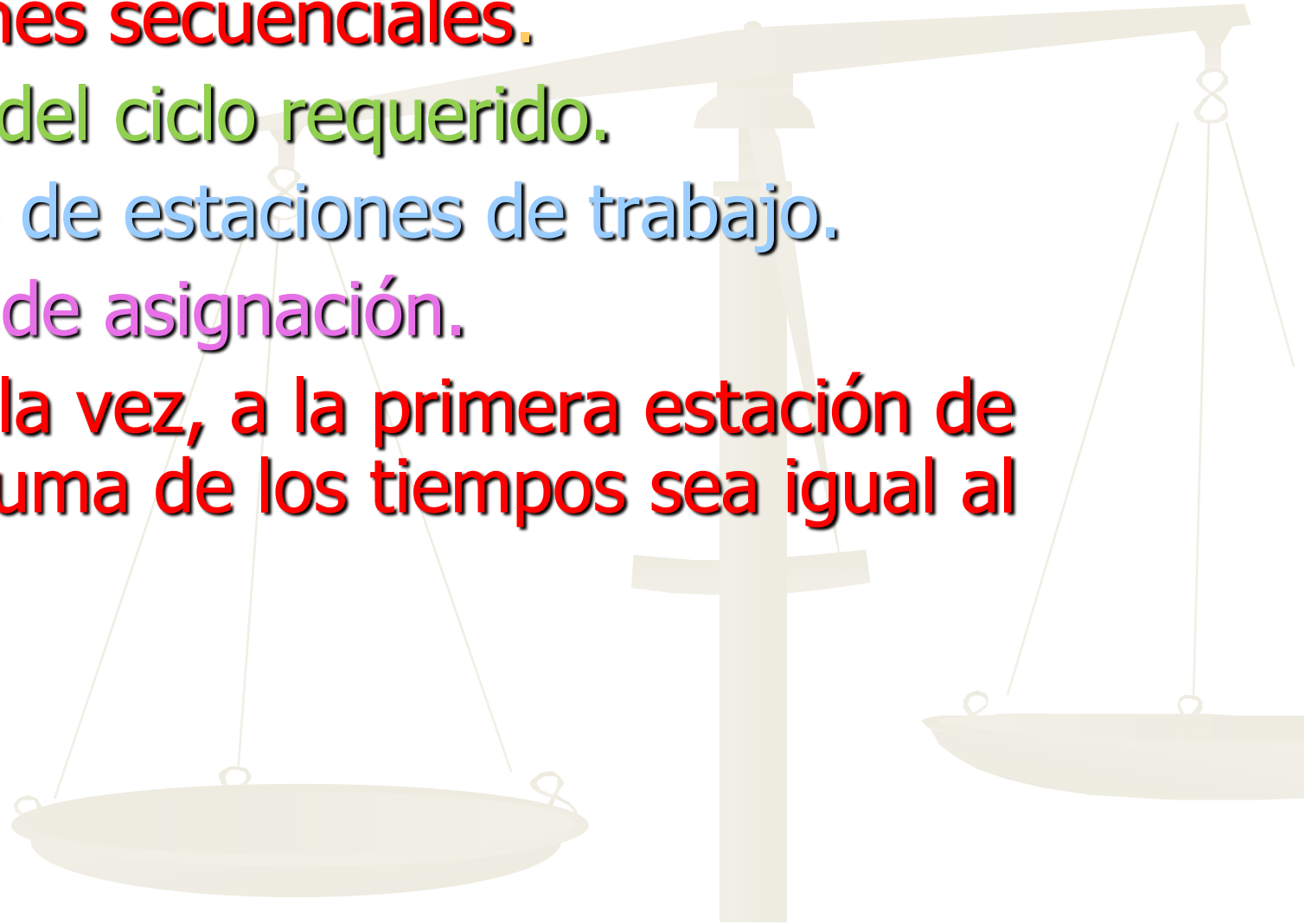
Puntos clave para recordar

- La **determinación del número óptimo de operadores** se llama balanceo de línea. Este es el proceso en el que se **distribuyen los elementos de trabajo entre todos los operadores.**
- Cuando determinemos el número de operadores requeridos:
 - Si el decimal es mayor que 0.5, redondear al entero superior.
 - Si el decimal es menor a 0.5, redondear al entero inferior.
 - Utilizar **kaizen** para reducir los tiempos de ciclo lo más que se pueda.



Pasos para un Balance de Líneas de Ensamble

- **Especificar las relaciones secuenciales.**
- **Determinar el tiempo del ciclo requerido.**
- **Determinar el número de estaciones de trabajo.**
- **Seleccionar las reglas de asignación.**
- **Asignar tareas, una a la vez, a la primera estación de trabajo hasta que la suma de los tiempos sea igual al tiempo del ciclo.**
- **Evaluar la Eficiencia.**



DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS PARA CADA OPERACIÓN

■ Elemento de trabajo.

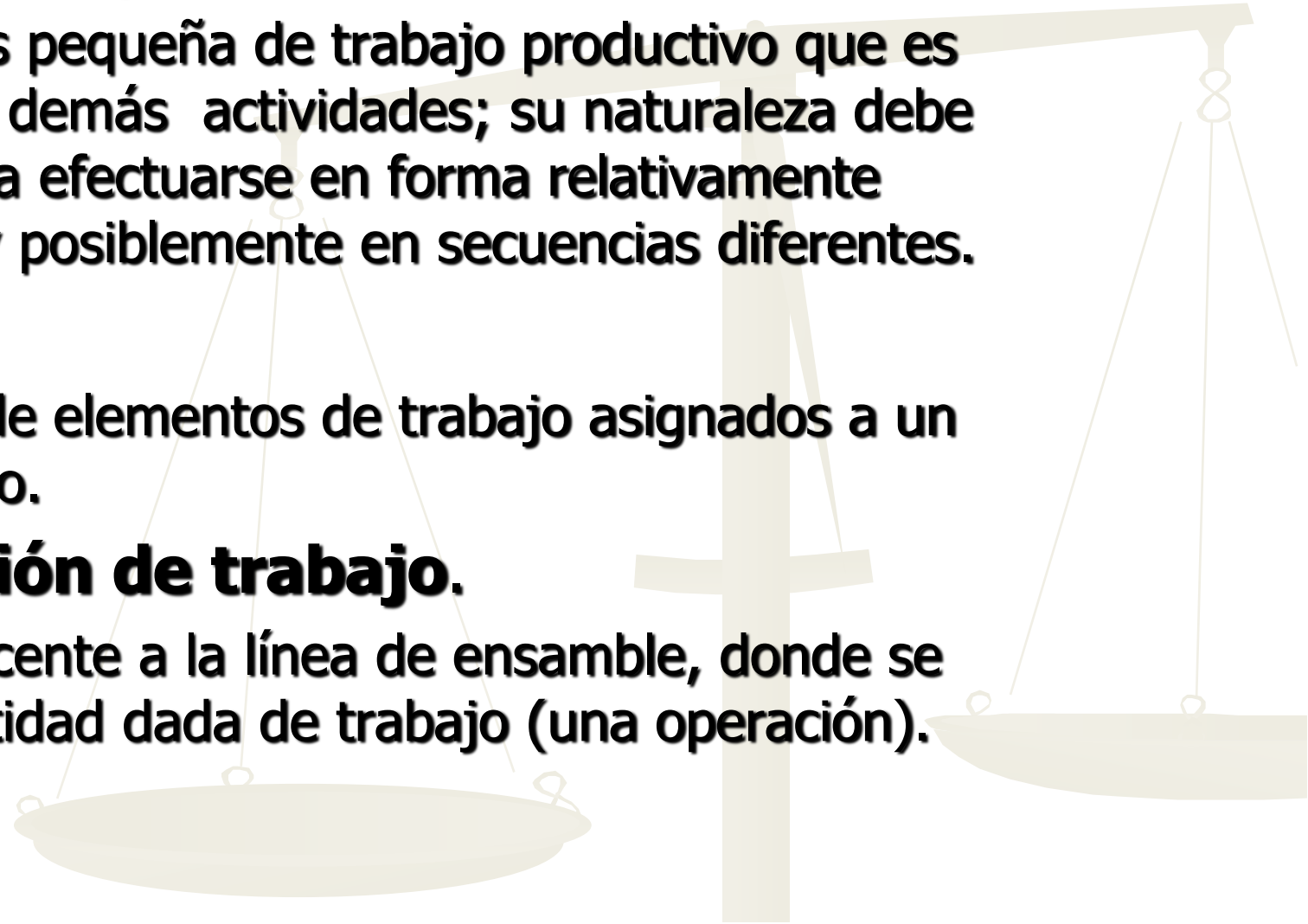
- Es la unidad más pequeña de trabajo productivo que es separable de las demás actividades; su naturaleza debe ser tal que pueda efectuarse en forma relativamente independiente, y posiblemente en secuencias diferentes.

■ Operación.

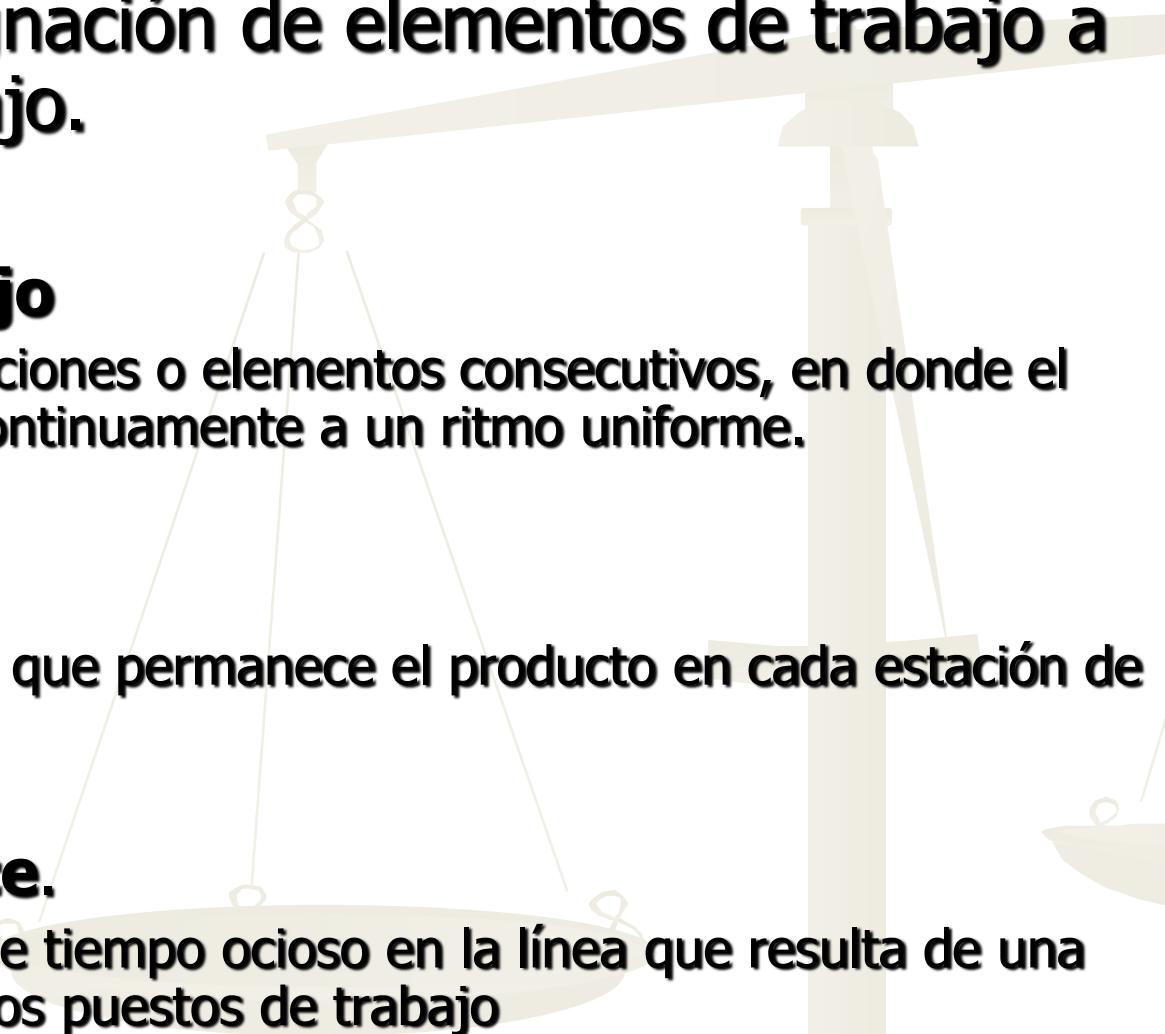
- Es un conjunto de elementos de trabajo asignados a un puesto de trabajo.

■ Puesto o estación de trabajo.

- Es un área adyacente a la línea de ensamble, donde se ejecuta una cantidad dada de trabajo (una operación).



DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS PARA CADA OPERACIÓN

- Al balanceo de línea de ensamble también se le conoce como la asignación de elementos de trabajo a los puestos de trabajo.
 - **Estación de Trabajo**
 - Agrupación de operaciones o elementos consecutivos, en donde el material se mueve continuamente a un ritmo uniforme.
 - **Tiempo de ciclo.**
 - Es el tiempo máximo que permanece el producto en cada estación de trabajo.
 - **Demora de balance.**
 - Es la cantidad total de tiempo ocioso en la línea que resulta de una división desigual de los puestos de trabajo
- 

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE OPERADORES NECESARIOS PARA CADA OPERACIÓN

Para calcular el número de operadores necesarios para el arranque de la operación, se aplica la siguiente fórmula:

$$IP = \frac{\text{unidades a fabricar (producción deseada)}}{\text{Tiempo disponible}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

$$T = T.E./NOR$$

en donde:

NO=numero de operadores para la línea

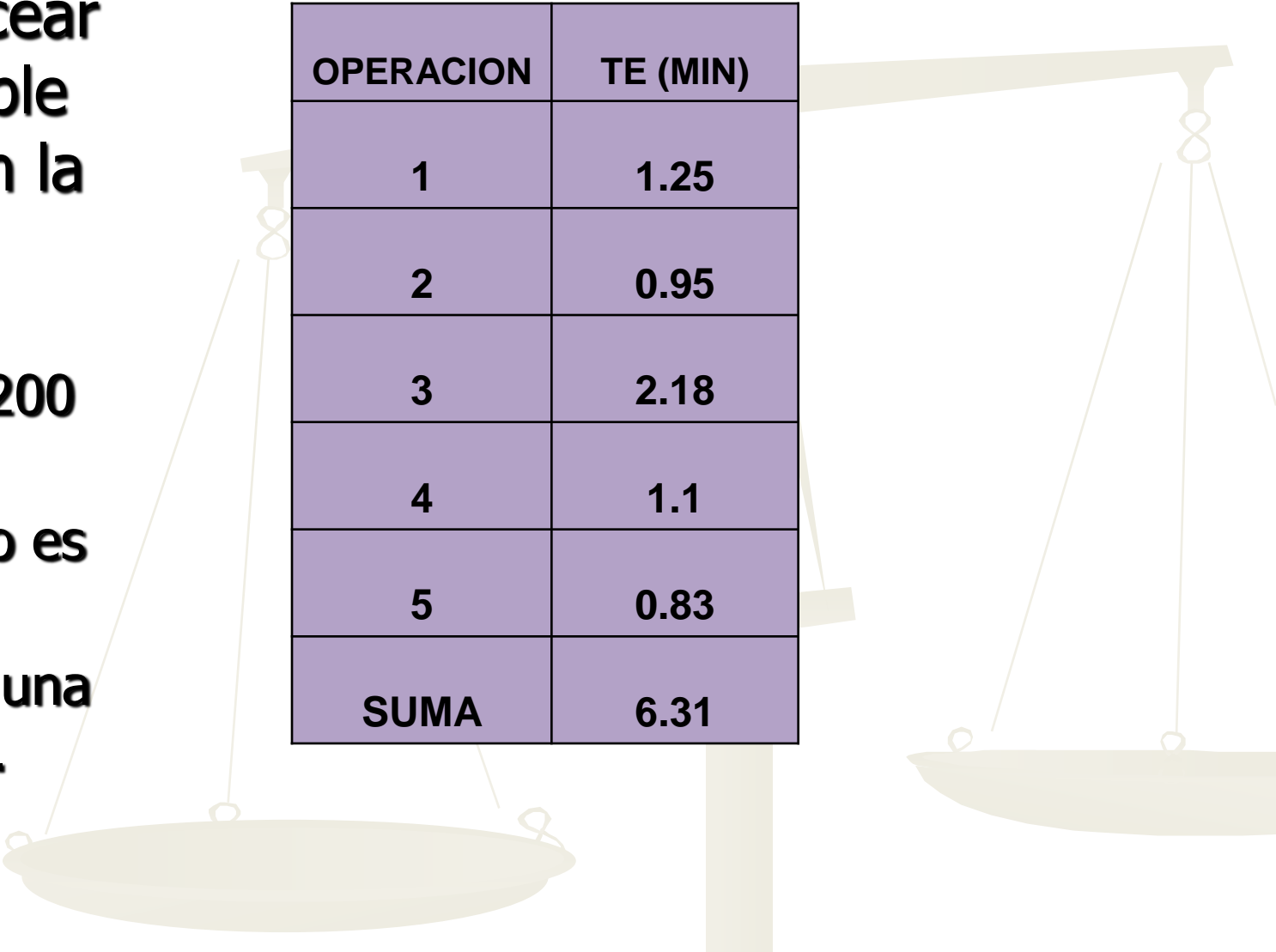
TE=tiempo estándar de la pieza

IP=índice de producción (Cantidad de Piezas Producidas por Unidad de Tiempo)

E=eficiencia planeada

EJEMPLO # 1

- Se debe de balancear la línea de ensamble que se muestra en la figura 1.
 - La producción requerida es de 1200 piezas.
 - El turno de trabajo es de 8 horas.
 - El analista planea una eficiencia de 90%.



OPERACION	TE (MIN)
1	1.25
2	0.95
3	2.18
4	1.1
5	0.83
SUMA	6.31

■ $IP = \frac{1200 \text{ unid}}{(8\text{hr})(60\text{min})} = 2.5$

■ El día consiste en 480 minutos (8hrs*60 minutos).

■ El número de operadores teórico para cada estación será:

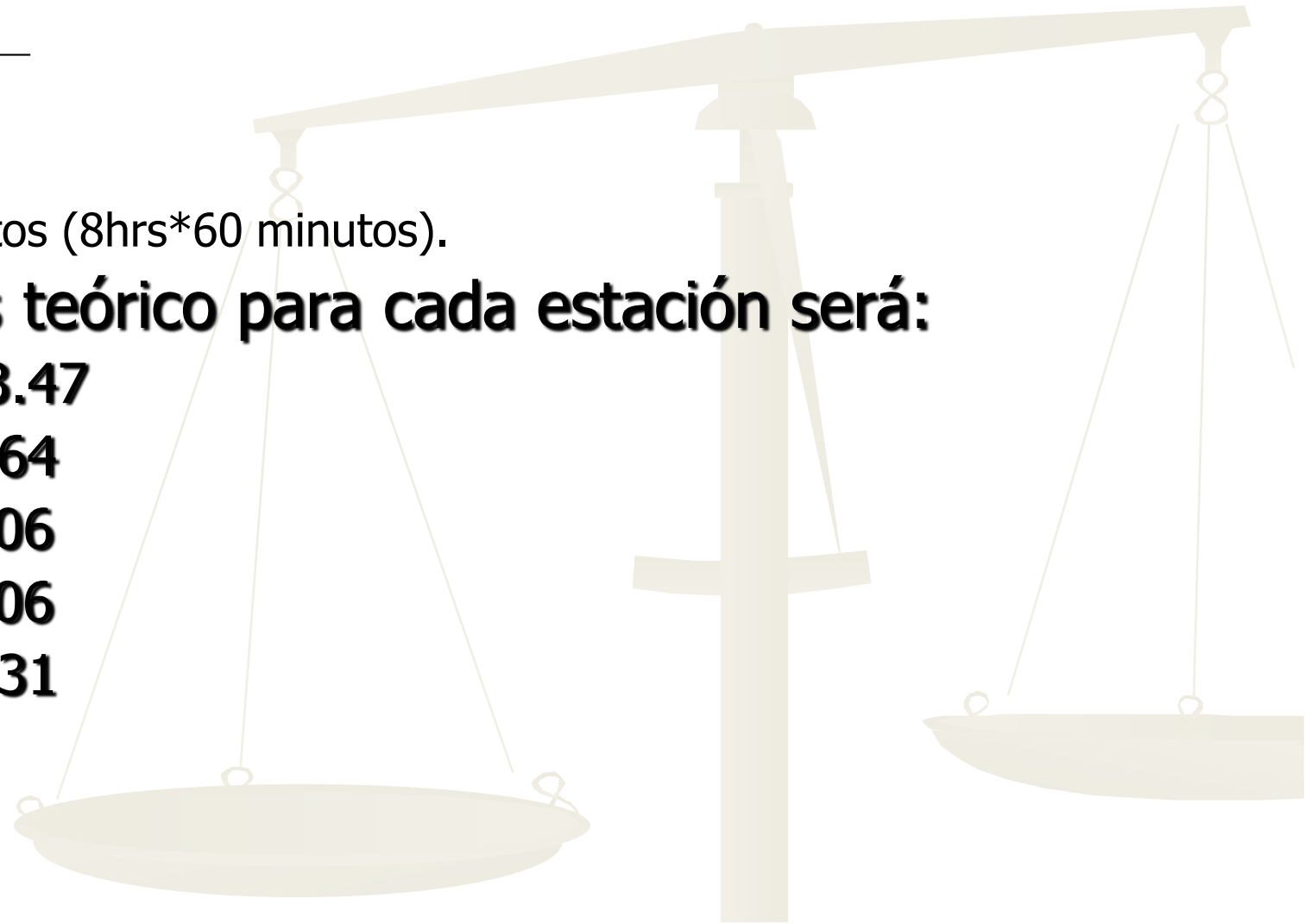
NO 1 = $(1.25)(2.5) / .90 = 3.47$

NO 2 = $(.95)(2.5) / .90 = 2.64$

NO 3 = $(2.18)(2.5) / .90 = 6.06$

NO 4 = $(1.10)(2.5) / .90 = 3.06$

NO 5 = $(.83)(2.5) / .90 = 2.31$



Aplicando los resultados en la tabla 2.

OPERACION	TE(MIN)	Nº TEORICO	Nº REALES
1	1.25	3.47	3
2	0.95	2.64	3
3	2.18	6.06	6
4	1.1	3.06	3
5	0.83	2.31	2
TOTAL			17

TABLA 2



- Se puede pensar en reajustar los tiempos de tal manera que no existan tiempos muertos.
- Para este ejemplo se consideran las restricciones de que **los operadores no pueden moverse de una estación de trabajo a otra**; debido al proceso ningún tiempo puede ser cambiado.
- Se desea que un trabajo donde participan varios operadores, cada uno de los cuales lleva a cabo operaciones consecutivas como una sola unidad, genera que la velocidad de producción a través de la línea dependa del operador más lento.

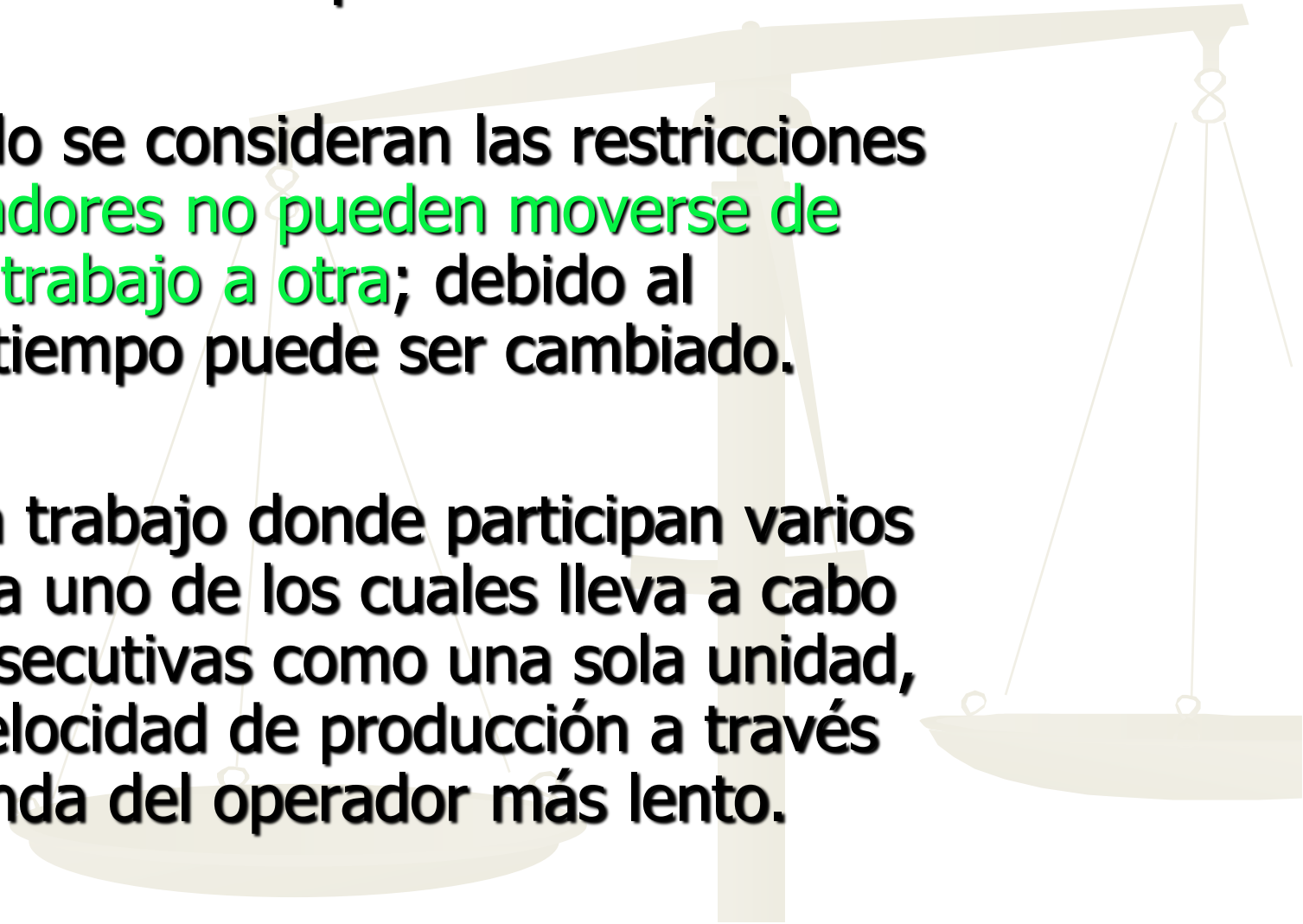
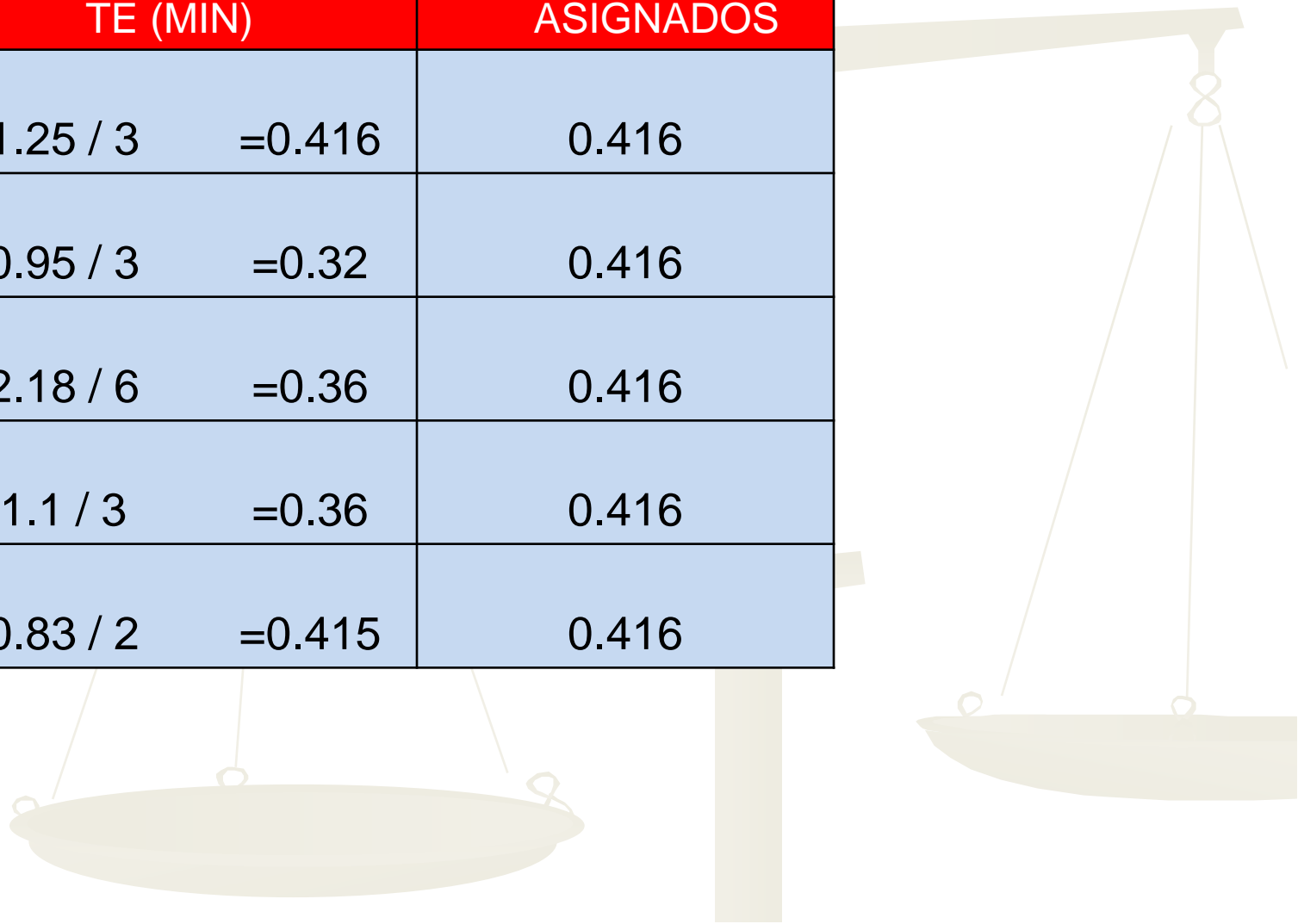


TABLA 3

OPERACION	TE (MIN)	MIN. ESTANDAR ASIGNADOS
1	1.25 / 3 =0.416	0.416
2	0.95 / 3 =0.32	0.416
3	2.18 / 6 =0.36	0.416
4	1.1 / 3 =0.36	0.416
5	0.83 / 2 =0.415	0.416



Como se observa en la tabla 3, la operación 4 es la que tiene el mayor número de minutos asignados y es la que determina la producción de la línea.

Piezas por día =

$$(480 \text{ minutos}) / 0.417 \text{ tiempo estándar} = 1,151 \text{ pzs.}$$

La eficiencia de esta línea es:

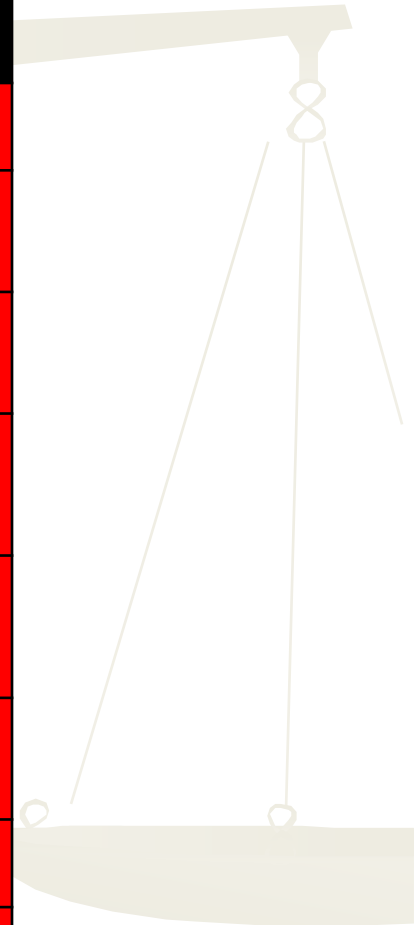
$$E = \frac{\sum \text{Minutos estándar por operador}}{\text{Minutos estándar asignados} \times \text{no. De operarios}} \times 100$$

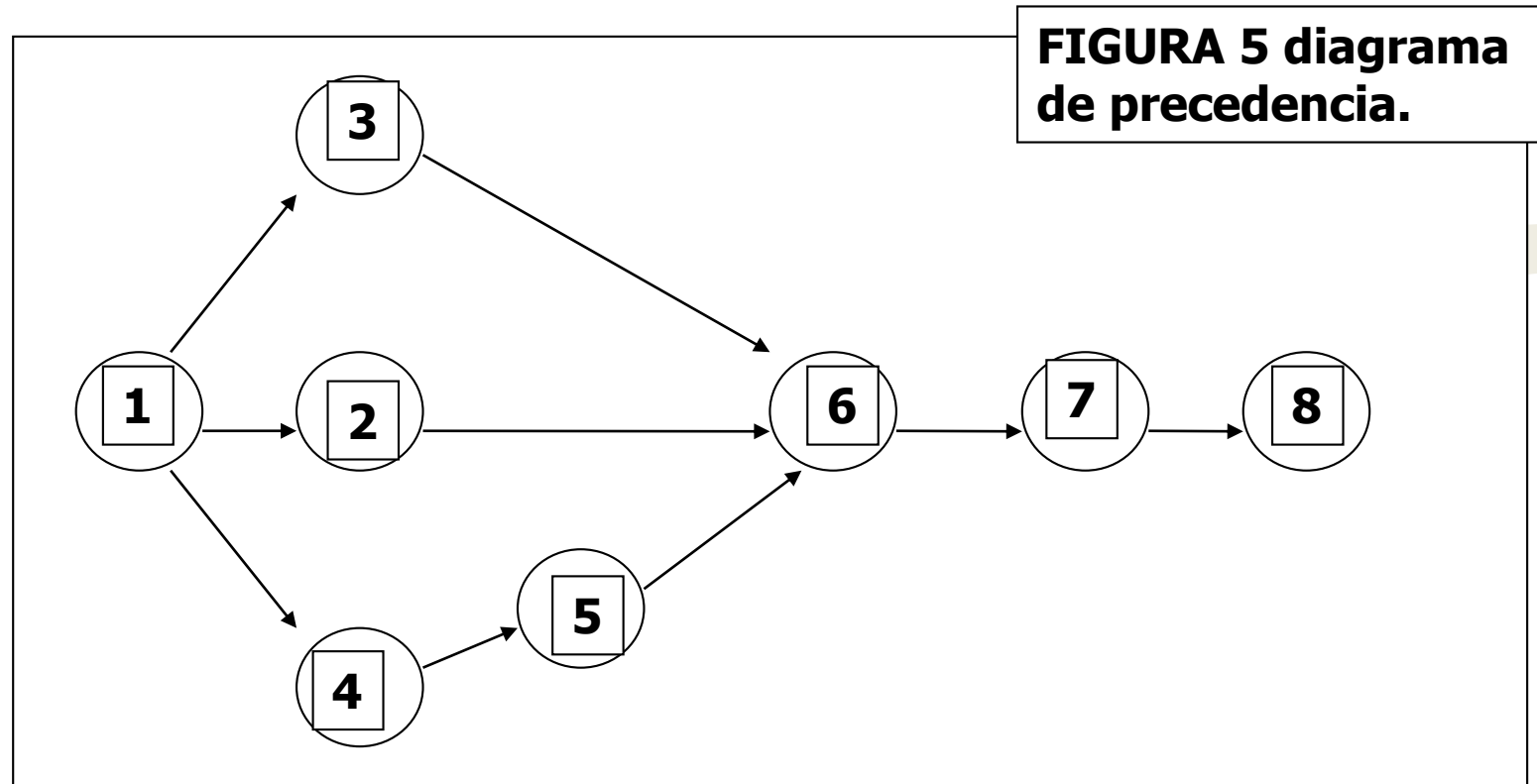
$$E = \frac{6.31}{(.416)(17)} \times 100 = 89\%$$

MINIMIZACION DEL NÚMERO DE ESTACIONES DE TRABAJO

- **DIAGRAMA DE PRECEDENCIA.** Es una grafica donde se establece el número limitado de las secuencias de elementos que sean física o económicamente factibles de realizar en un procedimiento.
- Por ejemplo, si para el ensamble final de un televisor son necesarias las siguientes operaciones.

OPERACION	CONCEPTO	TIEMPO
1	limpiar el gabinete	0.5
2	colocar bocinas en el gabinete	1
3	colocar tablero de control	3.5
4	colocar cinescopio en el gabinete	3
5	colocar el yugo en el cinescopio	1.5
6	colocar la tapa del gabinete	1
7	ajustar el aparato	3.5
8	empacarlo	3





- El siguiente paso será calcular el peso posicional por cada unidad de trabajo.

El peso posicional se obtiene calculando la sumatoria de cada unidad de trabajo y de todas aquellas unidades de trabajo que deben seguirse.

ELEMENTOS DE TRABAJO:		
1=	1,2,3,4,5,6,7,8	=17
2=	2,6,7,8	=8.5
3=	3,6,7,8	=11
4=	4,5,6,7,8	=12
5=	5,6,7,8	=9
6=	6,7,8	=7.5
7=	7,8	=6.5
8=	8	=3

ELEMENTOS DE TRABAJO DESORDENADOS	PESO POSICIONAL
1	17
2	8.5
3	11
4	12
5	9
6	7.5
7	6.5
8	3

- Ordenados en siguiente tabla con respecto al orden decreciente de los pasos posicionales, tenemos.



ELEMENTOS DE TRABAJO	PESO POSICIONAL
1	17
4	12
3	11
5	9
2	8.5
6	7.5
7	6.5
8	3

- Asignar los elementos de trabajo a las diversas estaciones, basados en los pesos de posición y en el tiempo de ciclo del sistema.

$$\text{Tiempo de ciclo del sistema} = \frac{\text{tiempo disponible de un operador}}{\text{Producción diaria}} \times \text{eficiencia}$$

- Se supone que la producción diaria es de 50 unidades y se espera un factor de eficiencia de 95%.

$$\text{Tiempo de ciclo del sistema} = \frac{480 \times .95}{50} = 9.12$$

- 9 es el más aproximado al tiempo del ciclo del sistema que es 9.12 y será el número a tomar para determinar la producción diaria.

$$\text{Producción diaria} = \frac{(480) (.95)}{9} = 51 \text{ aparatos}$$

TABLA 9.

ELEMENTOS DE TRABAJO	PESO POSICIONAL	PREDECESORES INMEDIATOS	TIEMPO DEL ELEMENTO DE TRABAJO	TIEMPO ACUMULADO DE ESTACION
ESTACION DE TRABAJO NO. 1				
1	17	-	0.5	0.5
4	12	1	3	3.5
3	11	1	3.5	7
5	9	1,4	1.5	8.5
ESTACION DE TRABAJO NO. 2				
2	8.5	1	1	1
6	7.5	1,2,3	1	2
7	6.5	1,2,3,6	3.5	5.5
8	3	1,2,3,6,7	3	8.5