

## CAPÍTULO 3

### Marco Teórico

#### 3.1 El estudio del trabajo

##### *Definición e importancia del estudio del trabajo*

##### Finalidad del estudio del trabajo

Se entiende por estudio del trabajo, genéricamente ciertas técnicas y en particular “el estudio de métodos y la medición del trabajo que se utiliza para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras” (1).

##### El estudio del trabajo y la productividad

El estudio del trabajo esta directamente relacionado con la productividad, puesto que sirve para obtener una producción mayor a partir de una cantidad de recursos dada, manteniendo constantes las inversiones de capital.

En general:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción (Output)}}{\text{Insumos (Input)}}$$

Es decir, el cociente entre la cantidad producida y la cantidad de los recursos que se emplearon en la producción (terrenos, edificios, materiales, instalaciones, máquinas, equipos y servicios del hombre). Considerando como servicios del hombre únicamente la mano de obra directa de un proceso de fabricación de un producto, así se tendría:

$$\text{Productividad} = \frac{(\text{Cantidad piezas producidas/ turno}) \times (\text{Tiempo total fabricación/ pieza})}{(\text{N}^\circ \text{ de técnicos empleados}) \times (\text{Horas hombre promedio/ turno})}$$

### ***La medición del trabajo***

#### Definición de medición del trabajo

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida (Ver Apéndice A.1).

#### Técnicas de la medida del trabajo

Las principales técnicas que se emplean para la medida del trabajo son las siguientes:

- Estudio de tiempos con cronómetro.
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo).
- Sistema de tiempos predeterminados (MTM, Modaps, MOST).
- Empleo de videos.
- Síntesis de los datos tipo.
- Evaluación analítica.

### *Estudio de tiempos con cronómetro*

#### Definición de tiempos con cronómetro

La técnica mas comúnmente empleada para medir el trabajo es el estudio de tiempos con cronómetro. Se utiliza esta técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para realizar un trabajo especificado con arreglo a una norma de rendimiento preestablecida.

#### Usos del estudio de tiempos con cronómetro

Los resultados del estudio de tiempos pueden emplearse para los siguientes fines:

- Para planear y controlar la producción.
- Para medir la eficiencia del trabajo de los técnicos.
- Para establecer la carga de trabajo justa para los técnicos.
- Para obtener el máximo rendimiento de las máquinas y número de estas que puede manejar un técnico.
- Para determinar el número de técnicos necesarios en un grupo o equipo y cómo ayuda en el balanceo de líneas de producción.
- Para establecer salarios a destajo o por incentivos.
- Para ayudar a mantener un alto índice de la calidad.
- Para ayudar a la supervisión de los técnicos.
- Para determinar costos normales y como ayuda en la preparación de presupuestos.
- Para estimar costos de un producto previo a su manufactura.

---

Equipo necesario para efectuar el estudio de tiempos

El equipo que se requiere es el siguiente:

- Cronómetro.
- Forma de estudio de tiempos.
- Tablero de observación.
- Equipo auxiliar como: calibrador, micrómetro, flexómetro, etc.
- Equipo de seguridad según sea el trabajo a estudiar como: bata, zapatos de protección, lentes de seguridad, casco, guantes, tapones auditivos.

***Procedimiento para efectuar los estudios de tiempos***

Motivos para hacer los estudios de tiempos

Para efectuar un estudio de tiempos en una línea de producción debe de presentarse alguno de los siguientes motivos:

- Cuando es el primer estudio que se hace de la operación o proceso en cuestión, con el objeto de acreditar tiempos estándar.
- Cuando se efectuó alguna mejora en la línea debido a un estudio de métodos previo realizado por el analista.
- Comprobación de discrepancias con relación a las secuencias de operaciones, debido al uso de otros aditamentos o equipo, herramientas y al cambiarse el material o el procedimiento de fabricación.
- Cuando se quiera comprobar las propuestas de mejoras que hubiere.
- Comprobación de diferentes eficiencias en el mismo trabajo.

- Cuando se desea comparar entre un estudio de tiempos predeterminados con otro por medio de estudio con cronómetro.
- Cuando el último estudio de tiempos ha quedado obsoleto, debido a racionalizaciones, integraciones, cambios de construcción o mejoras de calidad.
- Por solicitud de producción, planeación, relaciones laborales o por la representación sindical.

Descripción de pasos para llevar a cabo un estudio de tiempos con cronómetro (2)

1. Selección del trabajador.

Si hay mas de un técnico que ejecuta la misma operación que se va a estudiar, el analista al elegir al técnico debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- *Habilidad.* Hay que procurar elegir a un técnico con habilidad promedio en general, dará en su actuación un estudio más satisfactorio que otro que fuera menos que el termino medio o demasiado hábil, ya que el de habilidad promedio ejecutará general y sistemáticamente el trabajo, su velocidad será muy cercana a la normal y facilitará al analista el trabajo de aplicar un factor de valoración real.
- *Deseo de cooperar.* Nunca debe hacerse con un técnico que se opone, es conveniente que el analista trate de persuadir al técnico a que coopere explicándole claramente los objetivos del estudio de tiempos, en caso de no lograrlo se debe notificar al coordinador de la línea y en caso de no encontrar resultados satisfactorios es preferible efectuar el estudio con otro técnico.
- *Temperamento.* No debe elegirse a un técnico que se ponga nervioso.

- *Experiencia.* De preferencia deberá elegirse a un técnico que tenga un mínimo de 3 meses desempeñando la operación.

En ciertos casos el analista no tendrá oportunidad de escoger, esto es cuando solo un técnico determinado ejecuta el trabajo, en tales casos el técnico debe reunir los anteriores requisitos.

La técnica que siga el analista respecto al acercamiento hacia el técnico que se va a estudiar tendrá mucho que ver con la cooperación que reciba:

- Debe tratarse al técnico amistosamente e informarlo que se va a estudiar la operación, indicándole que debe trabajar a su velocidad normal.
- No deberá discutirse con el trabajador, ni criticar su trabajo o el de otros.
- El analista debe trabajar con la plena cooperación del coordinador y del técnico.
- El estudio nunca debe hacerse en secreto.
- El estudio debe hacerse de preferencia de pie, evitando ponerse frente al técnico o directamente atrás de él; debe situarse a su costado y a una distancia que no interfiera con sus actividades.
- El analista debe respetar todas las reglas de seguridad y las directivas de la empresa.

## 2. Obtener y registrar toda la información (Ver Apéndice A.2).

Es importante registrar toda la información pertinente obtenida, mediante la observación directa. Dicha información se debe anotar en la hoja de observaciones del estudio de tiempos, tales como:

- Información que permita identificar el estudio cuando se necesite.
- Información que permita identificar el producto o pieza que se elabora.
- Información que permita identificar el proceso, el método, la instalación o la máquina.
- Información que permita identificar al técnico.
- Información que permita describir la duración del estudio.

El analista debe examinar la operación que se pretende estudiar con el fin de sugerir cualquier cambio que crea puede efectuarse antes de hacer el estudio.

Debe de comprobar el método de trabajo con las secuencias de operaciones, sometiendo cada fase del trabajo a una serie de preguntas como las siguientes:

- ¿Puede aumentarse la velocidad o el avance de la máquina sin afectar la vida óptima de la herramienta o sin afectar adversamente la calidad del producto?.
- ¿Pueden hacerse cambios de herramienta para reducir el tiempo del ciclo?.
- ¿Pueden aproximarse los materiales a la zona de trabajo para reducir el tiempo de abastecimiento?.
- ¿Está funcionando correctamente el equipo y se está produciendo un producto de calidad?.
- ¿Se está ejecutando la operación con seguridad?.

Debe procurarse que antes de cronometrar una operación ésta ya haya sido simplificada y normalizada por medio de un estudio de métodos previo.

3. Descomponer la operación en elementos (Ver Apéndice A.2).

No resulta satisfactorio para el análisis de tiempos el cronometraje de la totalidad de la operación como si fuera un solo elemento. Uno de los mejores medios para describir una operación es la de dividirla en elementos definidos y mensurables y describir cada uno de estos por separado.

Entendiéndose por elemento una parte esencial y definida de una actitud o tarea determinada, compuesta de uno o más movimientos fundamentales del técnico (Therbligs) y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje.

Para seleccionar los elementos existen las siguientes reglas:

- Los elementos deberán ser de identificación fácil, teniendo comienzo y fin claramente definidos. El comienzo o fin pueden ser reconocidos por medio de un sonido, cuando se enciende una luz, se inicia o termina un movimiento básico.
- Los tiempos de trabajo manual deben separarse de los trabajos de máquina.
- Deben de separarse los elementos constantes o cíclicos de los variables (elementos extraños).

En el espacio correspondiente de la hoja de observaciones se debe registrar concisamente cada elemento, poniendo en su secuencia propia aquellos elementos del ciclo de trabajo que suceden con regularidad y luego se describen conforme se van presentando todos los demás elementos que forman una parte necesaria del trabajo cada



determinada cantidad de piezas o aquellos que ejecuta el técnico por cualquier razón (elementos extraños acreditables y no acreditables).

#### 4. Medir el tiempo de cada elemento.

Existen dos procedimientos básicos para medir el tiempo medio de los elementos de un ciclo de trabajo, estos son:

- Cronometraje continuo. El sistema mas difundido es el de la valoración media con cronometraje continuo. En este sistema el analista valora cada elemento en el momento de cronometrar anotando en la hoja de observaciones, la eficiencia (Ver Apéndice A.2, espacio E) cuando se anota la lectura del cronómetro. Además se deben de cronometrar, los pasos para el ajuste y el cambio de las herramientas que se emplean en el desarrollo de la operación, siempre y cuando estos sean efectuados por el técnico que se estudia, anotando los tiempos correspondientes y la eficiencia observada en los espacios destinados para ello, al frente de la hoja de observaciones.
- Cronometraje con vuelta cero.

El número de ciclos que se han de cronometrar depende de la naturaleza del trabajo, pero ha de ser suficiente para obtener una muestra representativa. Los factores que afectan a este punto son los siguientes:

- Longitud del ciclo.
- Número de elementos en el ciclo.
- Estabilidad del técnico.
- Relación entre el tiempo máquina y el de trabajo manual.

5. Calificación de la actuación del técnico (Ver Apéndice A.2).

El tiempo real que se requiere para llevar a cabo cada elemento del estudio, depende en alto grado de la habilidad y del esfuerzo del técnico. Es necesario por lo tanto, ajustar el tiempo de un buen técnico a un estándar más grande y de un técnico inferior a un estándar más corto.

Un técnico “normal” es definido como un técnico preparado, muy experimentado y trabajando en las condiciones normales de la operación de trabajo, a una velocidad, ni demasiado rápida, ni demasiado lenta, sino que representativa del término medio.

En la calificación de la actuación o sistema de nivelación el analista valúa la eficiencia del técnico en términos de su concepción de un técnico “normal” ejecutando el mismo elemento; se asigna un valor a esta eficiencia, expresada en un porcentaje decimal y se asigna al elemento que se observa.

El principio básico de la valoración del trabajo del técnico es el saber ajustar el tiempo medio de cada elemento observado que ha sido ejecutado durante el estudio al tiempo que hubiera requerido de un “técnico normal” para ejecutar el mismo trabajo.

6. Aplicación del factor de valoración.

La escala de valoración mas utilizada es aquella en que el ritmo normal de trabajo se representa por un rendimiento del 100%. Siendo “ritmo normal”, la velocidad del

---

técnico medio que actúa bajo una dirección competente, pero sin el estímulo de un sistema de remuneración por rendimiento. Ese ritmo puede mantenerse fácilmente un día tras otro, sin excesiva fatiga física o mental y se caracteriza por la realización de un esfuerzo constante.

Es preciso tener presente que al estar efectuando un estudio, la valoración o eficiencia no es un factor aislado, este porcentaje multiplicado por el tiempo observado da el “tiempo normalizado” del elemento (Ver Apéndice A.2). Para el caso del promedio de las lecturas cronometradas de un elemento por la valoración promedio resulta el tiempo medio elemental corregido (t<sub>mec</sub>).

Por lo tanto:

$$\text{Tiempo observado normalizado} \times \frac{\text{Valoración asignada}}{\text{Valoración normal}} = T_{mec}$$

#### 7. Otorgamiento de los suplementos (Ver Apéndice A.3).

Un suplemento es el tiempo que se concede al operario para compensar las demoras y los elementos que no son partes regulares de la operación. Los suplementos concedidos a una operación se añaden al tiempo como una tolerancia en forma de porcentaje.

Los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempos son (3):

- Tiempo suplementario personal.
- Tiempo suplementario por mas lugares de trabajo.
- Tiempo suplementario por TPM.

### **Tiempo suplementario personal (TSP)**

Este tiempo es dado en porcentaje sobre el tiempo medio elemental corregido (tme) y se tiene como norma para todas las actividades productivas de la empresa un 5%.

Comprende aquellas interrupciones en el trabajo, necesarias para el bienestar del técnico, tales como:

- Necesidades fisiológicas.
- Cobrar salario semanal.
- Pequeñas interrupciones debidas a la fatiga producida por esfuerzo mental, físico o por monotonía.
- Idas a tomar agua.

### **Tiempo suplementario por mas lugares de trabajo (TSLT)**

Este suplemento se otorga cuando un técnico atiende a varias máquinas debido a que la duración de los tiempos máquinas (TM) se lo permiten.

Puede haber casos en que durante un turno de trabajo, una o más máquinas tengan que esperar hasta que el técnico termine su trabajo en la otra u otras que tiene que atender.

Las interferencias a causa de las máquinas, aumentarán conforme a un técnico se le asignen mayor número de máquinas. Por tal motivo, cuando se estudien actividades de esta índole o en las que un grupo de técnicos trabajen varias máquinas, se debe de

---

aplicar un porcentaje por mas lugares de trabajo al tiempo medio elemental corregido (tme) de la operación que se estudia.

En la práctica se ha encontrado que las interferencias por causa de las máquinas tienen lugar al 3% del tiempo total de trabajo.

### **Tiempo suplementario por TPM (Tiempo especial)**

Es el tiempo suplementario que se otorga por revisión y corrección de fallas potenciales, esto involucra que la máquina pare durante el turno.

#### 8. Cálculo del estudio (Ver Apéndice A.2 y A.3).

Una vez que el analista ha anotado correctamente en la hoja de observaciones toda la información necesaria que ha observado un número adecuado de ciclos y que ha calificado con propiedad, se continúa con lo siguiente:

- a. Después de haber calculado y anotado todos los tiempos transcurridos, debe analizarse para ver si son normales y no presentan variaciones notables.
- b. Se deben sumar, elemento por elemento, las lecturas parciales encontradas, y anotarlas en el espacio "Sum T" de la hoja de observaciones. Se anota el número de observaciones consideradas en el espacio "Sum OBS", se efectúa la división correspondiente y se encuentra el tiempo medio ( $T_m$ ) anotando este resultado, en el espacio destinado para ello.

c. Si se utilizó la calificación de cada elemento, se debe de ejecutar el mismo procedimiento descrito anteriormente pero para todos los datos de “E”, se efectúa la división correspondiente y se obtiene “Em” (eficiencia media), anotar todos los datos en los espacios correspondientes.

d. El tiempo medio elemental corregido (Tmec) del trabajo manual del técnico, se encuentra con la siguiente fórmula:

$$T_{mec} = T_m \times E_m$$

e. Para el cálculo del tiempo máquina (TM), se considera que el rendimiento de cualquier máquina es de un 100%.

$$TM = T_m \times 1.00$$

f. Para todos los elementos extraños acreditables se divide la suma de cada uno de ellos para la cantidad de ciclos de su posible ocurrencia que haya determinado el analista mediante la observación directa o su estimación en base a estudios anteriores o a su propia experiencia.

$$TEE = T_m \times E_m$$

Donde TEE = Tiempo medio de los elementos extraños ya corregido.

Se deben anotar sus lecturas y cálculos correspondientes arriba de los cálculos de los elementos del ciclo de trabajo, estos tiempos no se suman al tiempo medio elemental corregido (tmec), solamente son datos extras.

Los elementos extraños a acreditar son:

- Los tiempos de verificación de la calidad de la pieza, realizados por el técnico, mediante el uso de aparatos de medición y dispositivos de control.
- El lubricado o refrigerado de las herramientas que se emplean y el de las piezas que se procesan, siempre que sean realizadas por el técnico.
- El retiro de material sobrante o recortes de la pieza del área de trabajo.
- El abastecimiento de cualquier otro útil que se requiera para el desempeño de la operación, por parte del técnico.

g. Para el cálculo del tiempo para cambio de herramienta por pieza (TCHP) se sigue el siguiente procedimiento: se calculan las lecturas parciales (T), se corrigen con el porcentaje de eficiencia (F), obteniendo así el tiempo para cambio de herramienta corregido (TCH). Para obtener el tiempo para cambio de herramienta corregido por pieza se resuelve la siguiente fórmula:

$$TCHP = \frac{TCH}{N}$$

Donde TCH = Tiempo para cambio de herramienta corregido.

N = Número de ciclos de vida útil de la herramienta.

h. Se sumarán todos los tiempos medios elementales corregidos (Tmec), todos los tiempos máquina (TM) y se anotan junto con el tiempo por cambio de herramienta por

pieza (TCHP) en los espacios correspondientes de la hoja de observaciones, encontrando el tiempo elemental corregido (Tec) por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Tec} = \text{Tmec} + \text{TM} + \text{TCHP}$$

i. Se otorgan los porcentajes de los tiempos suplementarios personales (TSP), por mas lugares de trabajo (TSLT) y por TPM, que se crean convenientes y se determina el tiempo por pieza.

$$\text{Tiempo por pieza} = \text{Tec} + \text{TSP} + \text{TSLT}$$

#### ***Definición de los conceptos de tiempo empleados (4)***

##### Tiempo de crédito

Es el tiempo necesario a otorgar por la fabricación de una unidad de producción que justifique la presencia de los técnicos productivos empleados en la ejecución de la operación (Ver Apéndice A.4).

El tiempo crédito es el tiempo estándar explicado con anterioridad.

$$\text{Tiempo crédito} = \text{Tacto} \times (\text{N}^\circ \text{ de técnicos/ turno})$$

##### Tiempo de tacto

Tacto en minutos es el tiempo durante el cual se fabrica una unidad de un producto cualquiera en una línea, dentro de una jornada de trabajo y de acuerdo a un programa específico de producción (Ver Apéndice A.4).



Se encuentra con la siguiente fórmula:

$$\text{Tacto} = \frac{\text{Tiempo de la jornada de trabajo}}{\text{Programa de producción a cumplir}}$$

#### Tiempo cuello de botella

En una línea de montaje o ensamble, el tiempo “cuello de botella” es el que corresponde a la operación más lenta de la serie de operaciones que se tienen que realizar para obtener un producto terminado (Ver Apéndice A.4).

#### ***Balanceos de línea***

##### Definición de balanceo de línea

El balanceo de línea es la técnica de asignar trabajo a hombres y máquinas, relacionadas entre sí, reduciendo al mínimo los tiempos muertos de acuerdo a las exigencias del programa de producción.

Este balanceo se efectúa dependiendo del tipo de línea de producción:

- Línea libre o por stock. Es aquella en la cual se organiza el trabajo de cada estación u operación de tal modo que las piezas se pueden acumular después de cada operación sin interferencia de otras operaciones de la línea.

- Línea de ensamble controlada (Proceso en bandas o transportadores). Es aquella en la cual están organizadas las utilizaciones de las máquinas o equipo de tal forma que el producto debe pasar de una operación a otra sin demora alguna.

### Iguala de tacto

Es el tiempo durante el cual el técnico permanece inactivo y se otorga en el crédito para justificar su presencia según el tacto de producción. Cabe hacer notar que cuando se asigna o distribuye el trabajo a un 100% del tacto, esta iguala no es necesaria (Ver Apéndice A.4).

### La asignación de trabajo

Es la lista de actividades de cada técnico para cada unidad, es decir lo que debe hacer dentro de su tacto cada técnico. También se conoce como asignación de hombres, porque una vez repartido el trabajo se sabrá exactamente cuanta gente es necesaria para llevar a cabo un trabajo.

### Crédito

Es la suma del tiempo total de fabricación de las operaciones balanceadas.

### 3.2 Simulación de procesos

#### *Definición de simulación de procesos*

#### **Finalidad de la simulación de procesos**

“La simulación se puede entender como la ciencia de reproducir una serie de condiciones sobre un modelo y observar su evolución” (5).

Una primera decisión es la selección, para la utilización en las simulaciones numéricas, del código comercial Arena. Este código permite construir modelos informáticos para simular un sistema físico que se rige por unas reglas establecidas.

Los lenguajes de programación de simulación de procesos se caracterizan por estar orientados a objetos: el núcleo del modelo es la creación o definición de entidades (u objetos) inmersos en un marco temporal. Los objetos tienen propiedades y sufren eventos: se les puede duplicar, modificar, forman filas y se mueven en el tiempo y en un espacio virtual.

El programa utilizado permite visualizar el proceso directamente en pantalla, sin ningún esfuerzo de programación suplementario y también dispone de herramientas de ayuda para ajustar distribuciones estadísticas a los parámetros observados en la realidad y otras funciones que permiten analizar los resultados de una o varias simulaciones.

### Antecedentes

Desde la mitad de los años 80's, la mejora de procesos de negocios y la simulación se ha convertido en metodologías principales para permitir a corporaciones entregar productos de alta calidad y servicios por el modelado de procesos de negocios. Los negocios procuran no simplemente automatizar operaciones existentes, también mejorar y rediseñar procesos de negocio, encontrar y exceder expectativas del cliente para la entrega de productos y servicios.

Muchos sistemas de simulación están obsoletos, controlando sólo sobre un escritorio y habiendo limitado capacidades de integrarse con otras tecnologías como bases de datos y otras soluciones de escritorio. Al mismo tiempo, las principales corporaciones han descubierto el valor de la tecnología de simulación. Muchas empresas requieren que la simulación sea usada como un procedimiento estándar en el apoyo de mejoras en el proceso.

### Terminología de simulación

Un sistema es un grupo organizado de entidades como son gente, equipo, métodos y partes que trabajan juntas hacia un objetivo en específico. Un modelo de simulación caracteriza a un sistema por la descripción matemática de las respuestas que pueden surgir de la interacción entre entidades. El estado del sistema es una colección de variables, estocásticas y determinísticas que contienen toda la información necesaria para describir un sistema en cualquier punto y en un tiempo.

Una simulación de evento discreto es una acción instantánea que ocurre en un punto único en un tiempo. La ocurrencia de estos eventos puede causar cambios en el estado del sistema. En cambio, una simulación de evento continuo es una acción continua sin interrupción con respecto al tiempo. Este tipo de eventos comprende un porcentaje de tiempo de cambio, representada por ecuaciones diferenciales. La simulación con eventos continuos permite a las variables cambiar continuamente con el tiempo, con el porcentaje de cambio ligado al reloj de simulación.

La corrida de un modelo comprende hacer funcionar la simulación por un periodo de tiempo específico con un único conjunto de valores aleatorios. La duración de una corrida es el tiempo total de simulación en el que se corre un modelo. La réplica opera el mismo sistema por el mismo periodo de tiempo con uno o más valores aleatorios diferentes.

Una solución óptima se representa cuando los valores de las variables iniciales producen la salida óptima. Los algoritmos localizan la mejor solución , aunque no hay garantía de que así sea y tratan de encontrar la mejor solución en un tiempo razonable.

#### Proceso para un proyecto de simulación (6)

Se debe de considerar que para elaborar un modelo de simulación se requiere de una planeación anterior para poder tomar una decisión final. El proceso para desarrollar un modelo de simulación contiene los pasos que se describirán a continuación (Ver Apéndice B):

1. Definición del problema y objetivos. Antes que nada se debe de preparar un modelo al cuál se le puedan agregar y detallar aspectos del sistema conforme éste se desarrolla. Los objetivos de una simulación deben de fluir naturalmente a partir del enunciado del problema. No deben de estar limitados ya que esto repercute en la experimentación de nuevas alternativas sugeridas.
2. Formulación y planeación del modelo. Ésta estructura deberá incluir los eventos principales y elementos. Si se usa un layout del sistema le brindará ventajas ya que estos mostrarán gráficamente el sistema, diagramas de flujos y secuencias de operaciones también pueden ser una herramienta muy útil. Un plan inicial debe mostrar los datos requeridos, recursos y los medios para obtenerlos. El paso inicial es capturar la información y condiciones que repercuten en el objetivo del modelo. La mejor regla es ir detallando el modelo conforme se vuelva necesario y no desde el principio, en este paso lo importante es crear una relación clara entre el modelo y el propósito establecido en los objetivos.
3. Obtención de datos. Este punto hace referencia a la recolección de información y datos fundamentales, a esto se le denomina “datos macro”. El principal propósito de estos datos es el de proveer las bases para establecer parámetros de entrada y para encontrar aquellos datos que necesitan mayor estudio, a estos datos de mayor detalle se les denomina “datos micro”. El proceso de obtención de datos es un proceso que continua durante todo el desarrollo del modelo, continuamente la persona que está

modelando requerirá de mayor información pero lo importante es poder elegir la información relevante. La información ya existente puede ser útil para el modelo de simulación.

4. Creación del modelo. El modelo normalmente puede comenzar como un concepto o visión del sistema, que poco a poco entrará en detalle. El modelo conceptual puede comenzar como un modelo lógico de relaciones entre las operaciones o procesos. Es importante la interacción con la gente que trabaja dentro del sistema para que con ello se tenga una mayor idea y se definan detalles.
5. Verificación. Este paso consiste en revisar que el modelo trabaje de la misma manera que el modelador pretende. Esto se logra cuando se corre la simulación y con un monitoreo de las operaciones. Algunas herramientas son la animación, correr el modelo a una velocidad lenta, agregarle un reloj y contadores visibles al modelo. En muchas ocasiones el comportamiento del modelo se puede analizar creando diferentes escenarios para hacer una comparación.
6. Validación. Este es el proceso de asegurarse que el modelo refleje la realidad del sistema. Esta debe ser una tarea entre el modelador, los usuarios y la gente que trabaja dentro. Las formas de hacer válido el modelo es cambiar los valores de entrada para determinar si el modelo responde de manera similar, utilizar animación, el uso de sistemas expertos y la comparación entre salidas históricas y los nuevos valores.

7. Experimentación. Idealmente el modelador y otras personas involucradas con el proyecto deben de tener ideas sobre alternativas de mejora. Además de que en esta parte de debe de determinar el número de réplicas necesarias para obtener resultados confiables. Un corrida de simulación demasiado larga requiere de un costo y el tiempo suficiente, por el otro lado, si el número de réplicas disminuye el error se incrementará.
  
8. Análisis de resultados y presentación. Cada configuración y salidas del sistema deben de ser documentadas, además de reportes de las alternativas de mejora con sus indicadores. En algunos casos se requiere de información estadística adicional, layout y diagramas de flujo. De manera ideal el modelador debe preparar un reporte listando las alternativas modeladas, las suposiciones y los resultados obtenidos.
  
9. Implementación. Esta parte del proceso comienza cuando se da inicio al proyecto de simulación, ya que la mayoría de las veces se pretende crear un modelo de simulación para implementarse. Además de que puede servir como base para agregarse y modificarse para nuevos proyectos o dar continuidad a las mejoras de los sistemas.

### ***Simulación en Arena***

#### Ventajas de la simulación con el software Arena

Con la simulación de procesos en el software Arena se puede:

- Modelar procesos para definir, documentar y comunicar.



- Simular el funcionamiento futuro de un sistema para entender relaciones complejas e identificar oportunidades de mejora.
- Visualizar las operaciones con animación dinámica.
- Analizar como un sistema funcionará en su configuración “está” y bajo una mirada de futuras alternativas de “será” para poder escoger la mejor alternativa para su negocio.

#### ¿Qué es un módulo?

“En Arena, los módulos son el organigrama y los datos que definen el proceso para ser simulado. Toda la información requerida para simular un proceso es almacenada en módulos” (7).

#### ¿Qué son las entidades?

“Las entidades son los artículos, clientes, documentos, partes que están siendo servidos, producidos o si no interpretados por su proceso” (7).

En procesos de negocios, son documentos o registros electrónicos (comprobaciones, contratos, aplicaciones, órdenes de compra). En sistemas de servicio, las entidades por lo general son gente (los clientes siendo servidos en un restaurante, hospital, aeropuerto, etc.).

El modelo de fabricación típicamente tiene alguna parte en donde la entidad entra en un proceso, puede ser materia prima, un subcomponente o el producto final. Otros modelos

podrían tener tipos diferentes de entidades, como almacenes. Se pueden tener tipos diferentes de entidades en el mismo modelo.

### ***Distribuciones estadísticas***

Arena contiene un sistema de funciones para generar números al azar de las distribuciones comúnmente usadas de probabilidad. Estas distribuciones aparecen en menús desplegables en muchos módulos de Arena. También se pueden ajustar los datos a las distribuciones en el *Input Analyzer*.

Cada una de las distribuciones en Arena tiene uno o más parámetros asociados y se deben especificar estos valores de parámetro para definir la distribución. El número, el significado y la orden de los valores de parámetro dependen de la distribución. Un resumen de las distribuciones y de los valores de parámetro se da en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. Distribuciones estadísticas

<b>Distribución</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Valores del parámetro</b>
Beta	BETA	Beta, Alfa
Continua	CONT	CumP1,Val1,...CumPn,Valn
Discreta	DISC	CumP1,Val1,...CumPn,Valn
Erlang	ERLA	ExpoMedia, k
Exponencial	EXPO	Media
Gamma	GAMM	Beta, Alfa
Johnson	JOHN	Gamma, Delta, Lambda, Xi
Lognormal	LOGN	LogMedia, LogStd
Normal	NORM	Media, DesvStd
Poisson	POIS	Media
Triangular	TRIA	Min, Media, Max
Uniforme	UNIF	Min, Max
Weibull	WEIB	Beta, Alfa

*Fuente: Simulation with Arena*

Para incorporar una distribución en un campo de Arena, se debe teclear el nombre de la distribución (o de su abreviatura) seguida por sus parámetros incluidos en paréntesis.

#### Distribución Uniforme

Utilizada como el primero modelo para una cantidad que se cree distribuida aleatoriamente entre dos puntos. Se utiliza para generación de valores aleatorios para todas las demás distribuciones.

#### Distribución Exponencial

Tiempo entre llegadas de clientes o piezas a un sistema que ocurre con una tasa constante. Ésta distribución es la única continua sin memoria.

#### Distribución Gamma

Tiempo para completar una tarea, como puede ser tiempo de servicio al cliente o reparación de una máquina.

#### Distribución Weibull

Tiempo para completar alguna tarea, su función de densidad es similar a la de Gamma. Es también utilizada para el tiempo en que falle alguna pieza de un equipo.

#### Distribución Normal

Errores de varios tipos, cantidades de sumas de números grandes.

#### Distribución Lognormal

Tiempo para ejecutar algunas tareas (su distribución toma forma similar a la Gamma).

Distribución Beta

Usada en modelos áspers en la ausencia de datos, distribuciones de proporciones al azar. Semejante a la proporción de defectuosos en un proceso, tiempo para completar tareas.

Distribución Triangular

Se usa como un modelo tosco donde no hay muestra. Por ello no existen estimadores relevantes.

Distribución Poisson

Número de eventos independientes que ocurren en un intervalo de tiempo.

**3.3 Análisis económico de rentabilidad**

***Definición e importancia del análisis económico sobre rentabilidad***

El propósito de realizarle un análisis económico a alternativas de mejora es la de evaluar por medio de herramientas de contabilidad las opciones para que se puedan tomar decisiones acertadas en cuanto a producción se refiere.

“La rentabilidad facilita la toma de decisiones acerca de las líneas o productos que deben mantenerse o eliminarse, así como el análisis de cuáles clientes deben conservarse o perderse o qué rutas o zonas deben permanecer o desaparecer” (8).

Los beneficios de llevar a cabo un análisis económico de rentabilidad son los siguientes:

- Generar informes para medir la utilidad y con ello ofrecer mayor información para la toma de decisiones.
- Permite conocer la rentabilidad considerando los siguientes aspectos: por productos fabricados y comercializados por la empresa, por presentación, por familia de productos, por marca, por categoría, por grupo, por unidad de negocio, por cliente, por país y centro de distribución y por vendedor.
- Genera un sistema con el que se puede tener una visión estratégica y detallada de la rentabilidad de cada producto, cliente, punto de venta, tipo de canal de distribución, medio de comercialización y otros puntos de vista clave para la empresa.
- Facilita la identificación de causas de alta o baja rentabilidad y permite planear estrategias de negociación o de costos de mejora.
- Ayuda a promover las líneas de productos y de clientes de mayor rentabilidad y a cuestionar a los no rentables.

### ***Definición e importancia de los costos***

Los informes de costos son muy útiles para la planeación y selección de alternativas ante una situación dada. El concepto de costos se entiende como la suma de erogaciones en que incurre una persona física o moral para la adquisición de un bien o de un servicio, con la intención de que genere ingresos en el futuro.

Clasificación de los costos

Para calcular el índice de rentabilidad es necesario definir los siguientes costos:

- Costos Directos. Son los que se identifican plenamente con una actividad, departamento o producto. Son los identificables económicamente en el producto.
- Costos Indirectos. Es el que no se puede identificar con una actividad determinada. Son aquellos que no son identificables en el producto.
- Costos Variables. Son los que cambian o fluctúan en relación directa con una actividad o volumen dado.
- Costos Fijos. Son los que permanecen constantes durante un periodo determinado, sin importar si cambia el volumen.

A continuación se analizarán con mayor detalle las características de los costos fijos y variables pues es vital conocer y controlar su comportamiento (Ver Apéndice C.1).

Características de los costos fijos:

- Grado de control. Todos los costos fijos son controlables respecto a la duración del servicio que prestan a la empresa.
- Están relacionados estrechamente con la capacidad instalada. Los costos fijos resultan de la capacidad para producir algo o para realizar alguna actividad. Lo importante es que dichos costos no son afectados por cambios de la actividad dentro de un tramo relevante.
- Están relacionados con un tramo relevante. Los costos fijos deben estar relacionados con un intervalo relevante de actividad. Permanecen constantes en un amplio

intervalo que puede ir desde cero hasta el total de la actividad. Para cualquier tipo de análisis sobre su comportamiento, es necesario establecer el nivel adecuado.

- Regulados por la administración. La estimación de muchos costos fijos es fruto de decisiones específicas de la administración. Puede variar de acuerdo con dichas decisiones.
- Están relacionados con el factor tiempo. Muchos de los costos fijos se identifican con el transcurso del tiempo y se relacionan con un periodo contable.
- Son variables por unidad y fijos en su totalidad.

Características de los costos variables:

- Grado de control. Son controlados a corto plazo.
- Son proporcionales a una actividad. Los costos variables fluctúan en proporción a una actividad, más que a un periodo específico. Tienen un comportamiento lineal relacionado con alguna medida de actividad.
- Están relacionados con un tramo relevante. Los costos variables deben estar relacionados con una actividad dentro de un tramo normal o categoría relevante de actividad; fuera de él puede cambiar el costo variable unitario.
- Son regulados por la administración. Muchos de los costos variables pueden ser modificados por decisiones administrativas.
- Los costos en total son variables y unitarios, son constantes. Esto es reconocer el efecto que sobre el total de los costos tiene la actividad.



Existe una relación entre los costos fijos y variables con sus costos totales y unitarios, ya que se presentan diferencias importantes que ayudan a comprender su comportamiento, en la Tabla 3.2 se muestra dicha relación:

Tabla 3.2. Relación entre costos fijos y variables con su costo unitario y total

	<b>Costo Total</b>	<b>Costo Unitario</b>
Costo Variable	Varía en función del volumen. Para un mayor volumen, mayor costo variable.	Es constante sin importar el volumen. El costo variable unitario será siempre el mismo.
Costo Fijo	Es constante sin importar el volumen. El costo fijo total siempre será el mismo.	Varía en función del volumen. Para un mayor volumen, el costo fijo unitario disminuye.

*Fuente: Contabilidad Administrativa*

### ***El estado de resultados y sus partes***

El estado de resultados es un estado financiero que muestra los ingresos, costos y gastos de una empresa, así como la utilidad o pérdida resultante en un periodo.

La empresa Volkswagen tiene como formato un estado de resultados con los siguientes elementos (Ver Apéndice C.2):

- Ventas totales. Son todos los ingresos que tiene la empresa por concepto de productos que se fabrican: exportación y serie.

- Costos logísticos de exportación. Son todos los gastos que se realizan para la exportación de nuestros productos: empaque, fletes, aduanas, transporte, etc.
- Ventas netas de exportación. Resulta de restar las ventas totales menos costos logísticos de exportación.
- Costo primario (Einzelkosten). Consiste en registrar los costos de material, de importación (MNK) y los costos de mano de obra directa (FPK).
- Las ventas netas se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$\begin{array}{r} \text{Ventas exportación} \\ - \text{Costos logísticos} \\ \hline \text{Ventas netas de exportación} \\ + \text{Ventas serie} \\ \hline \hline \mathbf{VENTAS NETAS} \end{array}$$

Obteniendo con ello un cálculo de utilidad bruta de:

$$\begin{array}{r} \text{Ventas netas} \\ - \text{Costo primario} \\ \hline \mathbf{UTILIDAD BRUTA} \end{array}$$

- Costos indirectos (Indirekt Kosten). Incluye:
  - a) Personal indirecto (IPK). Es mano de obra que no tiene trabajo directo con la producción de nuestras piezas.
  - b) Gastos generales (SGK). Son gastos que genera la empresa por concepto de energía, mantenimiento, materiales, herramientas, autos de servicio, gastos de desarrollo,

desechos y retrabajos, material obsoleto, fletes extraordinarios, gastos de viaje, honorarios.

- c) Gastos derivados de inversión (IGK).
- d) Depreciaciones de maquinaria, equipo e instalaciones (ABS).
- e) Amortizaciones de herramientas (Bemis).
- f) Prorratesos (Umlagen).
- Servicio 1: centros de costos administrativos que dependen de la dirección de PPC.
- Servicio 2: centros de costos que no dependen de la dirección de PPC pero que le brindan un servicio.
- La utilidad de operación se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} \text{Utilidad bruta} \\ - \text{Costos indirectos} \\ \hline \end{array}$$

**UTILIDAD DE OPERACIÓN**  
**(Operatives Ergebnis)**

- Por medio del índice de rentabilidad, es decir por un porcentaje se puede definir si una propuesta traerá beneficios económicos:

$$\text{ÍNDICE DE RENTABILIDAD (ERGENIS \%)} = \text{(Utilidad de Operación / Ventas) x 100}$$