

Julián López Peralta  
Enrique Alarcón Jiménez  
Mario Antonio Rocha Pérez

# Estudio del trabajo

Una nueva visión



CD  
interactivo en  
esta edición



# Estudio del trabajo



# **Estudio del trabajo**

## **Una nueva visión**

**Julián López Peralta  
Enrique Alarcón Jiménez  
Mario Antonio Rocha Pérez**

**Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco**

**Para establecer comunicación  
con nosotros puede hacerlo por:**



**correo:**  
Renacimiento 180, Col. San Juan  
Tlihuaca, Azcapotzalco,  
02400, México, D.F.



**fax pedidos:**  
(015) 561 4063 • 561 5231



**e-mail:**  
[info@patriacultural.com.mx](mailto:info@patriacultural.com.mx)



**home page:**  
<http://www.patriacultural.com.mx>

Dirección editorial: Javier Enrique Callejas  
Coordinadora editorial: Estela Delfín Ramírez  
Supervisor de preensa: Gerardo Briones González  
Diseño de portada: Juan Bernardo Rosado Solís  
Fotografías: © Thinkstockphoto

Revisión técnica:  
Ing. Guillermo Haaz Díaz  
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas  
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-Campus Estado de México

M. en C. José F. Domingo González Zúñiga  
Ingeniería Industrial, IPN UPIICSA

*Estudio del trabajo. Una nueva visión*

Derechos reservados:

© 2014, Julian López Peralta, Enrique Alarcón Jiménez, Mario Antonio Rocha Pérez

© 2014, Grupo Editorial Patria S.A. de C.V.

Renacimiento 180, Colonia San Juan Tlihuaca,  
Delegación Azcapotzalco, Código Postal 02400, México, D.F.

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana  
Registro núm. 43

ISBN ebook: 978-607-438-913-5

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra en cualesquiera formas, sean electrónicas o mecánicas, sin el consentimiento previo y por escrito del editor.

Impreso en México  
*Printed in México*

**Primera edición ebook: 2014**

# Agradecimientos

Nos permitimos iniciar con una frase, que en particular nos hace referencia al espíritu de libertad de pensamiento que debe tener un ingeniero.

Algunas reglas importantes a tomar en cuenta a fin de acercarnos a la forma de pensar de todos ellos son:

- Declarar una honrosa rebeldía contra los patrones tradicionales.
- Asumir como un derecho el infringir reglas.
- Declararnos innovadores, como un derecho adquirido al nacer.
- Mantener como adulto el espíritu innovador y acucioso de un niño.
- Dejar el camino asfaltado y plano por el escabroso e irregular.
- Cuestionar las reglas establecidas, a las cuales se nos obliga, más que respetar a reverenciar.

**Albert Einstein**

Las experiencias personales vividas, conjuntas e integradas de los autores, y que unidas suman más de 85 años de trayectoria profesional en la ingeniería aplicada y más de 75 años en la docencia para el aprendizaje de los profesionales de la ingeniería; nos brindan la oportunidad, la trascendencia y el sustento de participar en la formación del personal interesado en esta información y en los registros de este conocimiento. Tenemos un sentir, un sabor y una visión especial al presentarles la documentación de nuestras experiencias. Manifestamos un especial agradecimiento a Grupo Editorial Patria por la oportunidad de difundirlo.

Reconocemos para nuestros familiares, esposas, hijos y padres, las ideas, las inspiraciones y los logros, así como también las motivaciones y las satisfacciones, además de los sentimientos involucrados para su realización.

Solicitamos a los lectores y a la sociedad su comprensión y los mejores resultados para lo propuesto y documentado; asimismo, manifestamos el correspondiente agradecimiento por su lectura y su tiempo valioso dedicado a comprendernos.

Atentamente

*Julián López Peralta*  
*Enrique Alarcón Jiménez*  
*Mario Antonio Rocha Pérez*

Enero 2013



# Contenido

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introducción a la ingeniería de métodos</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes históricos	2
1.2	Evolución de la ingeniería de métodos	7
1.3	La ingeniería de métodos en la actualidad	8
1.4	La tendencia de la ingeniería de métodos	12
<b>Capítulo 2</b>	<b>Diseño del método</b>	<b>41</b>
2.1	Modelo para el diseño sistematizado del método de trabajo en un sistema productivo	42
2.2	Selección del proyecto a realizar	49
2.3	Recopilación y registro de la información del método de trabajo	52
	Diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo)	53
	Diagrama de recorrido	66
	Diagrama de ensamble	73
	Diagrama de operación del proceso	82
	Diagrama multiproducto	91
	Diagrama origen-destino	98
	Diagrama mano derecha–mano izquierda	102
	Diagrama de relaciones	113
	Diagrama de relaciones hombre-máquina	120
2.3	Análisis del método de trabajo	132
	Clasificación de los movimientos	135
	Leyes de la economía de los movimientos y sus corolarios	136
2.4	Desarrollo de alternativas para mejorar el método de trabajo	147
	Técnicas	147



- Alternativas 147
- Finalidad de la operación 148
- Diseño de la pieza 149
- Tolerancias y especificaciones 150
- Materiales 153

Usar más económicamente los suministros y  
las herramientas 156

2.4 Resumen: los enfoques principales para el análisis  
de la operación 172

**Capítulo 3 Medición del método de trabajo 173**

3.1 Métodos de medición de tiempo *Methods Time  
Measurement (MTM)* 175

Uso del concepto control en la aplicación del MTM 176

3.2 Corte longitudinal 196

Orden de trabajo 196

Orden de producción 197

3.3 Instrucción de trabajo 198

Corte transversal 198

Corte radial 198

Estación de trabajo 199

3.4 Perfil del operario 204

3.5 Actividades requeridas en la etapa de planificación de  
estudios de métodos de trabajo 204

**Capítulo 4 Muestreo de trabajo 207**

4.1 Pasos del muestro de trabajo 209

Identificación y definición del problema 209

Aislar y analizar el problema 209

Recolección y análisis de datos 209

Corrección o reducción del problema 210

Monitoreo y documentación de los cambios 210

4.2 Metodología empleada para realizar el muestreo  
de trabajo 210

Ejercicio de introducción 211

<b>4.3 Presentación de un estudio de medición de tiempos muertos</b>	<b>211</b>
Resumen técnico-financiero	211
Introducción	212
Motivo del proyecto	212
Resumen financiero	213
<b>4.4 Análisis de la memoria de cálculo</b>	<b>214</b>
Memoria de cálculo	214

**Anexo** 225

**Glosario** 227

**Índice Analítico** 235



# Prólogo

Por parte de Eduardo Torres Jaime

La micro, pequeña y mediana empresas desempeñan un papel muy importante en el desarrollo económico de México y las naciones. En términos numéricos, este segmento representa, en promedio, 95% a nivel internacional y 99.7% en México.

Por otra parte, cabe destacar que México es el país con mayor número de tratados comerciales, lo cual implica que posee una apertura mundial que no tiene antecedentes nacionales e internacionales.

Lo anterior ha provocado que nuestra nación manifieste un incremento sustancial en sus actividades comerciales con un importante número de naciones.

A partir de la gestación de esa intensa actividad comercial, México entró en una dinámica para incrementar su competitividad y productividad, principalmente a partir de la información generada por instancias internacionales, entre las que destacan el Banco Mundial. De acuerdo con el más reciente reporte, **Doing Business 2013**, publicado por este organismo, México ha mejorado las condiciones para hacer negocios. En lo que va de este año, México avanzó cinco lugares con respecto al 2012; hoy día se ubica en el lugar 48 de 185 países estudiados, de este *ranking* mundial.

No obstante, aún no es momento para celebrar, pues históricamente México ha tenido mejores posiciones en este tipo de reportes. En 2008, su posición fue la 44, mientras que en 2007 ocupó el lugar 43.

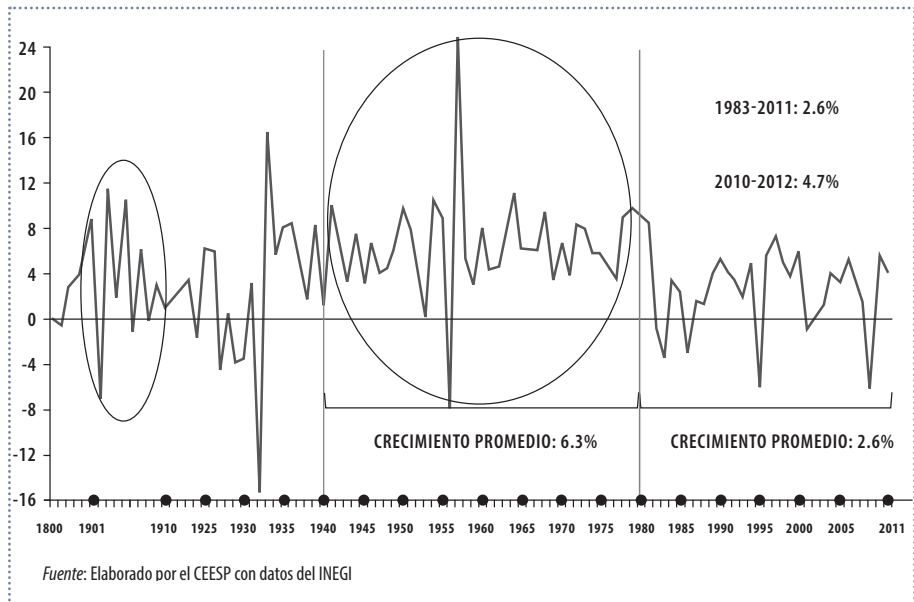
En el entorno económico global, México ocupa los siguientes lugares en los rubros destacados a continuación:

Dimensión de su economía	14
Tamaño de su mercado interno	12
Índice mundial de Desarrollo Humano	57
Competitividad global	53
Capacidad de innovación	79
Calidad del sistema educativo	107
Gasto empresarial en I & DT +i	79
Marco institucional público	109

Como se puede apreciar de la relación anterior, los rubros de competitividad, capacidad de innovación y la inversión que se realiza en investigación y desarrollo tecnológico, por parte de nuestro sector empresarial, está muy alejado de las primeras posiciones en los *rankings* mundiales y se halla más cerca de las posiciones medias de la tabla.

La principal afectación que esto provoca en nuestra economía es el prácticamente nulo crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) en nuestro país, a lo largo de tres décadas, lo cual, a su vez, acarrea pobreza, desempleo, atraso tecnológico, etcétera.

La siguiente imagen muestra un panorama más detallado de lo anterior, pues el crecimiento promedio de nuestra economía ha sido inferior a 3 % de 1980 a la fecha.

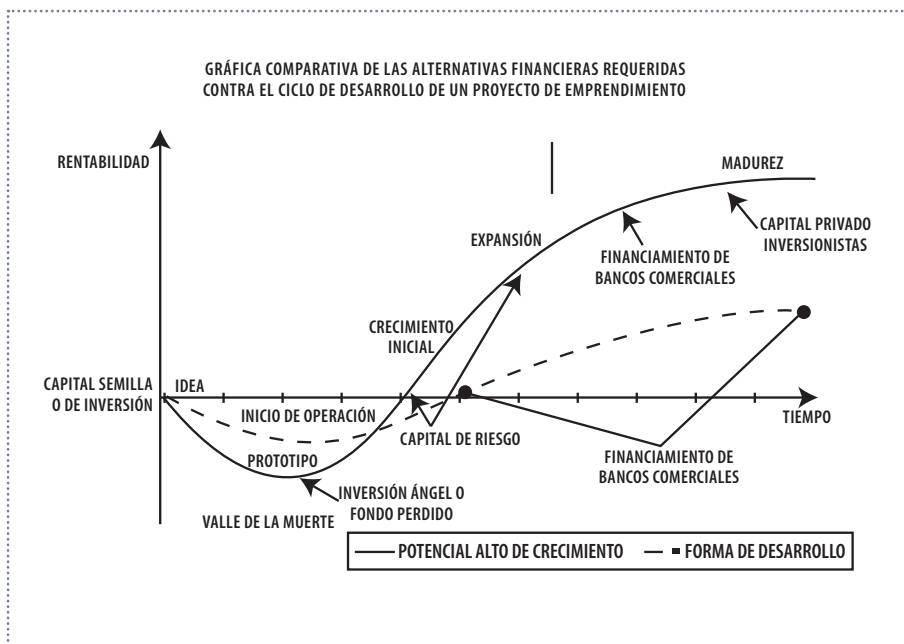


Esta situación imperante implica, entre otras cosas, hacer más con menos, limitar los presupuestos para nuevos proyectos empresariales, realizar mejoras a los procesos con un mínimo de recursos; por lo que resulta necesario que se utilicen diversas metodologías y técnicas especializadas en el tema.

Esto conlleva a la necesidad de desarrollar información técnica que permita la toma de decisiones para estructurar acciones que incrementen la eficiencia y la seguridad, el óptimo empleo de los recursos materiales, técnicos, humanos y de información de la empresa; de tal forma que exista una interconexión de la información recabada en el piso de la empresa con la generada en el área de calidad, finanzas, almacenes, mantenimiento, recursos humanos, ventas, etc., con el fin de contar con datos para la articulación de acciones enfocadas al incremento de la productividad y mejora de la competitividad empresarial.

Como ejemplo me permito citar el famoso “valle de la muerte” de cualquier emprendimiento tecnológico, donde si no se cuenta con la información técnica oportuna y confiable, está condenado a una muerte segura (desde un punto de vista empresarial).

Entonces, experimentar y hacer ajustes durante cada ciclo, sin una metodología y procedimientos, solo provoca que los gastos se incrementen, las ganancias se esfumen y los recursos se desperdicien sin llegar a la meta planteada, haciendo que cualquier esfuerzo productivo sea mermado y devorado por la competencia local o internacional.



Es por lo expuesto de manera previa, que antes de iniciar con la implantación tecnológica de cualquier emprendimiento, es importante que se cuente con datos precisos de la tecnología de producción, de tiempos, de los procesos, de los perfiles de los operarios, de las características de la maquinaria, el equipo y los herramientas, de las especificaciones de seguridad, de las políticas de protección civil, del impacto ambiental, de los tiempos muertos, de la capacidad de producción, de la eficiencia de planta, de las estaciones de trabajo, de las planeadas, de las capacidades reales y de las planeadas de producción, entre otros aspectos.

Con esta información resultará menos problemático integrar un plan de negocios, una estrategia del mismo, así como el modelo de negocio basado en un servicio al cliente que pueda ser soportado con base en la información tecnológica desarrollada.

Por estos importantes motivos, este ejemplar le permite al lector obtener una guía práctica y útil de cómo llevar a cabo la generación de estos datos y relacionarlos con las otras áreas funcionales de la empresa, en caso de que sea de nueva creación.

O bien, si ya existe la organización, cuenta con una guía que le permite, de manera práctica, recabar la información, procesarla e interpretarla para identificar puntos clave, como: la operación productiva, los sistemas y aquello que está mermando la productividad y la competitividad de su empresa.

Asimismo, debo mencionar que el lector cuenta con una amplia gama de información, tanto en enlaces de páginas web, que se incluyen en los temas del libro, como en el CD-ROM adjunto, para solventar sus dudas y problemas.

Pero como un “plus”, los autores han desarrollado una cuenta en las principales redes sociales, donde el lector tiene la posibilidad de manifestar sus dudas y obtener una retroalimentación en tiempo real acerca de sus dudas. Lo anterior les permite enriquecer sus prácticas docentes y de investigación con los aportes y los casos que

son canalizados a ellos, a fin de continuar produciendo material que permita a los empresarios nacionales lograr los niveles de competitividad y productividad deseados, para competir tanto local como internacionalmente.

Por último, quiero hacer hincapié que la competitividad es definida por el Instituto Mexicano de Competitividad, A.C.: “Como la forma de medir la economía en relación con los demás, es como una carrera donde importa que tan bien le va a uno respecto a los otros; en otras palabras, la competitividad es la capacidad para atraer y retener talento e inversión”. (<http://www.imco.org.mx>)

Tengan la seguridad que este libro contribuirá a que ustedes logren lo anterior.

**M. en I. Eduardo Torres Jaime**

Presidente de Coparmex Estado de México Oriente, SP  
Socio de Consultores Estratégicos Integrados de Ecatepec, SC

Enero 2013

# Prólogo

Por parte de Leovigildo Chávez

Agradezco a Julián, Mario Antonio y Enrique, autores de esta importante obra, por permitirme expresar en estas líneas mi más sincero reconocimiento al valioso estudio que aquí presentan. Su obra es, a todas luces, una gran herramienta para los hombres que todos los días salen a arriesgar su capital y sus sueños; me refiero a ese 95% de héroes dueños de empresas pequeñas y medianas que en muchas ocasiones, sin conocimiento ni herramienta alguna, logran forjar el destino de sus organizaciones.

Las pequeñas y medianas empresas, mejor conocidas como PYME, son el motor de desarrollo del país, al tiempo que sus líderes son los hombres que mueven la economía de México; sus logros son producto de la fuerza que imprimen día a día a sus acciones y decisiones, para generar la riqueza y los empleos que el país demanda. Bajo este escenario todo parece romántico; sin embargo, los retos a los que se enfrentan estos empresarios diariamente parecen no tener fin, por lo que miles de ellos claudican en el camino.

No obstante su importancia en la economía de nuestro país, las PYME se hallan contra la pared, alejadas de los beneficios de la administración moderna, de los modelos de eficiencia y desarrollo, de los índices de productividad, de los beneficios fiscales, de los apoyos de la banca de desarrollo, de la innovación y, por supuesto, en extremo distantes de la ciencia y la tecnología, pilar fundamental para el desarrollo de la competitividad. Y no es para menos, el pequeño y mediano empresario vive aterrorizado por el mundo que lo rodea; preocupado más que de competir, de sobrevivir. El índice de mortandad de las PYME habla por sí solo; el número de empresas que nacen y mueren en un año fiscal es muestra de la escasa cultura de emprendedurismo que nuestro país tiene y del poco o nulo interés que el gobierno muestra para fortalecer y hacer crecer a este sector empresarial en particular.

Durante el siglo XX México alcanzó el resplandor de su crecimiento solo en dos momentos. El primero, durante el porfiriato, periodo en el que se forjaron las primeras instituciones del sistema político moderno y se construyó la infraestructura más grande de la historia a fin de comunicar al país. El segundo, se dio en los albores de la década de 1940, cuando de nueva cuenta se reforzó la institucionalidad del país y se impulsaron los espacios de convivencia empresarial.

En la actualidad, nuestras políticas públicas no responden al México del siglo XXI, pues se hallan muy por debajo de los países asiáticos, los cuales se perfilan como los primeros lugares en economías emergentes, gracias a que en estas naciones se emprenden políticas de gobierno corporativo, de estándares internacionales, de productividad, de democracia y de rendición de cuentas, para fortalecer su crecimiento. En tanto, en nuestro país se siguen revisando acuerdos intrascendentes. Aún no nos es posible entender que la competitividad está íntimamente ligada con lo que se define diariamente en la política pública.



Hoy día, México requiere un millón de empleos anuales; no obstante, a la fecha solo alcanzamos cifras de entre 400 y 500 mil empleos. No basta solo con la aprobación de la reforma laboral para generar empleos, también se requieren apoyos directos a los sectores productivos a fin de fortalecer las estructuras operativas, administrativas y comerciales, para luego dar paso a la creación de las ciudades del conocimiento en las que el sector empresarial encuentre a un aliado para innovar y crear sus propios productos a través de la ciencia y la tecnología para competir en los mercados internacionales, porque mientras en Japón se alcanzan cerca de 20 mil patentes por año, en México no alcanzamos ni siquiera 500, lo cual abre una brecha inmensa en un mundo globalizado.

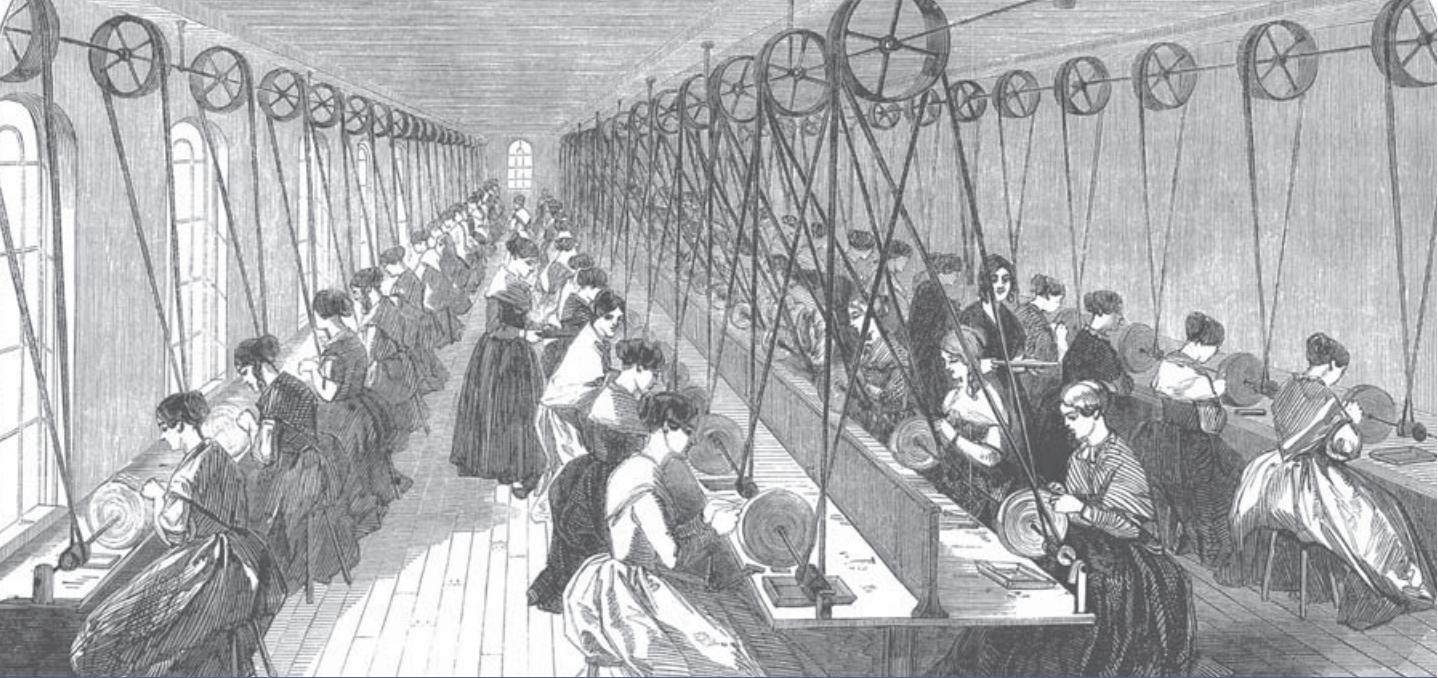
De acuerdo con algunas predicciones, para el año 2020 apuntamos para ser la séptima economía más poderosa del mundo, según los análisis de la OCDE y de Jim O'Neill, el economista veterano del banco Goldman Sachs, creador del concepto del poderoso bloque de los BRIC. Ambos especialistas afirman que México muy pronto estará dentro de las primeras 10 economías más poderosas del mundo; no obstante, para lograrlo requerimos romper los viejos modelos políticos, sociales y económicos en los que hemos vivido, así como eliminar la xenofobia gubernamental, con el fin de construir una política pública de gran calado, consensuada entre los sectores empresarial, gubernamental y la sociedad civil organizada, encargada de crear una agenda ciudadana más libre, justa e igualitaria.

La construcción de las agendas ciudadanas es un derecho consagrado en la vida democrática de los países, solo una sociedad atenta a las acciones de su gobierno es capaz de generar un escenario de rendición de cuentas que impida la opacidad y el desarrollo de poderes fácticos, lo que permitirá a las PYME competir y desarrollarse dentro de un marco regulatorio más dinámico, justo y competitivo.

Por todo lo antes expuesto, invito al lector a deleitarse con esta magistral obra, la cual le permitirá involucrarse en el contexto PYME del México contemporáneo, pero sobre todo invito a los líderes empresariales a formar parte de la sociedad civil organizada, a dejar atrás el escritorio para formar parte de esta gran aventura llamada México. Estoy seguro de que si todos sumamos esfuerzos, podremos generar un mundo más sensible, sensato y humano, capaz de restituirle el sentido social al capitalismo.

**Lic. Leovigildo Chávez**

Presidente de la Comisión de Desarrollo Empresarial  
Centro Empresarial Coparmex, Ciudad de México  
Director General de Buró México



# 1

## Introducción a la ingeniería de métodos

La palabra ingeniería proviene del término en inglés *engine* (es decir, motor o máquina) y esta a su vez del término latino *ingenium*, que se define como disponer de un talento natural; de ahí viene *engineer*, en inglés; ingeniero, en español. Por deducción, se considera que un ingeniero es aquel que, con cierta base científica, diseña o construye máquinas y aplica su conocimiento e inventiva para cambiar condiciones y mejorar procesos en bien de la organización y su comunidad.

La ingeniería es, entonces, la profesión que, con base en un conjunto de conocimientos obtenidos mediante el estudio de las ciencias naturales y las matemáticas, y con la práctica y experiencia adquiridas de la aplicación tecnológica, propone la transformación de una idea en la realidad por medio de técnicas, diseños y modelos, todo esto para satisfacer las necesidades de la población.

En particular, se puede definir a la **ingeniería industrial** de la siguiente forma:

“Se clasifica en este grupo a las carreras de nivel licenciatura que preparan profesionistas con conocimientos para contribuir a la solución de problemas actuales de la industria, mediante el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas que conlleven al incremento de la productividad de acuerdo al desarrollo económico, social y tecnológico del país.”<sup>1</sup>

### 1.1 Antecedentes históricos

Desde el surgimiento de las primeras civilizaciones, el hombre (aún sin tener conciencia de ello) ha utilizado la ingeniería. ¿Cómo? Desde que edificó su primera choza, cultivó por primera vez en los campos, creó herramientas rudimentarias, etcétera. Algunos ejemplos importantes son las pirámides de México y Egipto, las colosales construcciones de la antigua Roma o los magníficos templos chinos. En definitiva, la ingeniería ha existido desde el principio de la humanidad.

Hace aproximadamente 1.3 millones de años, época en que se produjo la evolución del *Homo erectus*, la Tierra se hallaba en un periodo glacial. El clima frío impulsó la adopción de nuevas costumbres. Esta situación orilló a los primeros seres humanos a resguardarse de los fríos vientos en cuevas, a construir estructuras de piedras amontonadas o a formar espacios cerrados colgando pieles en palos en torno a las cuales se reunían; estas fueron las habitaciones más rudimentarias.

Desde entonces, la ingeniería ha tenido una gran evolución. El hombre primitivo diseñó y desarrolló puentes, máquinas y otras estructuras de importancia sobre la base de un conocimiento empírico o práctico. Esto es, carecía casi por completo del conocimiento de la ciencia.

La diferencia más significativa entre aquellos hombres ingenieros y los de nuestros días, solo es el conocimiento en el que se basan sus obras.

En la Revolución Agrícola fue cuando el hombre pasó de una condición nómada a una sedentaria, esto es se estableció en un lugar más o menos fijo para cultivar productos y criar animales comestibles. Algunos historiadores consideran que estos cambios ocurrieron por primera vez en los territorios que hoy constituyen Siria e Irán. Más adelante, se cree que aproximadamente en el año 8000 a.C., nació la industria como tal y con ella todos los problemas inherentes para hacerla funcionar cada vez mejor.

Uno de los primeros objetivos o cometidos del hombre fue protegerse mediante la construcción de muros para cuidar de sus ciudades y de su gente, ya que sentirse protegido constituye una de las necesidades humanas básicas. En aquel entonces la innovación y el desarrollo de los inventos era sumamente lento, pues la atención de las necesidades agrícolas y militares tenía mayor prioridad.

Se considera que a mediados del siglo XVIII inició el primer cambio industrial con la invención de la máquina de vapor, concebida y desarrollada por James Watt. En ese entonces, la industria textil era la más dinámica, con una gran diversidad de productos y necesidades en el mercado. Pero, las máquinas no trabajaban solas; en cambio, la máquina de vapor de Watt sustituyó la fuerza de los trabajadores por la fuerza de la presión del vapor.

En 1795, durante el mandato de Napoleón, se fundó en Francia la primera escuela de ingeniería: la *École polytechnique*.

Las guerras en las que participaban los ejércitos del emperador Napoleón originaron múltiples necesidades. Una de estas fue tratar de conservar los alimentos en buen estado para las tropas, ya que resultaba un gran problema abastecer de comida a los ejércitos que permanecían durante meses en los campos de batalla.

Napoleón ofreció una recompensa a quien ideara la forma de conservar los alimentos para sus ejércitos. Entonces, se fabricó el primer envase para enlatar alimentos y conservarlos en buen estado, el cual estaba hecho de plomo. Evidentemente, con el paso de los años esto resultó perjudicial, ya que el plomo absorbido por la sangre de los soldados cobró muchas vidas.

Otro aspecto fundamental que influyó en el desarrollo de la ingeniería fueron las necesidades coti-

<sup>1</sup> Observatorio Laboral, Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Enlace: [http://www.observatoriolaboral.gob.mx/wb/ola/ola\\_cuantos\\_estan\\_ocupados\\_prof?cve\\_carrera=4152](http://www.observatoriolaboral.gob.mx/wb/ola/ola_cuantos_estan_ocupados_prof?cve_carrera=4152). Consultado el 7 diciembre 2011.

dianas de las personas, las cuales constituyeron un gran motor para impulsar su ingenio; es muy probable que estas mismas necesidades orillaran a fundar la primera escuela de ingeniería en París.

Aun sin saberlo, el hombre siempre ha sido ingeniero. ¿Por qué no consideramos a Leonardo Da Vinci o a Arquímedes de Siracusa como ingenieros? Este último fue un notable ingeniero, matemático, físico, astrónomo e inventor griego que se adelantó a su época con investigaciones e inventos, como la polea compuesta, el principio de la hidrostática, etcétera. Un ejemplo de cómo las necesidades del hombre lo llevaron a idear y construir máquinas que le fuesen útiles en situaciones problemáticas, fue el “tornillo sin fin”, que se inventó para extraer agua de los barcos y de los campos inundados del valle del Nilo.

Años después, durante la Segunda Revolución Industrial (1870) se intensificaron las transformaciones económicas iniciadas durante la primera Revolución Industrial. Asimismo, se dio paso a una innovación tecnológica permanente con nuevas fuentes de energía y nuevos sectores industriales, que requirieron nuevas formas de organización empresarial y se erigieron países que aprovecharon la expansión industrial. Así comenzó la globalización del comercio.

Es importante mencionar que la ingeniería de métodos sustenta sus principios filosóficos en las ideas que publicó el filósofo y economista Adam Smith, durante la segunda mitad del siglo XVIII (1771), en el capítulo titulado “Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones”, de su obra *La riqueza de las naciones*.<sup>2</sup> Por tanto, se considera que para contar con una perspectiva sólida de la razón que dio origen a la ingeniería de métodos, es importante hacer una revisión de estos principios filosóficos-económicos que planteó Smith en su obra.

Adam Smith establece que: “los resultados generados por el trabajo anual (Producto Interno Bruto - PIB) de cada nación le permiten contar con los bienes necesarios y útiles requeridos de manera cotidiana y que son consumidos anualmente en su territorio, y que además le facilitan el intercambio comercial con otras naciones”.

Smith también indica que *existen dos circunstancias básicas que regulan lo anterior*:

1. La pericia, la destreza y el juicio con que la nación se aplica generalmente a su trabajo (el diferencial competitivo de la nación).
2. La proporción que existe entre el número de los individuos de la nación que se dedican al trabajo útil y el de los que no están empleados.

Asimismo, Smith también indica que: *independientemente de cuál fuere el tipo de tierra cultivable, el clima o la extensión de territorio de cualquier nación, la abundancia o la escasez de su surtido o abastecimiento anual (PIB) depende de las dos circunstancias mencionadas con anterioridad*.<sup>3</sup>

Incluso nos ilustra al respecto mediante un ejemplo básico: “Entre las naciones salvajes de cazadores o de pescadores, todo el que se halla hábil para trabajar se dedica más o menos a alguna labor o trabajo útil, y procura en cuanto está de su parte proveerse de las cosas necesarias y útiles, extendiendo también sus miras a aquellos que en su familia son demasiado tiernos de edad o demasiado ancianos, o bien están enfermos, o por cualquier otra causa (están) inhabilitados para salir de caza, o para ocuparse en la pesca; pero, estas naciones se hallan, a pesar de esto, en tal extremo de pobreza que, por falta de lo necesario, su ignorancia y su barbarie suelen reducir las frecuentemente a la miserable fatalidad o llevarlas a destruir directamente a sus propios hijos, a sus ancianos, o a los enfermos de prolijas dolencias, o abandonarles al terrible desconsuelo de perecer de hambre o ser devorados por la fieras.

“En las naciones civilizadas y laboriosas es todo lo contrario; aunque haya un gran número de individuos que no trabajen absolutamente, el producto entero del trabajo común de la sociedad toda (PIB) es tan superabundante y fecundo que basta para proveer con profusión a toda la comunidad, y un trabajador, por pobre que sea y de la clase más abatida, como sea frugal e industrioso, puede gozar de mayor cantidad de provisiones necesarias y útiles para la

<sup>2</sup> Adam Smith, *La riqueza de las naciones I*, Editorial Folio, España, 1999.

<sup>3</sup> Adam Smith, *op. cit.*, p. 45.

*vida que en su situación es capaz de adquirir un salvaje de aquellas naciones incultas.*<sup>4</sup>

Adam Smith integra su obra en cinco libros, pero en el primero es donde se encuentran sentadas las estructuras filosóficas que cimientan los principios básicos sobre los cuales se ha desarrollado la ingeniería de métodos y se han integrado las diversas técnicas que permiten su aplicación para alcanzar la meta planteada en su análisis respectivo.

Este *primer libro* analiza las causas que permiten generar un *ventajoso adelanto en las facultades o los principios productivos del trabajo*, y el orden con que se distribuye su producto en las diferentes clases y condiciones de la sociedad.

En su *segundo libro*, Smith proporciona una argumentación en la que considera que, independientemente de cuál fuere el estado actual de pericia, destreza y juicio con que se trabaje en cualquier nación, la abundancia o escasez de su mantenimiento anual no puede menos que depender de la proporción entre el número de los que cada año se emplean en labores útiles y los que no están empleados. Asimismo, en este considera que el número de operarios útiles y productivos es proporcional a la cantidad del fondo o capital empleado para proporcionarles trabajo.

En resumen, este segundo libro proporciona un estudio acerca de la naturaleza del fondo de capital, del modo en que se va acumulando o aumentando gradualmente y de las diferentes cantidades o proporciones de trabajo que se ponen en movimiento según los diferentes modos de emplearlo.

En cuanto a su *tercer libro*, este nos introduce en el motivo por el cual las naciones medianamente adelantadas en pericia, destreza y juicio para la aplicación del trabajo, han seguido planes muy diversos en la dirección general de este; con base en estos planes, hace un recuento de cuáles no han sido favorables y realiza el análisis de la política económica de las naciones que se han empeñado en fomentar extraordinariamente la industria rústica y las que se orientaron a la urbana. Asimismo, indica que muy pocas naciones han tratado con igualdad una y otra especies de industria. Desde la ruina del imperio romano, la política de Europa se ha inclinado más por las artes, las manufacturas y el comercio, que perte-

necen a la industria urbana, que por la agricultura, que es la industria rústica.<sup>5</sup> En resumen, las circunstancias que han inducido a esta política se explican en este tercer libro.

Por lo que respecta al *cuarto libro*, este nos introduce en la importancia que la industria urbana y la rústica tienen para la economía y la política de una nación, examinando a fondo diferentes sistemas económicos, así como sus principales efectos en distintas épocas y naciones.

En resumen, los cuatro primeros libros examinan en qué consiste la renta del gran cuerpo de la sociedad o cuál es la naturaleza de aquellos fondos que la han provisto de su mantenimiento anual en diferentes naciones y periodos.

Haciendo hincapié en todo ello, se sustenta en dar cumplimiento a los requerimientos planteados en el primer libro: *“De las causas del adelantamiento y perfección de las facultades productivas del trabajo, y del orden con que su producto se distribuye naturalmente entre las diferentes clases del pueblo”*.

Finalmente, el *quinto libro* trata sobre las rentas del soberano o de la república o comunidad, y acerca de cuáles deben deducirse de la contribución del cuerpo entero y cuáles de una parte sola, o de ciertos miembros de la sociedad.

Asimismo, también analiza cuáles son los diferentes medios con que todo el común puede ser obligado a contribuir para los gastos o las expensas del cuerpo general, y cuáles son las ventajas o los inconvenientes principales que pueden derivarse de cada uno de estos medios.

Por último, considera las causas y las razones que hayan podido inducir a los gobiernos a empeñar parte de sus rentas o a contraer deudas públicas, y qué efectos han producido estas deudas nacionales en la riqueza real de la nación respectiva (producto nacional de sus tierras y del trabajo de la sociedad).

En la tabla 1.1 se presenta la forma en que las técnicas de la ingeniería de métodos están íntimamente relacionadas con los principios expuestos por Adam Smith.

<sup>4</sup> Adam Smith, *op. cit.*, p. 46.

<sup>5</sup> Adam Smith, *op. cit.*, p. 47.

Tabla 1.1 Influencia de la obra de Adam Smith en la ingeniería de métodos.\*

Consideraciones realizadas en la obra <i>La riqueza de las naciones</i>					Principios relacionados de la ingeniería de métodos				
Principio filosófico económico	Efecto social	Características distintivas	Principio básico	Percepción directa	Factores relacionados con el método de trabajo				
					Técnicos	Administrativos	Sistémicos	I&DT	Económicos
De la división del trabajo	<p><b>1.</b> Se incrementa la facultad o los principios productivos del trabajo, y la destreza, pericia y acierto con que este se aplica y dirige en la sociedad.</p> <p><b>2.</b> Cada uno de los individuos de la sociedad se hace más experto en su profesión. Se produce más obra en toda la sociedad, la ciencia y las artes reciben una perfección y un aumento considerables.</p>	<p>Es ampliamente aplicable a los negocios pequeños, por su mínima complejidad de procesos y porque sus operaciones se realizan en un solo local de trabajo.</p> <p>Se aplica con dificultad a negocios grandes, por la complejidad del proceso y porque sus operaciones no se realizan en un solo local de trabajo.</p>	<p>Se subdivide el trabajo del hombre en operaciones individuales y simples.</p> <p>Se integra a los trabajadores de diversos oficios en un mismo local de trabajo y proceso productivo.</p> <p>Se especializa al trabajador en su oficio, con lo que se incrementa considerablemente la destreza del artifice.</p>	<p><b>Se incrementa la destreza de cada trabajador</b></p>	<p><b>Curva de aprendizaje</b></p>	<p><b>Perfil del operario</b></p>	<p>Diseño de la estación de trabajo.</p> <p>Flujo de materiales.</p> <p>Servicios requeridos.</p> <p>Higiene y seguridad industrial.</p> <p>Protección civil.</p> <p>Normalización y estandarización.</p> <p>Mejora continua.</p> <p><i>Value Analysis</i> (Análisis de valor)</p>	<p>Mecanización de la operación.</p> <p>Automatización del proceso.</p> <p>Robotización del proceso.</p> <p>Acoplamiento de tecnologías convencionales con alta tecnología.</p>	<p>Reducción de costos.</p> <p>Beneficios fiscales.</p> <p>Reducción de espacios utilizados.</p> <p>Incremento de productividad.</p> <p>Incremento de competitividad.</p> <p>Incremento de rentabilidad.</p>
				<p>Se reducen los tiempos de espera que se generan por pasar de una operación a otra de distinta especie (en distinto lugar y con distintas herramientas y actividades).</p>	<p>Técnicas de cronometraje.</p> <p>Economía de movimientos.</p> <p>Muestreo de trabajo.</p> <p>Diseño del método de trabajo.</p> <p>Balanceo de líneas de producción.</p>	<p>Orden de producción.</p> <p>Perfil del operario.</p> <p>Diagrama de flujo de la operación.</p> <p>Diagrama de proceso de la operación.</p> <p>Diagrama de recorrido.</p> <p>Diagrama de ensamble.</p> <p>Diagrama bimanual.</p> <p>Hoja de instrucción de la operación.</p>			

Consideraciones realizadas en la obra <i>La riqueza de las naciones</i>					Principios relacionados de la ingeniería de métodos				
Principio filosófico económico	Efecto social	Características distintivas	Principio básico	Percepción directa	Factores relacionados con el método de trabajo				
					Técnicos	Administrativos	Sistémicos	I&DT	Económicos
De la división del trabajo	3. La multiplicación de la producción en una sociedad bien ordenada genera opulencia universal que se extiende a las clases inferiores del pueblo.	Se promueve el fortalecimiento del mercado público de la nación.  Se fomenta la investigación y desarrollo tecnológico aplicado (I&DT).  Se mejora el bienestar social y económico de la población.	Se realizan de manera simultánea y serial los trabajos.	Se incrementa la destreza de cada trabajador	Curva de aprendizaje	Perfil del operario	Value Engineering (Ingeniería de valor)		Reducción de costos.
							Aseguramiento de la calidad.  Logística.		Beneficios fiscales.
								Reducción de espacios utilizados.	
								Incremento de productividad.	
								Incremento de competitividad.	
								Incremento de rentabilidad.	
				Permite que un solo trabajador pueda realizar la labor de varios operarios.	Acoplamiento hombre-máquina.  Células de manufactura.	Perfil del operario.  Diagrama hombre-máquina.			

\* Fuente: Elaboración propia con base en la información de la obra: Smith, Adam, *La riqueza de las naciones I*, Folio, España, 1999, pp. 48-65.

Las consecuencias de la Segunda Revolución Industrial fueron el crecimiento demográfico europeo, la concentración empresarial, el capitalismo financiero y los avances tecnológicos y científicos.

Hoy día, la ingeniería se enfrenta en esencia a los mismos tipos de problemas a los que se enfrentaron nuestros antepasados; no obstante, en la actualidad la ciencia se utiliza más ampliamente en la resolución de esos problemas. El conocimiento científico ha florecido en una inmensa acumulación de información.

## 1.2 Evolución de la ingeniería de métodos

El concepto de *ingeniería de métodos* del que hoy disponemos, se ha construido con base en diversos estudios realizados en la antigüedad, como el estudio de tiempos y movimientos.

En 1760, Jean Rodolphe Perronet, arquitecto francés, inició el estudio de tiempos, cuando realizaba investigaciones acerca de la fabricación de alfileres comunes del número 6 hasta llegar al estándar de 494 piezas por hora. Sesenta años más tarde, en 1820, el economista francés Charles Babbage realizó estudios del tiempo con relación a la producción de alfileres comunes del número 11, y como resultado determinó que una libra de alfileres debía fabricarse en 7.6892 horas. Aunque no fue sino hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Frederick W. Taylor, que se difundió y conoció esta técnica.

Frederick W. Taylor, ingeniero mecánico y economista estadounidense, es considerado el padre de la administración científica y el fundador moderno del estudio de tiempos en Estados Unidos de América. Taylor comenzó a estudiar los tiempos a principios de la década de 1880; sin embargo, como ya se sabe, en Europa ya se realizaban estudios de tiempos con bastante anticipación al trabajo de Taylor.

Taylor inició su trabajo en el estudio de tiempos en 1881, cuando laboraba en la *Midvale Steel Company*, de Filadelfia. Después de 12 años, desarrolló un sistema basado en el concepto de tarea, a través del cual proponía que la administración de una empresa debía encargarse de planear el trabajo de cada empleado por lo menos con un día de anticipación y que cada hombre debía recibir instrucciones por escrito que describieran su tarea en detalle y donde,

además, también se le indicaran los medios que debía usar para efectuarla.

De esta forma, estableció que cada trabajo debía tener un tiempo estándar, fijado por expertos después de haber realizado los estudios de tiempo necesarios; en el proceso de la fijación de tiempos, Taylor realizaba la división de la asignación del trabajo en pequeñas porciones llamadas elementos.

En junio de 1895, Taylor presentó sus hallazgos y recomendaciones, pero fueron acogidos sin entusiasmo porque muchos de los ingenieros presentes interpretaron su resultado como un nuevo sistema de trabajo a destajo y no como una técnica para analizar el trabajo y mejorar los métodos existentes hasta entonces.

Después de Taylor, se dieron a conocer más aportaciones de otros personajes contemporáneos. En 1911, Harrington Emerson escribió el libro *Twelve Principles of Efficiency (Doce principios de la eficiencia)*, donde plasmó los procedimientos para una operación eficiente. Seis años más tarde, Henry L. Gantt desarrolló el sistema de tareas e incentivos al salario.

El matrimonio Gilbreth, basado en los estudios de Taylor, amplió este trabajo y desarrolló el estudio de movimientos. Como resultado, en 1911 publicaron el libro *Estudio del movimiento*,<sup>6</sup> que hacía énfasis en los patrones de movimiento que realizaban los trabajadores fabriles para la realización de sus tareas. De su observación surgió un sistema de clasificación que consistía en 17 actividades básicas de la mano y del brazo. Así, se clasificaron algunos movimientos típicos, como **alcance** y **asimiento**, los cuales fueron descritos y cifrados en las unidades que podrían ser descritas y medidas en tiempo exacto.

Entonces, el **estudio de movimientos** se define como:

El estudio de los movimientos del cuerpo humano al realizar una operación, para mejorar esta mediante la eliminación de movimientos innecesarios, la simplificación de los necesarios y el establecimiento de una secuencia de movimientos más favorable para la eficiencia máxima.

<sup>6</sup> Esposos Gilbreth, unidad 3, 3.2 Escuelas del Pensamiento Administrativo. Consultado el 1 diciembre 2011 en: [http://www.visionadministrativa.info/Fundamentos%20admon/Unidad\\_3\\_2.htm](http://www.visionadministrativa.info/Fundamentos%20admon/Unidad_3_2.htm).



Frank Gilbreth desarrolló sus ideas y filosofía en su trabajo, cuando desempeñaba el oficio de maestro albañil. Después de introducir una mejora de los métodos mediante el estudio de movimientos y la capacitación de un operario, logró aumentar el número de ladrillos colocados por este trabajador de 120 a 350 piezas en una hora.

### 1.3 La ingeniería de métodos en la actualidad

En 1932, H. B. Maynard y sus asociados desarrollaron y utilizaron por primera vez el término **ingeniería de métodos**, que definieron de la siguiente manera:

*“Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar toda operación necesaria; abarca la normalización del equipo, los métodos y las condiciones de trabajo; entrena al operario a seguir el método normalizado, realizando todo lo precedente (y no antes); determina, por medio de mediciones muy precisas, el número de horas tipo en las cuales un operario, trabajando con actividad normal, puede realizar el trabajo; por último (aunque no necesariamente), establece, en general, un plan para la compensación del trabajo, que estimule al operario a obtener o a sobrepasar la actividad normal.”<sup>7</sup>*

Con base en la definición anterior, se puede decir que la **ingeniería de métodos** se ocupa de la mejora de las formas en que se hacen las actividades en una instalación fabril, sin olvidar la importancia que tiene el ser humano en el proceso de producción. La tarea consiste en decidir dónde se integra al hombre en el proceso de convertir las materias primas en productos terminados y decidir cómo puede desempeñar con mayor eficacia las tareas que se le asignan. Esto implica un análisis, en dos momentos diferentes, de la historia de un producto; primero, el ingeniero de métodos es responsable de diseñar y

desarrollar los diversos centros de trabajo en donde se fabricará el producto; segundo, el mismo ingeniero debe estudiar de manera permanente los centros de trabajo, para encontrar una mejor manera de fabricar el producto y aumentar su calidad.

El uso de los recursos tecnológicos en la ingeniería de métodos provoca grandes aumentos en la productividad. Siempre es notoria la enorme diferencia en la productividad si esta se obtiene con innovación tecnológica. Así, por ejemplo, los países desarrollados siempre podrán mantener su competitividad con respecto a los países en desarrollo, donde los salarios de mano de obra son menores con respecto a los de los primeros países.

La perspectiva de la ingeniería de métodos siempre considera el papel del hombre, cualquiera que sea su puesto o función dentro de la organización, desde el director general hasta el más modesto operario de la empresa. Sin embargo, el ingeniero que utiliza y aplica las técnicas de la ingeniería de métodos, tradicionalmente concentra sus esfuerzos en las actividades manuales y las mecanizadas, aunque también considera a las automatizadas, las cuales son completamente diferentes a actividades de naturaleza mental.

En la actualidad, la ingeniería de métodos busca mejorar los procesos y los procedimientos, la disposición de la fábrica, los talleres y el lugar de trabajo, así como el diseño del equipo, las instalaciones y las condiciones de trabajo. También busca economizar el esfuerzo humano, los materiales, el uso de máquinas y de la mano de obra. Todo esto con el objetivo de hacer más fácil y seguro el desempeño laboral. No obstante, también busca incrementar la productividad, la rentabilidad y la seguridad en la operación del sistema productivo.

La mejora de un método de trabajo significa reducir, eliminar, combinar, simplificar y cambiar todas aquellas actividades que intervienen en un proceso de trabajo. Para la mejora del método, todas las actividades, directas e indirectas, que generen o no valor agregado, son evaluadas de forma analítica, sistemática y meticulosa.

El resultado de esta evaluación permitirá conocer los puntos críticos que presentan deficiencias, en los que existen cuellos de botella, mermas, desperdicios o simplemente contribuyen a que el sistema sea improductivo.

<sup>7</sup> Maynard, *Methods Time Measurement*, McGraw-Hill, 1948.

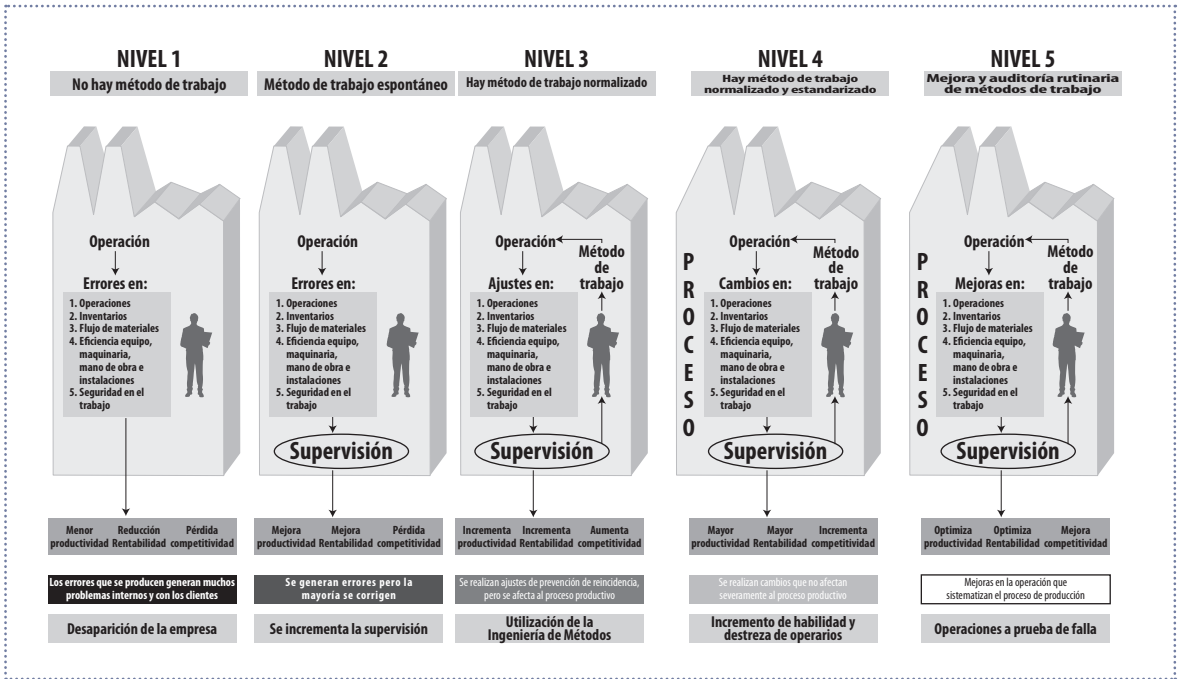


Figura 1.1 Niveles de innovación en los sistemas productivos, para lograr el objetivo de incrementar la rentabilidad económica y la seguridad a través del método de trabajo.

Después de haber identificado las improductividades implícitas en el sistema productivo, el siguiente paso es buscar aquellas mejoras que permitan que el trabajo se realice con mayor facilidad, en menor tiempo y con menos material, lo cual contribuirá a generar un incremento en la rentabilidad del negocio, así como a aumentar la productividad y la competitividad del mismo. Desde luego, esto coadyuvará a la mejora económica y social de una comunidad; en nuestro caso, para nuestro país.

### Sugerencia

Si desean obtener más información sobre este modelo, consulte: [www.estudioingdemetodos\(0\).mxhttp://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/849/84903755.pdf](http://www.estudioingdemetodos(0).mxhttp://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/849/84903755.pdf)

Existen dos grupos de actividades que por lo general se realizan en los procesos industriales, y en los cuales debemos enfocar toda nuestra atención:

1. El grupo de actividades que proporcionan valor agregado al método de trabajo.
2. El grupo de actividades que generan costos agregados a este.

El primer grupo de actividades corresponde a aquellas que transforman de manera física, química o mecánica los materiales, las materias primas y los componentes, para obtener un producto semielaborado o terminado. Por lo general, cualquier operación de corte, soldadura, ensamble, pintura, doblado, maquinado, etcétera, corresponde a esta categoría.

Las actividades de la segunda categoría (que, por lo común, generan costos agregados al método de trabajo) son: mover, distribuir, inspeccionar, probar y almacenar, así como las esperas y las demoras.

En la actualidad, el enfoque moderno de la simplificación de los métodos de trabajo es que las actividades de la segunda categoría se reduzcan al máximo y, si es posible, sean eliminadas.

Otras técnicas utilizadas comúnmente en la ingeniería de métodos son el *diseño del método* y la *medición del trabajo*. El **diseño del método** puede

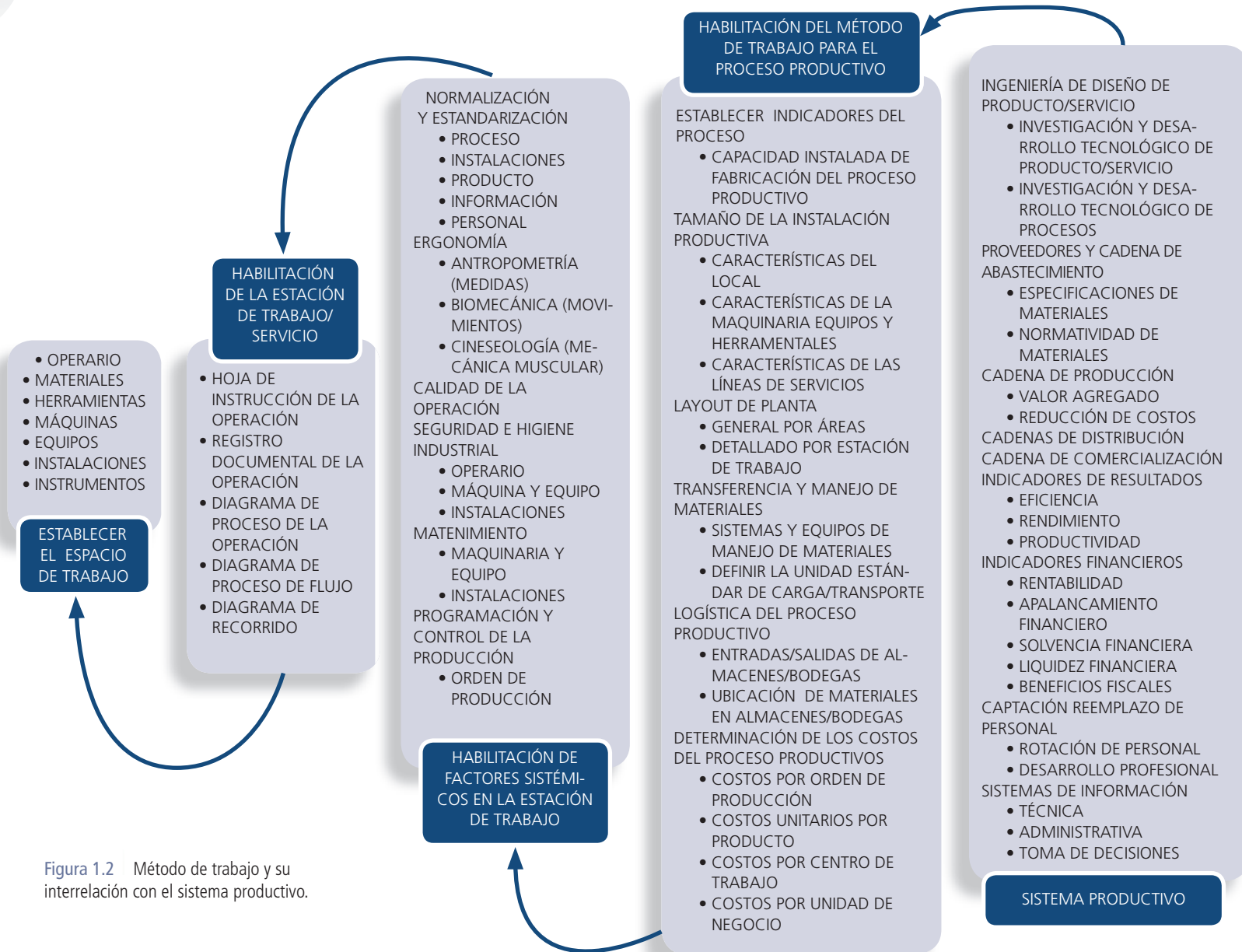


Figura 1.2 Método de trabajo y su interrelación con el sistema productivo.

definirse como la función que identifica y especifica los medios más efectivos para que un individuo o un grupo de individuos ejecuten las funciones necesarias para realizar una actividad productiva o un servicio en un escenario organizacional. En el contexto de la producción, esto significa el análisis de los métodos de trabajo y su mejora.

Con base en la información que se representa y desarrolla en la figura 1.2, en el recuadro donde se especifica la realización de la “habilitación de factores sistémicos en la estación de trabajo”, se integra el concepto de *ergonomía*, el cual es uno de lo más novedosos en la ingeniería de métodos y que se utiliza para realizar el estudio de las condiciones físicas y ambientales del espacio de trabajo, junto con las herramientas que se emplearán para desempeñar una tarea o un conjunto de actividades específicas de un trabajo. Al aplicar la ergonomía, se busca realizar la adaptación del *espacio de trabajo al cuerpo del operario, en lugar de obligar a este a adaptarse a su espacio trabajo, coadyuvando así a la reducción de esfuerzos y fatiga, con el fin de mejorar, posteriormente, las condiciones de salud en el trabajo.*

En consecuencia, con el desarrollo de los estudios ergonómicos, comienza el análisis de la importancia de las medidas del cuerpo humano en el desempeño de una labor en un centro de trabajo, con el fin de establecer diferencias entre individuos, grupos, razas, por citar algunos de los aspectos más destacados.

Este análisis se basa en los principios de la antropometría, palabra que proviene del griego *antropos* (humano) y *métricos* (medida). Así, la antropometría se dedica a investigar, recopilar y analizar las dimensiones del cuerpo humano, las cuales varían de acuerdo con la edad, la raza, el nivel socioeconómico, el sexo, etcétera.

La importancia de la antropometría radica en el hecho de que proporciona una directriz en el diseño de los objetos y de los espacios arquitectónicos, al ser estos contenedores o prolongaciones del cuerpo humano, los cuales deben estar diseñados y elaborados con base en las dimensiones apropiadas, que proporcionen confort a los usuarios.

La antropometría puede ser estática o dinámica. La primera, se dedica al estudio de las medidas estructurales del cuerpo humano en diferentes posiciones sin movimiento, mientras que la antropometría dinámica estudia las posiciones resultantes del movimiento.

### Sugerencia

Se le sugiere consultar las aplicaciones de los procesos que sobre el tema ha realizado el Centro Tecnológico de Automatización, ubicado en Galicia, España. Sobre la antropometría y la biomecánica, puede consultar la siguiente página:

[http://www.google.com.mx/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ctag.com%2Fdb\\_get\\_fileneews.php%3Fnews\\_file\\_id%3D11&rct=j&q=biomec%20en%20procesos%20productivos&ei=3CWXTsvSH70ksQLArZStBA&usq=AFQjCNFM9tbw8Yv4c5psYHTJbi8t0A4P\\_g&cad=rja](http://www.google.com.mx/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ctag.com%2Fdb_get_fileneews.php%3Fnews_file_id%3D11&rct=j&q=biomec%20en%20procesos%20productivos&ei=3CWXTsvSH70ksQLArZStBA&usq=AFQjCNFM9tbw8Yv4c5psYHTJbi8t0A4P_g&cad=rja)

### Sugerencia

Consulte los estudios que ha realizado la Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. sobre el tema. Acerca del Estudio Antropométrico Nacional; visite el sitio:

[http://semac.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=66](http://semac.org.mx/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=45&Itemid=66)

El diseño del método de trabajo para la fabricación de un producto o un servicio se desarrolla con base en las siguientes etapas:

- a) *Selección del proyecto.* Se elijen aquellos procesos o servicios que impactan de manera más significativa la productividad y el rendimiento.
- b) *Obtención de hechos.* Se reúne toda la información importante relacionada con el producto o servicio. Esto incluye dibujos y especificaciones, requerimientos cuantitativos, requerimientos de distribución y proyecciones acerca de la vida prevista del producto o servicio.
- c) *Presentación de los hechos.* Cuando se reúne toda la información, es menester registrarla de manera ordenada para su estudio y análisis.
- d) *Análisis.* En este punto se trata de criticar dicho trabajo, es decir de someterlo a un conjunto de preguntas mediante las cuales

se cuestiona la forma en que se realiza ese trabajo, partiendo del supuesto de que no se realiza bien.

- e) *Desarrollo del método ideal.* Es la consecuencia de la respuesta que se dio a ese conjunto de preguntas. En este punto se deben seleccionar las mejores alternativas al método actual.
- f) *Definir el nuevo método.* Es indispensable que el analista realice un *informe* donde debe dejar constancia de las mejoras del nuevo método, es decir, de lo que se debe hacer. En este informe, por una parte, debe describir el tipo de herramientas y los equipos necesarios que el nuevo método necesita; por otra parte, debe describir con claridad el nuevo método, pensando en la persona a la que se dirige dicho informe.
- g) *Implantación del método.* La función del analista es estar a disposición de los trabajadores, para orientarlos y adiestrarlos en la nueva forma de trabajar durante un periodo determinado.
- h) *Mantener el nuevo método de trabajo en funcionamiento.* Este constituye la fase de vigilancia. En este punto, el operario ya trabaja con el nuevo método y hay que controlar durante un periodo largo el trabajo con el nuevo método y vigilar que el trabajador no regrese al antiguo método o evitar que introduzca novedades por su cuenta. En definitiva, es la supervisión de cada individuo involucrado en el nuevo método, con el fin de que haga su labor de la forma establecida. Aquí se debe efectuar un análisis de trabajo del método implantado, para asegurar que el operador u operadores estén adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.
- i) *Establecimiento de estándares de tiempo.* La ingeniería de métodos debe establecer un estándar justo y equitativo para el método implantado.
- j) *Seguimiento del método.* A intervalos regulares, es necesario hacer una revisión o exámen del método implantado para determinar si la productividad anticipada se está

cumpliendo, si los costos fueron proyectados correctamente y si se pueden hacer mejoras posteriores.

La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador, en condiciones normales, en realizar una tarea definida, efectuándola según el método normalizado de ejecución.

Históricamente, el estudio de tiempo, tal y como fue creado por Taylor, se empleaba para establecer las normas de tiempo para el rendimiento del trabajo. En tanto, el estudio de los movimientos, tal como fue creado por el matrimonio Gilbreth, estaba dirigido a mejorar la forma en que se llevaba a cabo el trabajo. A través de los años, las dos disciplinas se entrelazaron, para apoyarse y complementarse entre sí.

En la actualidad, el trabajo se mide por medio de dos métodos: el **cronometraje continuo** y el **cronometraje con vuelta a cero**.

1. En el **cronometraje continuo** se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio; este se pone en marcha cuando inicia su trabajo el primer elemento (trabajador) del primer ciclo; al final de la labor de cada individuo, se registra la hora que marca el cronómetro. Los tiempos de cada trabajador se obtienen haciendo las respectivas restas después de terminar el estudio.
2. En el **cronometraje con vuelta a cero**, los tiempos se toman directa e inmediatamente después de que cada elemento (trabajador) concluye su tarea; acto seguido, el segundero del cronómetro se regresa a cero y se pone en marcha de forma inmediata, para tomar el tiempo del siguiente elemento (sujeto).

## 1.4 La tendencia de la ingeniería de métodos

Hoy día, México realiza importantes acciones para incrementar la competitividad del país, principal-

mente para impulsar el crecimiento económico que permita la generación de empleos dignos que requiere la población. “Para lograrlo, era fundamental remover los obstáculos que impedían a las empresas y a la economía, en su conjunto, crecer más rápidamente. Había que convertir a México en un destino natural para las inversiones del futuro.”<sup>8</sup>

Durante el año 2010 se generaron 800 mil empleos formales y hasta el mes de septiembre del año 2011 se habían creado alrededor de medio millón de plazas laborales.<sup>9</sup>

En su Quinto Informe de Gobierno, el pasado 1 de septiembre de 2011, el Presidente de la República, Felipe Calderón Hinojosa, afirmó lo siguiente: “La clave está en crear las condiciones para generar y atraer lo único que verdaderamente genera empleos permanentes, que es la inversión: inversión pública o privada, inversión nacional o extranjera, inversión que abra más y mejores oportunidades de progreso para los mexicanos.

“¿Qué le corresponde hacer al Gobierno para detonar la inversión y generar más empleos? Tener en orden la economía, alinear las políticas públicas hacia la competitividad y brindar certeza jurídica a las empresas.”

En el año 2007, un equipo de economistas de la Universidad de Harvard, integrado a petición de la Mesa Directiva del Foro Económico Mundial, inició un estudio con el fin de analizar la situación económica de nuestro país y dar respuesta acerca de lo que sucedía en México en términos económicos, políticos y sociales, ya que el crecimiento económico que se había presentado en los últimos años era mucho menor al ritmo requerido para ofrecer empleos dignos a los millones de jóvenes que ingresaban al mercado laboral todos los años. El estudio fue dirigido por Ricardo Hausmann, director del Centro para el Desarrollo Internacional de Harvard. Después de dos años de trabajo, se entregó a la Presidencia de la República el informe titulado: *The Mexico Competitiveness Report 2009 © 2009 World Economic Forum, Harvard University*.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Mensaje contenido en el Quinto Informe de Gobierno de Felipe Calderón. 1 de septiembre de 2011.

<sup>9</sup> Ídem.

<sup>10</sup> Andrés O., *¡Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro*, Debate, 2010, p. 55.

La conclusión de esta investigación establece que “existe una sólida evidencia de que el crecimiento económico de México no se ha visto limitado por el acceso al financiamiento, ni por la incertidumbre macroeconómica, la inestabilidad política, ni por el régimen fiscal mexicano, ni por la normatividad laboral vigente o la falta de coordinación para el desarrollo de nuevas actividades productivas. A pesar de que existió una respuesta tardía para afrontar los efectos de la recesión estadounidense, así como el desplazamiento que sufrieron los productores nacionales por parte de las empresas chinas (en los bienes que exportan a los Estados Unidos de América), no se ha obtenido evidencia que indique que un restringido ambiente de negocios o algún otro factor de inestabilidad microeconómico impidan el crecimiento económico de México al ritmo requerido.

La limitación más importante que contribuye al bajo crecimiento económico, y de la cual se cuenta con evidencia, es la baja calidad de la oferta educativa en el país”.<sup>11</sup>

La evidencia que recopiló Hausmann durante su investigación se basó en descartar de manera sistemática aquellas hipótesis que inciden de manera directa en la lentitud del crecimiento económico del país. Así, inició con un estudio sobre la situación financiera del país, cuyo resultado fue que la mayor problemática la constituía la falta de competitividad con China, tanto en el mercado de Estados Unidos de América como en el mercado interno mexicano. Durante sus entrevistas con empresarios nacionales, ellos le manifestaron su preocupación con respecto a la falta de reformas, las cuales están estancadas desde hace años, como la tributaria, la energética, la política, entre otras. De acuerdo con el *Consenso de Washington*, se establece que si existe un limitado crecimiento económico, es porque no se ha seguido al pie de la letra el guión establecido; por tanto, lo anterior sugiere que esta situación se debe a la falta de reformas.

A pesar de este principio del *Consenso de Washington*, Hausmann se preguntaba si la falta de reformas podría constituir una argumentación de peso suficiente, como para explicar la pérdida de mercados de exportación en Estados Unidos de América

<sup>11</sup> Harvard University, *The Mexico Competitiveness Report 2009 © 2009 World Economic Forum*, p. 32.

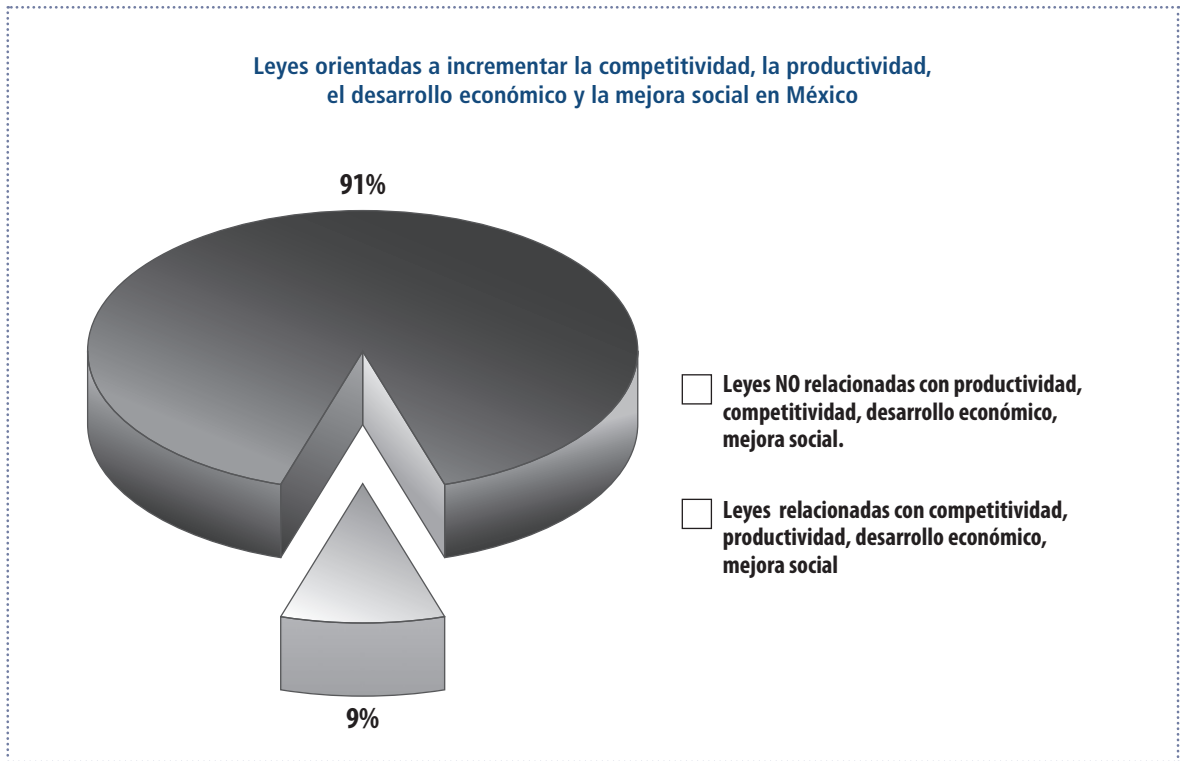
y de por qué se había perdido gran parte del mercado doméstico de cara a los productos chinos. De esta forma, llegó a la conclusión de que los factores antes expuestos (la falta de reformas) no eran los únicos causantes del freno al crecimiento económico mexicano.<sup>12</sup>

Al conocer las conclusiones del estudio del profesor Hausmann, nos dimos a la tarea de realizar un estudio de análisis de las leyes mexicanas vigentes, con el objeto de determinar cuáles están orientadas a fortalecer y ofrecer condiciones necesarias para “mejorar la productividad”, “incrementar la competitividad”, “incentivar el desarrollo económico”, y

“provocar una mejora social”, principalmente. En la actualidad, el Congreso de la Unión cuenta con un total de 253 leyes federales, aprobadas y vigentes; si incluimos los reglamentos, códigos, ordenanzas y estatutos, así como la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 de México; en el país tenemos en total 270 documentos legislativos vigentes.<sup>13</sup>

De la totalidad de estas leyes, únicamente 25 consideran, en su contenido, fortalecer y mejorar las condiciones en los rubros antes mencionados.

En las figuras 1.3 y 1.4 se pueden apreciar gráficamente los resultados de este estudio.



**Figura 1.3** Comparativo del porcentaje de leyes cuyo contenido se orienta a fortalecer y ofrecer condiciones adecuadas para mejorar la productividad, incrementar la competitividad, incentivar el desarrollo económico y provocar la mejora social, principalmente.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de la página web del Congreso de la Unión, Leyes Federales de México. LXI Legislatura: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>. Consultada el 15 julio de 2011.

<sup>12</sup> Andrés O., *¡Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro*, Debate, 2010, p. 56.

<sup>13</sup> Consultado el 15 de julio de 2011 de: página web del Congreso de la Unión, Leyes Federales de México. LXI Legislatura: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>

Un análisis detallado de los resultados obtenidos de nuestra investigación, permite concluir que el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 para México y la Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, son los únicos documentos

que cuentan con un número de artículos o estrategias importantes que contribuyen a crear las condiciones para generar inversiones y empleos en nuestro país. Es decir, *solo 9% de las leyes vigentes actuales* contribuye a fortalecer la competitividad de nuestra nación.

**Documentos legislativos que contribuyen a fortalecer la competitividad, la productividad, el desarrollo económico y el desarrollo social en México**



Figura 1.4 Comparativo del número de artículos o estrategias en diversos documentos legislativos cuyo contenido se orienta a fortalecer y ofrecer condiciones adecuadas para mejorar la productividad, incrementar la competitividad, incentivar el desarrollo económico y provocar la mejora social, principalmente.\*

\* Fuente: Elaboración propia con datos tomados de: Andrés O. /Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro, Debate, 2010, p. 55.



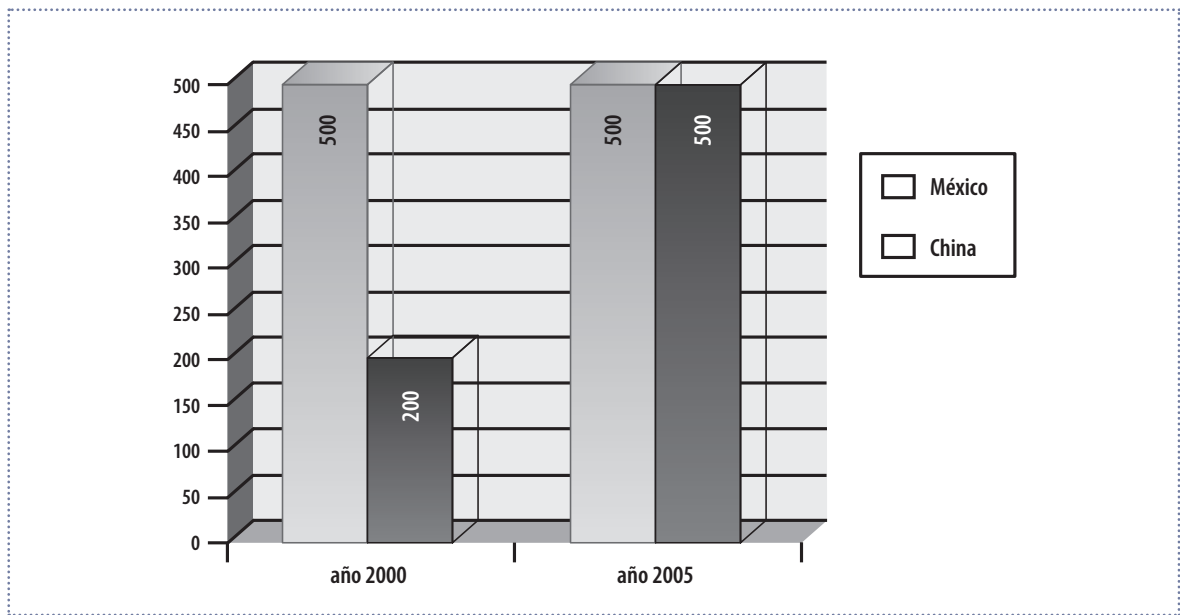
**Sugerencia**

Si desea conocer a detalle este estudio, le solicitamos que consulte el siguiente enlace:  
[www.estudioingdemetodos\(1\).mx](http://www.estudioingdemetodos(1).mx) <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/>

Como se aprecia en los resultados de nuestro estudio, en la actualidad se carece de infraestructura legislativa óptima para brindar un apoyo decidido al sector productivo de nuestro país. Pero, ¿este factor

es en realidad el que contribuye a que la competitividad nacional e internacional de nuestra nación sea inferior a la requerida por las condiciones establecidas en el contexto mundial?

Al explorar con detalle el estudio realizado por Hausmann, podemos observar que este se concentró posteriormente en el análisis del sector económico de la manufactura de nuestro país, y concluyó que la industria china estaba desplazando dramáticamente a las empresas mexicanas; en solo un lustro China exportó la misma cantidad de productos que México, como se aprecia en la figura 1.5.



**Figura 1.5** | Los productos chinos desplazaron a los mexicanos en el mercado de exportación de Estados Unidos de América en tan solo un lustro.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados de Andrés O., *¡Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro*, Debate, 2010, p. 56.

El equipo comandado por Hausmann se dio a la tarea de comparar la reacción de las empresas mexicanas con respecto a las europeas, cuando productos chinos similares o iguales a los suyos incursionaban en el mercado de Estados Unidos de América. Dado este caso, las empresas europeas reaccionaban retirando los productos del mercado estadounidense y los sustituían por nuevos productos de mayor calidad, reemplazando a los originales.

En cambio, la reacción de los productores mexicanos consistía en reducir los precios de venta de sus productos, con lo cual se mermaba su capital de crecimiento y, en un mediano plazo, dejaban de ser competitivos.

Entonces, la pregunta que surgió fue: *¿Por qué los europeos, hindúes, sudcoreanos, etcétera, pueden modernizar constantemente lo que producen?*

La respuesta fue abrumadora: *Porque cuentan con una mayor capacidad innovadora.*

Así, se concluyó que el problema no se situaba en la capacidad de los operarios, sino en la capacidad de quienes se ubican en los puestos gerenciales.<sup>14</sup>

De ser congruente esta conclusión, las expectativas de empleo en las áreas de ingeniería deben ser las de mayor demanda, tanto a nivel nacional como internacional. De acuerdo con estudios realizados por la empresa Manpower acerca de los 10 puestos de trabajo que más dificultad tienen los empleado-

res para cubrir, dentro de los 36 países y territorios en los que tiene operaciones, el de profesionales de la ingeniería es el más difícil, como se puede apreciar en las figuras 1.6, para el caso global, y 1.7, para el caso nacional.

### Sugerencia

Si desea obtener información detallada por región geográfica y por país, se le sugiere que visite los siguientes enlaces:

[http://www.estudioingdemetodos\(2\).mx](http://www.estudioingdemetodos(2).mx)

<http://www.manpower.com.mx/index.php/pages/estudios-e-investigaciones>

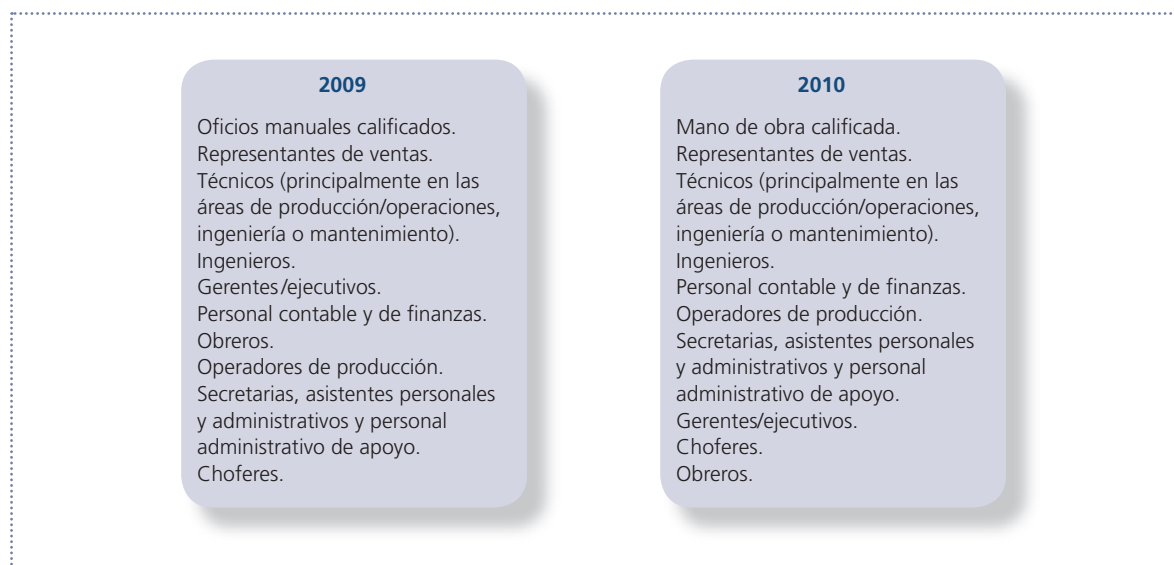


Figura 1.6 Los 10 puestos de trabajo más difíciles de cubrir a nivel mundial.

**Fuente:** Elaboración propia con información tomada de Manpower, *Escasez mundial de talento: por qué la marca como empleador es importante ahora*, 2009, p. 9; y Manpower, *Aprendiendo a aprender: Una forma de enfrentar la escasez de talento*, 2010, p. 21. Consultados en: [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

Con base en el estudio de Hausmann, la *innovación* es una capacidad de la que adolece el recurso humano nacional que se ubica en los mandos intermedios. De acuerdo con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la creatividad/innovación

es la segunda competencia más difícil de encontrar en los aspirantes a cubrir las vacantes disponibles y también la segunda en importancia con respecto al tipo de competencias indispensables que facilitan la integración al mercado laboral.

En la figura 1.8 se muestran con detalle las competencias más difíciles de encontrar en un trabajador, así como las competencias necesarias más importantes para la inserción al mercado laboral.

<sup>14</sup> Andrés O., *¡Basta de historias! La obsesión latinoamericana con el pasado y las 12 claves del futuro*, Debate, 2010, p. 57.



Figura 1.7 Lugar que ocupan las vacantes de ingeniería dentro de los 10 puestos de trabajo más difíciles de cubrir en México.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Manpower, *Escasez mundial de talento: por qué la marca como empleador es importante ahora*, 2009, p. 9; y Manpower, *Aprendiendo a aprender: Una forma de enfrentar la escasez de talento*, 2010, p. 21. Consultados en: [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

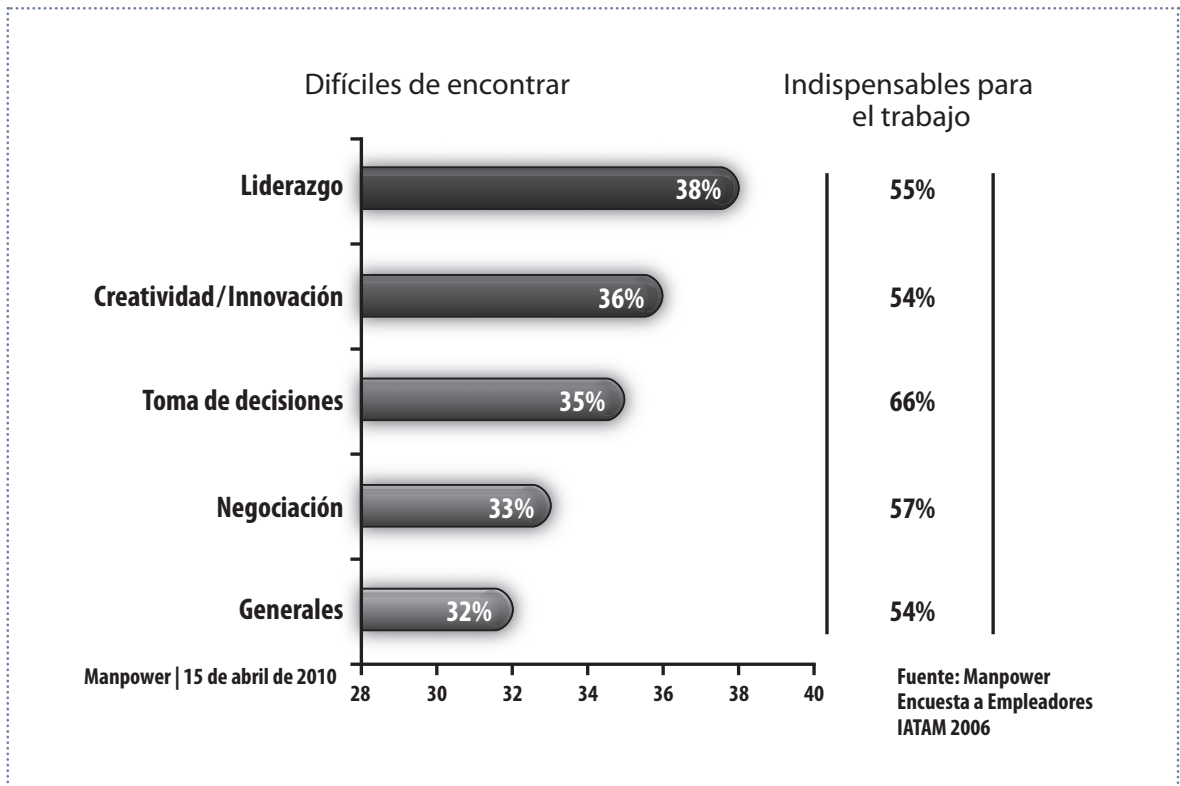


Figura 1.8 Competencias difíciles de encontrar y aquellas indispensables para facilitar la integración productiva a la sociedad.

Fuente: Instituto Politécnico Nacional, *Primer Foro Empresarial Académico*, México, D.F., abril de 2010.

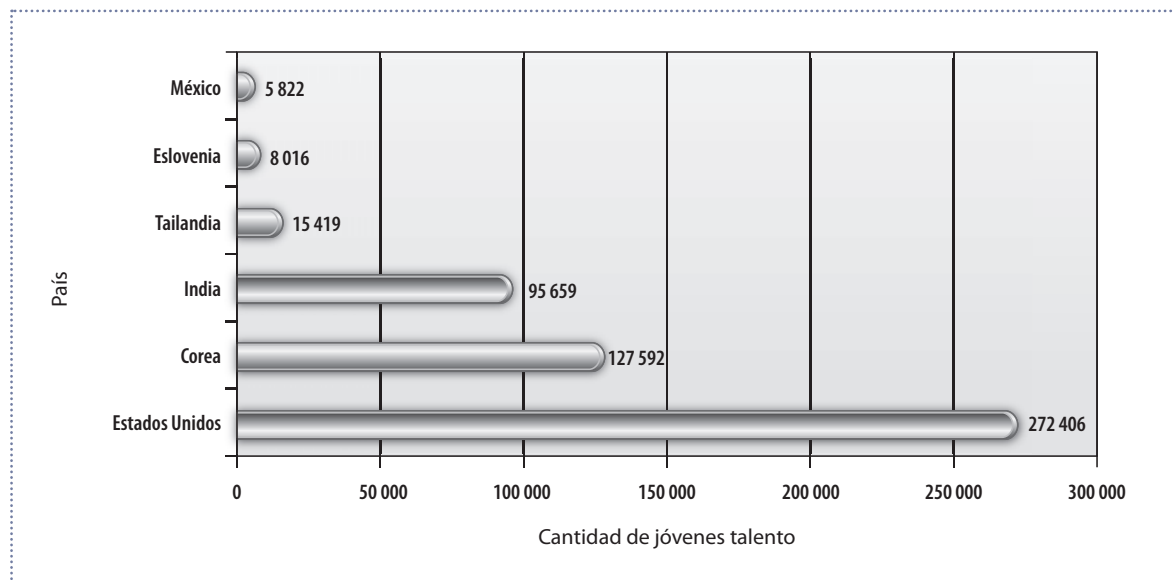
Con base en lo antes expuesto, resulta indispensable destacar que la *ingeniería de métodos es un área de conocimiento de la ingeniería aplicada que requiere una gran capacidad de creatividad/innovación*. Por este motivo, a continuación realizamos un análisis sobre este punto, tomando como base un grupo de jóvenes estudiantes que cursan los niveles de educación básica y media superior en nuestro país.

Para la realización de este estudio, se consideraron los resultados obtenidos en la prueba PISA de matemáticas, aplicada en 2003, cuyos resultados se publicaron en el capítulo 2, denominado “Producing Superstars for the Economic Mundial: The Mexican Predicament with Quality of Education”, del informe *The Mexico Competitiveness Report 2009*.

De esta forma, a aquellos estudiantes que obtuvieron una puntuación superior a 625 unidades (a quienes denominaremos como jóvenes talento),

se les clasificó como estudiantes de “alta calidad” que se insertarán al mercado laboral. De acuerdo con nuestro estudio, la mayor parte de estos jóvenes talento egresará de las áreas de ingeniería y tecnología; asimismo, se estima que este grupo posee la capacidad de creatividad/innovación requerida y, por tanto, cada uno de ellos puede ser un candidato potencial para estudiar en el extranjero y competir profesionalmente en cualquier región del mundo.

Los resultados del informe *The Mexico Competitiveness Report 2009* son abrumadores, pues la cantidad de jóvenes que presenta un alto perfil educativo en otros países, en especial en el rubro de matemáticas, es casi 50 veces mayor que la que genera el sistema educativo mexicano. En la figura 1.9 se pueden observar gráficamente los resultados de este análisis.



**Figura 1.9** Comparativo del número de jóvenes, en diferentes países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que se integrarán productivamente a la sociedad en las áreas de ingeniería y tecnología.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del informe: *The Mexico Competitiveness Report 2009* © 2009 World Economic Forum, Harvard University, Anexo A, Tabla A3, p. 89.

Como se aprecia en la figura 1.9, el déficit de talentos en México es considerable y preocupante. De acuerdo con la, *Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación en el Sector Manufacturero* publicada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el Instituto Nacional de Geografía

*rios, Tecnología y Capacitación en el Sector Manufacturero* publicada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el Instituto Nacional de Geografía

y Estadística (STPS-INEGI), a fines del año 2001, el número total de establecimientos manufactureros era de 333 649, mientras que las compañías catalogadas como microempresas eran las de mayor participación, con 311 293 unidades.

Si consideramos que estos jóvenes serán los profesionales de “alta calidad”, que se graduarán en el futuro en las áreas de ingeniería y tecnología, y

que se integrarán productivamente a las unidades económicas del sector manufacturero de nuestro país, cada uno de ellos deberá atender un total de 57,3 empresas.

La figura 1.10 presenta la composición del número de establecimientos manufactureros, clasificados de acuerdo con su tamaño.

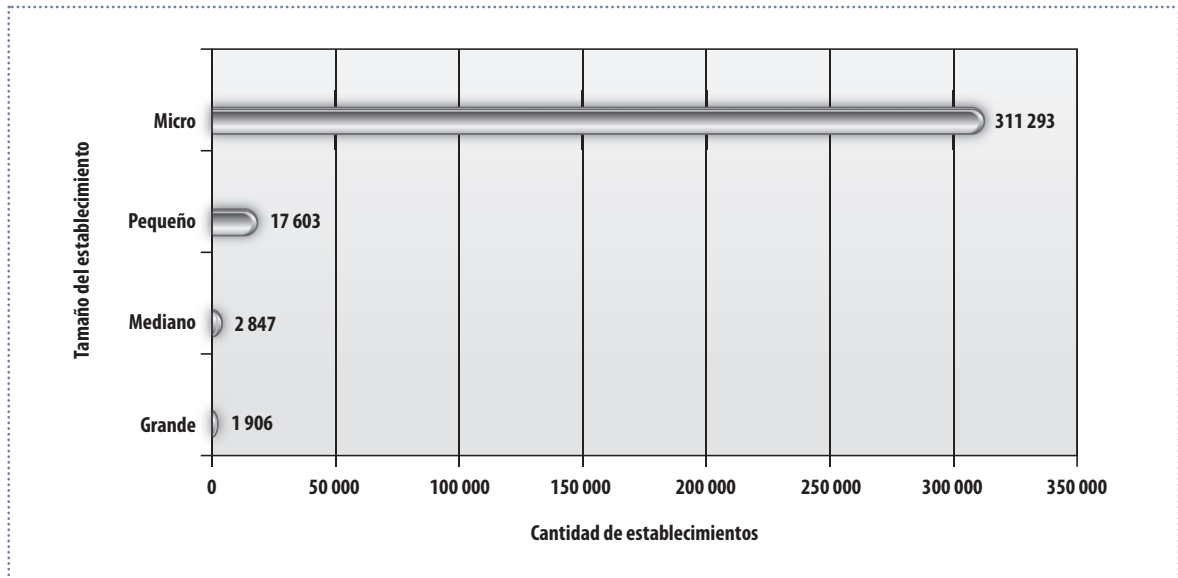


Figura 1.10 | Número de establecimientos manufactureros clasificados de acuerdo con su tamaño.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del Portal del empleo STPS, estadísticas del mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación, [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WBes](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WBes), consultada el 24 de agosto de 2011.

En el mejor de los casos, 82% de los jóvenes mexicanos talento egresados, con seguridad, se emplearán en los establecimientos manufactureros grandes y medianos, mientras que el resto (18%) podría estar desempeñándose productivamente en los establecimientos manufactureros pequeños y micro. Esta situación fundamenta la argumentación del porqué estos jóvenes presentan un rezago tecnológico tan drástico y preocupante en nuestro país.

### Sugerencia

Si desea obtener información detallada acerca de los criterios de clasificación de los establecimientos manufactureros y de la cantidad existente de dichos establecimientos por región geográfica en nuestro país, visite el siguiente enlace:

[www.estudioingdemetodos\(3\).mx](http://www.estudioingdemetodos(3).mx)

Puesto que a esta generación de jóvenes es a la cual debemos educar, para que sean ellos quienes tomen las riendas del sector manufacturero, de servicios, comercio, entre otros, con el propósito de formar a los futuros profesionistas que ocuparán los empleos requeridos por la población, a fin de incrementar el crecimiento económico mediante el uso de las técnicas de la ingeniería de métodos, principalmente, es importante saber, entre otras cosas, cuáles son sus características de personalidad y de desenvolvimiento en las organizaciones; además de cómo contribuirán ellos, con su personalidad, a conseguir los resultados establecidos en estas organizaciones y los diferentes puntos de vista que tienen acerca del hecho de que deberán convivir con otras generaciones dentro de un mismo entorno de trabajo.

De acuerdo con lo anterior, es indispensable proporcionar la atención debida a la siguiente situación: “por primera vez en la historia, **cuatro generaciones** coinciden en el mismo tiempo y espacio de trabajo, **gracias a cambios** culturales, productivos, tecnológicos y demográficos, así como a las condiciones de las expectativas de vida y salud de las personas. Todo ello ha permitido que, en la actualidad, **85% de los profesionales** se relacione con al menos tres generaciones distintas en su lugar de trabajo, en esta región de nuestro planeta.

Cada una de estas tres generaciones está conformada por individuos que crecieron y se desarrollaron en un entorno significativamente distinto al de aquellos que pertenecen a la generación anterior. *De ahí, que cada grupo de individuos que nació en un periodo determinado comparta valores y prioridades, entienda el trabajo de formas distintas, mantenga actitudes diferentes ante la autoridad, ejerza y viva la responsabilidad también a su manera”.*

La diferencia de objetivos, principios y valores de cada generación puede derivar en conflictos de fondo, los cuales, a su vez, pueden afectar el ambiente laboral, puesto que estas generaciones que hoy conviven en el mundo laboral tienen una diferencia máxima de 51 años y comprenden desde los “**tradicionalistas**” (nacidos antes de 1946), pasando por los “**Baby boomers**” (nacidos entre 1946 y 1964) y los miembros de la “**Generación X**” (nacidos entre

1964 y 1976), hasta los pertenecientes a la “**Net Generation**” (nacidos entre 1977 y 1997).<sup>15</sup>

En el caso de México, los análisis realizados por la empresa Manpower concluyen que en 30% de las empresas, los trabajadores menores de 30 años llegan a ser más de la mitad de la fuerza laboral total en cada unidad económica; esto significa que la tercera parte de la economía está dominada por la “Generación Y” o *Net Generation*, la cual apenas está en proceso de integración a la fuerza laboral del país.<sup>16</sup>

Por lo general, la innovación continúa, así como la frescura en las ideas y su ejecución, las cuales requieren de ciertos niveles de inquietud, rebeldía y adrenalina, características que con mayor frecuencia destacan en las personas de menor edad y en los recién egresados de las instituciones de educación superior.

No obstante, es indispensable ser cuidadoso, con el fin de evitar que se genere un ambiente en el que los jóvenes basen sus acciones en una conducta impulsiva, para provocar espontaneidad, frescura, posibilidad de innovar y “romper las reglas” de manera inteligente, debido a que esto puede provocar una situación sin reglas, objetivos, límites ni dirección.

La competencia global y el rápido avance tecnológico han provocado que las formas tradicionales en las organizaciones se vean afectadas y deban modificar diversos aspectos. En el caso del talento del personal que colabora en estas, las organizaciones han comenzado a demandar una mayor visión integral del negocio.

En tanto, por lo que respecta a las propias organizaciones, estas han tenido la necesidad de desarrollar una mayor inventiva, con el fin de generar espacios transversales, los cuales han dado cauce al desarrollo de nuevas carreras, para lograr una nueva economía y una competencia novedosa. En resumen, por lo general, se han tenido que desarrollar estrategias y acciones encaminadas a proporcionar los espacios necesarios a diversas generaciones, para alimentar los ciclos de innovación,

<sup>15</sup> “Reescribiendo las reglas: La interacción generacional en el trabajo”, Manpower, 2010, p. 1. [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

<sup>16</sup> *Ibíd.*, pág. 6.

en los cuales la permanencia de los fundadores de la organización ha implicado una exigencia de liderazgo en el cambio.<sup>17</sup>

Como ya se mencionó, en la mayoría de las organizaciones conviven al menos tres generaciones; aun cuando es probable que haya algunas compañías en las que no haya tradicionalistas, la diversidad generacional siempre está presente, lo cual es una de las claves para entender el futuro cercano de la composición de la fuerza laboral.<sup>18</sup> Esta situación es fundamental para la aplicación de las **técnicas de la ingeniería de métodos**, las cuales permiten alcanzar la productividad y la competitividad de la organización, bajo la consideración de que el factor primordial para ello es el ser humano.

La ingeniería de métodos orienta sus esfuerzos a mejorar continuamente la productividad, la rentabilidad y la competitividad de los procesos productivos en las organizaciones, lo que conlleva a la realización de cambios de diferentes grados de magnitud, los cuales, por lo general, deberán ser asimilados y operados por seres humanos, quienes tienen diversas motivaciones, paradigmas, puntos de vista, etcétera. Es importante destacar que las diferencias generacionales son relevantes en la medida en que cada grupo generacional ha sido educado e influido por valores, actitudes y comportamientos distintos. Los patrones culturales, los acontecimientos históricos, las referencias populares y las tecnologías empleadas por los diferentes grupos generaciona-

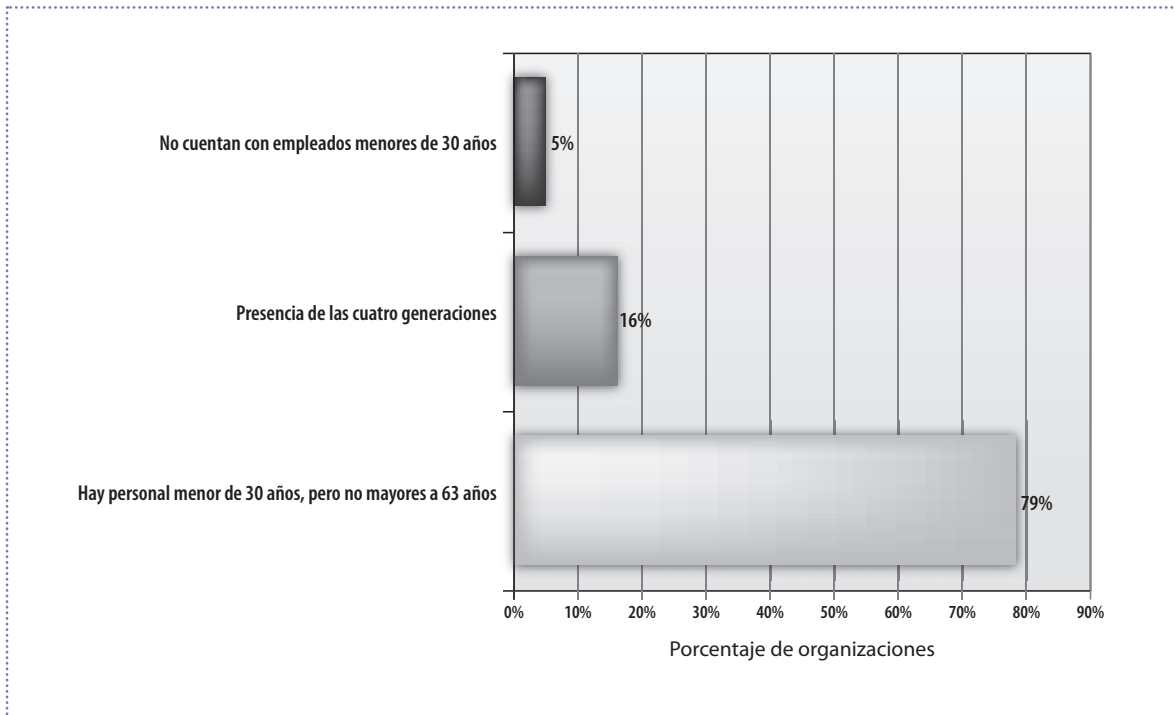


Figura 1.11 Diversidad generacional en las unidades económicas.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del estudio: Manpower, *Reescribiendo las reglas: La interacción generacional en el trabajo*, 2010, p. 8. Consultado en: [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 7.

<sup>19</sup> *Ibíd.*, p. 7.

les influyen en gran medida en sus principios, convirtiéndose en reacciones conscientes y hasta en reflejos inconscientes, los cuales definen las características que identifican plenamente a cada generación. Aunado a ello, la estructura organizacional provoca que, por lo general, los esfuerzos de trabajo y de comunicación entre las distintas generaciones se interrelacionen en los segmentos de planeación,

mando, control y operación, desempeñando un papel muy importante, a fin de alcanzar las metas y los objetivos planteados en la organización.

Por lo anterior, es importante que sepamos cuáles son las características que diferencian a cada una de las generaciones que en la actualidad coinciden en tiempo y espacio en los diversos sectores productivos.

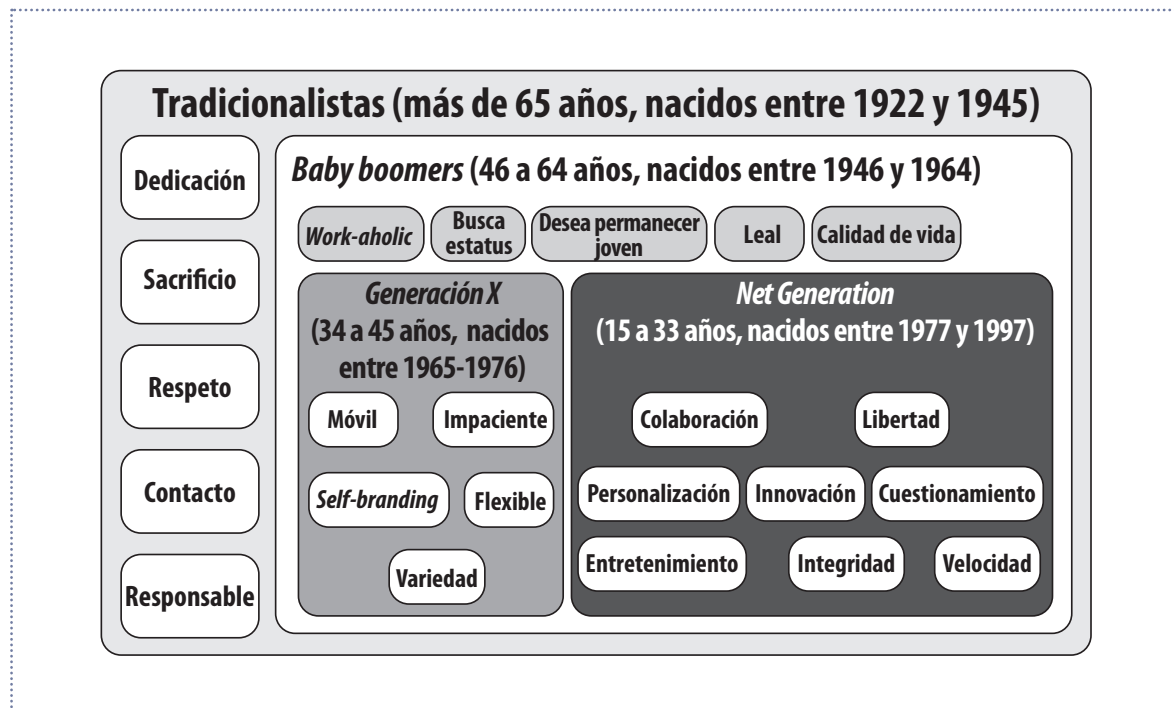


Figura 1.12 Características que distinguen a cada una de las generaciones que en la actualidad coinciden en tiempo y espacio dentro de las organizaciones del mundo.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del estudio: Manpower, *Reescribiendo las reglas: La interacción generacional en el trabajo*, 2010, p. 9. Consultado en: [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

La ingeniería de métodos busca incrementar el bienestar económico y social de la población en general, al mejorar la productividad, la rentabilidad y la competitividad de los procesos productivos, considerando que el principal factor que incide en el alcance de estos objetivos es el ser humano.

Por tanto, es importante conocer cuáles son las principales características de la personalidad de las diversas generaciones que están interactuando en

tiempo y espacio dentro del sector productivo nacional, con el fin de establecer estrategias para el desarrollo de actividades concretas y para la aplicación de la ingeniería de métodos con el menor riesgo de fracaso posible, tanto para los receptores como para los grupos de trabajo, los cuales son los responsables de realizar las actividades encaminadas a mejorar la productividad y la eficiencia en los procesos productivos.



Aspecto distintivo		Aspectos de la personalidad para cada tipo de generación			
		Generación			
		Tradicionalistas	<i>Baby boomers</i>	<i>Generación X</i>	<i>Net Generation (Y)</i>
Aspectos positivos de personalidad	Experiencia y conocimiento	Cuentan con experiencia, conocimiento y madurez.	Conocen la forma de trabajar y dejan huella.	Tienen más experiencia. Están más capacitados.	Están más actualizados en la tecnología.
	Control	Tienen dominio de sus actividades.	Son muy responsables y disciplinados. No son conflictivos.	Son más estables.	Tienen más agresividad profesional.
	Trascendencia	Muestran una gran dedicación en su trabajo.	Quieren modernizarse. Les gusta su trabajo y quieren mantenerlo.	Cuidan su empleo.	Tienen nuevas ideas y estrategias; fresca y energía.
	Principios	Cuentan con madurez.	Apoyan a las personas de nuevo ingreso. Aportan valores.	Enseñan a los jóvenes. Son más responsables.	Tienen mejor actitud.
Aspectos negativos de personalidad	Salud	Tienen muchos problemas de salud.	Faltan por problemas de salud. Se comportan con malicia.	Son conformistas y apáticos.	Son inmaduros e inestables.
	Pensamiento	No abren sus horizontes.	No se acoplan con personas de menor edad. Pensamiento cerrado. Tienen deseos de retirarse.	Están a la defensiva. Tienen ideas fijas.	No acatan las reglas. Les falta compromiso.
	Adaptación al cambio	No están dispuestos a cambiar. Son lentos, no aceptan presiones.	No aceptan los cambios.	Les cuesta trabajo adaptarse. Generan problemas.	Son conflictivos y problemáticos.
Comportamiento social	Esteriotipo	No son ágiles físicamente.	Están cansados. Creen tener competencia con los jóvenes. Conocen bien sus actividades.	Tienen sus propias ideas.	No buscan estabilidad laboral. Tienen otras perspectivas con respecto al trabajo.
	Otras características	Son tranquilos.	Siguen pautas de conducta ya establecidas.	Tienen una vida estable.	No siguen políticas establecidas.

Tabla 1.2 Aspectos de la personalidad de las generaciones que en la actualidad coinciden en tiempo y espacio dentro de las organizaciones del mundo.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del estudio: Manpower, *Reescribiendo las reglas: La interacción generacional en el trabajo*, 2010, p. 9. Consultado en: [www.manpower.com.mx](http://www.manpower.com.mx)

Con base en la información presentada en la figura 1.11 y la tabla 1.2, es posible afirmar que resulta más factible que, para poner en marcha proyectos de ingeniería de métodos en una organización productiva, la mayoría de los individuos que serán evaluados y posteriormente readiestrados para desempeñar su labor de una manera más eficiente, segura y rentable, serán aquellos menores de treinta años.

Como ya se dijo antes, es muy probable que en la mayoría de las organizaciones productivas a nivel mundial, los grupos de trabajo estén integrados por tres generaciones: los “Baby boomers”, los miembros de la “Generación X” y los miembros de la generación “Net Generation”. Sin embargo, hay que tener en cuenta algo importante: en muchos casos, los jóvenes de la “Generación Y” o *Net Generation* no buscan un trabajo estable, sino un proyecto temporal que les permita alcanzar metas a corto plazo, como financiar sus estudios o acceder (de un trabajo a otro) a oportunidades más afines con sus aspiraciones personales.<sup>19</sup>

Los niveles de rotación de personal de sujetos que pertenecen a esta generación pueden ser superiores a los convencionales; no obstante, es importante considerar que los resultados de los estudios realizados indican que, para su realización profesional, los jóvenes buscan un espacio laboral que les permita cumplir con objetivos que se han fijado a corto plazo y que, a la vez, los conduzcan a una esfera distinta de expectativas y desarrollo laboral en una etapa posterior de su vida.<sup>20</sup>

Otro factor que es necesario considerar para que las características de la personalidad generacional incidan de forma directa en los resultados de los proyectos de ingeniería de métodos que se emprendan en las organizaciones, es el nivel de uso intensivo de mano de obra que lleva a cabo cada sector de la industria manufacturera.

En la figura 1.13 se presenta un comparativo en el que es posible apreciar que el subsector de productos metálicos, maquinaria y equipo es el que ma-

yor incidencia tiene en el empleo de mano de obra general y especializada. Por tal motivo, gran parte de los jóvenes que pertenecen a la “Generación Y” serán quienes estarán siendo captados por las empresas de este subsector de la economía. Otro aspecto importante, que es necesario destacar, es que 70% de la plantilla laboral está concentrada principalmente en tres subsectores:

1. Productos alimenticios, bebidas y tabaco.
2. Productos textiles, prendas de vestir e industria del cuero.
3. Productos metálicos, maquinaria y equipo.

Por tanto, los estudios de ingeniería de métodos que se realicen deberán contemplar lo que se ha indicado con anterioridad. [Figura 1.13.]

### Sugerencia

Si se desea obtener mayor información acerca de las características de las diferentes generaciones que conviven en tiempo y espacio en las diferentes organizaciones productivas de nuestro país, puede consultar el siguiente enlace:

[www.estudioingdemetodos\(4\).mx](http://www.estudioingdemetodos(4).mx)

Dado que la ingeniería de métodos busca incrementar el bienestar económico y social de la población en general a través de la competitividad de los diversos sectores económicos, es interesante saber cuáles de estos ofrecen mayores ventajas competitivas y cuentan con un mayor potencial de crecimiento y posibilidad de atracción de inversiones nacionales y extranjeras.

Con base en la información difundida en diversos medios, sabemos que la competencia global de las últimas décadas ha provocado que numerosas empresas consideren transferir sus operaciones hacia aquellos países que ofrecen mayores ventajas competitivas, por ejemplo, en lo referente a costos de recursos productivos y facilidades logísticas para exportar a los mercados más atractivos.

En consecuencia, se ha incrementado la competencia entre países para posicionarse como destino de inversión extranjera, por lo que la mayoría de estos ha realizado importantes esfuerzos por explotar y fortalecer sus fuentes de ventaja competitiva.

<sup>19</sup> *Op. cit.*, p. 6.

<sup>20</sup> *Ídem.*

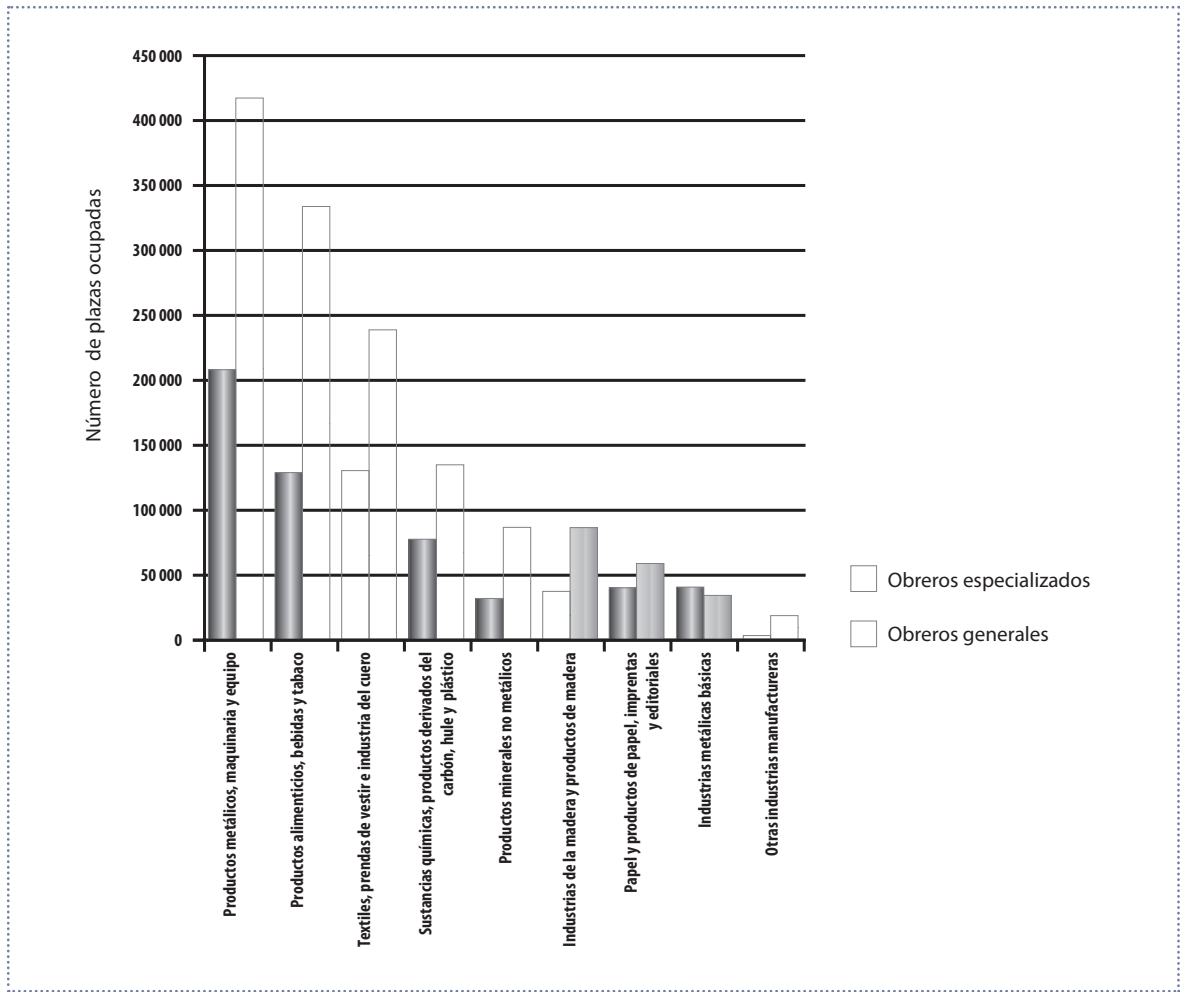


Figura 1.13 Cantidad de puestos de trabajo de mano de obra general y especializada, distribuidos por subsector económico.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del portal del empleo de la página web de la STPS, de estadísticas del mercado laboral, de encuestas en establecimientos, de la Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultada el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB.es](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB.es)

Debido a lo anterior, la Secretaría de Economía de México encargó un estudio con el objetivo de identificar los sectores estratégicos con mayor potencial de crecimiento y de impacto en el desarrollo económico de nuestro país.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> L. Martínez, Secretaría de Economía, Subsecretaría de Industria y Comercio, *Diagnóstico y estrategia para promover la inversión y transferencia de operaciones a México*. Resumen del estudio de BCG y sus principales conclusiones, 2010, pp. 2-13.

Con base en los resultados arrojados por este estudio, fue posible estructurar una respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los sectores y subsectores de la economía nacional más competitivos y con mayor impacto económico?
2. ¿Qué sectores económicos son prioritarios para el desarrollo del mercado interno?

- ¿Qué sectores económicos son clave para el desarrollo de profesionistas y emprendedores?

Es obvio que la aplicación de la ingeniería de métodos será un factor determinante para contribuir a lograr un nivel de competitividad y de mejora de la productividad en las empresas que integran los

sectores definidos en dicho estudio, debido a que las técnicas de esta disciplina provocan la reducción de costos, la mejora de los tiempos de producción y se aprovechan con mayor eficiencia los recursos, entre otros.

En las figuras 1.14, 1.15 y 1.16 se muestran de forma gráfica los resultados de este estudio.

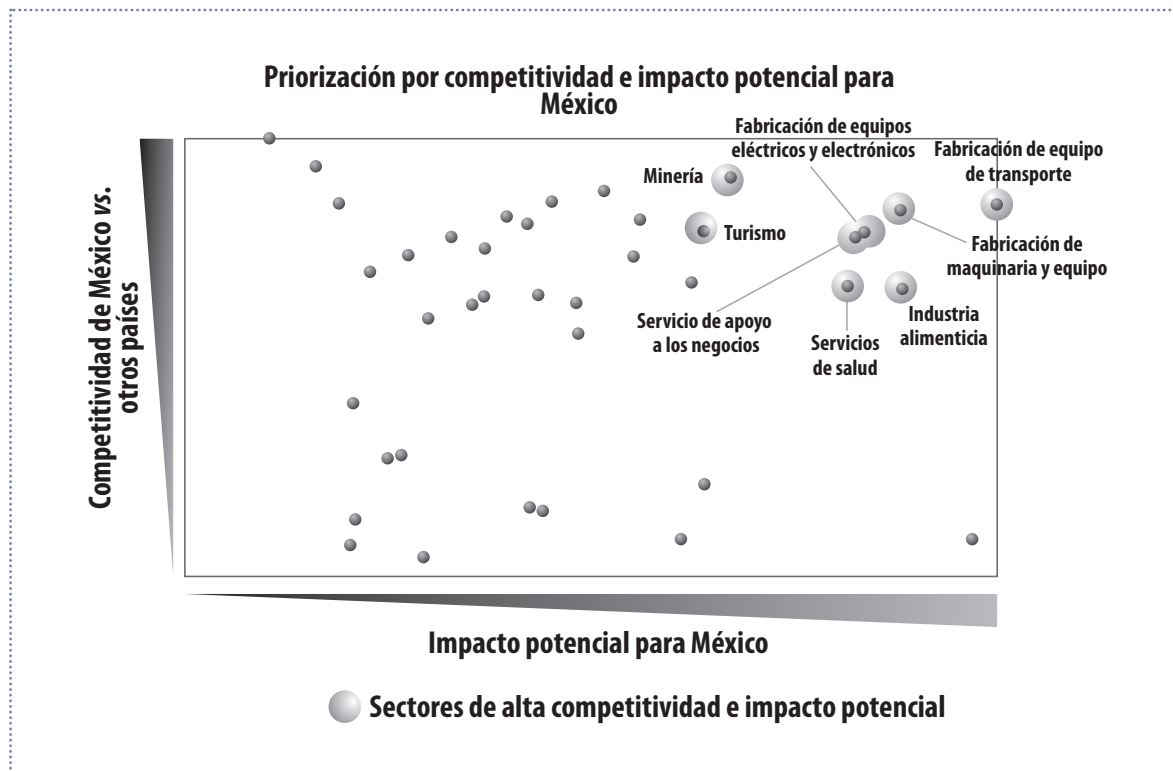


Figura 1.14 Sectores económicos con alta competitividad e impacto potencial para México.

**Fuente:** L. Martínez, Secretaría de Economía, Subsecretaría de Industria y Comercio, *Diagnóstico y estrategia para promover la inversión y transferencia de operaciones a México, Resumen del estudio de BCG y sus principales conclusiones*, 2010, p. 9.

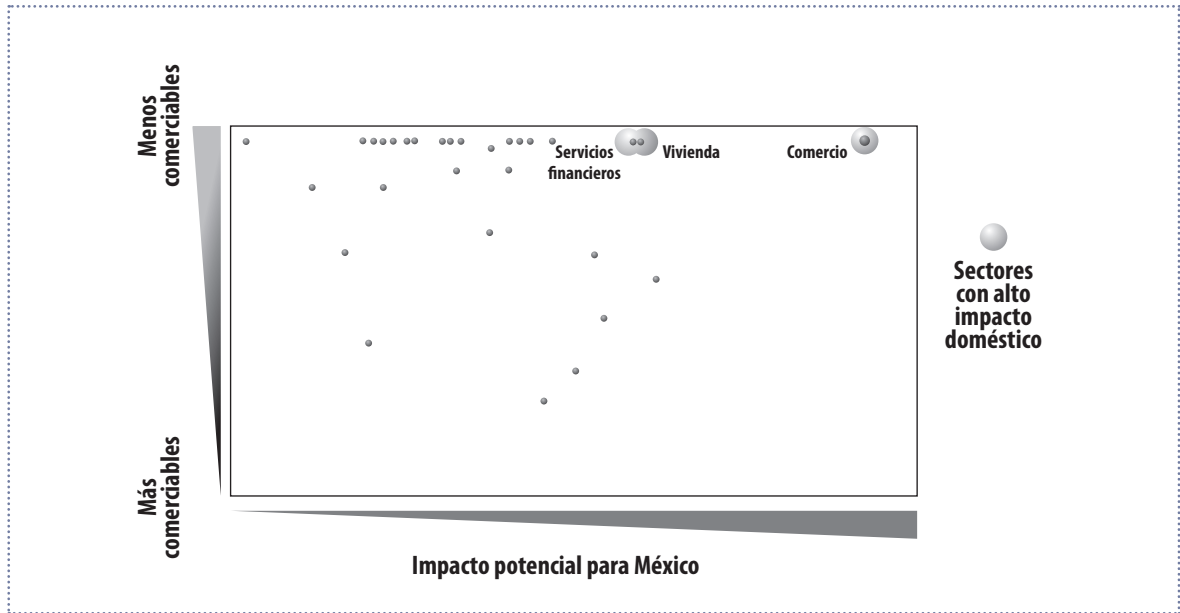
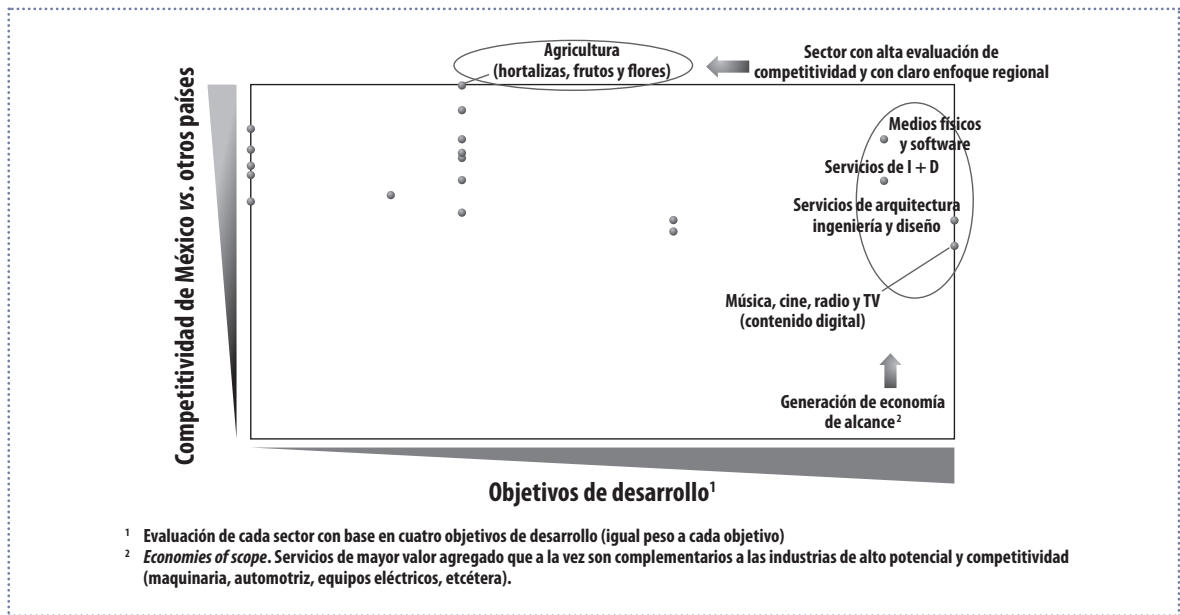


Figura 1.15 Sectores económicos con alta competitividad e impacto potencial para México.

Fuente: L. Martínez, Secretaría de Economía, Subsecretaría de Industria y Comercio, *Diagnóstico y estrategia para promover la inversión y transferencia de operaciones a México, Resumen del estudio de BCG y sus principales conclusiones*, 2010, p. 10.



<sup>1</sup> Evaluación de cada sector con base en cuatro objetivos de desarrollo (igual peso a cada objetivo)

<sup>2</sup> *Economies of scope*. Servicios de mayor valor agregado que a la vez son complementarios a las industrias de alto potencial y competitividad (maquinaria, automotriz, equipos eléctricos, etcétera).

Figura 1.16 Sectores económicos con alta competitividad e impacto potencial para México.

Fuente: L. Martínez, Secretaría de Economía, Subsecretaría de Industria y Comercio, *Diagnóstico y estrategia para promover la inversión y transferencia de operaciones a México, Resumen del estudio de BCG y sus principales conclusiones*, 2010, p. 11.

Como se puede apreciar en las figuras 1.14, 1.15 y 1.16 y con base en la información expuesta antes, es posible afirmar que 50% de los sectores económicos que en el futuro recibirán inversión extranjera directa corresponden al sector de la manufactura. Debido a ello, la ingeniería de métodos será un elemento fundamental para elevar los niveles de productividad y competitividad, incrementando la mejora continua de los procesos, desarrollando nuevas técnicas de producción y de administración, utilizando nuevos materiales y disponiendo de diferentes tipos de energía alternativa, entre otros aspectos. *Por esta razón, uno de los objetivos de este libro es demostrar que es indispensable formar el recurso humano requerido por las nuevas condiciones geoeconómicas en las que se desarrolla nuestro país, para afrontar los retos que se presentarán en un futuro cercano con respecto a la inversión extranjera directa.*

A continuación se presenta la lista correspondiente:<sup>22</sup>

1. Fabricación de equipo de transporte (**manufactura**).
2. Fabricación de maquinaria y equipo (**manufactura**).
3. Fabricación de equipos eléctricos y electrónicos (**manufactura**).
4. Minería (excluyendo petróleo y gas).
5. Servicios de apoyo a negocios (servicios).
6. Industria alimentaria (**manufactura**).
7. Servicios de salud (servicios).
8. Turismo (servicios de alojamiento temporal).

<sup>22</sup> Elaboración propia con datos tomados de L. Martínez, Secretaría de Economía, Subsecretaría de Industria y Comercio, *Diagnóstico y estrategia para promover la inversión y transferencia de operaciones a México*, Resumen del estudio de BCG y sus principales conclusiones, 2010, p. 13.

### Sugerencia

Si desea obtener información detallada sobre los criterios definidos para el estudio de competitividad y los resultados por región geográfica en nuestro país, visite las siguientes direcciones de Internet:

[http://www.estudioingdemetodos\(5\).mx](http://www.estudioingdemetodos(5).mx)

<http://www.ipade.mx/programas/continuidad-actualizacion/vinculacion/Documents/Entorno%20Mexicano%202010%20criterios%20de%20b%C3%BAsqieda%20de%20oportunidades%20d.pdf>

Como ya se dijo antes, una de las principales limitantes para el crecimiento económico de México es la falta de capacidad de innovación de las personas que ocupan los puestos gerenciales. Con base en la información de la *Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación en el Sector Manufacturero*, publicada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (STPS-INEGI), se establece el “porcentaje de trabajadores que cuentan con la calificación adecuada en los establecimientos manufactureros, por nivel ocupacional, en el año 2001”, donde se aprecia que el nivel ocupacional de empleados, en el que se desempeñan los gerentes, los jefes, los supervisores y los coordinadores, presenta un porcentaje general aceptable; no obstante, no es suficiente para la competencia global, debido a que apenas alcanza 88.76%, siendo superado por el porcentaje correspondiente a los obreros calificados. En el caso de los subsectores que tienen un desempeño internacional, como el de las industrias metálicas básicas, de minerales y otras industrias manufactureras —en donde se incluye a la industria automotriz y de autopartes—, el porcentaje es superior a 90%.

En la figura 1.17 se presentan de forma gráfica los resultados del análisis realizado con base en la información anterior, para cada uno de los subsectores del sector manufacturero del país.

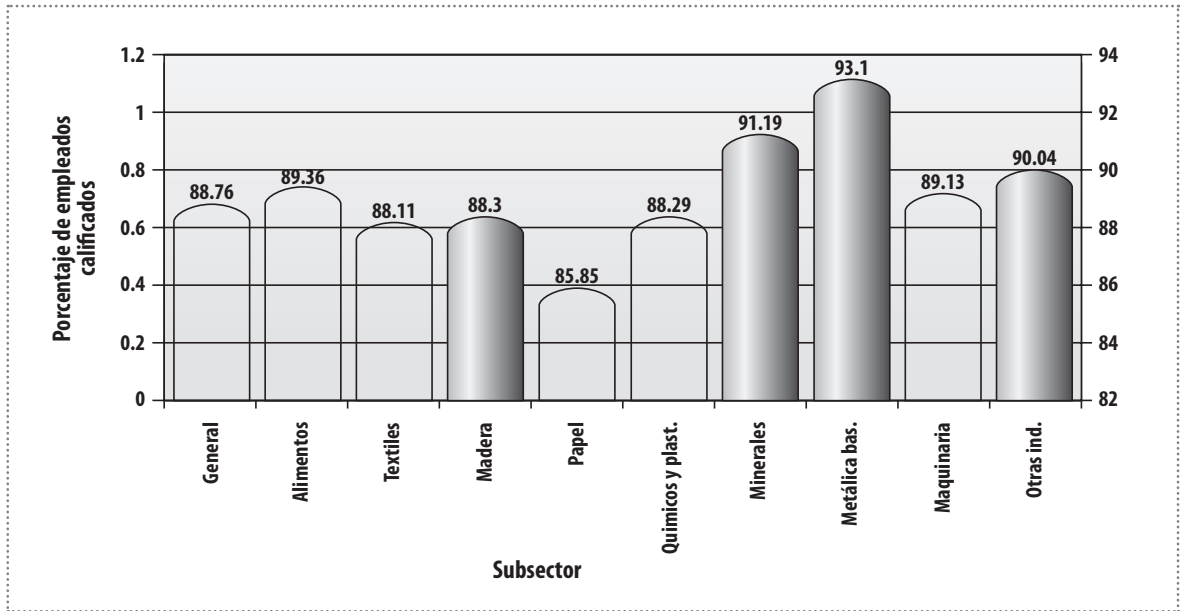


Figura 1.17 Gráfica comparativa del porcentaje de trabajadores que cuentan con la calificación adecuada en los establecimientos de manufactura por subsector de actividad, correspondiente al rubro de ocupación de empleados.

**Fuente:** STPS-INEGI, 2001. Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, *Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación*. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)

Como se afirma en el informe del Foro Económico Mundial,<sup>23</sup> la mayoría de los profesionistas en México poseen las características y habilidades necesarias que les permiten competir y, quizá, sobresalir en un ambiente promedio nacional, pero en el ámbito internacional difícilmente podrían competir con sus contrapartes asiáticas, estadounidense y europeas. Salvo algunas excepciones, como sucede con la movilidad de trabajadores que existe en las empresas transnacionales de la industria automotriz, vidriera, cementera y alimentaria.

Por lo anterior, es necesario contar con un modelo que enfatice y privilegie el fortalecimiento del aprendizaje, así como la integración del conocimiento, con el objetivo de que este se vincule estrechamente con la vida laboral (tanto asalariada como de emprendedores), orientada a la innovación y al desempeño productivo en un ambiente globalizado,

dando como resultado profesionales de calidad y de alto perfil educativo, quienes podrán integrarse productivamente a la sociedad y competir con sus contrapartes mundiales, para contribuir de manera directa al crecimiento económico y social de nuestro país. Aunque de una forma modesta, esta obra intenta contribuir al logro de este objetivo.

Sin duda alguna, una de las preguntas más frecuentes que se plantean en los cursos de ingeniería de métodos es la siguiente: ¿cuáles son las principales líneas de trabajo que se realizan para mejorar la productividad y competitividad en el país y cuáles sus repercusiones en el empleo y la inversión? Aunque no menos importante, entre los estudiantes de ingeniería de métodos también se plantea el siguiente cuestionamiento: ¿cuáles son los niveles tecnológicos que existen en las empresas nacionales con base en los cuales se tienen que realizar los estudios de ingeniería de métodos?

Para dar respuesta a la primera pregunta, la cual se ha formulado ininidad de veces en los cursos y

<sup>23</sup> Harvard University, *The Mexico Competitiveness Report 2009* © 2009 World Economic Forum, Harvard University, p. 82.

seminarios de ingeniería de métodos, relativa a las principales líneas de trabajo que se realizan en nuestro país sobre esta área del conocimiento de la ingeniería aplicada, utilizaremos la información de la *Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación en el Sector Manufacturero*, publicada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (STPS-INEGI), en el apartado titulado: *Número de establecimientos manufactureros que realizaron cambios en la organización del trabajo por tamaño y principal cambio realizado*.<sup>24</sup>

De acuerdo con la información antes referida, se establece que existen 12 rubros generales en los que las organizaciones realizan cambios, en los cuales el papel que desempeña la ingeniería de métodos es preponderante.

La tabla 1.3 presenta dicha información, así como las técnicas de la ingeniería industrial que se emplean para la realización de los cambios en las empresas manufactureras.

Núm.	Principal impacto obtenido	Técnica de ingeniería de métodos utilizada para realizar el cambio
1	Introducción del sistema "Justo a Tiempo"	Balanceo de líneas de producción Estudios de capacidad del sistema productivo Diseño del método de trabajo Registro documental del proceso Curva de aprendizaje Diseño de herramientas Equipo y dispositivos de producción
2	Rotación de puestos de trabajo	Diseño del método de trabajo Perfil del operario Economía de movimientos Curva de aprendizaje Ergonomía Antropometría Ritmo de trabajo normalizado
3	Aumento o reasignación de tareas	Mejora del método de trabajo Economía de movimientos Perfil del operario Curva de aprendizaje Ergonomía Antropometría Ritmo de trabajo normalizado Registro documental del proceso
4	Control estadístico del proceso de producción	Normalización y estandarización del método de trabajo Diseño y adopción del método de trabajo Auditoría y control del método de trabajo Registro documental del proceso Muestreo del trabajo
5	Introducción de equipos de trabajo	Método de trabajo para cuadrillas Perfil del operario Muestreo del trabajo Curva de aprendizaje Ritmo de trabajo normalizado

<sup>24</sup> Fuente: Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)



Continuación.

6	Control total de la calidad	Muestreo del trabajo Normalización y estandarización del método de trabajo Diseño y adopción del método de trabajo Auditoría y control del método de trabajo Registro documental del proceso
7	Reordenamiento de equipo, materiales e instalaciones	Diseño de la estación de trabajo Ergonomía Antropometría Registro documental del proceso
8	Aumento de la supervisión	Curva de aprendizaje Registro documental del proceso Ritmo de trabajo normalizado Registro documental del proceso
9	Establecimiento de normas y procedimientos formales escritos	Instrucciones de operación Métodos de trabajo Orden de producción Orden de trabajo Normas HyS en el trabajo Normas de PC Normas ambientales Normas para la construcción de locales industriales Normas de pruebas de materiales ASTM Normas de Administración de la Calidad ISO 9000 Documentación del método normalizado de trabajo
10	Se permite la participación de los trabajadores	No aplica
11	Estándares de rendimiento	Tiempos ciclo Tiempo tipo <i>Take time</i> Tiempo normal Tiempo estándar Técnicas de cronometraje Tablas de tiempos sintéticos Fórmulas de tiempo Muestreo de trabajo
12	Otro	No aplica

Tabla 1.3 Principales cambios que realizan las organizaciones nacionales en los que interviene la ingeniería de métodos.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM)

Es importante destacar de que a pesar de que el sector empresarial obtiene impactos importantes, como los que se indican en la figura 1.18, aún no ha explotado la totalidad de las técnicas que ofrece la ingeniería de métodos, debido a que existe una amplia variedad de acciones que contribuyen a mejorar la productividad, la rentabilidad y la eficiencia de los

procesos productivos en las unidades de manufactura, entre las que sobresalen:

1. Reducción de costos de fabricación.
2. Eliminación de tiempos muertos.
3. Reducción de mermas y desperdicios de materiales.

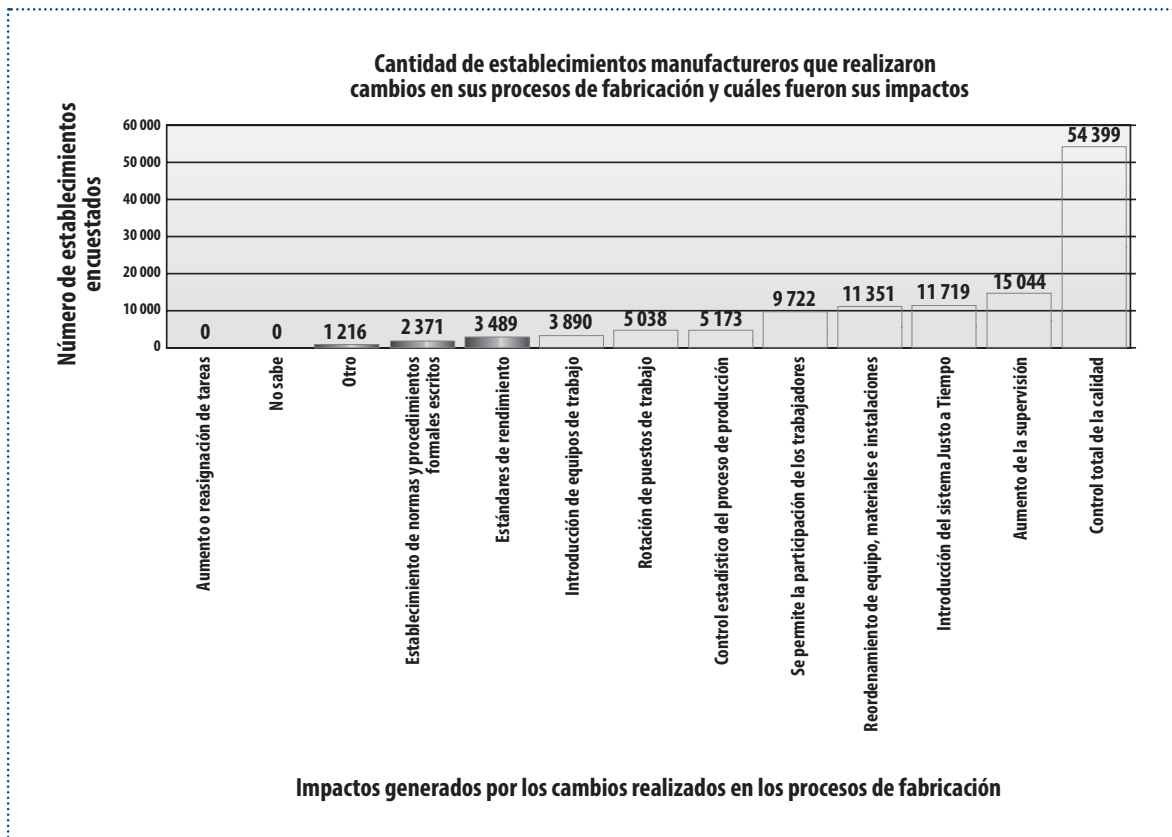


Figura 1.18 Impactos generados por cambios realizados en los procesos de fabricación en establecimientos de manufactura.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)

4. Reducción, obsolescencia y/o caducidad de inventarios.
5. Simplificación del trabajo.
6. Capacitación y desarrollo del personal.
7. Sistemas de incentivos y premios.
8. Desarrollo de multihabilidades en los trabajadores.
9. Diseño de sistemas de manufactura flexible.
10. Desarrollo de células de manufactura dedicada y flexible.
11. Mejora continua y balance en la cantidad de trabajo realizado en los procesos de manufactura del sistema productivo.

Como se aprecia en la figura 1.18, el control de calidad ocupa el primer lugar de los impactos generados por los cambios realizados en el proceso de fabricación; el cual constituye un rubro que, por lo general, siempre buscan mejorar las empresas. Pero, ¿cuántas empresas cuentan con certificación ISO 9001? La figura 1.19 nos presenta un panorama al respecto; sin embargo, las empresas que están certificadas en aspectos de calidad constituyen menos de 1% del total de las empresas manufactureras del país.

Debido a esta razón, existe la posibilidad de poder desarrollar ampliamente la aplicación de la ingeniería de métodos en diferentes industrias manufactureras, con el fin de sentar las bases para que un mayor número de empresas logren conseguir este tipo de certificación.

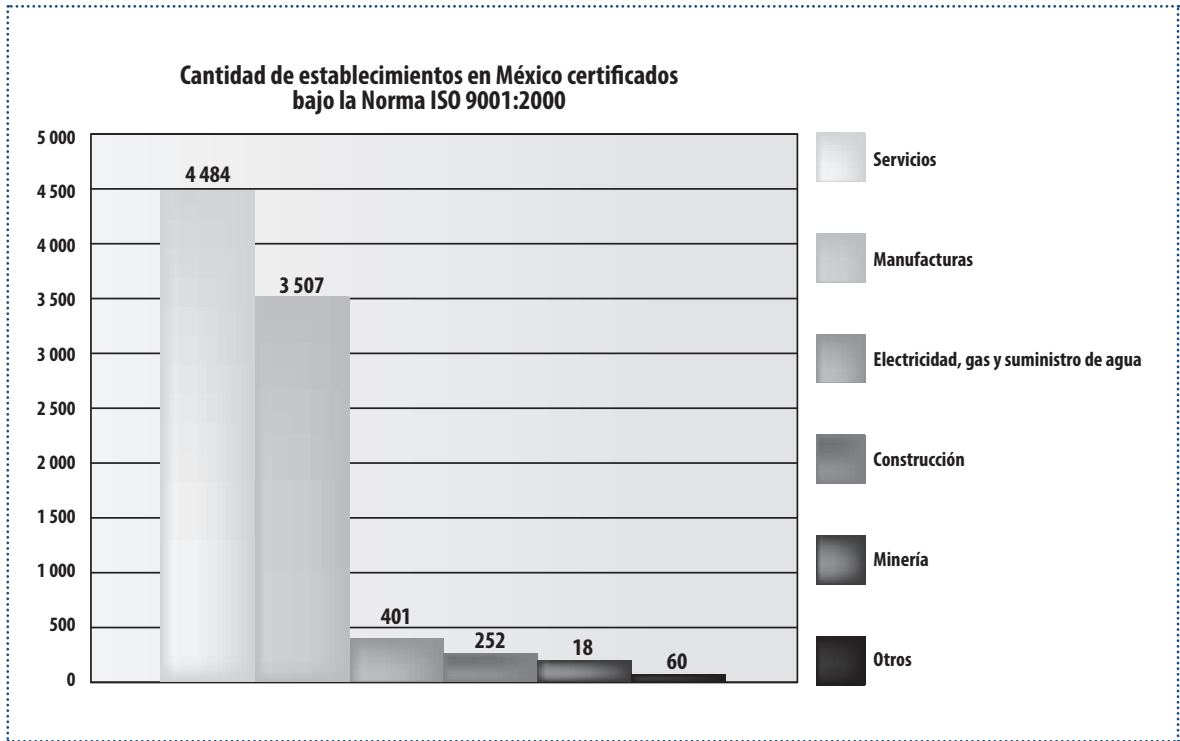


Figura 1.19 | Número de establecimientos en México que cuentan con procesos de calidad ISO 9001:2000.

Fuente: CONACYT, Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, México, 2009. Consultado en: [www.sicyt.gob.mx](http://www.sicyt.gob.mx)

Dado que solo un número reducido de empresas están certificadas y que la ingeniería de métodos es una alternativa adecuada para sentar las bases para desarrollar un sistema de calidad (principalmente en lo relativo al control y al aseguramiento de operación en los procesos de fabricación), es de vital importancia analizar la forma en cómo realizan sus actividades de control de calidad las empresas nacionales.

Como se aprecia en la figura 1.20, más de la mitad de las técnicas de control de calidad que utilizan las industrias del sector de manufactura se basan en la inspección visual. Esto sugiere una falta de métodos y procedimientos adecuadamente estructurados, que puedan ser definidos mediante las técnicas de la ingeniería de métodos, principalmente en lo que se refiere al método de trabajo. Pues, al desarrollar y documentar el método de trabajo, se sientan las bases para dar cumplimiento a la norma ISO

9001:2008, en lo relacionado a la documentación del proceso.

**Sugerencia**

Si requiere más información acerca de los rubros de la norma ISO 9001:2008 que se pueden cubrir mediante la aplicación de la ingeniería de métodos, tanto para nuestro país como a nivel internacional, visite el siguiente enlace:

[www.estudioingdemetodos\(6\).mx](http://www.estudioingdemetodos(6).mx)

Al conocer que la mayor parte de las industrias realiza procesos visuales de inspección para el control de la calidad, debemos preguntarnos cómo se encuentra el nivel tecnológico en el que están sustentados los procesos de fabricación de las empresas manufactureras. De acuerdo con información de la

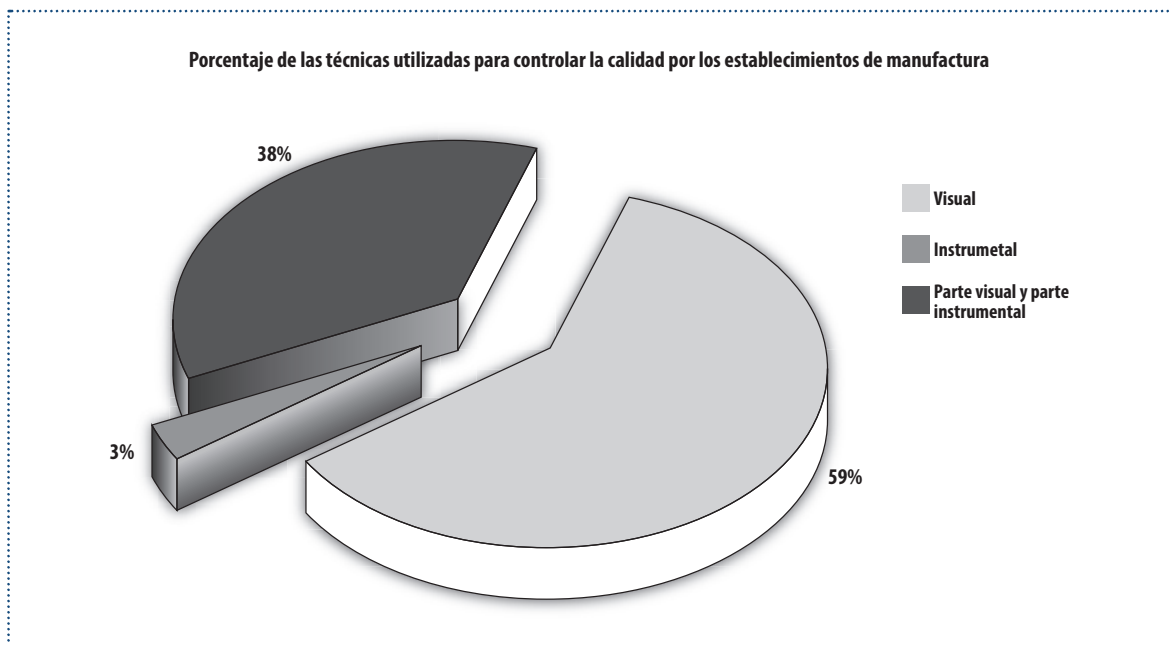


Figura 1.20 Técnicas que utilizan las compañías del sector de manufactura en el control de la calidad.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)

Secretaría del Trabajo y Previsión Social, la mayor inversión que realiza el sector manufacturero en equipo corresponde al rubro de equipo automático, en donde la aplicación de la ingeniería de métodos se halla reducida simplemente a la preparación, carga y descarga del equipo, así como a las actividades de mantenimiento preventivo del mismo.

En la figura 1.21 se aprecia un desglose de los porcentajes de inversión en activos de producción que operan actualmente en el sector manufacturero.

Para aplicar las técnicas de la ingeniería de métodos en este ambiente de inversión, en el que predominan los equipos automáticos de producción, las máquinas herramientas y el equipo manual, es conveniente aclarar que las técnicas de acoplamiento hombre-máquina, el balanceo de líneas de producción y el muestreo de trabajo, constituyen las técnicas más empleadas para lograr un nivel de eficiencia razonable en los sistemas productivos, lo que permitirá incrementar la productividad del sistema y su rentabilidad.

Por otra parte, resulta indispensable no descuidar el mantenimiento de los equipos y maquinaria, ya que si este no cumple con las metas de evitar paros imprevistos, reducir los tiempos muertos por mantenimientos no programados, inversiones no planeadas por deterioro prematuro en maquinaria y equipo, etcétera, los estudios y técnicas de la ingeniería de métodos no podrán ofrecer los resultados planeados, pues el tiempo estándar no se cumplirá, las cuotas de producción se verán mermadas y los incentivos para los trabajadores (si los hay) se verán reducidos, y por ende sus ingresos, debido a que no podrán cumplir con sus cuotas y alcanzar las metas para obtener un incentivo económico por haber incrementado su desempeño en el proceso de producción.

Pero, ¿cómo se lleva a cabo el mantenimiento en los locales de manufactura ubicados en nuestro territorio nacional? La respuesta se encuentra en la figura 1.22.

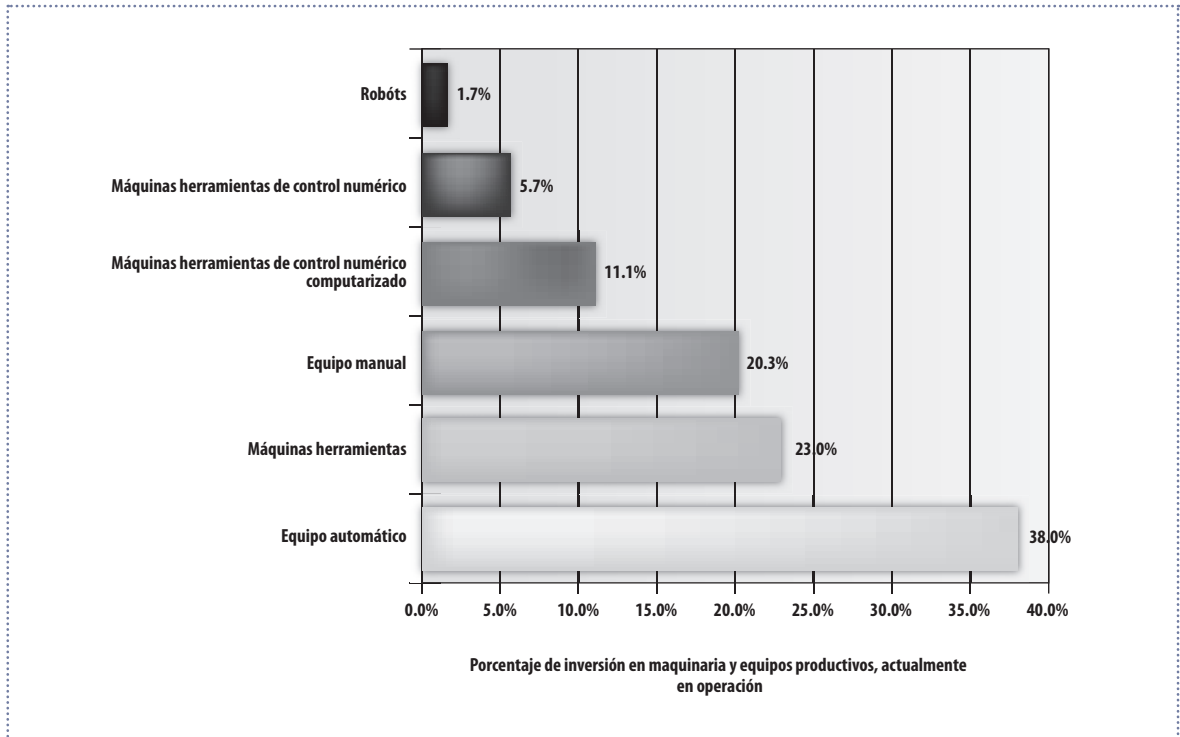


Figura 1.21 Porcentaje promedio de inversión en equipo y maquinaria productivos en establecimientos del sector de manufactura.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)

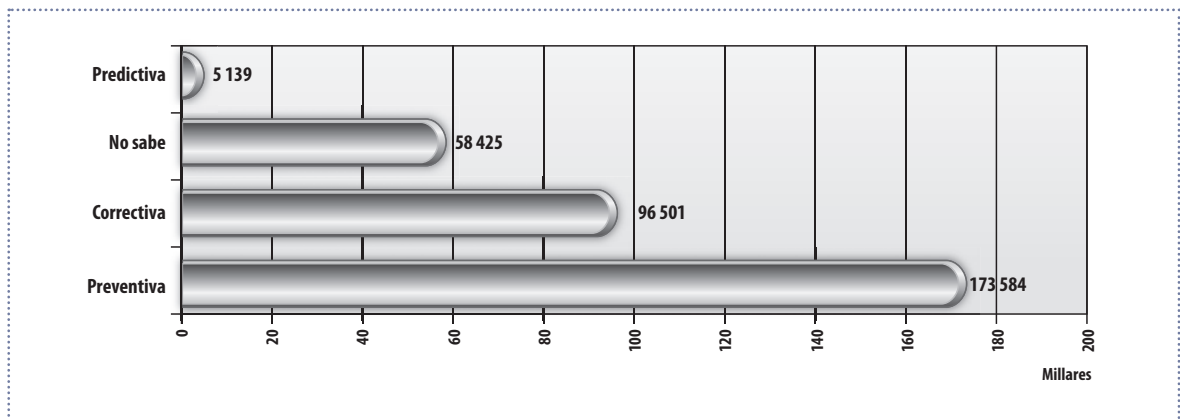


Figura 1.22 Número de compañías de manufactura que realizan mantenimiento regular a su maquinaria y equipo productivo, así como su forma de realización.

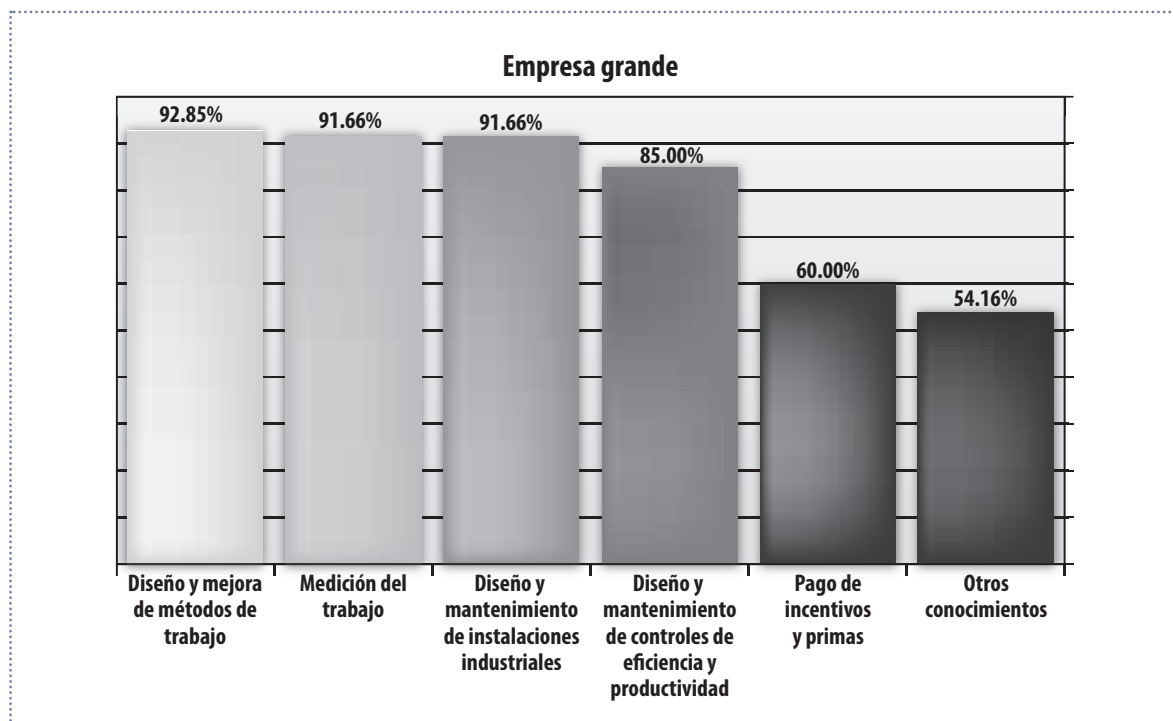
**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del portal web del empleo STPS, estadísticas en el mercado laboral, encuestas en establecimientos, Encuesta Nacional de Empleo, Salarios, Tecnología y Capacitación. Consultado el 24 de agosto de 2011 en: [http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE\\_302\\_0060/\\_vtp/BANEM/IDM\\_WB](http://www.empleo.gob.mx/wb/BANEM/BANE_302_0060/_vtp/BANEM/IDM_WB)

Como se puede deducir de lo antes expuesto, la función del mantenimiento en las empresas también constituye un área de oportunidad para la aplicación de las técnicas de la ingeniería de métodos, pues al aplicar las técnicas de diseño de método de trabajo, las de muestreo de trabajo y las de tiempos sintéticos, es posible desarrollar proyectos que permitan alcanzar las metas y los objetivos planteados de eficiencia, rentabilidad y productividad del sistema de producción.

Concluimos este capítulo con la consideración acerca de los requerimientos específicos de las empresas, de acuerdo con su tamaño, los cuales están relacionados con la ingeniería de métodos. Para el desarrollo de este punto, tomamos como referencia el trabajo denominado *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de Ingeniería industrial*.<sup>25</sup>

Este estudio sugiere que las empresas grandes utilizan ingenieros que deben desarrollar trabajos especializados en el área de la ingeniería industrial; por su parte, las medianas empresas requieren el desarrollo de funciones múltiples; mientras que las pequeñas empresas requieren estudios generalistas de índole técnico-económico para el desarrollo de la empresa u operación de la misma.<sup>26</sup>

De acuerdo con lo anterior, en las figuras 1.23, 1.24 y 1.25 se desglosan los conocimientos y las técnicas necesarias con los que debe contar el egresado de ingeniería que se desarrolle en el área de manufactura de una empresa, conforme al tamaño de esta; además de que también se incluye una explicación acerca de cómo estos conocimientos y técnicas se vinculan con la información presentada en la tabla 1.3, en donde interviene la ingeniería de métodos.



**Figura 1.23** Conocimientos que debe tener el egresado de ingeniería para integrarse productivamente a las empresas grandes, relacionados con la ingeniería de métodos.

**Fuente:** Elaboración propia con datos tomados del estudio J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de ingeniería industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, p. 28.

<sup>25</sup> J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de Ingeniería Industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, pp. 25-32.

<sup>26</sup> J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de Ingeniería Industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, p. 25.

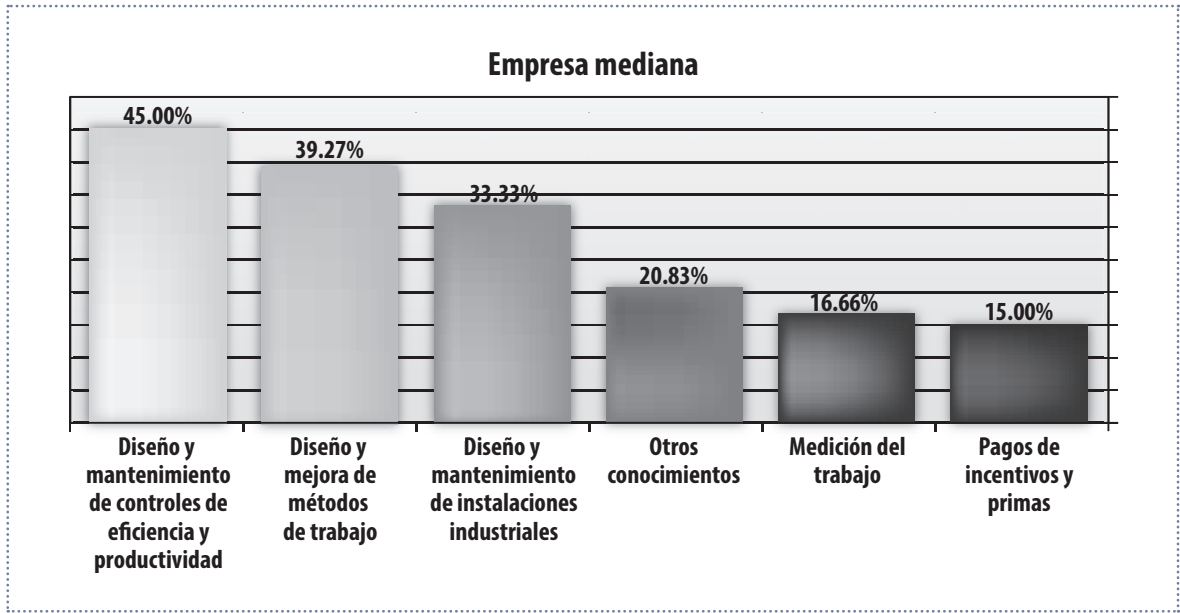


Figura 1.24 Conocimientos que debe tener el egresado de ingeniería para integrarse productivamente a la mediana empresa, relacionados con la ingeniería de métodos.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del estudio J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de ingeniería industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, p. 29.

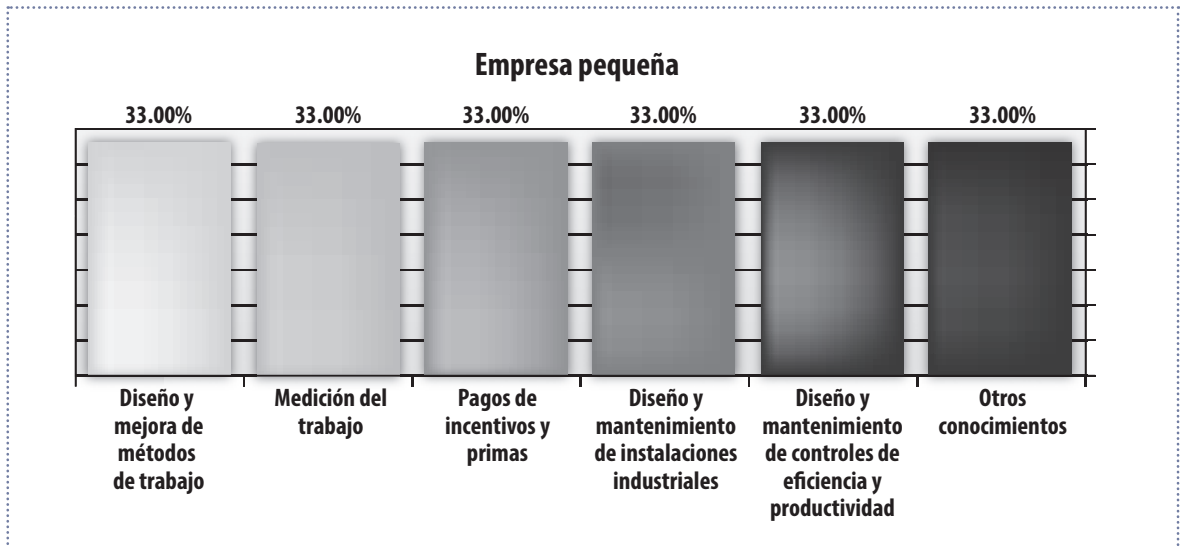


Figura 1.25 Conocimientos que debe tener el egresado de ingeniería para integrarse productivamente a la pequeña empresa, relacionados con la ingeniería de métodos.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del estudio J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de ingeniería industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, p. 30.

Como se puede apreciar de las figuras anteriores, los tipos de conocimientos y habilidades que requiere el egresado de ingeniería son:

1. Diseño y mejora de métodos de trabajo.
2. Diseño y mantenimiento de instalaciones industriales.
3. Diseño y mantenimiento de controles de eficiencia y productividad.
4. Medición del trabajo.
5. Pago de incentivos y primas.
6. Administración de empresas.
7. Gestión de Cadenas de Valor.
8. Mercadotecnia.
9. Administración de sistemas de producción.
10. Finanzas.
11. Enfoque de sistemas.
12. Manejo de materiales.
13. Evaluación y administración de proyectos.

14. Gestión de cadenas de abasto y suministro.
15. Calidad.
16. Relaciones humanas.

Dentro del apartado de “Otros conocimientos” se deben contemplar los rubros que se destacan en la figura 1.26.

Por lo expuesto antes, es posible afirmar que este libro se orienta a brindar información acerca de los conocimientos y las habilidades que debe tener el egresado de ingeniería que en su vida profesional se desenvolverá principalmente en empresas mexicanas y latinoamericanas.

En los siguientes capítulos se irán desglosando los temas de manera específica y cuidando que los ejemplos presentados sean representativos de las condiciones psicotécnicas y socioeconómicas de nuestro país y América Latina.

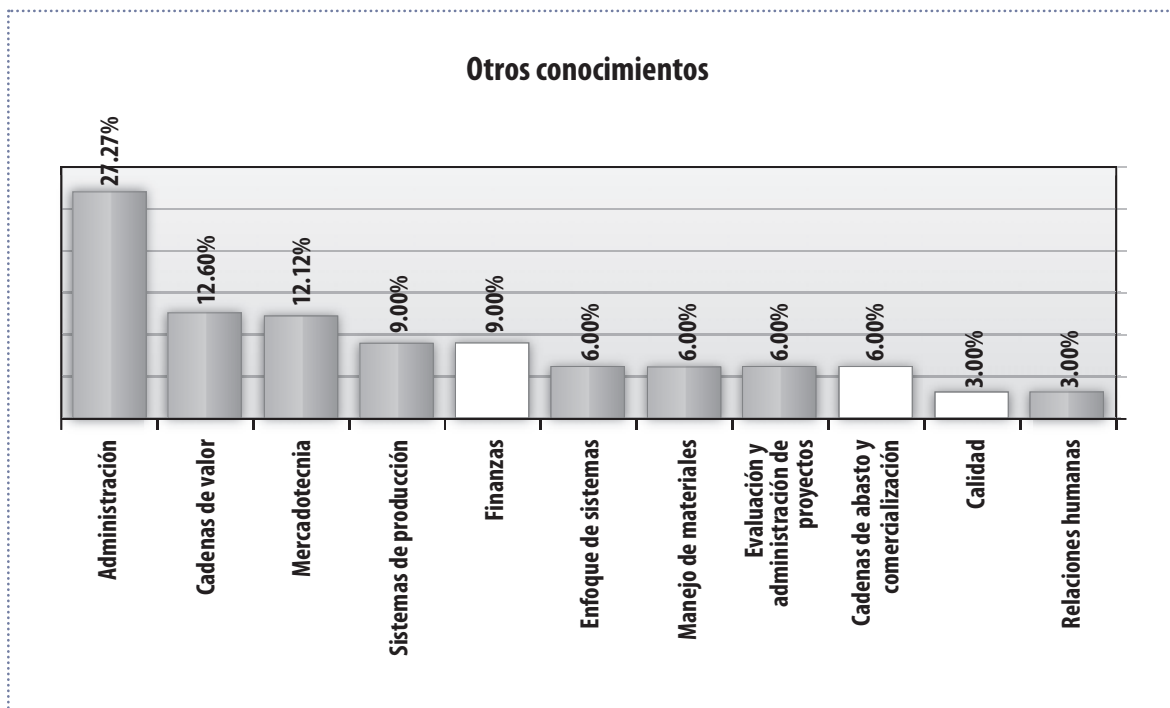


Figura 1.26 Otros conocimientos que debe tener el egresado de ingeniería para integrarse productivamente a una empresa, relacionados con la ingeniería de métodos.

Fuente: Elaboración propia con datos del estudio J. López, *Modelo de desarrollo para la enseñanza de la carrera de Ingeniería Industrial*, Reporte de investigación 143, Universidad Autónoma Metropolitana, DCBI, 1985, p. 34.







# 2

## Diseño del método

**E**l estudio del método es el registro, examen crítico y sistémico de modos o maneras existentes y propuestas de efectuar una actividad o trabajo, así como sus medios para el desarrollo y aplicación de formas o modos más fáciles y efectivos para realizarlo y alcanzar la reducción de costos.

El diseño del método consiste en el proceso de efectuar la técnica de trabajo en una o varias actividades que están interrelacionadas entre sí.

Existen cinco niveles en un sistema productivo; desde aquel que no cuenta con método de trabajo hasta el que ya desarrolló este de manera sistemática y cotidiana y estableció una cultura de mejora continua.

En la figura 2.1 se muestran estos niveles, generalmente la mayoría de las empresas nacionales

se ubican entre los primeros tres, siendo preponderantes los dos primeros, lo que provoca una severa mortandad y falta de permanencia de las mismas en el medio de la industrial nacional.

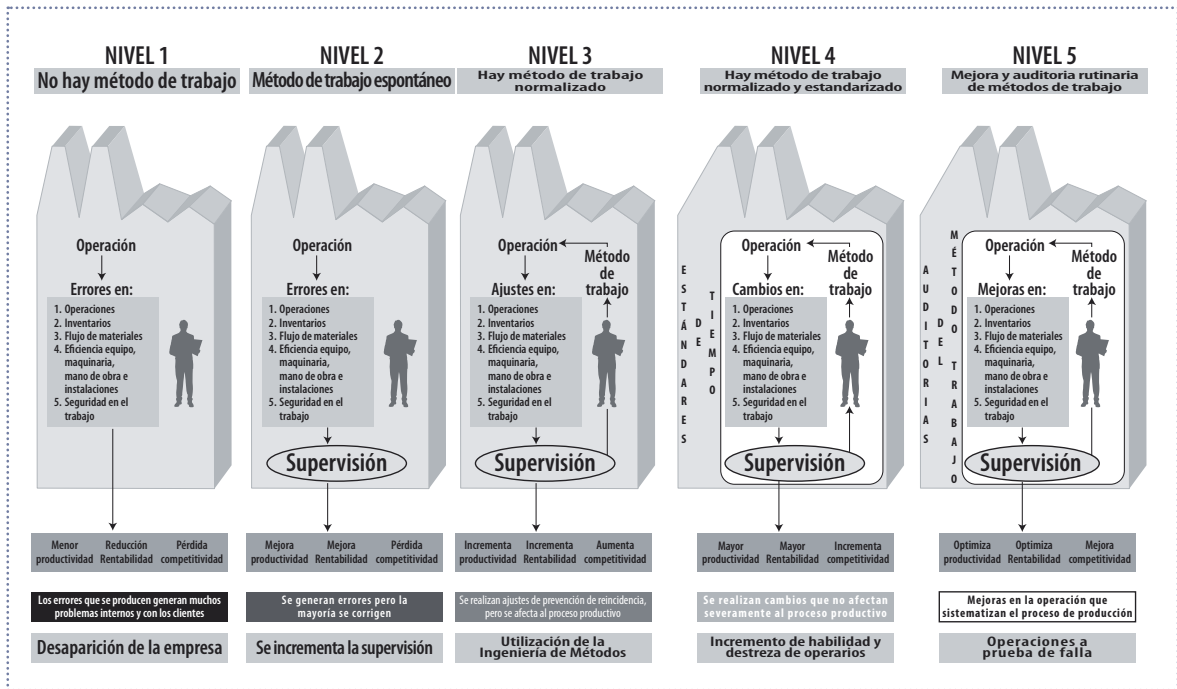


Figura 2.1 Evolución del método de trabajo con base en el nivel de utilización de las técnicas de la ingeniería de métodos en un sistema productivo.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. *Técnicas Kaizen*.

## 2.1 Modelo para el diseño sistematizado del método de trabajo en un sistema productivo

En caso de que la empresa se ubique en el primer nivel será necesario cubrir los primeros dos bloques que establece la figura 2.1, lo que permitirá crear la infraestructura mínima necesaria para iniciar un sistema de operación productiva, basado en el método de trabajo y la ingeniería de métodos.

Generalmente este tipo de situación se presentará de manera constante en las empresas familiares, micro y pequeñas.

Cuando el método de trabajo ya existe, la organización se ubicará en los niveles dos o tres, dependiendo del grado de madurez del mismo. No obstante, el método de trabajo que se diseñará tendrá como propósitos sustituir al que esté en operación en ese momento y, como ya se mencionó, lograr la eficiencia en la ejecución de un trabajo.

El proceso de diseño inicia con la definición de los objetivos que se persiguen alcanzar con el método apropiado. Los principios en que se basa el diseño de métodos de trabajo incluyen:

- Diseñar para lograr los fines establecidos en forma eficaz y eficiente.
- Considerar todos los elementos y factores que influyen en los sistemas.
- Efectuar primero el diseño básico y después considerar los aspectos específicos.
- Considerar la distribución de las instalaciones y el diseño de los equipos.
- Eliminar o reducir los movimientos ineficaces.
- Considerar en la economía de movimientos que los operarios mantengan sus espaldas derechas y manos cerca del ombligo.
- Recopilar la información necesaria.
- Minimizar el uso de los recursos.

Para realizar las actividades específicas de un trabajo es necesario definir un método, el cual se entiende como el conjunto de factores que se establecen y que son requeridos de manera normalizada y estandarizada para llevar a cabo un trabajo de manera eficiente, rentable y segura.

Aquí se encuentra el eje sobre el que gira la ingeniería de métodos o estudio del trabajo; todas las técnicas que constituyen esta parte de la ingeniería nos llevan a establecer el método de trabajo más adecuado para lograr un óptimo uso de los recursos, reducir el tiempo de ejecución de la actividad al eliminar los movimientos, transportes y demoras innecesarios y, como consecuencia, obtener costos de operación más bajos.

El individuo utiliza los métodos para realizar sus actividades cotidianas: personales, laborales, en el hogar y de entretenimiento, entre otras; en todo lo que realiza a lo largo de su vida se considera que gran parte de los logros que alcanza en su existencia depende de tres factores:

1. El uso adecuado de los recursos por los métodos de trabajo que emplea.
2. La forma en que los métodos de trabajo afectan al individuo.
3. La calidad de los resultados, en los productos/servicios que se producen mediante los métodos de trabajo definidos.

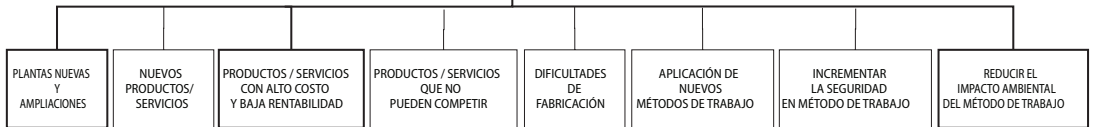
El procedimiento básico para el estudio del método puede ser dividido en siete etapas esenciales:

1. Selección del proyecto a realizar.
2. Recopilación y registro de la información del método de trabajo actual.
3. Análisis del método de trabajo actual.
4. Desarrollo y selección de alternativas para el método de trabajo propuesto.
5. Adopción del nuevo método de trabajo propuesto.
6. Evaluación del nuevo método de trabajo propuesto.
7. Seguimiento del desempeño del método de trabajo.

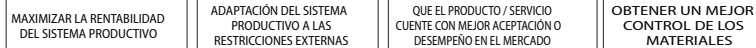
En la figura 2.2 se representan esquemáticamente las etapas anteriores.

# MODELO SISTEMATIZADO PARA EL DISEÑO, DESARROLLO Y/O MEJORA DE MÉTODOS DE TRABAJO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

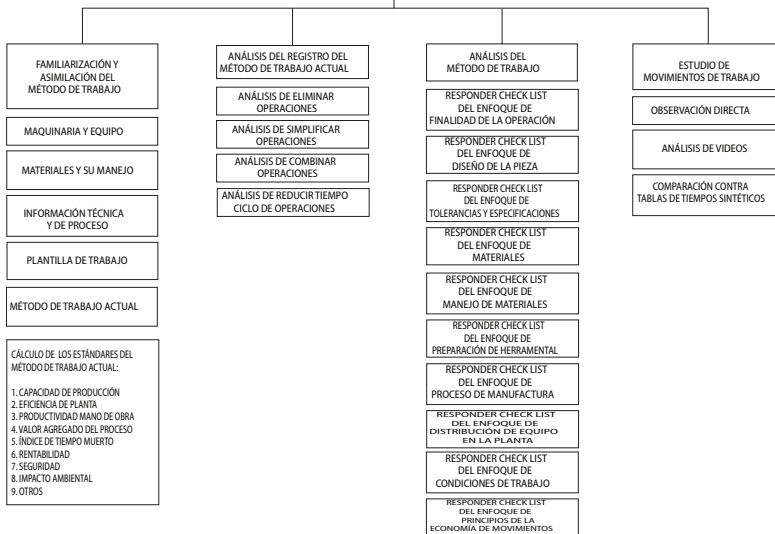
## SELECCIÓN DEL PROYECTO



## DEFINIR LA META U OBJETIVO PARA EL PROYECTO A REALIZAR



## ANÁLISIS DEL MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL



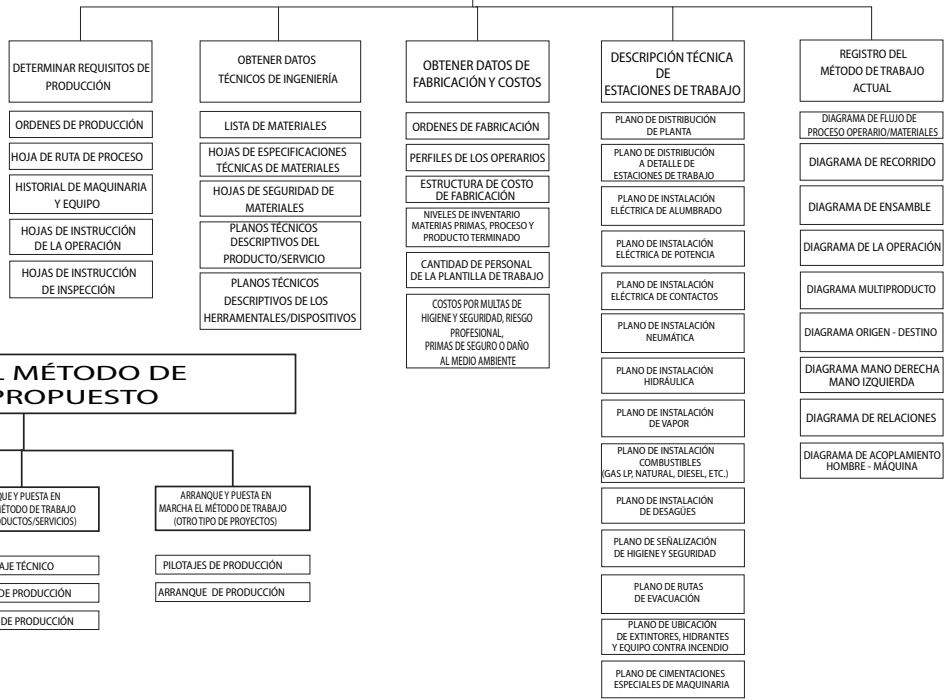
## DESARROLLO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS MÉTODO DE TRABAJO PROPUESTO



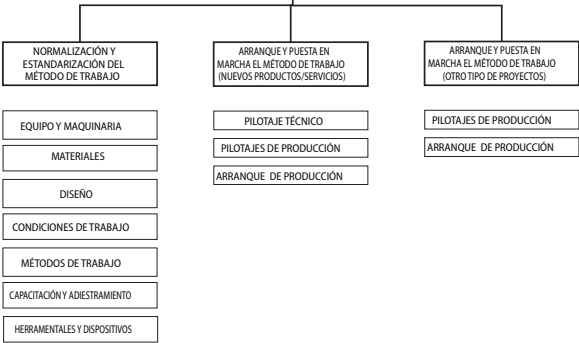
Figura 2.2 Modelo integral para el diseño, desarrollo y/o mejora sistematizada de métodos de trabajo en un sistema productivo, utilizando las técnicas de la ingeniería de métodos.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (2000); Robinson (1991) y Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

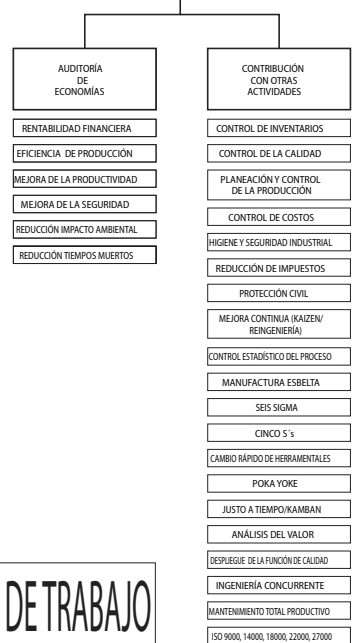
### RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO ACTUAL



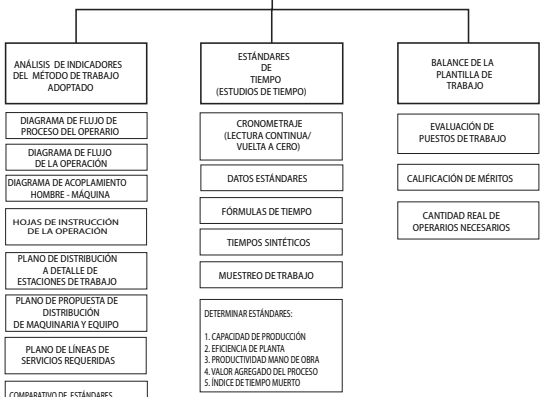
### ADOPCIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO PROPUESTO



### SEGUIMIENTO AL MÉTODO DE TRABAJO



### EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO ADOPTADO



## MEJORA CONTINUA E INNOVACIÓN DEL MÉTODO DE TRABAJO

Es importante mencionar que en general los modelos tradicionales para el diseño y mejora de métodos de trabajo únicamente consideran el aspecto tecnológico; debido a las influencias del libre comercio, se han integrado otros factores que tienen que incluirse en la visión de la mejora de métodos del trabajo.

Lo anterior se realiza mediante un bucle de reoalimentación, como se puede apreciar en la parte inferior de la figura 2.2, en el cual se considera que debe existir un proceso de mejora continua y de evolución para llevar a cabo innovaciones en el método de trabajo, tal y como ocurriría bajo el enfoque de la espiral de la innovación para el método de trabajo.


Bajo este concepto se puede llegar al desarrollo de soluciones innovadoras para mejorar la productividad del sistema, a través, por ejemplo, de las dos patentes que se indican en la parte superior de la figura 2.2.

Cabe mencionar que estas innovaciones presentan aspectos de mejora de productividad y del análisis de problemas basados en la integración de tres técnicas de manufactura de clase mundial para la mejora del proceso: a) seis sigma, b) manufactura esbelta y c) kaizen. En la figura 2.3 se muestra el modelo descriptivo de este concepto de espiral de la innovación en el método de trabajo.



Figura 2.3 Espiral para el desarrollo innovador de los métodos de trabajo en un sistema productivo, utilizando las técnicas de la ingeniería de métodos.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991) y Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.



US007006878B2

(12) **United States Patent**  
Schweizerhof et al.

(10) **Patent No.:** US 7,006,878 B2  
(45) **Date of Patent:** Feb. 28, 2006

---

(54) **COMPUTER-IMPLEMENTED METHOD FOR ANALYZING A PROBLEM STATEMENT BASED ON AN INTEGRATION OF SIX SIGMA, LEAN MANUFACTURING, AND KAIZEN ANALYSIS TECHNIQUES**

(75) **Inventors:** Evelitsa Schweizerhof, Farmington, MI (US); Katherine McRae, Bloomfield Township, MI (US)

(73) **Assignee:** Ford Motor Company, Dearborn, MI (US)

(\* ) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 81 days.

(21) **Appl. No.:** 10/708,057

(22) **Filed:** Feb. 5, 2004

(65) **Prior Publication Data**  
US 2005/0177260 A1 Aug. 11, 2005

(51) **Int. Cl.**  
*G05B 13/02* (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** ..... 700/51; 700/49; 700/50; 700/108; 700/109; 700/110; 702/81; 702/84; 702/179; 702/181; 702/182

(58) **Field of Classification Search** ..... 700/49, 700/50, 51, 109, 110, 108; 702/81, 84, 179, 702/181, 182  
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

6,539,271	B1	3/2003	Lech et al.	
6,772,034	B1 *	8/2004	Shi et al.	700/121
6,816,747	B1 *	11/2004	Mammoser et al.	700/109
6,865,497	B1 *	3/2005	Xie et al.	702/84
2002/0026257	A1	2/2002	Newmark	
2002/0040302	A1	4/2002	Gau et al.	
2005/0033468	A1 *	2/2005	Pate et al.	700/110

OTHER PUBLICATIONS

Inventory management KaizenPalmer, VS.Engineering Management for Applied Technology, 2001. EMAT 2001. Proceedings. 2nd International Workshop on 2001 Page(s): 55-56.\*

Modeling of an integrated quality system using IDEFO Rowlands, H.; Richards, C. Industrial Electronics, 2002. ISIE 2002. Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on vol.: 4 2002 Page(s): 1364-1369 vol. 4.\*

Lean Sigma [production and supply chain management] Antony, J.; Escamilla, J.L.; Caine, P. Manufacturing Engineer vol.: 82 Issue: 2 Apr. 2003 Page(s): 40-42.\*

Managing agility for profitability Hayman, A.N. Engineering Management Conference, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International vol.: 1 Oct 18-21, 2004 Page(s): 1-5 vol. 1.\*

"The CNC's Role in Six Sigma Lean Manufacturing," "Total Productive Maintenance *Six Sigma Lean Manufacturing Solutions*," 1997-2002.

M. George, "Ask the Expert Integrating Lean And Six Sigma," iSixSigma LLC, 2000-2003, 2 pages.

N. Goyal, "Applying Lean Manufacturing To Six Sigma—A Case Study," iSixSigma LLC, 2000-2003, 4 pages.

M. Baudin, "Six Sigma and Lean Manufacturing," The E-Newsletter of Lean Manufacturing, Jul. 2002, 6 pages.

(Continued)

*Primary Examiner*—Ramesh Patel  
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—David B. Kelley; Brooks & Kushman

**ABSTRACT**

(57) A computer-implemented method for analyzing problem statements. The method includes focusing the problem statement into an operation definition and then assigning a level indicator to the operation definition. The method further includes analyzing the problem statement based on the operational definition and the level indicator in a cost and time effective manner and without the need for an expert to customize an analysis schedule for each problem.

**20 Claims, 6 Drawing Sheets**





Figura 2.4 Portada de patente de Ford Motor Co., en la que se establece un desarrollo innovador de los métodos de trabajo basado en la integración de seis sigma, manufactura esbelta y kaizen.

Fuente: U.S. Patent and Trademark Office.





US006816747B2

(12) **United States Patent**  
**Mammoser et al.**

(10) **Patent No.:** **US 6,816,747 B2**  
(45) **Date of Patent:** **Nov. 9, 2004**

---

(54) **COMPUTER-IMPLEMENTED SYSTEM AND PROCESS FOR IMPROVING MANUFACTURING PRODUCTIVITY**

(75) **Inventors:** **Mark Steven Mammoser, Novi, MI (US); Michael John Popenas, Dearborn, MI (US)**

(73) **Assignee:** **Ford Motor Company, Dearborn, MI (US)**

(\* ) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) **Appl. No.:** **10/248,706**

(22) **Filed:** **Feb. 11, 2003**

(65) **Prior Publication Data**  
US 2004/0158338 A1 Aug. 12, 2004

(51) **Int. Cl.<sup>7</sup>** ..... **G06F 19/00; G01N 37/00**  
(52) **U.S. Cl.** ..... **700/109; 702/84**  
(58) **Field of Search** ..... **700/51, 99, 100, 700/108, 109; 702/81, 84**

(56) **References Cited**  
**U.S. PATENT DOCUMENTS**

5,311,759	A	5/1994	Mangnulkar et al.	
5,440,478	A	8/1995	Fisher et al.	
5,452,218	A	* 9/1995	Tucker et al.	700/110
5,586,041	A	12/1996	Mangnulkar	
5,715,181	A	* 2/1998	Horst	702/180
5,731,572	A	* 3/1998	Winn	235/70 R
5,946,661	A	8/1999	Rothschild et al.	
5,956,251	A	* 9/1999	Atkinson et al.	700/109
6,253,115	B1	* 6/2001	Martin et al.	700/97
6,353,767	B1	3/2002	Wakeman et al.	
6,675,135	B1	* 1/2004	Murray et al.	703/2

6,725,183 B1 \* 4/2004 Cawse ..... 703/2  
2002/0007348 A1 1/2002 Ali et al.  
2002/0026257 A1 \* 2/2002 Newmark ..... 700/108  
2002/0059093 A1 5/2002 Barton et al.  
2002/0082736 A1 \* 6/2002 Lech et al. .... 700/108

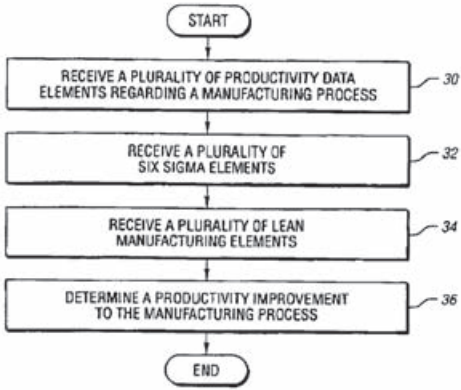
**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**  
CN 1297146 A 5/2001

**OTHER PUBLICATIONS**  
Ford Motor Company, Spotlight on Ford, website, www.engineering-education.org.uk/s--ford.htm.  
Ford Motor Company of Canada Limited, Windsor Engine Plant, Jul. 29, 2002, website, www.shingoprize.org/recipients/2000/ford.html.  
Cap Gemini Ernst & Young, Lean Manufacturing & Operations, Creating Customer Satisfaction at the Right Time for the Lowest Cost.  
\* cited by examiner

*Primary Examiner*—Ryan A. Jarrett  
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—David B. Kelley

(57) **ABSTRACT**  
One aspect of the present invention relates, to a computer-implemented system for improving manufacturing productivity. The system is comprised of at least one computer configured to: (1) receive a plurality of productivity data elements regarding a manufacturing process, a plurality of six sigma elements, and a plurality of lean manufacturing elements, and (2) aid in determining at least one productivity improvement to the manufacturing process by utilizing the plurality of six sigma elements and the plurality of lean manufacturing elements with the plurality of productivity data elements. The at least one productivity improvement is relied upon to reduce operating costs.

**16 Claims, 9 Drawing Sheets**



```

graph TD
    START([START]) --> 30[RECEIVE A PLURALITY OF PRODUCTIVITY DATA ELEMENTS REGARDING A MANUFACTURING PROCESS]
    30 --> 32[RECEIVE A PLURALITY OF SIX SIGMA ELEMENTS]
    32 --> 34[RECEIVE A PLURALITY OF LEAN MANUFACTURING ELEMENTS]
    34 --> 36[DETERMINE A PRODUCTIVITY IMPROVEMENT TO THE MANUFACTURING PROCESS]
    36 --> END([END])
    
```

Figura 2.5 | Portada de patente de Ford Motor Co., en la que se establece un desarrollo innovador de los métodos de trabajo para mejorar la productividad de un sistema de manufactura.

Fuente: U.S. Patent and Trademark Office.

## 2.2 Selección del proyecto a realizar

Debemos tener claro el método de trabajo actual o el que se quiere mejorar y tomar en cuenta todos los factores que conforman el método de trabajo, esto se hace para facilitar el análisis debido a que cada factor requería una técnica específica de análisis.

Cada factor del método de trabajo se estudia a través de la observación directa y utilizando medios de registro gráfico.

El propósito del proyecto orientado al diseño, desarrollo y/o mejora de un método de trabajo en un sistema de producción, es determinar la mejor práctica para que el trabajo sea eficiente, rentable y seguro en su operación, tomando en consideración las necesidades sociales y psicológicas de los trabajadores que intervienen en su realización.

Por lo general existen ocho situaciones por las que se debe llevar a cabo un estudio de métodos de trabajo en una empresa; la mayoría son de índole externa y pretenden mantener la presencia y permanencia de la organización vigente en un ambiente de negocios dinámico y muy agresivo con sus participantes.

Existen otras razones ligadas más a la iniciativa de la empresa por trascender y posicionarse como líder de algún nicho de mercado específico o de la opinión pública y la comunidad que le rodea.

Estos ocho tipos de proyectos base, que generan los cambios y adecuaciones en los métodos de trabajo que se utilizan y operan en una organización productiva, se desglosan y explican brevemente en las tablas 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1 Tipos de proyectos de ingeniería de métodos que son generados por influencia externa a la organización.

Influencia que genera el proyecto	Tipo de proyecto	Descripción
<b>Externa</b>	Plantas nuevas y ampliaciones	La organización contará con nuevas instalaciones por ampliación de capacidad, actualización tecnológica, fusión de empresas, etcétera.
	Nuevos productos/servicios	Introducción de nuevos productos novedosos, innovadores o complementarios de los actuales en la misma línea de producción.
	Productos/servicios que no pueden competir	Existen artículos/servicios similares en el mercado a menor precio de venta que son preferidos por el consumidor.
	Reducción del impacto ambiental	Cumplimiento a la normatividad ambiental vigente en la región geográfica donde se ubica la organización productiva y con ello mejorar la productividad del sistema.
	Productos/servicios con alto costo y baja rentabilidad	Se busca la reducción de costos y la rentabilidad de la operación mediante la modificación del método de trabajo.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991) y *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.

Tabla 2.2 Tipos de proyectos de ingeniería de métodos que son generados por influencia interna en la organización.

Influencia que genera el proyecto	Tipo de proyecto	Descripción
Interna	Dificultades de fabricación	Cuando la tecnología, destreza, habilidades e infraestructura, entre otras, dificultan la manufactura del producto y hay que realizar una revisión a fondo de estos factores.
	Aplicación de nuevos métodos de trabajo	Se realizan programas de mejora continua en la organización, que buscan incrementar la productividad de la línea de fabricación.
	Incrementar la seguridad del método de trabajo	Cumplimiento a la normatividad laboral vigente en la región geográfica donde se ubica la organización productiva y con ello mejorar en la productividad del sistema de producción.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991) y *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.

Los proyectos de esta naturaleza deben estar orientados a alcanzar una meta u objetivo, por ello es necesario contar con un criterio que permita evaluar el alcance de sus resultados.

A continuación se hace referencia a cuatro tipos de metas que permitirán utilizarlas como referencia para definir la magnitud y alcance del proyecto de ingeniería de métodos, basado en los cambios y mejoras requeridas para las diversas estaciones de trabajo que integran al sistema de producción.

1. Contribuir a maximizar la rentabilidad del sistema productivo.
  - a) Reducir el tiempo ciclo.
  - b) Reducir el empleo de la mano de obra directa.
  - c) Reducir el empleo de la mano de obra indirecta.
  - d) Lograr un balance en el empleo de mano de obra directa e indirecta.
  - e) Reducir o incrementar operaciones (dependerá del producto o servicio y de los volúmenes de fabricación).
  - f) Reducir el perfil del puesto de la mano de obra directa (reducción del costo de la mano de obra directa).
  - g) Aumentar el perfil del puesto de la mano de obra directa (incrementar la productividad de la mano de obra directa).

- h) Reducir el uso de equipo y maquinaria productiva.
- i) Utilizar el equipo y la maquinaria de bajo costo en el proceso productivo.
- j) Reducir los requerimientos de espacio de trabajo.
- k) Reducir el desperdicio y la merma de recursos.
- l) Reducir el empleo de materiales de alto costo unitario.
- m) Incrementar la productividad del proceso de fabricación de los productos con un alto valor agregado.
2. Contribuir a que el sistema productivo logre adaptarse a restricciones externas.
  - a) Reducir puestos de trabajo.
  - b) Reducir la curva de aprendizaje
  - c) Reducir los cuellos de botella.
  - d) Reducir los tiempos de producción.
  - e) Reducir los requerimientos de espacio de trabajo.
  - f) Reducir las faltantes de materiales críticos en la estación de trabajo.
  - g) Reducir la inversión de capital.
  - h) Incrementar el volumen de producción con la misma cantidad de mano de obra o menos.

3. Contribuir a que el producto o servicio cuente con mejor desempeño o aceptación en el mercado.
  - a) Crear un diseño susceptible de modificación.
  - b) Modificar empaque.
  - c) Modificar acabados.
  - d) Modificar el peso.
  - e) Cambiar las tolerancias.
  - f) Modificar material utilizado.
  - g) Modificar color actual.
  - h) Modificar las dimensiones actuales.
  - i) Modificar la unidad de empaque estándar actual.
4. Contribuir a obtener un mejor control de los materiales.
  - a) Subcontratar la fabricación (maquila).
  - b) Eliminar los materiales auxiliares innecesarios.
  - c) Fabricar con cualquier material.
  - d) Evitar las operaciones innecesarias.
  - e) Modificar la secuencia del proceso.
  - f) Eliminar operaciones.
  - g) Combinar operaciones.
  - h) Utilizar herramientas y equipo que faciliten el trabajo.
  - i) Contar con herramientas y equipos que pueden utilizarse para realizar más de una operación.
  - j) Contar con herramientas que pueden combinarse para nuevos trabajos.
  - k) Sustituir herramientas y equipo sin dificultad.

Los proyectos anteriores pueden clasificarse en cinco niveles, de acuerdo con la complejidad del mismo y el nivel de mando que debe intervenir para que este se lleve a cabo y se adopte en la estación de trabajo o en la línea de producción.

En la tabla 2.3 se muestra esta clasificación y se proporciona una descripción sobre los criterios de selección del nivel del proyecto.

Tabla 2.3 Clasificación del nivel de los cambios que realizan en los sistemas de producción mediante la aplicación de las técnicas de la ingeniería de métodos.

Nivel del cambio	Descripción
1	El cambio se realiza en cualquiera de las estaciones de trabajo. El monto de inversión para realizar la modificación podrá ser autorizado por el supervisor o coordinador del grupo de trabajo inmediato del operario que está asignado a la estación de trabajo analizada.
2	El cambio se realiza en cualquiera de las estaciones de trabajo. El monto de inversión para llevar a cabo la modificación deberá ser autorizado por el jefe inmediato del supervisor o coordinador del grupo de trabajo a quien está asignada la estación de trabajo estudiada.
3	Las modificaciones consisten en cambios en la secuencia de las operaciones: agregando, eliminando, combinando o cambiando el orden de las actividades. Involucra generalmente a dos o más estaciones de trabajo o áreas de la empresa. El monto de la inversión debe ser autorizado por el gerente o director de manufactura.
4	Las modificaciones realizadas son de especificaciones del producto o del servicio, generalmente involucran a más de un área de la empresa: ingeniería, ventas, finanzas, compras, mercadotecnia, control de calidad, manufactura, producción y dirección general. El monto de inversión debe ser autorizado por un comité integrado <i>exprofeso</i> para el análisis de este caso.
5	Los cambios realizados implican realizar algunas modificaciones a las especificaciones originales de los materiales primos y componentes definidos para la manufactura del producto o servicio. Generalmente involucran a más de un área de la empresa: ingeniería, ventas, finanzas, compras, mercadotecnia, control de calidad, manufactura, producción y dirección general. El monto de inversión debe ser autorizado por un comité integrado <i>exprofeso</i> para el análisis de este caso.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Mundel (1978: 38-41).

Como un elemento orientativo, más no limitativo, se presenta a continuación una tabla en la que se indican los efectos que se tendrán al realizar las modificaciones en cada una de las categorías antes

mencionadas. Se debe aclarar que cada empresa y caso en particular cuenta con características propias por lo que los datos mencionados únicamente son orientativos.

Tabla 2.4 Efectos que se tendrán al realizar las modificaciones en las categorías de acuerdo con el nivel de los cambios que realizan en los sistemas de producción, mediante la aplicación de las técnicas de la ingeniería de métodos.

Nivel del cambio	Movimientos corporales	Herramientas, estación de trabajo y equipo	Proceso	Producto	Materiales
1	Nuevos	Cambios menores	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
2	Nuevos	Cambios radicales	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
3	Nuevos	Nuevos	Nuevos	Sin modificación	Sin modificación
4	Nuevos	Nuevos	Nuevos	Modificación	Sin modificación
5	Nuevos	Nuevos	Nuevos	Modificación	Nuevos

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Mundel (1978: 40-41).

### 2.3 Recopilación y registro de la información del método de trabajo

El registro del método de trabajo actual se realiza anotando el modo en el que se trabajó, se describe el método de trabajo actual y qué se pretende mejorar.

El problema de reflejar por escrito ese trabajo es que cada uno se adaptará de una forma distinta, lo que necesita el registro es una técnica que permita anotar perfectamente y de manera sistematizada *t* las actividades que proporcione *n* y así obtener una interpretación única y fácil de entender, en cualquier región geográfica del mundo por especialistas del tema.

Aquí emplearemos técnicas estandarizadas y aceptadas internacionalmente, la cuales nos marcan la pauta para describir el trabajo que se realiza en cada una de las estaciones de trabajo, obteniendo

una cantidad de detalles e información que nos permitirá realizar el análisis para desarrollar propuestas de mejoras a la condición actual en la que se lleva a cabo el trabajo.

Estas técnicas permiten que una persona ajena pueda entender con claridad el modo en que ese trabajo se realiza, mediante el empleo de instrumentos gráficos y símbolos normalizados que reflejan el tipo de actividad, y que cuentan con una variedad suficiente de acuerdo con la función del tipo de trabajo a describir.

Lo anterior permite que una persona documente por escrito las actividades que integran un método de trabajo y que con esa información lleve a cabo un estudio sobre este. Para realizarlo se cuenta con métodos para su registro, por ejemplo, la representación gráfica del proceso (mapeo de proceso).

Dentro de esta forma de representación gráfica existen varios instrumentos que podemos utilizar, a

los cuales comúnmente se les denomina **diagramas**, que nos pueden proporcionar información del trabajo que se realiza a nivel macro y micro, dentro del sistema de producción que se estudia.

### Diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo)

Este tipo de diagrama proporciona información sobre todos los componentes que se utilizan para la manufactura de un producto o servicio, y permite contar con una visión completa a nivel macro del proceso que se realiza para manufacturarlo. Es de gran utilidad para poner de manifiesto costos ocultos provocados por excesivos acarrees, retrasos y almacenamientos temporales, con lo cual se identifican áreas de oportunidad para realizar mejoras en el proceso de productividad y eficiencia del mismo.






El diagrama está diseñado para realizar un registro gráfico de todas las operaciones, inspecciones, traslados, demoras y almacenamientos que debe sufrir un producto o servicio durante su transformación en un sistema productivo.

Para su integración se emplean ciertos símbolos gráficos que representan las operaciones descritas con anterioridad.

La American Society Mechanical Engineering (ASME) propuso un grupo estándar de símbolos gráficos a través de la publicación denominada: *Operations and Flow Process Charts*, que hasta la fecha siguen utilizándose para desarrollar los diagramas de flujo de proceso y otros diagramas complementarios (Adaptado de Mundel, 178: 132)

En la tabla 2.5 se muestra la información sobre estos símbolos y su significado. Todos los símbolos deben estar normalizados en su tamaño, 3/8" en su diámetro y la misma magnitud para su arista.

Tabla 2.5 Símbolos gráficos utilizados para los diagramas de flujo de proceso (operario, material y equipo).

Tipo de operación	Símbolo ASME	Descripción de uso
Operación		Tiene lugar cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, cuando se une a otro(s), etcétera.
Transporte		Acontece cuando el material, la información u objeto se desplaza de un lugar a otro, principalmente estaciones de trabajo o áreas. Conviene no considerar los movimientos que forman parte de una operación y que son realizados por el operario.
Inspección		Sucedre cuando tiene lugar una evaluación, de manera intencionada, de cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material u objeto, al concluir una operación de transformación, de transporte, demora o almacenamiento.
Espera		Una espera (demora o retraso) puede ser de dos tipos aquel que es necesario ya que permite modificar intencionalmente las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, y aquella demora que no es necesaria y que provoca que se interrumpa de manera abrupta la continuidad en las operaciones, afectando a la siguiente.
Almacenaje		Ocurre cuando de manera intencional o no, cualquier material, información u objeto es resguardado en un área o recipiente específico, con el fin de someterlo a otra operación.

Fuente: González (1985: 3003).

### Elaboración de diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo)

Para la elaboración de un diagrama de flujo de procesos se debe seguir el siguiente procedimiento:

- El proceso se debe iniciar con la identificación correcta del título, complementado con datos como el número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.
- En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama. Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.
- Posteriormente, se procede a registrar todas y cada una de las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras, almacenes temporales y permanentes que suceden durante el procesamiento de un producto o servicio en un sistema productivo, a través de una numeración cronológica referencial, para todos los eventos que se hayan registrado.
- De igual manera, se debe observar una convención adicional sobre las líneas que se utilizan para unir los símbolos gráficos del diagrama. En la figura 2.6 se hace referencia a ellas.

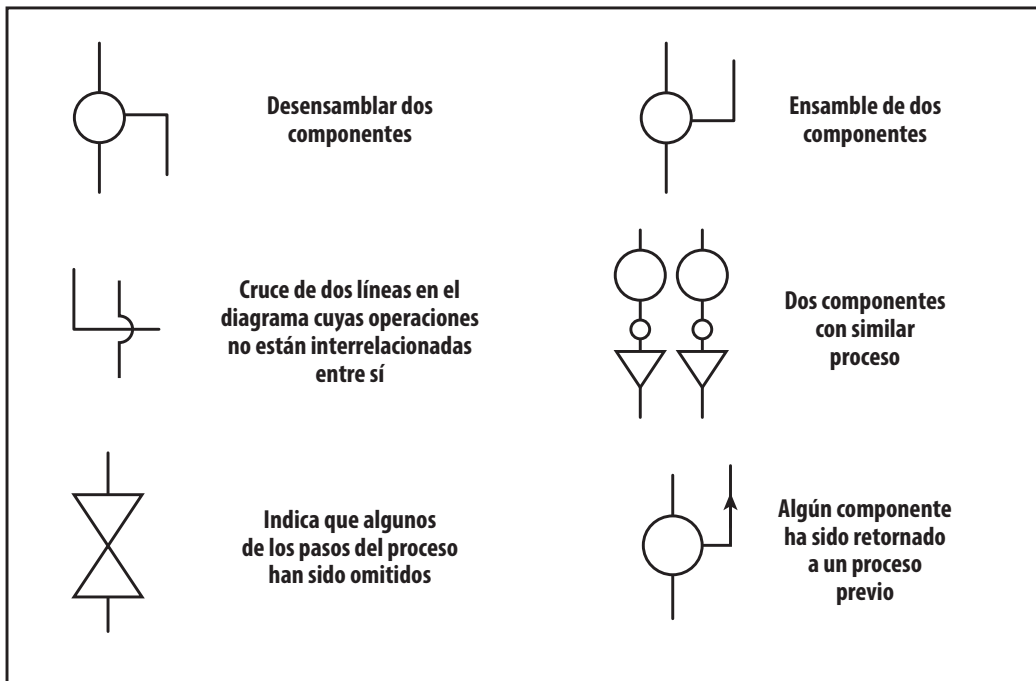


Figura 2.6 Convenciones utilizadas para elaborar diagramas de flujo de proceso (operario, material y equipo).

Fuente: Adaptación con base en Mundel (178: 134).

Es importante mencionar que hay situaciones especiales que se deben contemplar para la operación de transporte. El símbolo se emplea para indicar un sentido de avance en la circulación del material, información o servicio, cuando ocurra esto, siempre se representará en el diagrama con la punta de la flecha apuntando a la derecha del papel.

En caso de que exista un retroceso o inversión en el sentido del flujo de proceso que se registra, el símbolo de transporte se representará de modo que la punta de la flecha apunte hacia la izquierda.

Si el proceso se lleva a cabo en una instalación que cuenta con varios niveles, una flecha que apunte hacia la parte superior de la hoja del diagrama nos indicará que el proceso se realiza siguiendo un flujo ascendente.

En cambio un símbolo de transporte que se presente con su punta hacia la parte inferior del diagrama significará que el flujo del proceso es descendente.

No se requiere una precisión exagerada para determinar las distancias de los movimientos, es suficiente el empleo de una cinta de campo para cuantificar la magnitud de las distancias recorridas.

Otra manera de realizarlo, con lo cual se obtienen valores adecuados, es mediante la determinación del número de columnas con las que cuenta la instalación y que son paralelas al flujo del trayecto. Se multiplica la cantidad total contabilizada menos uno por la sepa-

ración que hay entre cada una de ellas, que por norma de construcción están reguladas.

Las distancias de 1.50 m no se registran comúnmente, pero si se considera que pueden ser significativas por su cantidad y periodicidad, lo que puede provocar un impacto severo en los costos, se deberá realizar su registro.

Es importante resaltar que se debe indicar para toda demora y almacenamiento registrado, el tiempo de duración. Cuanto mayor sea este tiempo, tanto de almacenaje como de retardo, los costos acumulados serán mayores, por lo que resulta de primordial importancia conocer esta información de manera exacta y oportuna.

No basta con solo indicar que existe un almacenamiento o una demora en el diagrama, la información estará incompleta bajo esta representación.

Una técnica para poder determinar la duración de los retrasos y almacenamientos consiste en identificar varias piezas, información o servicios con la hora exacta en que fueron almacenados o demorados. Posteriormente se realiza una inspección periódica del área de trabajo para determinar en qué momento se reintegraron al proceso productivo los elementos marcados.

A continuación se presenta dos ejemplos de este diagrama, uno para flujo de proceso de equipo y otro para materiales.





MECATRONIC, S.A. DE C.V.											
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA											
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO		OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/>		EQUIPO <input type="checkbox"/>					
Diagrama Núm. 01-E Hoja Núm. 1		RESUMEN									
Objetivo: Revisión de estado de prensa		ACTIVIDAD		Actual	Propuesto	Economía					
Método: Producción de tina		Operación <input type="radio"/>		9							
		Transporte <input type="radio"/>		4							
		Espera <input type="radio"/>		0							
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/>		Inspección <input type="checkbox"/>		1							
Lugar: Fábrica XXXXXXXX		Almacenamiento <input type="checkbox"/>		1							
Operador (es): Juan Pérez		Distancia (m)		19							
Elaborado por: J.G.J.A. Fecha: 9/3/2011		Tiempo (hr/hombre)									
Aprobó:	Fecha:	Costo									
		Comentarios									
		<b>TOTAL</b>									
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	DISTANCIA (M)	TIEMPO (MIN)	SÍMBOLO			OBSERVACIONES			
					<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Requisición de materia prima a almacén		50 piezas	0								
Transporte de lote a estación de trabajo		1 lote	10								
Se coloca lote en rack de estación de trabajo		1 lote	0								
Se coloca lámina en matriz		1 pza	0								
Se sujeta lámina con anillo de sujeción		1 pza	0								
Primer forjado de embutido		1 pza	0								Aplicar lubricante
Liberar pieza		1 pza	0								
Expulsión de pieza		1 pza	0								
Traslado a segunda forja		1 pza	2								
Se sujeta lámina con anillo de sujeción		1 pza	0								
Segundo forjado de embutido		1 pza	0								Aplicar lubricante
Liberar pieza		1 pza	0								
Expulsión de pieza		1 pza	0								
Traslado a tercera forja		1 pza	2								
Se sujeta lámina con anillo de sujeción		1 pza	0								
Tercer forjado de embutido		1 pza	0								Aplicar lubricante
Liberar pieza		1 pza	0								
Expulsión de pieza final e inspección de proceso		1 pza	0								Las piezas presentan arrugas
Traslado a CC (muestra)		3 pza	5								
<b>TOTAL</b>		50	19								

Figura 2.8 Diagrama de flujo de recorrido: factores que lo integran, ejemplo básico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Keniche (2005); Keisuke y Keniche (2000); Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991) y Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

### Utilización del diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo)

El diagrama de flujo se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos que se presentan durante la operación de un sistema productivo para manufacturar un componente, información o servicio.

Dado que este diagrama presenta de forma clara y detallada todos los retrasos, transportes y almacenamientos sirve para definir estrategias y acciones para reducir el número de estos elementos.

Una vez que se ha concluido el diagrama se deben realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, principalmente realizando énfasis en los siguientes enfoques:

- Manejo de materiales.
- Distribución de equipo en la planta.
- Tiempos de retrasos.
- Tiempos de almacenamiento.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir del diagrama de ensamble. Por lo cual es conveniente realizar un estudio sobre los costos ocultos que pudieran presentarse en este proceso.

De igual forma, es de vital importancia que no se vicié el análisis estudiado de la información con-

tenida en este diagrama, como son las operaciones de transformación e inspección; es más apropiado darle importancia al estudio de las distancias que deben ser recorridas para dar continuidad a las operaciones, así como las demoras que ocurren y los almacenamientos permanentes y temporales que se presentan.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis debe generar como resultado mejoras en los tiempos de cada operación de transformación, de inspección, de transporte, de retraso y de almacenamiento y, en segundo término, de la distancia de recorrido que se realiza cada vez que se transporta un material, información o servicio.

En la tabla 2.6 se han concentrado una serie de preguntas que se deberán responder para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. De igual forma en las tablas 2.7, 2.8 y 2.9 se proporciona información sobre los diferentes diagramas de flujo de proceso, su contenido básico, el objetivo del mismo y aquello que ayuda a conocer la información que se recopila con él.

En los formatos 2.1, 2.2 y 2.3 se muestra el ejemplo que se ha utilizado para el registro de información para este tipo de diagramas.

Tabla 2.6 Preguntas guía para realizar la evaluación del diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo).

Diagrama	Para que se emplea	Preguntas para realizar evaluación
Flujo de proceso- análisis de operario, de los materiales y del equipo	a) Reducir el número de operaciones.  b) Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.  c) Reducir los costos de las operaciones para incrementar rentabilidad.  d) Reducir manejo de materiales.  e) Modificar secuencia si se reducen costos.  f) Reducir movimientos de material.  g) Diseñar movimientos económicos de traslado de materiales.  h) Reducir el inventario en proceso de materiales.	<b>Eliminar</b>  1. ¿Puede eliminarse una operación?  a) Por innecesaria.  b) Instalando un nuevo equipo.  c) Cambiando el lugar donde se está realizando.  d) Modificando la secuencia del proceso.  e) Modificando el diseño actual del producto o servicio.  f) Modificando las especificaciones de los materiales y suministros.
		<b>Combinar</b>  1. ¿Puede combinarse alguna operación con otra realizando algunos cambios en?  a) La distribución de la estación de trabajo.  b) El equipo y la maquinaria utilizados.  c) La secuencia de la operación.  d) El diseño del producto.  e) La especificación de los materiales y componentes suministrados.
	i) Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlas en la posición más adecuada en el proceso.	<b>Reducir</b>  1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?
		<b>Simplificar</b>  1. ¿Puede simplificarse cualquier operación?

Tabla 2.7 Información básica de diagrama de flujo de proceso de operario.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<p><b>Diagrama de flujo de proceso de operario</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte, ensamble, etcétera.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Indicaciones si se trata de un método actual o propuesto.</li> <li>· Ubicación: planta, línea, estación de trabajo, entre otras.</li> <li>· Número del proceso.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Nivel de ingeniería.</li> <li>· Cantidad de las operaciones registradas.</li> <li>· Descripción de las operaciones.</li> <li>· Tiempos.</li> <li>· Distancias de los desplazamientos.</li> <li>· Cantidades, cuando sea necesario.</li> <li>· Notas explicativas.</li> <li>· Cantidad de desperdicios o mermas de proceso.</li> <li>· Tiempo acumulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Reducir los costos de las operaciones, para incrementar rentabilidad.</li> <li>· Reducir el manejo de materiales.</li> <li>· Modificar secuencia si se reducen costos.</li> <li>· Reducir movimientos de material.</li> <li>· Diseñar movimientos económicos de traslado de materiales.</li> <li>· Reducir el inventario en proceso de materiales.</li> <li>· Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlas en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p><b>Costos ocultos por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Distancias recorridas.</li> <li>· Demoras.</li> <li>· Almacenes temporales.</li> </ul> <p><b>Aspectos de control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· No se realiza inspección.</li> <li>· Inspecciones excesivas.</li> <li>· Distribución de equipo y maquinaria.</li> </ul> <p><b>Aspectos de recursos humanos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Mal manejo de materiales de parte del operario.</li> <li>· No pierda tiempo realizando desplazamientos largos para realizar su trabajo.</li> <li>· Identificar posibilidades de autocontrol de la calidad en la operación que se realiza.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.*



Tabla 2.8 Información básica de diagrama de flujo de proceso de material.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
Diagrama de flujo de proceso de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte, ensamble, otros.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Indicaciones si se trata de un método actual o propuesto.</li> <li>· Ubicación: planta, línea, estación de trabajo, entre otras.</li> <li>· Número del proceso.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Nivel de ingeniería.</li> <li>· Cantidad de las operaciones registradas.</li> <li>· Descripción de las operaciones.</li> <li>· Tiempos.</li> <li>· Distancias de los desplazamientos.</li> <li>· Cantidades, cuando sea necesario.</li> <li>· Notas explicativas.</li> <li>· Cantidad de desperdicios o mermas de proceso.</li> <li>· Tiempo acumulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones al mínimo necesario.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar aquellas operaciones que se pueden combinar.</li> <li>· Simplificar las operaciones.</li> <li>· Balancear el trabajo en ambas manos.</li> <li>· Eliminar la operación de sujeción manual.</li> <li>· Que el lugar de trabajo cumpla con la normatividad de los reglamentos de construcción local, de higiene y seguridad, así como el de protección civil vigentes.</li> </ul>	<p><b>Costos ocultos por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Distancias recorridas.</li> <li>· Demoras.</li> <li>· Almacenes temporales.</li> </ul> <p><b>Aspectos de control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· No se realiza inspección.</li> <li>· Inspecciones excesivas.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.





Tabla 2.9 Información básica de diagrama de flujo de proceso de equipo.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<p><b>Diagrama de flujo de proceso de equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte y ensamble, entre otros.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Indicaciones si se trata de un método actual o propuesto.</li> <li>· Ubicación: planta, línea, estación de trabajo, entre otras.</li> <li>· Número del proceso.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Nivel de ingeniería.</li> <li>· Cantidad de las operaciones registradas.</li> <li>· Descripción de las operaciones.</li> <li>· Tiempos.</li> <li>· Distancias de los desplazamientos.</li> <li>· Cantidades, cuando sea necesario.</li> <li>· Notas explicativas.</li> <li>· Cantidad de desperdicios o mermas de proceso.</li> <li>· Tiempo acumulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Reducir los costos de las operaciones para incrementar la rentabilidad.</li> <li>· Reducir el manejo de materiales.</li> <li>· Modificar secuencia si se reduce costos.</li> <li>· Reducir movimientos de material.</li> <li>· Diseñar movimientos económicos de traslado de materiales</li> <li>· Reducir el inventario en proceso de materiales.</li> <li>· Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlos en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p><b>Costos ocultos por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Distancias recorridas.</li> <li>· Demoras.</li> <li>· Almacenes temporales.</li> </ul> <p><b>Aspectos de control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· No se realiza inspección.</li> <li>· Inspecciones excesivas.</li> <li>· Distribución de equipo y maquinaria.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.*



## Diagrama de recorrido

Aunque el diagrama de flujo de proceso suministra la mayor parte de la información pertinente relacionada con un proceso de fabricación, aún no se cuenta con una representación objetiva que nos indique cómo es el proceso realizado en la instalación productiva.

Por ello es preciso auxiliarse del plano de distribución de maquinaria y equipo (*lay out*) del sistema productivo, con lo cual se podrá realizar el desarrollo de un nuevo método de trabajo mejorado, por ejemplo, antes de que pueda acortarse un transporte es necesario ver o visualizar donde habría sitio para agregar una instalación o dispositivo que permita disminuir la distancia.

Asimismo es útil considerar posibles áreas de almacenamiento temporal o permanente, estaciones de inspección o puntos de trabajo.

### Elaboración del diagrama de recorrido

Un diagrama de recorrido se debe iniciar con la identificación correcta del título, complementado con los siguientes datos: número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama. Esta información puede ser nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Posteriormente, se procede a registrar todas y cada una de las operaciones, inspecciones, movimientos, demoras, almacenes temporales y permanentes que acontecen durante el procesamiento de un producto o servicio en un sistema productivo.

La mejor manera de representar esta información, como ya se mencionó, es utilizando la información contenida en el plano de la distribución de planta (*lay out*) existente de las áreas a considerar en la planta, y trazar en él las líneas de flujo que indiquen el movimiento del material de una actividad a otra.

Una representación objetiva o topográfica de la distribución de zonas y edificios, en la que se indica

la localización de todas las actividades registradas en el diagrama de curso de proceso, se conoce como diagrama de recorrido de actividades.

Al elaborar este diagrama se debe identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. El sentido de flujo se indica colocando de manera periódica pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido.

Si se desea mostrar el recorrido de más de un objeto, información o servicio se puede utilizar un color diferente para cada uno de ellos.

### Utilización del diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos que se presentan durante la operación de un sistema productivo, para manufacturar un componente, información o servicio.

Dado que este diagrama presenta de forma clara y detallada todos los retrasos, transportes y almacenamientos, sirve para definir estrategias y acciones para reducir el número de estos elementos.

Una vez que se concluye el diagrama se deben realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con énfasis en los siguientes enfoques:

- Manejo de materiales.
- Distribución de equipo en la planta.
- Tiempos de retrasos.
- Tiempos de almacenamiento.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir del diagrama de flujo de proceso (operario, material o de equipo), y es primordial que no se vicie el análisis estudiado de la información contenida en este, como son las operaciones de transformación y de inspección; es más apropiado darle importancia al estudio de las distancias que deben ser recorridas para dar continuidad a las operaciones, así como las demoras que ocurren y los almacenamientos permanentes y temporales que se presentan.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis debe generar como resultado mejoras en los tiempos de cada operación de trans-

formación, de inspección, de transporte, de retraso y de almacenamiento y, en segundo término, la distancia de recorrido que se realiza cada vez que se transporta un material, información o servicio.

De igual forma se debe tomar en cuenta que el principal análisis que se realiza de este diagrama consiste en evaluar que los patrones que se desarrollan en los flujos del proceso sean eficientes y cum-

plan con alguno de los cinco esquemas básicos de patrones de flujo, que se presentan en la figura 2.9, así como los cuatro patrones principales de flujo en el plano que se indican en la figura 2.10. En el caso de contar con instalaciones de varios niveles existen cinco tipos de patrones de flujo para esta situación, los cuales se pueden apreciar en la figura 2.11.

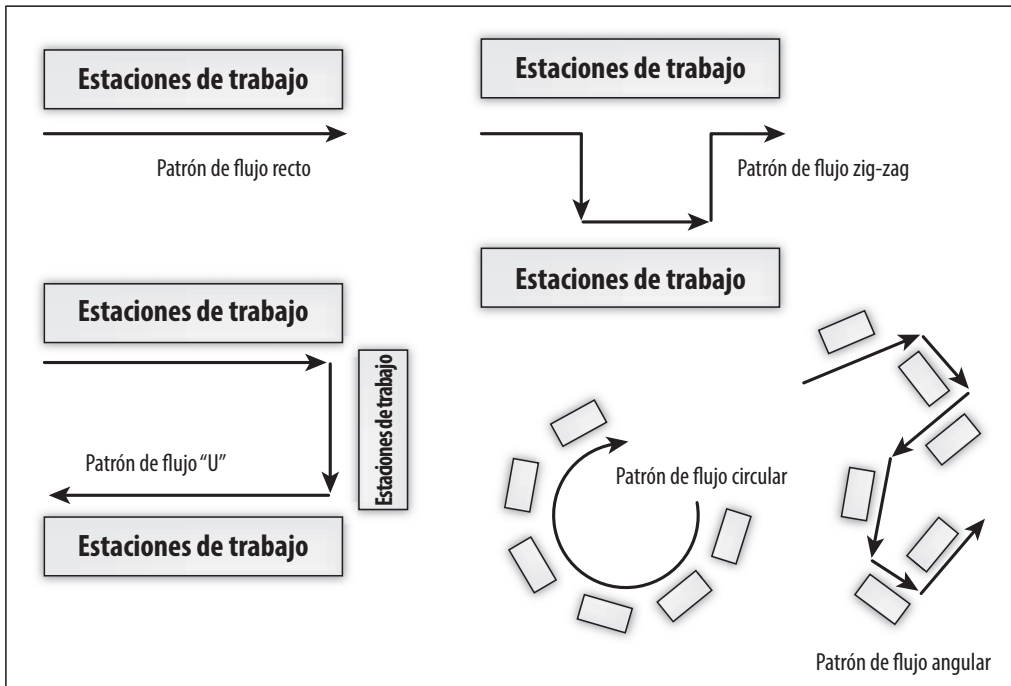


Figura 2.9 Patrones básicos de flujo de materiales.

Fuente: Elaboración propia con base en Maynard (1963:50).

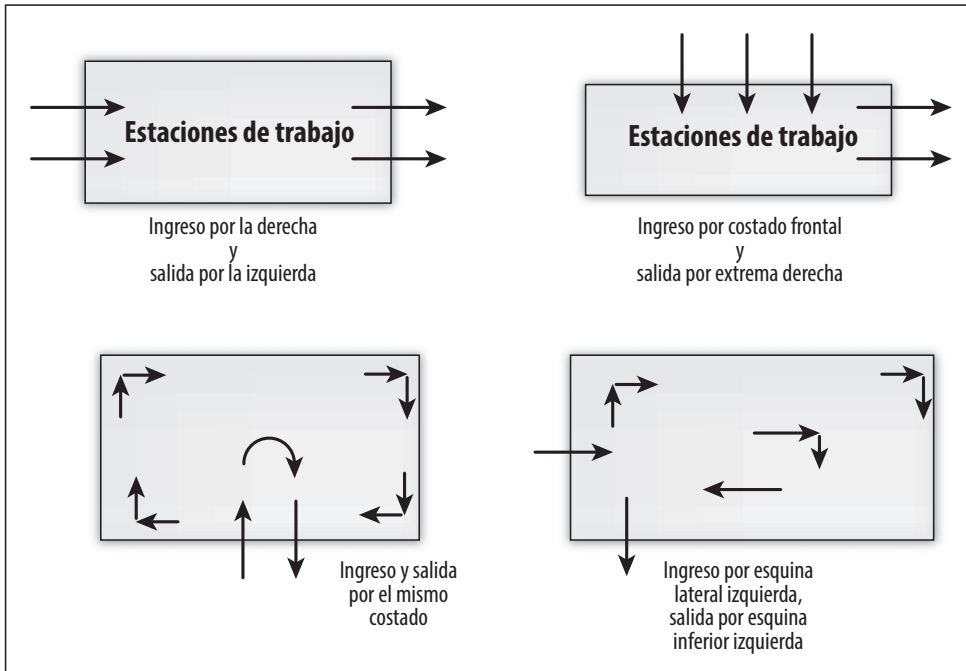


Figura 2.10 Patrones de flujo de materiales básicos en el plano.

Fuente: Elaboración propia con base en Maynard (1963: 51).

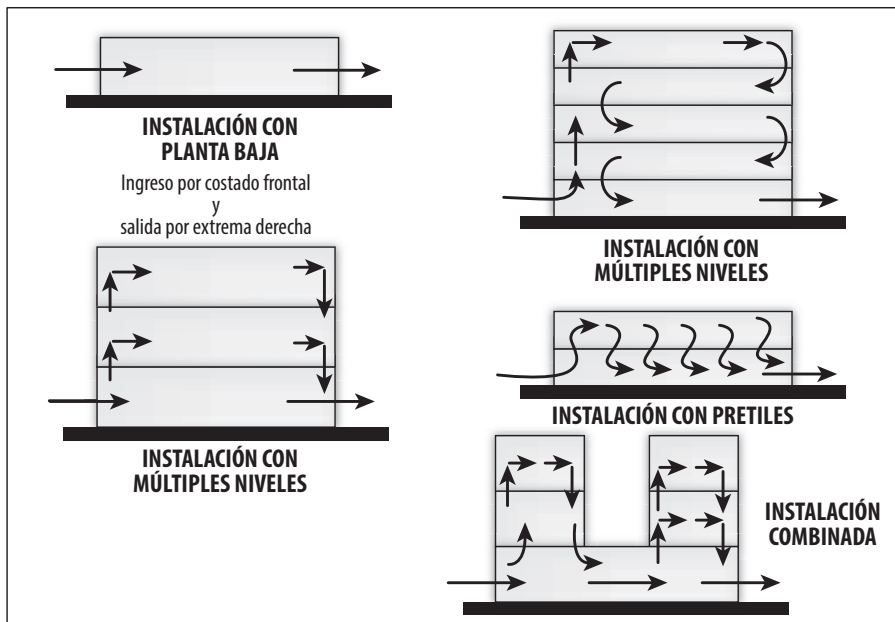


Figura 2.11 Patrones de flujo de materiales básicos en el plano.

Fuente: Elaboración propia con base en Maynard (1963: 52).

A continuación se presenta la figura 2.12 en la que se ha desarrollado un ejemplo de este diagrama; de igual forma se ha agregado la tabla 2.10 en la que se concentran una serie de preguntas que deberán contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado.

En la tabla 2.11, se proporciona información sobre el diagrama de recorrido, su contenido básico, el objetivo del mismo y aquello que ayuda a conocer la información que se recopila en él. También se incluye el formato 2.4, el cual muestra el método que se ha utilizado para el registro de información para este tipo de diagrama.

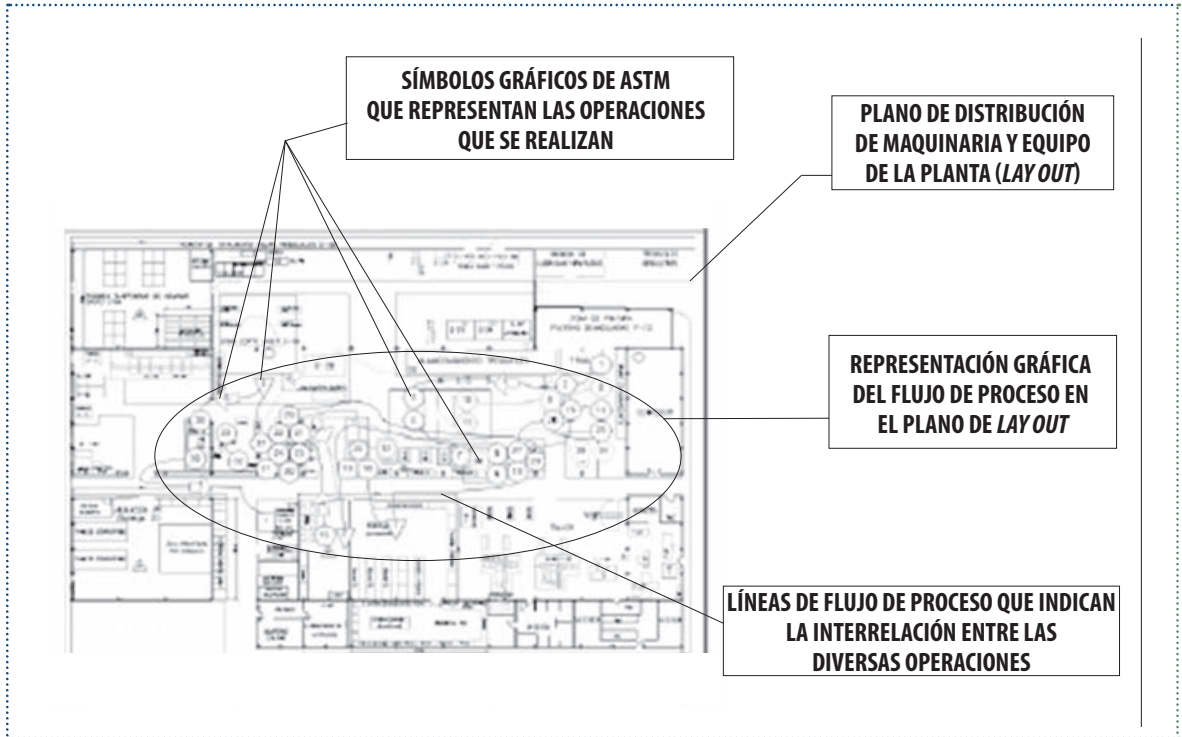


Figura 2.12 Diagrama de flujo de recorrido: factores que lo integran, ejemplo básico.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.

Tabla 2.10 Preguntas guía para realizar la evaluación del diagrama de recorrido.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
De recorrido-análisis de operario, de los materiales y del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Reducir los costos de las operaciones para incrementar rentabilidad.</li> <li>· Reducir manejo de materiales.</li> <li>· Modificar secuencia si se reducen costos.</li> <li>· Reducir movimientos de material.</li> <li>· Diseñar movimientos económicos de traslado de materiales.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Eliminar</b></p> <p>1. ¿Puede eliminarse una operación?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Instalando un nuevo equipo.</li> <li>c) Cambiando el lugar donde se está realizando.</li> <li>d) Modificando la secuencia del proceso.</li> <li>e) Modificando el diseño actual del producto o servicio.</li> <li>f) Modificando las especificaciones de los materiales y suministros.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el inventario en proceso de materiales.</li> <li>· Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlas en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Combinar</b></p> <p>1. ¿Puede combinarse alguna operación con otra realizando algunos cambios en?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La distribución de la estación de trabajo.</li> <li>b) En el equipo y maquinaria utilizados.</li> <li>c) En la secuencia de la operación.</li> <li>d) En el diseño del producto.</li> <li>e) En la especificación de los materiales y componentes suministrados.</li> </ul>
		<p style="text-align: center;"><b>Reducir</b></p> <p>1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?</p>
		<p style="text-align: center;"><b>Simplificar</b></p> <p>1. ¿Puede simplificarse cualquier operación?</p>

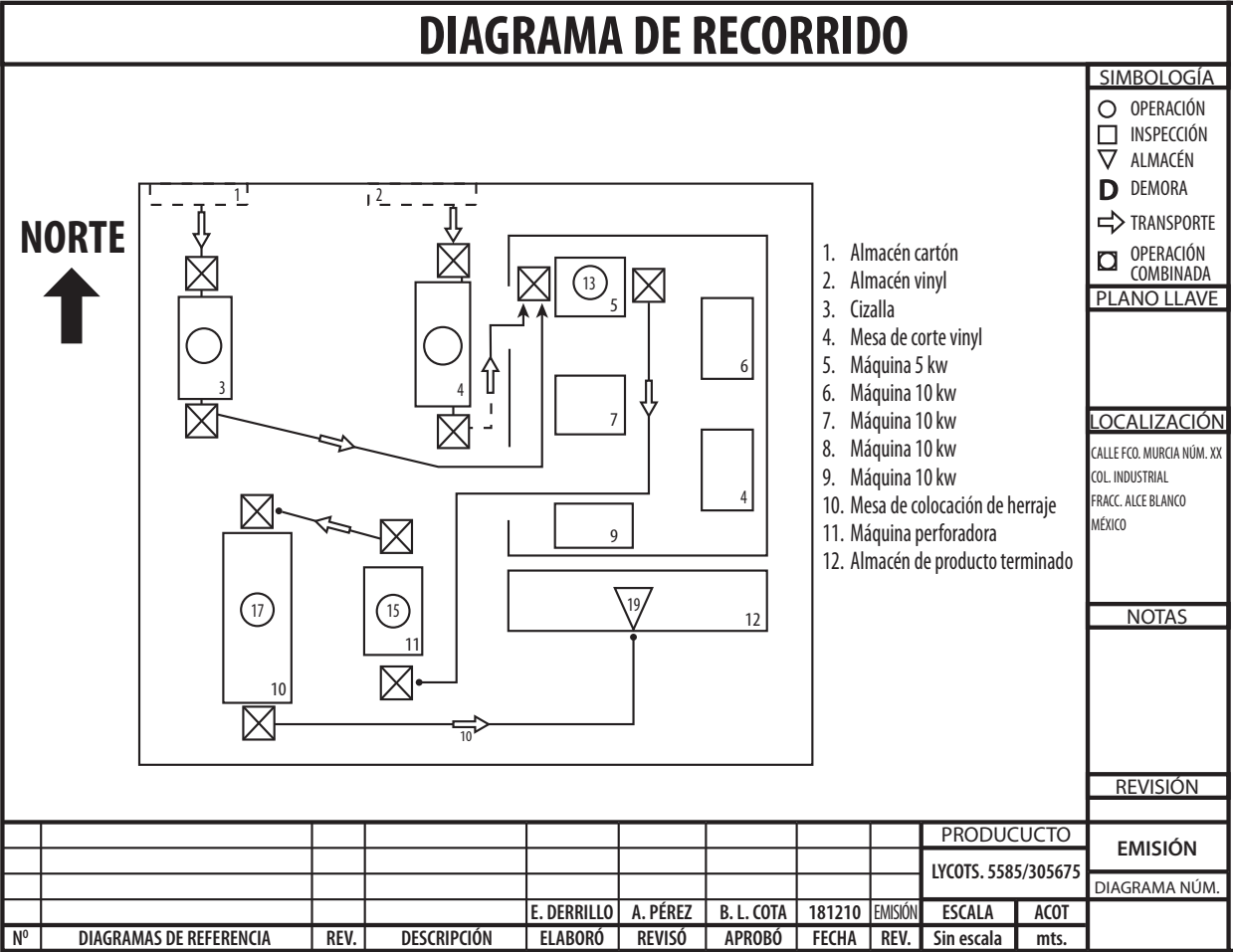
Tabla 2.11 Información básica de diagrama de flujo de recorrido.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<b>De recorrido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte y ensamble, entre otras.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Código del ensamble.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Símbolos ASME para representación de operaciones en diagramas de flujo de proceso.</li> <li>· Líneas de flujo que indican el inicio y terminación del recorrido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Reducir los costos de las operaciones, para incrementar rentabilidad.</li> <li>· Reducir el manejo de materiales.</li> <li>· Modificar la secuencia si se reducen costos.</li> <li>· Reducir los movimientos de material.</li> <li>· Reducir el inventario en proceso de materiales.</li> <li>· Diseñar movimientos económicos de traslado de materiales</li> <li>· Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlos en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p><b>Costos ocultos por:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Distancias recorridas.</li> <li>· Demoras.</li> <li>· Almacenes temporales.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); E. Mith, Geber (2000); Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.



**PERFORADORA METÁLICA MANUAL  
LYCOTS.5585/305675**



Formato 2.4 Diagrama de recorrido.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

## Diagrama de ensamble

La mayor parte de la información que se emplea para realizar el diagrama de flujo de proceso (operario, material y equipo), así como el diagrama de recorrido proviene del diagrama de ensamble.

Se debe mencionar que la elaboración de este diagrama es responsabilidad del departamento de ingeniería del producto, pues además este departamento tiene como principal función la labor de diseño, que se manifiesta mediante el desarrollo de dibujos, planos técnicos y especificaciones, entre otras, de un producto o servicio.

El departamento de ingeniería debe elaborar la lista completa de los materiales que constituyen un producto o servicio terminado, en ella se menciona la cantidad de materiales y componentes que se requieren para la integración del producto o servicio final, cuáles son los planos técnicos y especificaciones y como a través de subensambles y ensambles son agrupados.

Los ensambles y subensambles incluyen componentes, materiales y materias primas denominadas “nivel de explosión” (algunas empresas le denominan coloquialmente “BOM del producto o del servicio”).

Es muy importante que la lista de materiales cuente con la información completa y actualizada, y que defina claramente a todos y cada uno de los diferentes componentes, partes, ensambles y subensambles que se emplean, de acuerdo con la última versión del plano de ingeniería del producto correspondiente.

Se debe asumir que si lo anterior no sucede, los departamentos y personal que dependen de esta información no realizarán de manera eficiente su labor dentro de la organización, lo que provocará situaciones en las que se presente un ajuste a la baja de la productividad de la empresa y que los niveles de calidad del producto o servicio se realicen en un nivel inferior al planeado.

Por lo anterior, debemos auxiliarnos de la información contenida en los planos individuales de los componentes, subensambles, ensambles y conjunto del producto, que generados por el departamento de ingeniería; así como de las listas de materiales.

Esta información permitirá comprender claramente cómo se ajustan y de qué manera se lleva a cabo la integración de los diferentes componentes entre sí para producir el producto o servicio final.

Es importante aclarar que el diagrama de ensamble proporciona información que permite desarrollar un panorama preliminar sobre el flujo que presentará el proceso de manufactura, así como la cantidad de áreas de trabajo que se requieren inicialmente y las operaciones que se pueden combinar, entre otros aspectos.

Con ello contaremos con información básica para iniciar el desarrollo de la propuesta y diseño del método de trabajo más eficiente, rentable y seguro.

Lo anterior permitirá que el proceso productivo que propone las distancias de recorrido sean mínimas, presente un alto índice de valor agregado, las inspecciones sean las necesarias y los almacenamientos sean mínimos, y si es posible que las demoras no existan.

### Elaboración del diagrama de ensamble

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, complementado con los datos sobre el número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama. Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Posteriormente, se procede a identificar los componentes y materiales con los que se realiza algún subensamble o ensamble y registrar, mediante el uso de circunferencias y líneas, todas y cada una de las interacciones que tienen entre sí los elementos, en diferentes niveles de ensamble.

La mejor manera de representar esta información, como ya se mencionó, es utilizando la información contenida en el plano de ensamble general o de conjunto del producto, identificando los materiales, componentes, ensambles y subensambles que

se mencionan en el cuadro de referencia. Así como las listas de materiales relacionadas con el artículo y modelo de producto que se analiza.

Al elaborar este diagrama se debe identificar cada material, pieza, subensamble, ensamble y pieza terminada mediante el empleo de un círculo de

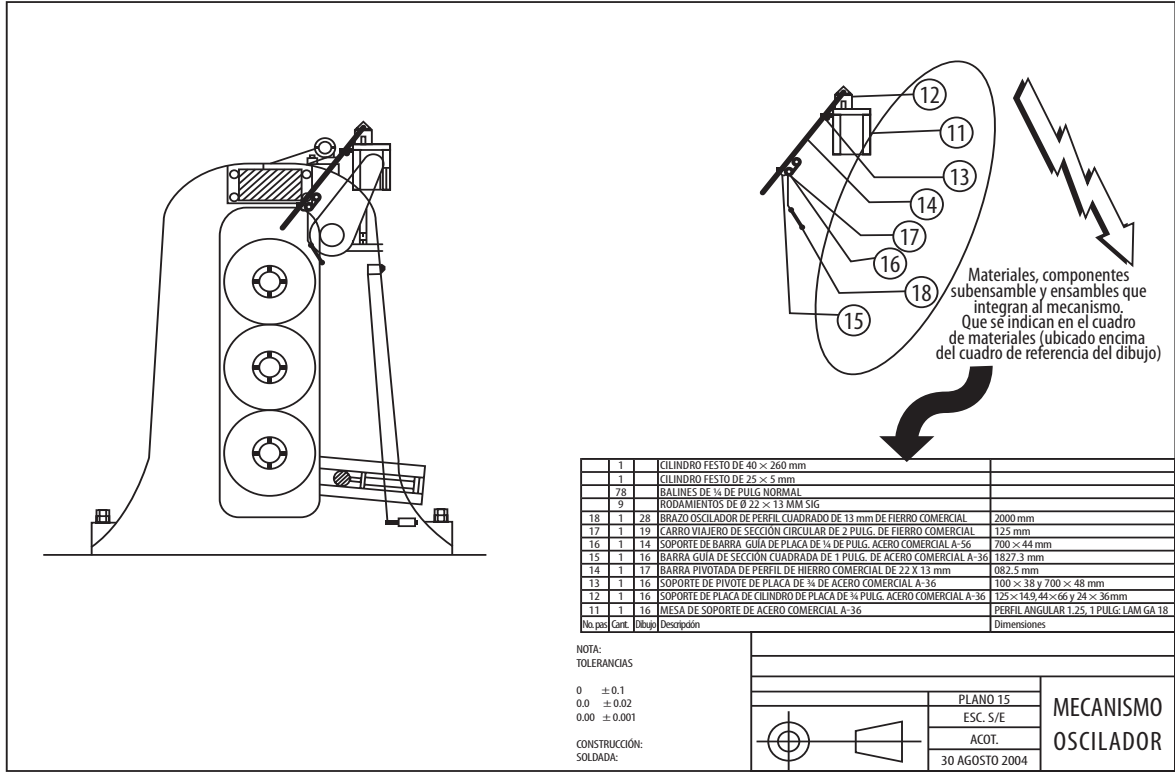


Figura 2.13 Ejemplo de dibujo de conjunto en el que se indican los componentes que integran el producto y la ubicación de la lista de materiales en el plano, concepto básico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

3/8" de diámetro y números que estén relacionados con los diferentes niveles de ensamble. El sentido de flujo se indica colocando pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido. Se recomienda que la representación gráfica del ensamble sea acorde con el modelo tradicional que define este concepto.

A continuación se muestra el modelo referido que permite comprender como están interrelacionados los niveles de ensamble, así como un ejemplo básico sobre el tema.

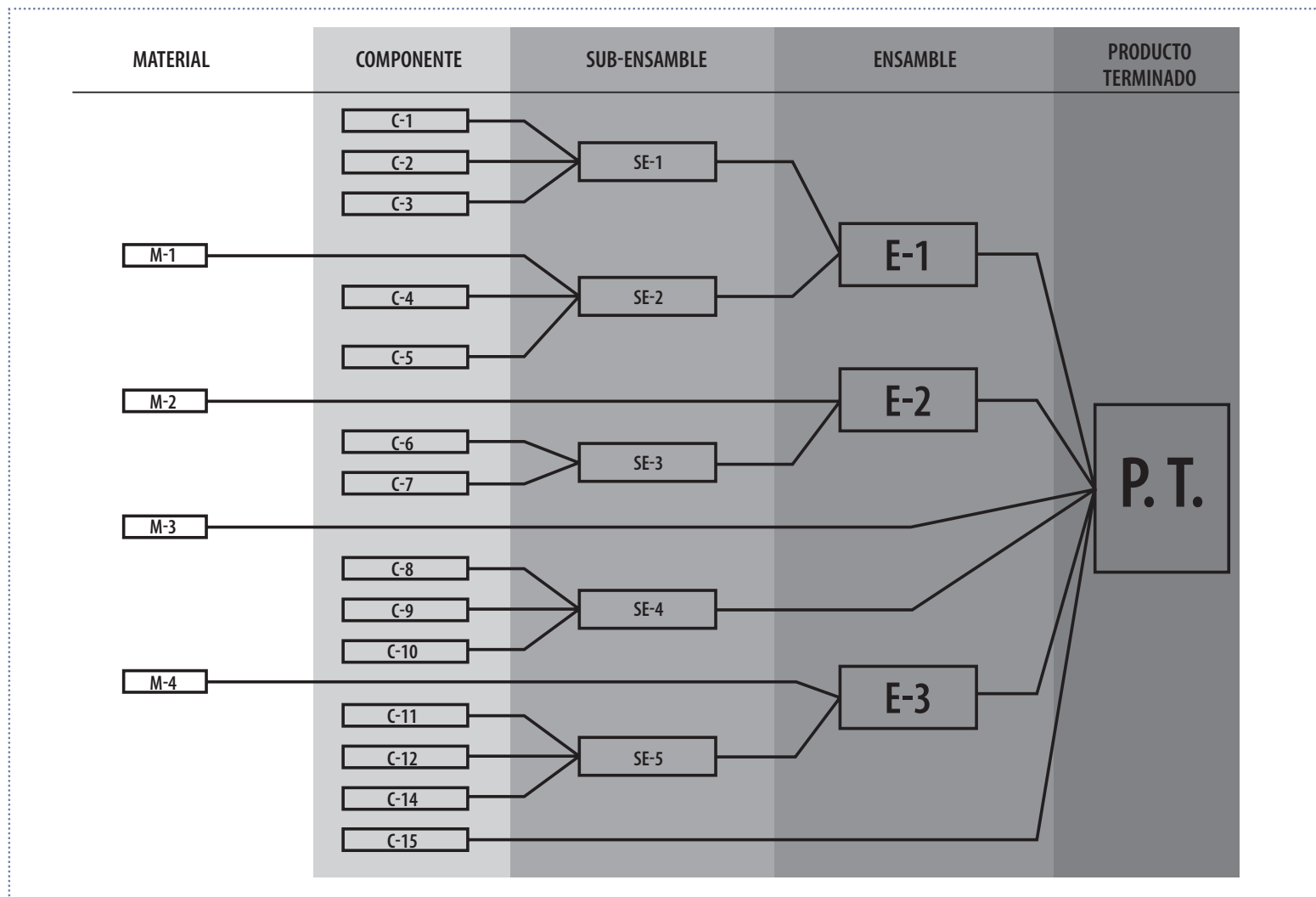


Figura 2.14 Niveles de explosión de un producto, concepto básico.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. *Técnicas Kaizen*.

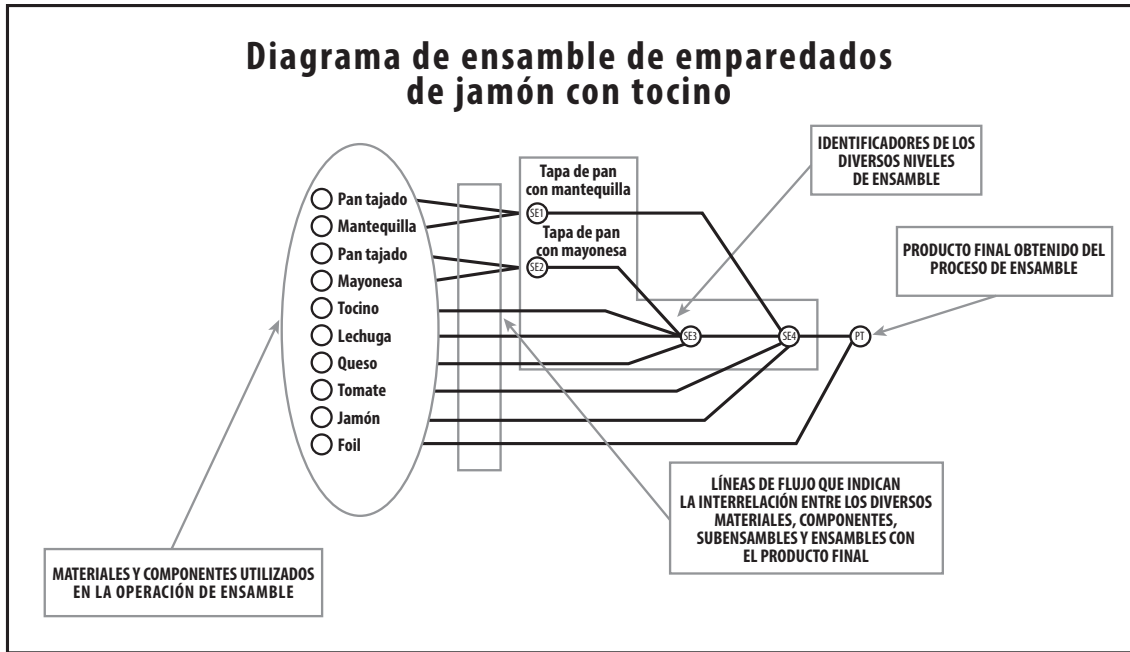


Figura 2.15 Diagrama de ensamble: factores que lo integran, ejemplo básico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. *Técnicas Kaizen*.

### Utilización del diagrama de ensamble

Se emplea como instrumento de análisis para contar con información preliminar de la distribución física que podrá considerarse para la instalación y montaje del sistema de producción, ya que proporciona información básica sobre la cantidad de áreas de trabajo que podrán considerarse para realizar la manufactura del bien o del servicio; la disposición física entre ellas permite identificar los flujos e interrelaciones de materiales que existirán, y así poder realizar los ajustes para obtener alguno de los patrones que se indicaron en las tablas 2.9, 2.10 y 2.11.

Con ello iniciaremos un desarrollo del método de trabajo que incluya una tendencia a eliminar los costos ocultos que se presentan durante la operación de un sistema productivo.

Dado que este diagrama presenta de forma clara y detallada todos los materiales, componentes, subensamblajes y ensambles servirá para identificar aquellos elementos que pueden ser agrupados en

un área o estación de trabajo para su realización, de manera que se pueden definir estrategias y acciones para reducir el número de estaciones de trabajo.

Una vez que concluido el diagrama se deben formular una serie de preguntas basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con énfasis en los siguientes enfoques:

- Distribución de equipo en la planta.
- Diseño del producto.
- Manejo de materiales.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir del plano de ensamble general o de conjunto del producto; identificando los materiales, componentes, ensambles y subensambles que se mencionan en el cuadro de referencia, así como las listas de materiales relacionadas con el artículo y modelo de producto que se analiza.

Es fundamental que no se vicie el análisis estudiando la información contenida en este diagrama, como son las operaciones de transformación y de transporte; es más apropiado darle importancia al estudio de la cantidad de áreas de trabajo que pueden integrarse de acuerdo con la complejidad del trabajo a realizar, las actividades que son comunes y que pueden agruparse en un área o estación de trabajo y la disposición de las áreas de trabajo para contar con un patrón de flujo adecuado con base en los criterios indicados en el tema correspondiente al diagrama de recorrido.

De igual importancia es la atención a la necesidad de inspecciones que se requieran para llevar a cabo un autocontrol, o bien, para auditar la adecuada realización de una operación de ensamble en algún punto del proceso productivo, debido a su complejidad o por las características críticas de funcionalidad que debe tener el producto o servicio que se manufactura.

Si se considera todo lo anterior se estará coadyuvando a reducir los costos agregados y ocultos debidos a las distancias que deben ser recorridas para dar continuidad a las operaciones, así como las demoras que ocurren y los almacenamientos permanentes y temporales que se presentan.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis es generar como resultado mejoras en los tiempos de cada operación de transfor-

mación, de inspección, de transporte reducción de retrasos y almacenamiento. De igual relevancia es la supervisión sobre la distancia de recorrido que se realiza cada ocasión que se transporta un material, información o servicio, la cual debe ser mínima y al menor costo posible

Hay que tomar en cuenta que el principal análisis que se realiza de este diagrama consiste en evaluar la cantidad y disposición de áreas o estaciones de trabajo que nos permitan desarrollar patrones de flujo de proceso que sean eficientes y cumplan con alguno de los cinco esquemas básicos, de estos patrones, que se mencionan en las tablas 2.9, 2.10 y 2.11.

A continuación se presenta la tabla 2.12 en la que se concentra una serie de preguntas que se deberán contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. En la tabla 2.13 se proporciona información sobre el diagrama de ensamble, su contenido básico, el objetivo del mismo y aquello que ayuda a conocer la información que se recopila a través de este.

También se incluyen los formatos 2.5 y 2.6 en los que se muestra los métodos empleados para el registro de información para este tipo de diagrama y de lista de materiales, en la cual se obtiene parte de la información para la integración de este diagrama.



El análisis busca mejorar los tiempos de producción.

Tabla 2.12 Preguntas guía para realizar la evaluación del diagrama de ensamble.

Diagrama	Para qué se emplea		Preguntas para realizar evaluación
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">De recorrido-análisis de operativo, de los materiales y del equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la cantidad preliminar de estaciones de trabajo.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Definir patrones de flujo eficientes de acuerdo con la disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Reducir el manejo de materiales.</li> <li>· Identificar la combinación de actividades en una misma estación de trabajo.</li> <li>· Identificar necesidades de inspección por complejidad del trabajo.</li> <li>· Diseñar el mínimo número de estaciones de inspección y ubicarlas en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p><b>Eliminar</b></p>	<p>1. ¿Puede eliminarse una operación?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Instalando un nuevo equipo.</li> <li>c) Cambiando el lugar donde se está realizando.</li> <li>d) Modificando la secuencia del proceso.</li> <li>e) Modificando el diseño actual del producto o servicio.</li> <li>f) Modificando las especificaciones de los materiales y suministros.</li> </ul>
		<p><b>Combinar</b></p>	<p>1. ¿Puede combinarse alguna operación con otra realizando algunos cambios en?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La distribución de la estación de trabajo.</li> <li>b) En el equipo y la maquinaria utilizados.</li> <li>c) En la secuencia de la operación.</li> <li>d) En el diseño del producto.</li> <li>e) En la especificación de los materiales y componentes suministrados.</li> </ul>
		<p><b>Reducir</b></p>	<p>1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Utilizando dispositivos de ensamble con auto verificación de calidad.</li> </ul>
		<p><b>Simplificar</b></p>	<p>1. ¿Puede simplificarse cualquier operación?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificando el diseño actual del producto o servicio.</li> <li>b) Modificando la especificación de los materiales, componentes, subensambles y ensambles.</li> </ul>

Tabla 2.13 Información básica de diagrama de ensamble.

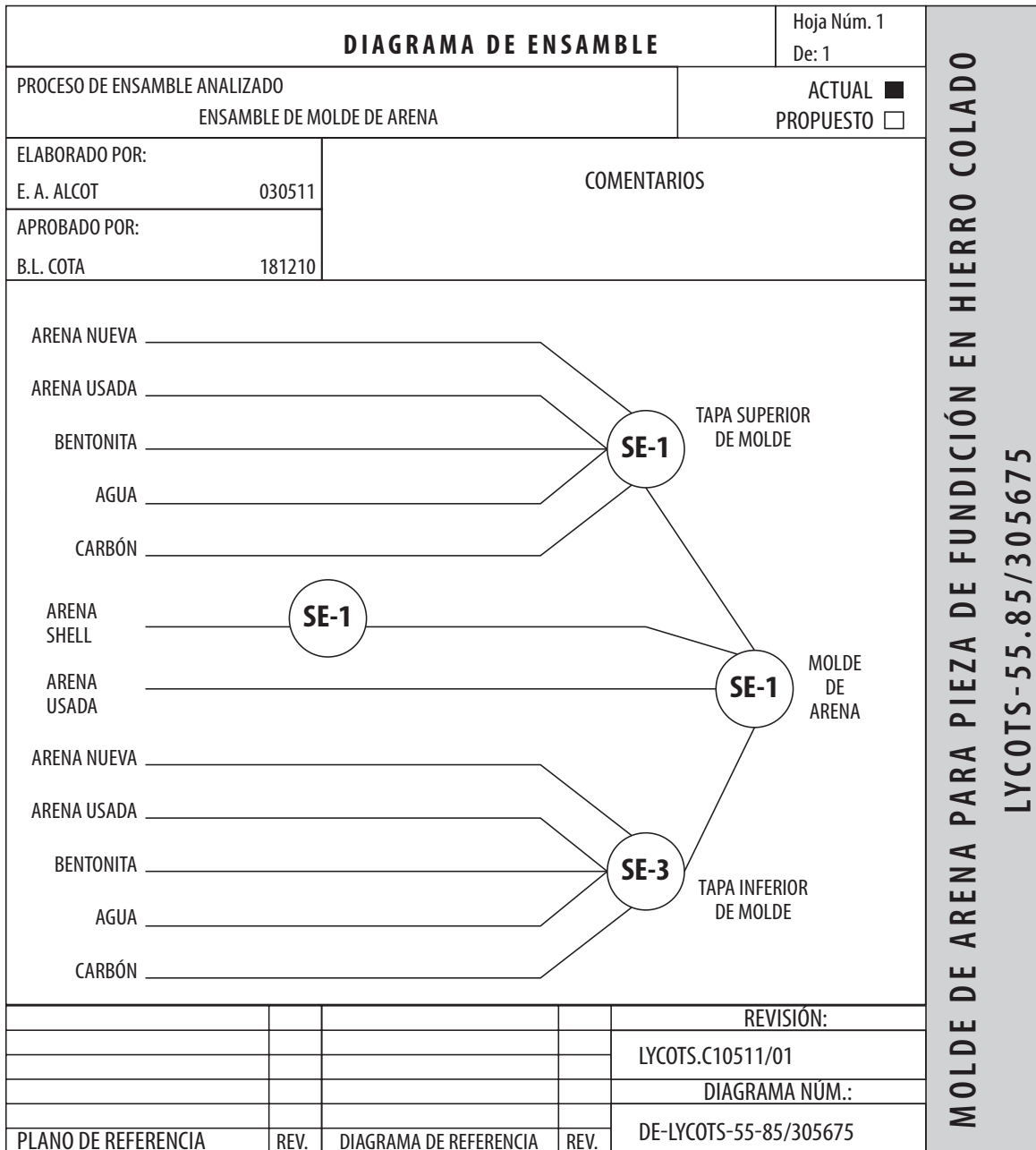
Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
Diagrama de ensamble	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte, ensamble, entre otras.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Código del ensamble.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Cantidad de los componentes, materias primas, subensambles y ensambles registrados.</li> <li>· Descripción de los componentes, materias primas, subensambles y ensambles registrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar aquellas operaciones que se pueden combinar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Complejidad del proceso.</li> <li>· Ofrece información para elaborar el diagrama de flujo de proceso.</li> <li>· Ofrece información para elaborar diagrama de operación.</li> <li>· Permite conocer cuál es el número preliminar de estaciones de trabajo.</li> <li>· Permite visualizar el patrón del flujo de proceso que se generará durante la fabricación del producto o servicio.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.



Es muy importante que el diagrama de ensamble cuente con toda la información básica, para que sea una herramienta útil.





**MOLDE DE ARENA PARA PIEZA DE FUNDICIÓN EN HIERRO COLADO**  
**LYCOTS-55.85/305675**

Formato 2.5 Diagrama de ensamble.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. *Técnicas Kaizen*.



## Diagrama de operación del proceso

Este tipo de diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones que se realizan en las áreas, estaciones de trabajo o máquinas, así como las inspecciones, los márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque o arreglo final del producto terminado, y la entrada de todos los componentes y subconjuntos al ensamble con el conjunto principal.

De igual forma que un plano técnico, este diagrama de operación presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones de materiales, acabados, propiedades mecánicas, entre otros aspectos, todos los detalles de fabricación o de administración se aprecian globalmente en el diagrama de operaciones de proceso.

Antes de que se realice la propuesta de mejora de un diseño, primero se deben examinar los dibujos y planos del diseño actual del producto o servicio. De manera análoga, antes de iniciar los trabajos encaminados al desarrollo de propuestas de los métodos de trabajo que se realizan en un proceso productivo, conviene elaborar un diagrama de operaciones que

permita comprender la complejidad del proceso y determinar las tareas en las que existe la posibilidad de mejoramiento.

El diagrama de operaciones de proceso permite que esta información sea expuesta con claridad, pues de lo contrario no sería posible desarrollar propuesta alguna que contribuyera a mejorar el proceso productivo en cualquiera de sus indicadores: rentabilidad, eficiencia y seguridad.

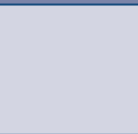


### Elaboración del diagrama de proceso de la operación

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, complementado con los datos del número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se desea analizar, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través del diagrama. Esta información puede incluir el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Para representar la información en este tipo de diagrama se utilizan tres símbolos:

Tabla 2.14 Símbolos gráficos utilizados para los diagramas de operación del proceso.

Tipo de operación	Símbolo ASME	Descripción de uso
Operación		Tiene lugar cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, cuando se une a otro(s), etcétera.
Inspección		Una inspección sucede cuando tiene lugar una evaluación, de manera intencionada, de cualquiera de sus características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material u objeto, al concluir una operación de transformación, de transporte, demora o almacenamiento, para determinar su conformidad con una norma o estándar.
Operación combinada		Ocurre cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, pero al mismo tiempo se lleva a cabo una evaluación, de manera intencionada, de la modificación que se está impartiendo al material para determinar su conformidad con una norma o estándar.

- a) Un círculo pequeño, que generalmente tiene 10 mm (3/8") de diámetro, para representar una operación
- b) Un cuadrado con la misma medida por lado, que representa una inspección.
- c) Una combinación de los dos anteriores.

Fuente: González (1985: 303).

Se usan líneas verticales para indicar el flujo o curso general del proceso a medida que se realiza el trabajo, y se utilizan líneas horizontales que entroncan con las verticales para indicar la introducción de material, ya sea proveniente de compras o sobre el que ya se ha hecho algún trabajo durante el proceso.

Para todos los eventos que se han registrado se lleva a cabo una numeración cronológica referencial,

por cada tipo de operación. Es importante además, un criterio convencional sobre las líneas que se utilizan para unir los símbolos gráficos del diagrama.

En la figura 2.17 se hace referencia a todos estos criterios.

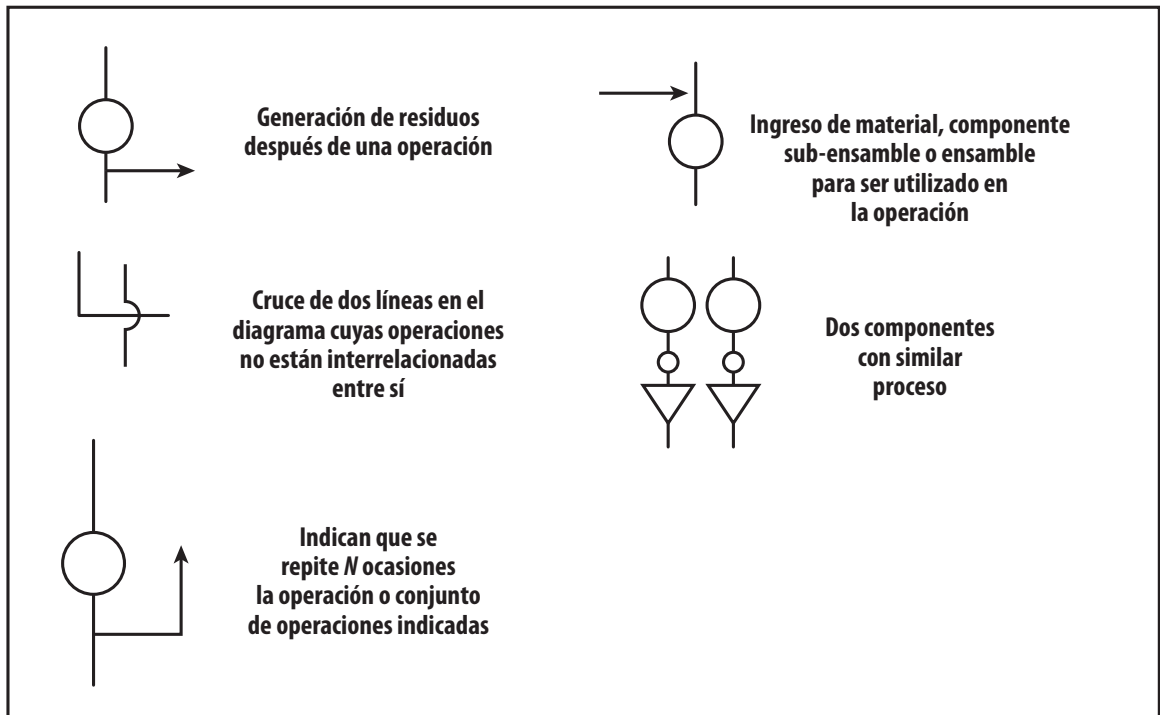


Figura 2.17 Convenciones utilizadas para elaborar diagramas de operación de proceso.

Fuente: Adaptación propia con datos de Mundel (1978: 134).

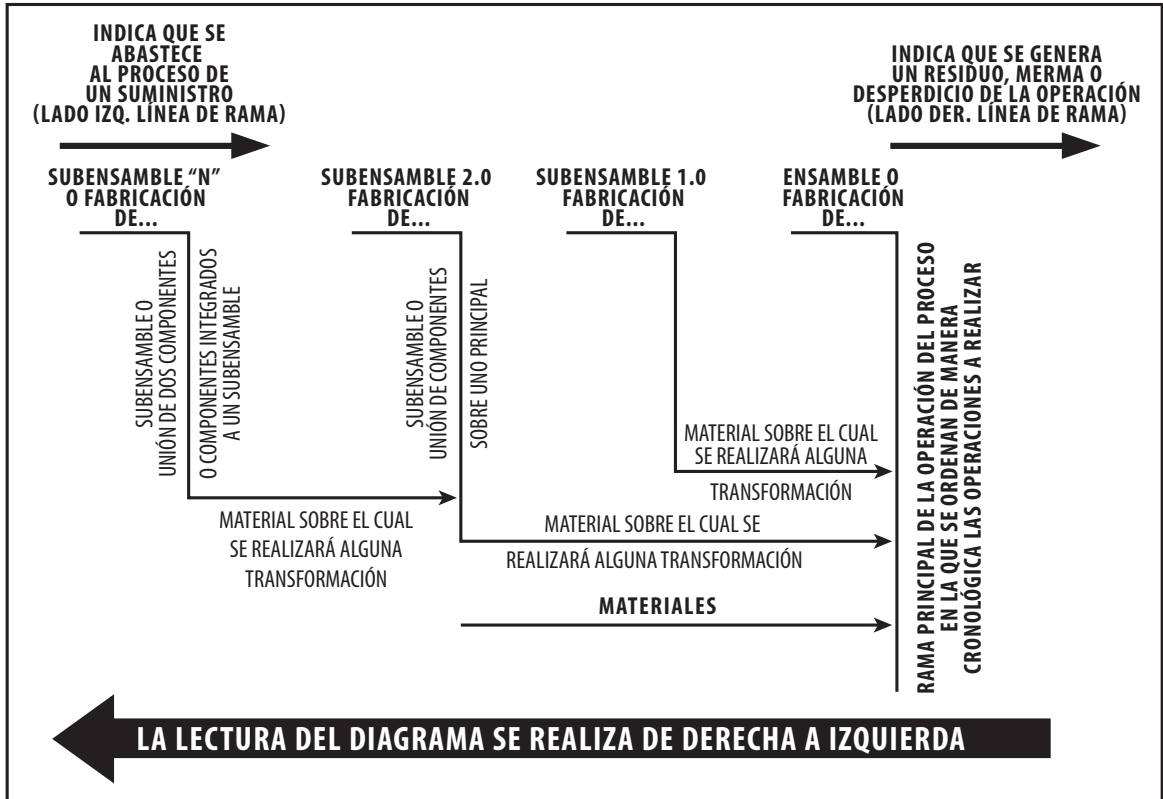


Figura 2.18 Guía para construir diagramas de operación de proceso, principios básicos.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Keniche (2005); Keisuke y Keniche (2000); Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991) y *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.



Después de la elaboración del diagrama de proceso es importante revisar cada operación y cada inspección.

En general, el diagrama de proceso de la operación debe elaborarse de manera que las líneas de flujo verticales y las líneas de material horizontales, no se

intercepten. A continuación se presenta un ejemplo de un diagrama de este tipo.

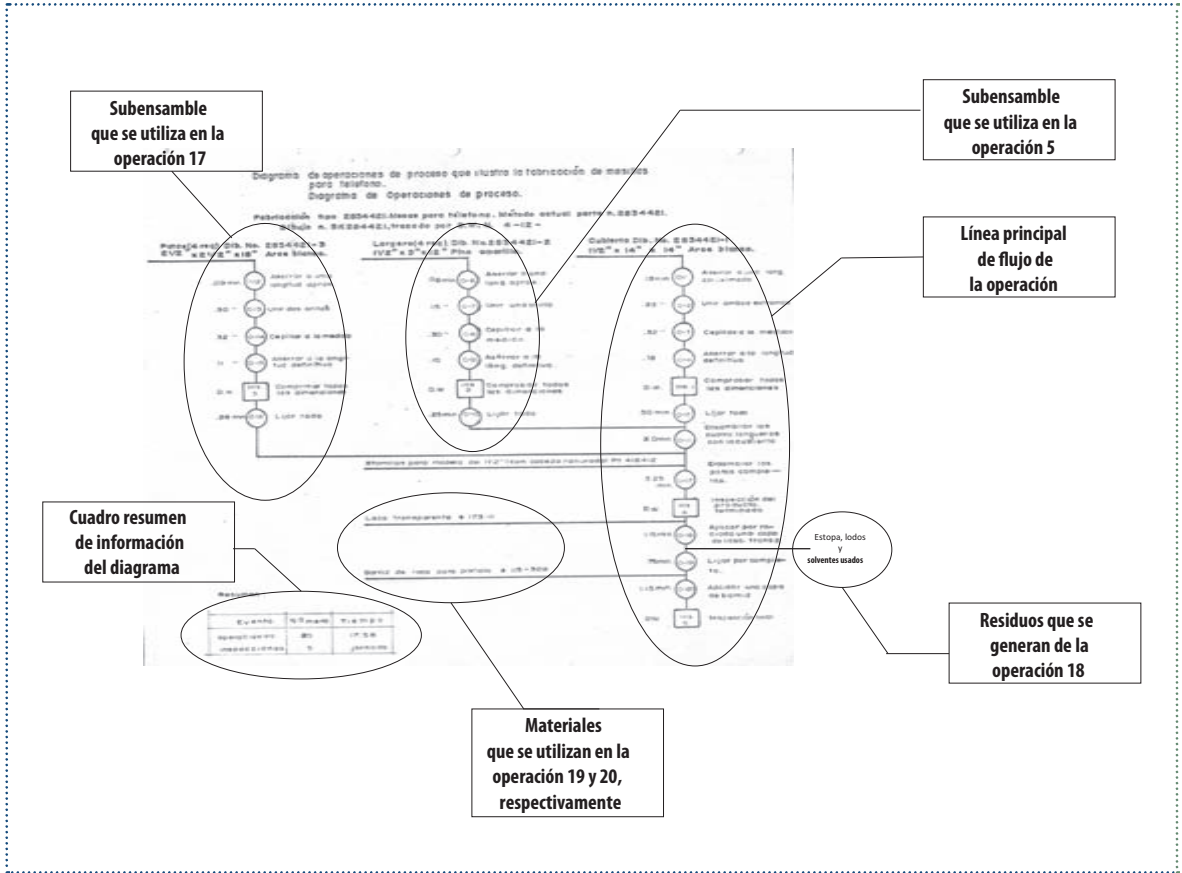


Figura 2.19 | Ejemplo básico de diagrama de operaciones del proceso: factores que lo integran.

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Keniche (2005); Keisuke y Keniche (2000); Maynard (2001); Mundel (1978); González (1985); Robinson (1991); Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

Una vez que se ha concluido la elaboración del diagrama de proceso de la operación, deberán iniciarse los preparativos para utilizar la información que contenga. Para lograrlo es importante seguir los pasos que se describen a continuación.

1. Revisar cada operación y cada inspección desde el punto de vista de los enfoques primarios del análisis de operaciones.

Existen 10 enfoques o factores principales correspondientes al análisis de la operación que se deben utilizar cuando se estudia el método de trabajo existente:

- a) Finalidad de la operación.
- b) Diseño de la pieza.
- c) Tolerancias y especificaciones.
- d) Materiales.
- e) Manejo de materiales.

- f) reparación de herramental.
- g) Proceso de manufactura.
- h) Distribución del equipo en la planta.
- i) Condiciones de trabajo.
- j) Principios de la economía de movimientos.

Cuando todos estos enfoques se emplean en el estudio de cada operación individual la atención se centra en aquellas actividades que cuentan con mayor probabilidad de realizar mejoras.

No todos los enfoques serán aplicables, habrá que seleccionar cuáles son útiles, pero por lo general se debe considerar más de uno.

El método más recomendado de análisis es evaluar cada paso del método actual con un enfoque claro y específico del mejoramiento que se quiere lograr.

Luego se debe seguir el mismo procedimiento con las operaciones e inspecciones, traslados y almacenamientos, entre otras, que se indican en el diagrama.

Las preguntas más importantes que se deben plantear son las siguientes:

- ¿Por qué es necesaria esta operación?
- ¿Por qué la operación se efectúa de esta manera?
- ¿Por qué son tan estrechas estas tolerancias?
- ¿Por qué se ha especificado este material?
- ¿Por qué se ha asignado esta clase de operario para ejecutar el trabajo?

No se debe considerar nada como ya sabido, por lo cual es necesario elaborar estas y todas las preguntas pertinentes acerca de las fases del proceso, y luego proceder a reunir la información necesaria para responderlas de manera adecuada, para lograr una mejora del trabajo.

### Utilización del diagrama de operación del proceso

Se emplea como instrumento de análisis para estudiar todas las operaciones que intervienen en un proceso, excepto las de manejo de materiales.

Permite utilizarse como información base para definir la distribución de la maquinaria y equipo en la planta, pues las ramas y ubicación de estas permi-

ten obtener una idea muy clara de la manera en que deberá realizarse la distribución física de maquinaria y equipo para la instalación y montaje del sistema de producción.

De igual manera proporciona información básica sobre la cantidad de áreas de trabajo que podrán considerarse para realizar la manufactura del bien o servicio, así como la disposición física entre ellas; también permite identificar los flujos e interrelaciones de materiales que existirán, y así poder realizar los ajustes para obtener alguno de los patrones que han sido indicados en las figuras 2.9, 2.10 y 2.11.

Este tipo de diagrama se utiliza también como un instrumento para comprender claramente la complejidad, secuencia de operaciones, materiales y componentes que intervienen para llevar a cabo el ensamble o fabricación de un producto o servicio.

En el caso de requerir realizar el desensamble de un producto, este diagrama es un gran auxiliar para apoyar esta tarea, que ocurre principalmente cuando se compra o adquiere maquinaria usada en el extranjero y se debe documentar y enviar a un país determinado, y por motivos de logística y transporte es más económico hacerlo de manera separada, que como un solo equipo o maquinaria.

Ya que este diagrama presenta de forma clara y detallada todos los materiales, componentes, subensambles y ensambles nos servirá para identificar aquellos elementos que pueden ser agrupados en un área o estación de trabajo para su realización, de manera que se pueden definir estrategias y acciones para reducir el número de estaciones de trabajo.

El diagrama de operación de proceso también se utiliza como plataforma de información para detectar condiciones de trabajo que contravengan las disposiciones gubernamentales sobre la higiene y seguridad en el trabajo, así como los aspectos de protección civil. Su información puede utilizarse para integrar el material de capacitación y entrenamiento para los nuevos operarios. Considerando lo anterior podremos iniciar el desarrollo de un método de trabajo que muestre una tendencia a eliminar los costos ocultos que se presentan durante la operación de un sistema productivo.

Al concluir la construcción del diagrama se deben realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con énfasis en los siguientes enfoques:

- Finalidad de la operación.
- Distribución de equipo en la planta.
- Diseño del producto.
- Tolerancias y especificaciones.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir del diagrama de ensamble y su análisis no se debe viciar estudiando la información contenida en este diagrama, como son las operaciones de transformación y de transporte; es más conveniente darle importancia al estudio de la cantidad de áreas de trabajo que pueden integrarse de acuerdo con la complejidad del trabajo a realizar, las actividades que son comunes y que pueden agruparse en un área o estación de trabajo, considerar la disposición de las áreas de trabajo para contar con un patrón de flujo adecuado, con base en los criterios indicados en el tema correspondiente al diagrama de recorrido.

Así como la necesidad de inspecciones requeridas para llevar a cabo un autocontrol, o bien, para auditar la adecuada realización de una operación de ensamble en algún punto del proceso productivo, debido a su complejidad o por las características críticas de funcionalidad que debe presentar el producto o servicio que se manufactura.

Tampoco se debe dejar de lado el perfil del operario encargado, pues si no cuenta con el entrenamiento y experiencia necesarios y adecuados no podrá contarse con un método de trabajo apropiado que permita alcanzar las metas planteadas: rentabilidad, eficiencia y seguridad

Si se considera todo lo anterior se estará coadyuvando a reducir los costos agregados y ocultos

debido a los errores que se generan por falta de entrenamiento y conocimiento del operario, a proporcionar un inadecuado proceso de capacitación y entrenamiento y a que el proceso se desarrolle de tal forma que las distancias que deben ser recorridas para dar continuidad a las operaciones sean considerables e impacten en los costos de producción.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis es generar como resultado mejoras en los tiempos de cada operación de transformación, de inspección, de transporte, reducción de los retrasos y almacenamiento.

Se debe tomar en cuenta que el principal análisis que se realiza de este diagrama consiste en evaluar la cantidad y disposición de áreas o estaciones de trabajo que nos permitan desarrollar patrones de flujo de proceso que sean eficientes y cumplan con alguno de los cinco esquemas básicos, que se mencionan en las figuras 2.9, 2.10 y 2.11.

A continuación se presenta la tabla 2.14 en la que se concentra una serie de preguntas que se deberán contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar y simplificar operaciones del proceso analizado. En la tabla 2.15 se proporciona información sobre el diagrama de operación del proceso, su contenido básico, el objetivo del mismo y aquello que ayuda a conocer la información que se recopila con él.

En el formato 2.7 se muestra el método empleado para el registro de información para este tipo de diagrama.



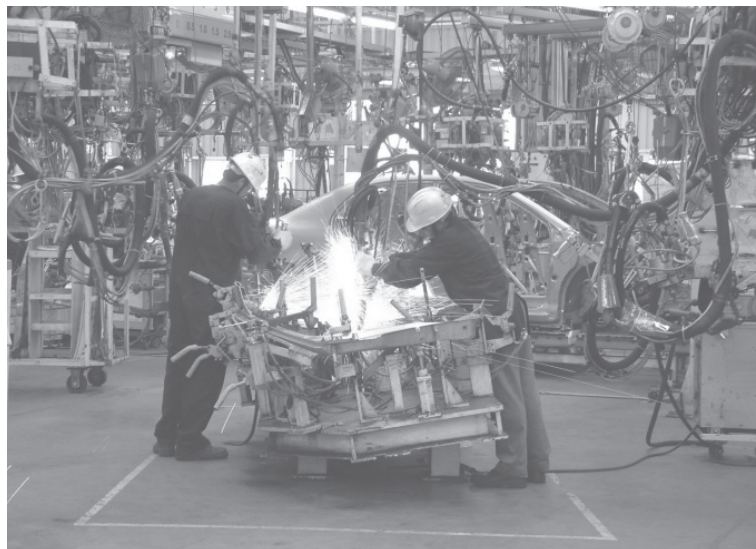
Tabla 2.14 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de la operación.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
De la operación de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones, al mínimo necesario.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar aquellas operaciones que se pueden combinar.</li> <li>· Simplificar las operaciones.</li> <li>· Balancear el trabajo en ambas manos.</li> <li>· Eliminar la operación de sujeción manual.</li> <li>· Que el lugar de trabajo cumpla con la normatividad de los reglamentos de construcción local e higiene y seguridad, así como el de protección civil vigentes.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Eliminar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Puede eliminarse una operación?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Mediante una modificación en la secuencia de trabajo.</li> <li>c) Cambiando el herramental o equipo.</li> <li>d) Modificando la distribución de la estación de trabajo.</li> <li>e) Combinando los herramientas actuales.</li> <li>f) Modificando ligeramente los materiales empleados.</li> <li>g) Modificando ligeramente el diseño o especificaciones del producto o servicio.</li> <li>h) Utilizando un clamp de sujeción.</li> </ol> </li> <li>2. ¿Puede eliminarse un movimiento?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesario.</li> <li>b) Mediante una modificación en la secuencia de trabajo.</li> <li>c) Combinando los herramientas actuales.</li> <li>d) Cambiando el herramental o equipo.</li> <li>e) Empleando dispositivos que permitan que por gravedad el material acabado se almacene en un contenedor.</li> </ol> </li> <li>3. ¿Puede eliminarse la actividad de sujetar?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Mediante un dispositivo de sujeción o fijación de piezas.</li> </ol> </li> </ol>
	<p style="text-align: center;"><b>Simplificar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Puede simplificarse una operación?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Utilizando mejores herramientas (que incremente la potencia de torque o de mayor velocidad angular).</li> <li>b) Incrementando los brazos de apalancamiento mecánico.</li> <li>c) Cambiando la posición de controles y de las herramientas o equipo.</li> <li>d) Utilizando mejores contenedores de materiales.</li> <li>e) Utilizando la gravedad e inercia de movimiento.</li> <li>f) Modificando ligeramente los materiales empleados.</li> <li>g) Reduciendo los requerimientos individuales en la operación.</li> <li>h) Modificando la altura del área de trabajo por debajo del codo del operario.</li> </ol> </li> <li>2. ¿Puede simplificarse un movimiento?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Acortando distancias de la herramienta y equipo utilizados.</li> <li>b) Modificando la dirección de los movimientos del trabajo.</li> <li>c) Usando músculos distintos (dedos, muñeca, antebrazo, brazo superior o tronco).</li> <li>d) Realizando movimientos continuos, discontinuos y bruscos.</li> <li>e) Empleando dispositivos que permitan que por gravedad el material acabado se almacene en un contenedor.</li> </ol> </li> </ol>	

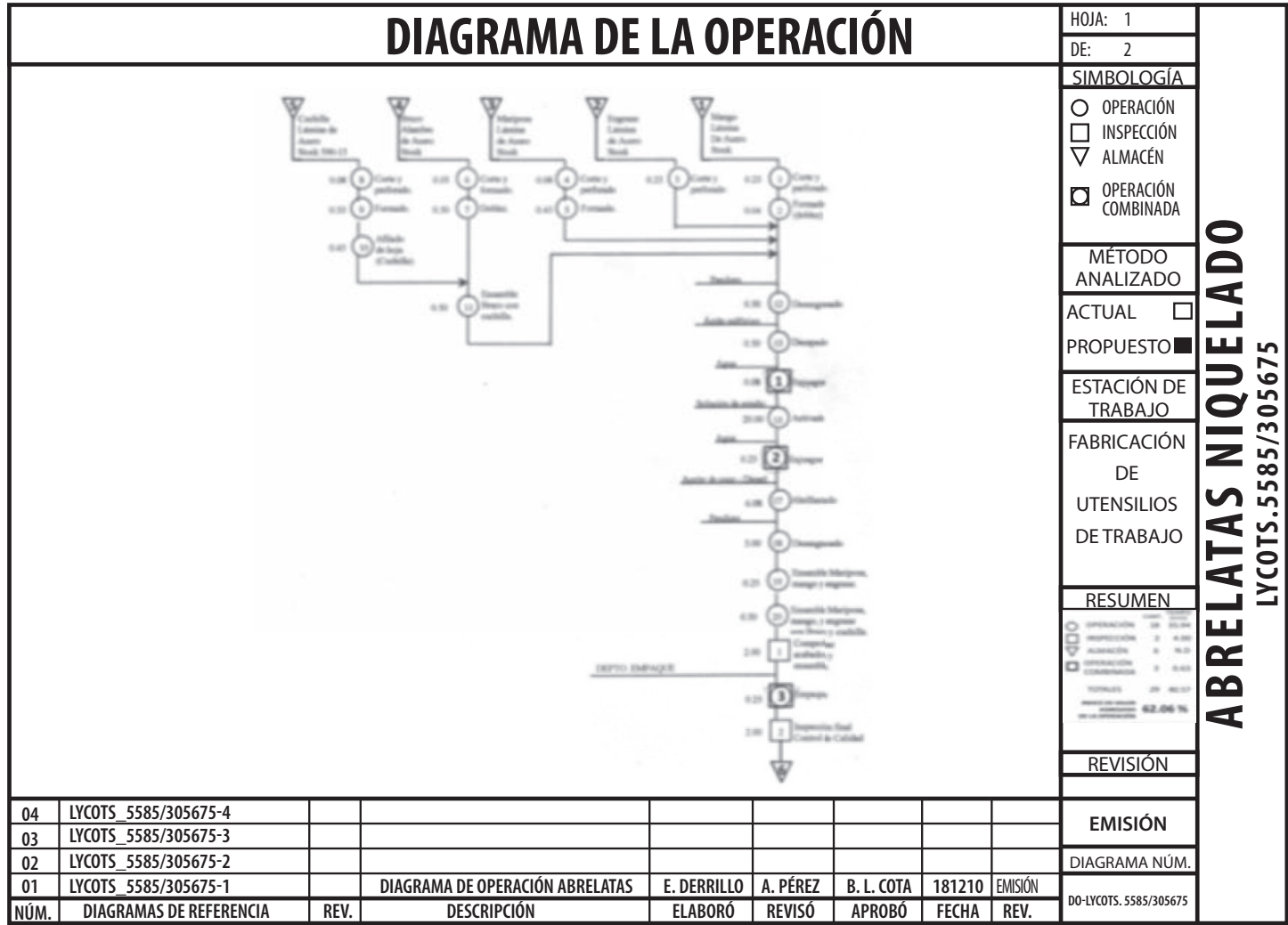
Tabla 2.15 Diagrama de operación del proceso, información básica.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<b>De operación del proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Datos de identificación del proceso, nombre, departamento, parte, ensamble, otros.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Código del ensamble.</li> <li>· Número de la parte o del plano.</li> <li>· Descripción y cantidad de los componentes, materias primas, subensambles y ensambles utilizados.</li> <li>· Descripción y cantidad de los residuos, mermas y desperdicios generados.</li> <li>· Índice de valor agregado que proporciona la operación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar aquellas operaciones que se pueden combinar.</li> <li>· Simplificar, en la medida de lo posible, la operación.</li> <li>· Balancear el trabajo que realizan ambas manos del operario.</li> <li>· Evitar que las manos se utilicen para sujetar objetos durante la operación.</li> <li>· Dimensionamiento de la estación de trabajo de los espacios requeridos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Se puede apreciar la complejidad del proceso de producción.</li> <li>· Permite conocer cuál es el número preliminar de estaciones de trabajo.</li> <li>· Ofrece información para elaborar la distribución a detalle de la estación de trabajo.</li> <li>· Ofrece información para visualizar la disposición de la línea de producción.</li> <li>· Permite identificar puntos clave en operaciones críticas.</li> <li>· Permite calcular el valor agregado con el que el proceso contribuye a la organización.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (2000); Robinson (1991); *Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen*.



Es importante que el operario cuente con el entrenamiento y experiencia necesarios y adecuados para contar con un método de trabajo apropiado.



## ABRELATAS NIQUELADO

LYCOTS.5585/305675

Formato 2.7 Diagrama de la operación.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González (2000); Robinson (1991); Nissan Motor Co. Técnicas Kaizen.

## Diagrama multiproducto

Este diagrama proporciona información condensada sobre los diferentes productos/servicios que se manufacturan en la empresa, así como la ruta de proceso que requiere cada uno de ellos a través de los diferentes departamentos, estaciones de trabajo o áreas de producción.

Se emplea cuando se requiere estudiar un sistema productivo que manufactura una gran variedad de productos estandarizados en pequeños lotes de producción.

La información para elaborar este diagrama se obtiene de los diversos diagramas de flujo de proceso de material, correspondientes a cada producto que se fabrica en la empresa.

La información nos permite contar con una visión completa a nivel macro de los diversos procesos de manufactura, así como de la complejidad de fabricación de algunos productos/servicios; además, permite identificar equipos, estaciones de trabajo o áreas críticas donde se deben aplicar planes de mantenimiento efectivo, ya que en ellos se procesa más de 80% de los componentes de los productos que comercializa la empresa. También permite identificar los requerimientos de espacios de trabajo en los que existe un flujo de materiales importante, y qué operarios requieren de mayor destreza, habilidades y experiencia debido a la complejidad y variedad de partes que tienen que producir en su estación de trabajo.

Asimismo, la información es de gran utilidad para poner de manifiesto cuellos de botella, índices de utilización de maquinaria y equipo, también para diferenciar equipos y maquinaria vitales, importantes y generales, así como para la identificación de familia de operaciones y de procesos.

Un equipo o maquinaria productiva se considera vital cuando 99.99% de los productos/servicios que comercializa la empresa o alguno de los componentes de estos son manufacturados en ella. También, si la tecnología que se emplea es exclusiva y controlada y no hay equipo alternativo al cual canalizar el flujo productivo.

Si llegara a dañarse, desajustarse o detenerse el equipo o maquinaria, se afectaría drásticamente

la continuidad de la operación, se reduciría severamente la competitividad de la empresa e incluso se pondría en riesgo la permanencia y continuidad de la organización.

Un equipo o maquinaria productiva se considera importante cuando 70 u 80% de los productos/servicios que comercializa la empresa o alguno de los componentes de estos son manufacturados en ella. Puede presentar tecnología exclusiva, controlada o convencional, pero se cuenta con uno o más equipos alternativos para adaptar y canalizar a ellos el flujo productivo se requiere un cierto tiempo de reacción.

Si llegara a dañarse, desajustarse o detenerse el equipo o maquinaria, se afectaría con cierto grado de severidad la continuidad de la operación, lo que generaría costos agregados en la operación, re-trabajos, pago de tiempo extra, disminución de la eficiencia y productividad de la empresa, así como retrasos en los tiempos de entrega y la pérdida de la confianza del cliente, entre otras consecuencias.

En cambio, cuando un equipo o maquinaria productiva de categoría general presenta algún daño, desajuste o paro imprevisto, no ocurren problemas graves, pues se cuenta con un equipo alternativo o más, si bien se originan malestares internos en la organización.

Lo anterior identifica áreas de oportunidad para realizar mejoras en el proceso productivo que impacten en la productividad y eficiencia del mismo.

### Elaboración de diagrama multiproducto

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, más los datos como el número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama.

Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Para elaborar este diagrama es necesario contar con los diagramas de flujo de proceso de la opera-

ción actualizados. Se sugiere utilizar un análisis de producto cantidad (P-Q) con el fin de centrarse en aquellos productos que representan 80% de la producción que se realiza en la empresa, o bien 80% de los ingresos de la misma.

Después de haber definido aquellos productos que son prioritarios se procede a registrar la ruta de proceso en el diagrama multiproducto, mediante puntos y líneas, como se muestra en la figura 2.20.

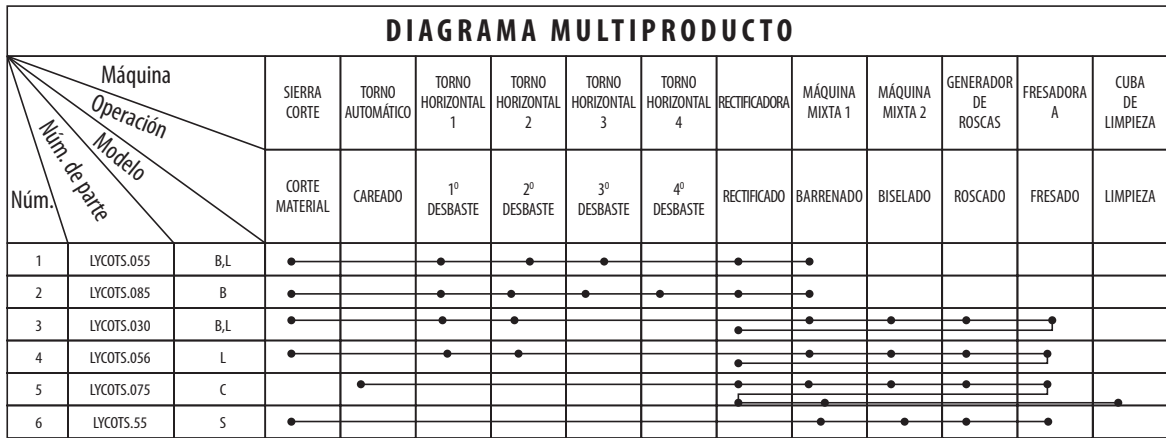


Figura 2.20 Ejemplo de diagrama multiproducto.

Fuente: Elaboración y adaptación propias con datos de Sekine y Kaizen, Sekine y Arai, Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991).

En este diagrama se pueden observar familias de productos necesarias para manufacturar máquinas, operaciones o estaciones de trabajo similares,

utilizando la técnica de conglomerados, a la cual se hace una breve referencia en las figuras 2.21 y 2.22.

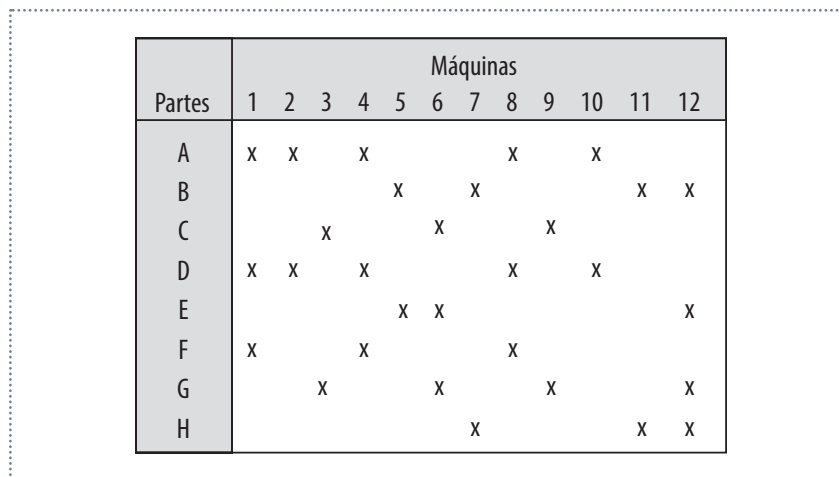


Figura 2.21 Ejemplo de diagrama multiproducto para desarrollar un conglomerado de productos con equipo y maquinaria comunes, información recopilada.

Fuente: Bernal, Duarte y Nieto (2004: 33-34).

Después, se procede a agrupar los productos de tal forma que los identificadores “x” se ubiquen lo más cerca posible de la diagonal principal del gráfico, como se muestra en la figura 2.22. Lo anterior permitirá establecer un patrón con el cual se identifiquen grupos de partes y productos que se fabrican con el mismo equipo y maquinaria.

Este conglomerado equivale a definir aquellas áreas de trabajo que optimizan los procesos de producción, lo cual permite reducir los desplazamientos y garantiza que la ubicación de la maquinaria y equipo será la más adecuada para la eficiencia, rentabilidad y seguridad en el desarrollo de la fabricación.

Partes						Máquinas						
	1	2	4	9	10	3	6	9	5	7	11	12
A	x	x	x	x	x							
D	x	x	x	x	x							
F	x		x	x								
C						x	x	x				
G						x	x	x				x
B									x	x	x	x
H										x	x	x
E							x		x			x
<p>Celda 1: Partes A, D, F Máquinas 1, 2, 4, 8, 10</p> <p>Celda 2: Partes C, G Máquinas 3, 6, 9</p> <p>Celda 3: Partes B, H, E Máquinas 5, 7, 11, 12</p>												

Figura 2.22 Ejemplo de diagrama multiproducto para desarrollar un conglomerado de productos con equipo y maquinaria común, información procesada.

Fuente: Bernal, Duarte y Nieto (2004: 33-34).

En la figura 2.23 se presenta un ejemplo de este diagrama.

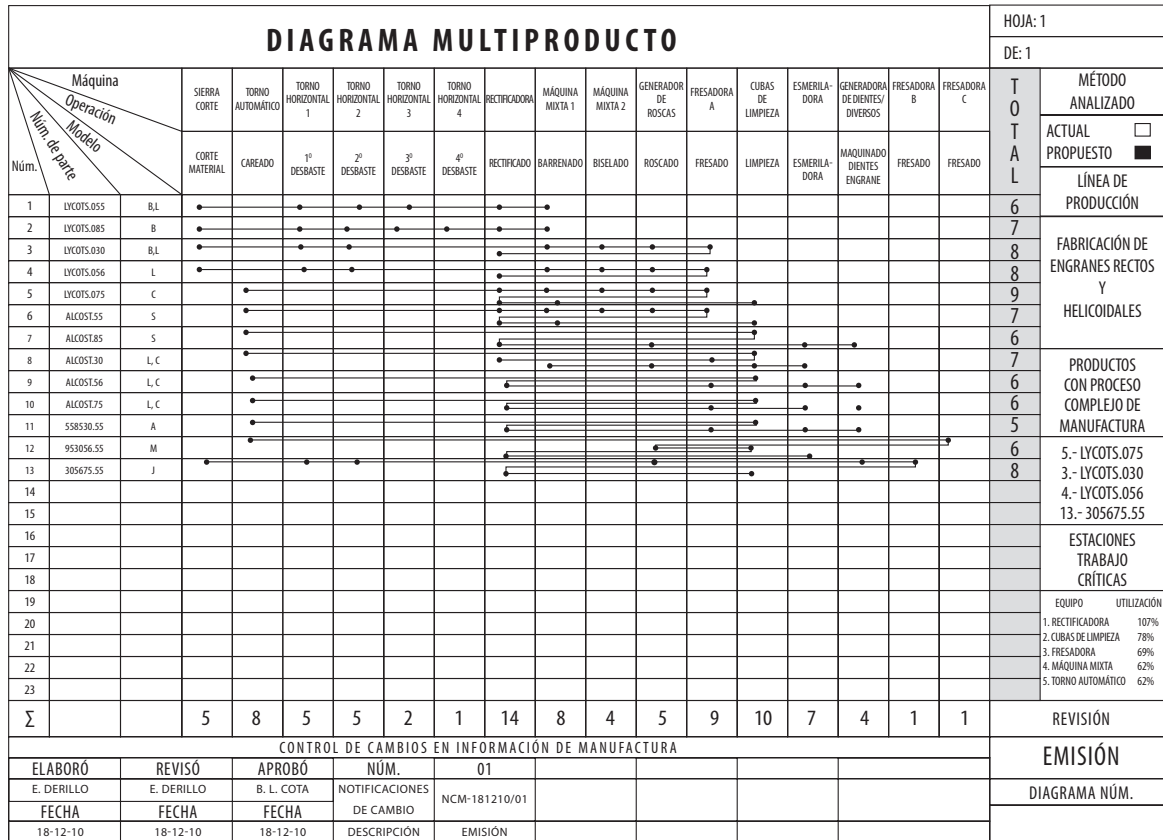


Figura 2.23 Ejemplo básico de diagrama multiproducto: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración y adaptación propia con datos de Sekine y Kaizen, Sekine y Arai, Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

### Utilización del diagrama multiproducto

El diagrama multiproducto se emplea como instrumento de análisis para detectar los costos ocultos en la operación de un sistema productivo con el que se manufactura una gran variedad de productos/servicios en pequeños lotes de fabricación.

Dado que este diagrama presenta de forma clara y detallada todos los equipos y maquinaria que se utilizan para la fabricación de los distintos productos/servicios en la empresa, incluyendo aquellos compartidos o comunes, es útil para definir las estrategias y acciones que ayuden a reducir el número de operaciones en los procesos de manufactura, la

complejidad de fabricación que requieren algunos productos/servicios para realizarse, y permite identificar equipos, estaciones de trabajo o áreas críticas donde se deben aplicar planes de mantenimiento efectivo, ya que en ellas se procesa más de 80% de los componentes de los productos que comercializa la empresa. Este diagrama también nos permite reconocer los requerimientos de espacios de trabajo en los que existe un flujo de materiales importante y qué operarios requieren la mayor destreza, habilidades y experiencia, debido a la complejidad y variedad de partes que tienen que producir en su estación de trabajo.

El diagrama multiproducto es de gran utilidad para poner de manifiesto cuellos de botella e índices de utilización de maquinaria y equipo, así como para diferenciar equipos y maquinaria vitales, importantes y generales e identificar la familia de operaciones y procesos que se pueden definir como células de manufactura o grupos tecnológicos de fabricación.

Una vez que se ha concluido el diagrama se debe realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con especial énfasis en los siguientes enfoques:

- Diseño de la pieza.
- Tolerancias y especificaciones.
- Proceso de manufactura.
- Distribución de maquinaria y equipo.

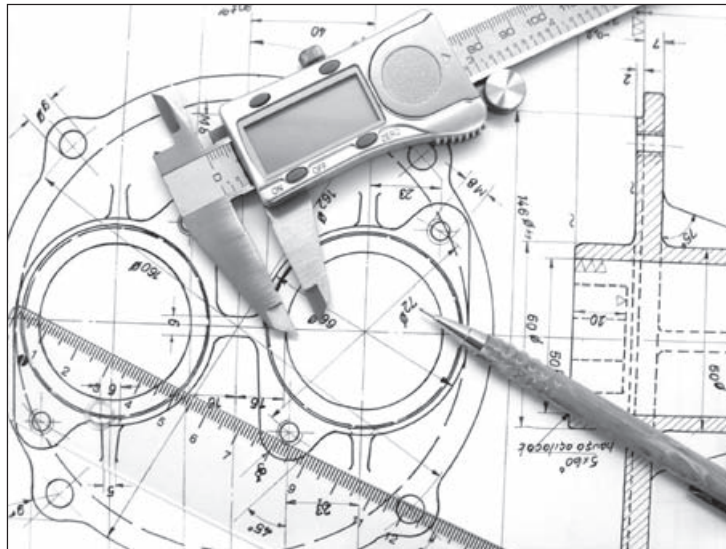
Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir de la información contenida en los diversos diagramas de flujo de proceso con los que se cuenta, para los diferentes productos que elabora la empresa.

Con el fin de que no se vicie el análisis de la información contenida en este diagrama, como son las operaciones de transformación, resulta más conveniente el estudio de las distancias que deben ser recorridas para dar continuidad a las operaciones, así como de los equipos y máquinas comunes

para la fabricación de la mayoría de los productos, los cuellos de botella que pueden presentarse y qué habilidades, destrezas y experiencia son requeridos para ciertos puestos de trabajo críticos o vitales, entre otros.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis es averiguar cómo reducir el tiempo de fabricación de cada producto, cómo optimizar el sistema productivo mejorando los sistemas de apoyo (como es el caso de los sistemas de mantenimiento efectivo, de reclutamiento y selección de personal, entre otros) y, en segundo término, la distancia que se recorre cada vez que se transporta un material, información o servicio.

En seguida se presenta la tabla 2.16, en la que se concentró una serie de preguntas que se deberá contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo, según las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. También se ha incluido la tabla 2.17, en la cual se proporciona información sobre el diagrama multiproducto, su contenido básico, el objetivo del mismo y todo aquello que ayude a conocer la información que se recopila en él. Se incluye además el formato 2.8, que se ha utilizado para el registro de información en este tipo de diagrama.



El diseño de la pieza es útil para realizar una serie de preguntas basadas en el principio del análisis del método de trabajo.



Tabla 2.16 Preguntas guía para la evaluación del diagrama multiproducto.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">De recorrido-análisis de operario, de los materiales y del equipo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducir el número de operaciones.</li> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar grupos tecnológicos y células de manufactura.</li> <li>· Identificar cuellos de botella.</li> <li>· Identificar el equipo o maquinaria vital, importante y de categoría general en el proceso productivo.</li> <li>· Reducir movimientos de material.</li> <li>· Diseñar el menor número posible de estaciones de inspección y ubicarlas en la posición más adecuada en el proceso.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Eliminar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Puede eliminarse una operación?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Agrupándola en un espacio de trabajo común.</li> <li>c) Cambiando el lugar donde se está realizando.</li> <li>d) Modificando la secuencia del proceso.</li> <li>e) Modificando el diseño actual del producto o servicio.</li> <li>f) Modificando las especificaciones y/o tolerancias de los materiales y suministros.</li> </ol> </li> </ol>
		<p style="text-align: center;"><b>Combinar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para combinar una operación con otra pueden realizarse algunos cambios en:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) La distribución de la estación de trabajo.</li> <li>b) El equipo y maquinaria utilizados.</li> <li>c) La secuencia de la operación.</li> <li>d) El diseño del producto.</li> <li>e) La especificación de los materiales y componentes suministrados.</li> <li>f) El agrupamiento por operaciones, maquinaria o equipo común.</li> </ol> </li> </ol>
		<p style="text-align: center;"><b>Reducir</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?</li> </ol>
		<p style="text-align: center;"><b>Simplificar</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Pueden agruparse más de dos operaciones en un espacio común de trabajo que utilice el mismo tipo de equipo y maquinaria?</li> </ol>

Tabla 2.17 Información básica de diagrama multiproducto.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<b>Multiproducto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Condición que se analiza.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Número de las partes y modelos.</li> <li>· Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura</li> <li>· Identificación de equipos clave o críticos.</li> <li>· Identificación de complejidad del proceso de fabricación de los productos.</li> <li>· Identificación de similitudes en familias de productos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificar aquellas operaciones que se pueden combinar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite identificar grupos tecnológicos de fabricación.</li> <li>· Ofrece información para elaborar e identificar equipos de producción importantes o vitales para el proceso.</li> <li>· Ofrece información para definir las prioridades de mantenimiento en equipo productivo.</li> <li>· Permite definir células de manufactura flexible.</li> <li>· Facilita identificar familias de productos: maquinaria común, operaciones comunes, secuencias de operaciones similares, forma, tamaño o propósito comunes; nivel de calidad similar, mismo material utilizado, tiempos de ciclo similares.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

<b>DIAGRAMA ORIGEN-DESTINO</b>															HOJA:	<b>OLLA EXPRESS 3.5 LTS ALUMINIO</b>		
DESTINO ORIGEN														TOTAL	DE:			
															MÉTODO ANALIZADO			
																		ACTUAL <input type="checkbox"/>
																		PROPUESTO <input checked="" type="checkbox"/>
																		LÍNEA DE PRODUCCIÓN
																		ESTACIONES DE TRABAJO CON ALTO GRADO DE INTERACCIÓN CON EL ORIGEN
																		ESTACIONES DE TRABAJO CON ALTO GRADO DE INTERACCIÓN CON EL DESTINO
																		REVISIÓN
CONTROL DE CAMBIOS EN INFORMACIÓN DE MANUFACTURA																		
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	NUM.														DIAGRAMA NÚM.	
FECHA	FECHA	FECHA	NOTIFICACIÓN DE CAMBIO															
			DESCRIPCIÓN															

Formato 2.8 Diagrama multiproducto.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

## Diagrama origen-destino

Este diagrama proporciona información condensada sobre la intensidad o número de interacciones que se establecen durante la operación de un sistema productivo entre las diferentes áreas de trabajo que lo integran.

Debemos tener en consideración que, cuando existe una gran variedad de productos/servicios y flujos de procesos para la fabricación de éstos, el diagrama multiproducto no es el más adecuado para representar gráficamente los diferentes productos/servicios, debido a la gran cantidad y variedad de rutas de proceso que involucra, cuya representación en el diagrama multiproducto resulta compleja.

El diagrama origen-destino es más apropiado para emplearse en aquellas empresas que manufacturan una gran variedad de productos o servicios no estandarizados en sus procesos de fabricación.

Este diagrama puede representarse de diversas formas y utilizarse para diferentes propósitos; la idea principal consiste en determinar la cantidad de interacciones que existen entre cada combinación de dos operaciones o áreas de trabajo.

Los datos para elaborar este diagrama se obtienen de la información contenida en los diversos diagramas de flujo de proceso de material, correspondientes a cada producto que se fabrica en la empresa.

Esta información nos permite contar con una visión completa a nivel macro de los diversos procesos de manufactura y de la complejidad de fabricación que conllevan algunos productos/servicios; posibilita además estaciones de trabajo o áreas críticas donde aplicar planes de mantenimiento efectivo, ya que en ellas se procesa más de 80% de los componentes de los productos que comercializa la empresa; también nos permite detectar los requerimientos de espacios de trabajo en los que existe un flujo de materiales importante y qué operarios requieren de mayor destreza, habilidades y experiencia debido a la complejidad y variedad de partes a producir en su estación de trabajo.

Los datos del diagrama origen-destino resultan de gran utilidad para poner de manifiesto cuellos de botella e índices de utilización de espacios y áreas de trabajo, así como para identificar técnicas para el manejo de materiales entre las distintas operaciones y procesos de fabricación.

Lo anterior ayuda a identificar áreas de oportunidad en el proceso productivo para realizar mejoras que impacten en la seguridad operativa y eficiencia del mismo.

### Elaboración del diagrama origen-destino

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, más los datos de número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama.

Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Para elaborar este diagrama es necesario contar con los diagramas de flujo de proceso de la operación actualizados.

Se sugiere utilizar un análisis de producto cantidad (P-Q) con el fin de centrarse en aquellos productos que representan 80% de la producción de la empresa, o bien, 80% de los ingresos de la misma.

Después de haber definido aquellos productos que son prioritarios, se procede a registrar cada movimiento que se realiza entre cada combinación de dos áreas productivas en el diagrama origen-destino, mediante el registro del nombre del área productiva en la columna denominada "origen", y en la columna denominada "destino" el nombre de las otras áreas con las que se tiene contacto; en cada intersección se indica el número de interacciones que se generan por la operación del sistema productivo. Un ejemplo se muestra en la figura 2.24.

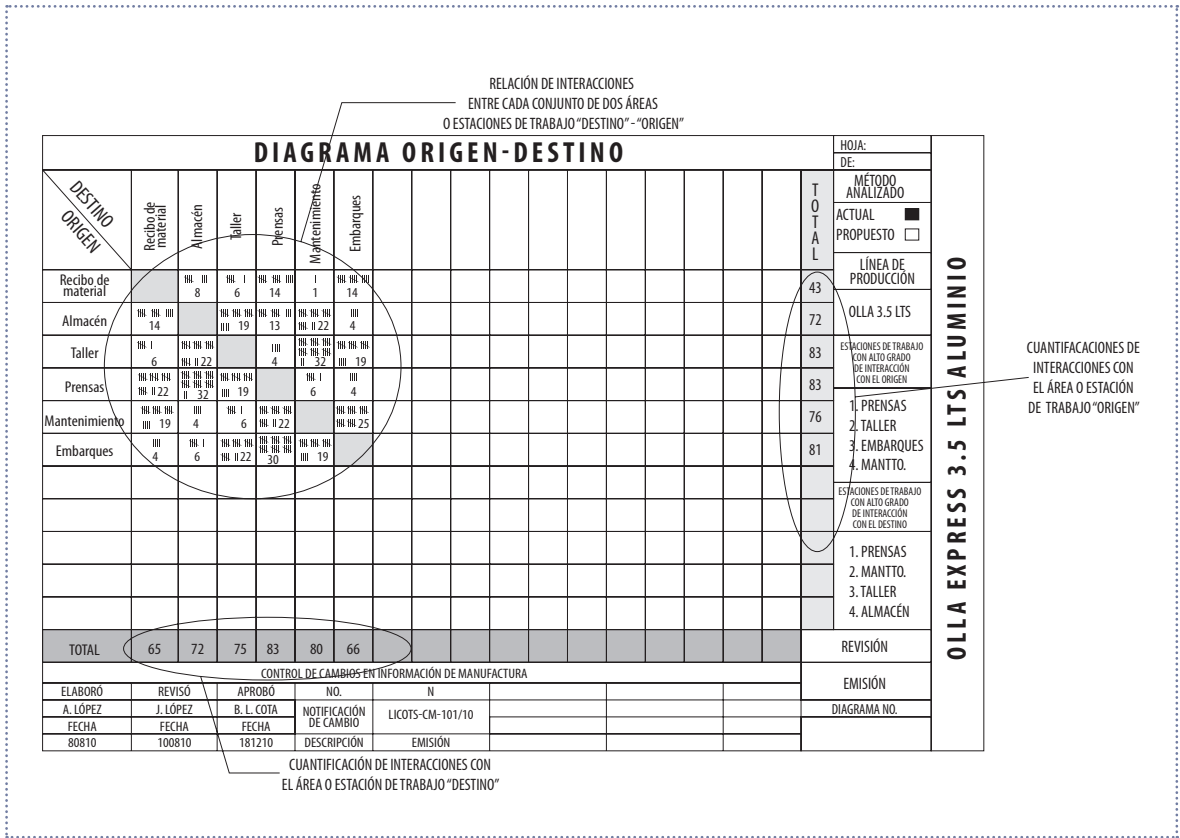


Figura 2.24 Ejemplo básico de diagrama origen-destino: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

### Utilización del diagrama origen-destino

El diagrama origen-destino se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos en la operación de un sistema productivo, causados por el acarreo de material cuando se manufactura una gran variedad de productos/servicios no estandarizados en sus operaciones.

Dado que este diagrama presenta de forma clara y detallada todas las interacciones entre las distintas áreas o estaciones de trabajo, así como su magnitud, de él se pueden inferir aquellas áreas o estaciones de trabajo que deben estar cercanas entre sí, pues cuentan con un alto nivel de interacción entre ellas.

La utilidad de este diagrama consiste en definir estrategias y acciones para reducir el número de

operaciones en los procesos de manufactura y en la complejidad de fabricación que conllevan algunos productos/servicios, además de que permite identificar equipos, estaciones de trabajo o áreas críticas donde se deben aplicar planes de mantenimiento efectivo, ya que en ellas se procesa más de 80% de los componentes de los productos que comercializa la empresa; también permite identificar los requerimientos de espacios de trabajo en los que existe un flujo de materiales importante y qué operarios requieren de mayor destreza, habilidades y experiencia debido a la complejidad y variedad de partes que tienen que producir en su estación de trabajo.

Este diagrama es sumamente útil para poner de manifiesto cuellos de botella e índices de utilización de maquinaria y equipo.

Una vez que se ha concluido el diagrama se debe responder una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con especial énfasis en los siguientes enfoques:

- Proceso de manufactura
- Distribución de maquinaria y equipo

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir de la información contenida en los diversos diagramas de flujo de proceso con los que se cuenta, para los diferentes productos que elabora la empresa.

Para que no se vicie el análisis de la información contenida en este diagrama, como las operaciones de transformación, es conveniente darle prioridad al estudio de las distancias que deben recorrerse para dar continuidad a las operaciones, los cuellos de botella que pueden presentarse y qué habilidades, destrezas y experiencia se requieren para ciertos puestos de trabajo críticos o vitales, entre otros.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis debe ser generar mejoras en los

tiempos de desplazamiento de cada producto y en los sistemas de apoyo del sistema productivo (como es el caso de los sistemas de mantenimiento efectivo, de manejo de materiales, de seguridad en el trabajo por manejo de materiales, de reclutamiento y selección de personal, entre otros) y, en segundo término, la disminución de la distancia de recorrido cada vez que se transporta un material, información o servicio.

A continuación se presenta la tabla 2.18, en la que se concentra una serie de preguntas que se deberá responder para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. También se ha incluido la tabla 2.19, en la cual se proporciona información sobre el diagrama origen-destino, su contenido básico, el objetivo del mismo y todo aquello que ayude a comprender mejor la información que se recopila en él. Se incluye el formato 2.9, utilizado para registrar información en este tipo de diagrama.

Tabla 2.18 Preguntas guía para la evaluación del diagrama origen-destino.

Diagrama	Para qué se emplea		Preguntas para realizar evaluación
Origen-destino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>• Identificar cuellos de botella.</li> <li>• Identificar equipo y maquinaria vital, importante y de categoría general en el proceso productivo.</li> <li>• Reducir movimientos de material.</li> </ul>	Eliminar	1. Puede eliminarse una operación... <ol style="list-style-type: none"> <li>Por innecesaria.</li> <li>Asignándola a un espacio de trabajo común.</li> <li>Cambiando el lugar donde se está realizando.</li> <li>Modificando la secuencia del proceso.</li> </ol>
		Combinar	1. Puede combinarse una operación con otra realizando algunos cambios en... <ol style="list-style-type: none"> <li>La distribución de la estación de trabajo.</li> <li>El equipo y maquinaria utilizados.</li> <li>La secuencia de la operación.</li> <li>El agrupamiento por operaciones, maquinaria o equipo común.</li> </ol>
		Reducir	1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?
		Simplificar	1. ¿Pueden agruparse más de dos operaciones en un espacio común de trabajo productivo?

Tabla 2.19 Diagrama de origen-destino, información básica.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
Diagrama origen-destino	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Condición que se analiza.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Número de las partes y modelos.</li> <li>· Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura.</li> <li>· Identificación de la cantidad de interacción de flujo de material que existe entre las diversas estaciones de trabajo.</li> <li>· Identificación de la cantidad de interacciones operacionales que existen entre las diversas estaciones de trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>· Definir las técnicas y equipo de manejo de materiales.</li> <li>· Dimensionar el espacio de trabajo requerido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite identificar requerimientos de espacio y volumen de producción.</li> <li>· Ofrece información para elaborar e identificar equipos de manejo de materiales para áreas de trabajo con alto grado de interacción.</li> <li>· Ofrece información para definir las dimensiones de los pasillos y capacidad de almacenes.</li> <li>· Permite cuantificar el volumen de tráfico que hay entre cada área tanto en ingresos como en egresos.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

DIAGRAMA ORIGEN-DESTINO															HOJA:	OLLA EXPRESS 3.5 LTS ALUMINIO	
															DE:		
DESTINO ORIGEN															T O T A L		MÉTODO ANALIZADO
																	ACTUAL <input type="checkbox"/>
															PROPUESTO <input checked="" type="checkbox"/>		
															LÍNEA DE PRODUCCIÓN		
															ESTACIONES DE TRABAJO CON ALTO GRADO DE INTERACCIÓN CON EL ORIGEN		
															ESTACIONES DE TRABAJO CON ALTO GRADO DE INTERACCIÓN CON EL DESTINO		
															REVISIÓN		
TOTAL																	
CONTROL DE CAMBIOS EN INFORMACIÓN DE MANUFACTURA																	
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	NÚM.													DIAGRAMA NÚM.	
FECHA	FECHA	FECHA	NOTIFICACIÓN DE CAMBIO														
			DESCRIPCIÓN														

Formato 2.9 Diagrama origen-destino.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

## Diagrama mano derecha–mano izquierda

Este diagrama es un instrumento para el estudio detallado de los movimientos que realiza el operario con ambas manos.

También es conocido como diagrama de proceso del operario y consta de dos gráficos diferentes: uno en el que se representan tiempos y se analizan micro movimientos y otro en el que se analizan los diversos procedimientos que realiza el operario con cada mano.

Dicho diagrama presenta todos los movimientos y pausas realizados por la mano derecha y la izquierda, y las relaciones entre las divisiones básicas de movimientos relativas a la ejecución del trabajo realizado por las manos del operario.

El objetivo de este diagrama es examinar en detalle una operación determinada, de modo que se pueda mejorar.

Generalmente, no resulta práctico llevar a cabo un estudio detallado del diagrama de mano derecha–mano izquierda, a menos que se trate de una operación manual altamente repetitiva. Por medio del análisis del movimiento de las manos del operario, a través del diagrama, se descubrirán patrones de movimientos ineficientes y se notarán fácilmente violaciones a las leyes de la economía de movimiento.

Este medio gráfico facilitará justificar el cambio de un método de trabajo a fin de lograr una operación equilibrada entre ambas manos, y que se reduzcan o eliminen los movimientos ineficientes.

El resultado será un ciclo de trabajo más regular y rítmico que ayudará a minimizar las demoras y la fatiga del operario.

Este estudio está diseñado para realizarse en aquellos trabajos que son rutinarios y de un ciclo de tiempo corto, y que involucran principalmente (al menos 70 u 80%) movimientos manuales.

En ciertas ocasiones es interesante analizar también otras partes del cuerpo, como las piernas, el tronco o los ojos, pero lo más común es estudiar solo los movimientos de las dos manos del operario mientras lleva a cabo la actividad productiva.

Cuando es necesario realizar el análisis de otras partes del cuerpo, el procedimiento es similar al que se emplea para estudiar los movimientos de ambas manos del operario.

En el caso de ciclos de trabajo largos esas otras partes del cuerpo deberían estudiarse, en primera instancia, mediante técnicas menos detalladas que permitan realizar mejoras preliminares.

Posteriormente se aplicarán técnicas más detalladas, que arrojen una cantidad suficiente de información que deberá ser procesada de manera adecuada para no perder la objetividad, debido al volumen y detalle de la misma.

Generalmente los datos requeridos para este estudio se obtienen de una filmación que se realiza directamente en la estación de trabajo durante el desarrollo de la actividad.

Actualmente se pueden lograr detalles muy precisos de los movimientos que realiza el trabajador durante la operación, gracias a herramientas como los equipos móviles de cómputo, utilizando por ejemplo *Movie maker* (de Windows) y una cámara de alta resolución conectada a una computadora portátil. Se pueden obtener imágenes acordes con las velocidades sugeridas para equipo profesional de cine, de entre 60 y 100 imágenes por minuto.

A este tipo de estudio en el que se utilizan cintas de video o películas en diferentes formatos se le ha denominado análisis de memo movimientos.

Este tipo de análisis se emplea para estudiar el flujo de materiales, el uso o empleo de equipos para el manejo de estos en una determinada área de trabajo, o bien, para el examen simultáneo del trabajo realizado por el operario y el flujo de materiales que se genera por dicha operación (Hall y Mundel 1978: 286-322).

### Elaboración del diagrama mano derecha–mano izquierda

El diagrama se debe iniciar con la identificación correcta del título, más los datos de número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama.

Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, cantidad de producción e información de costos.

Para elaborar este diagrama es necesario contar con los diagramas de flujo de proceso de la operación actualizados.

Se lleva a cabo un análisis de micromovimientos, el cual es un registro detallado de todos los movimientos que el operario realiza con las manos en una estación de trabajo durante el desempeño de su actividad.

Los movimientos que se registran han sido clasificados en 17 categorías individuales, conocidas como *therbligs*.<sup>1</sup>

Estas 17 categorías se denominan movimientos fundamentales, ya que toda operación consiste en una combinación de estos y son comunes a todo

tipo de actividad humana: trabajos que se realizan en una fábrica, las actividades que realiza un cajero en una ventanilla bancaria, el personal que atiende la caja de cobro en una tienda de autoservicio, el conductor que cobra el pasaje en un transporte público, el trabajador que envuelve un paquete de tortillas, entre algunas otras actividades.

Es importante mencionar que estos movimientos fundamentales, han sido agrupados en cinco familias: terminales, movimientos comunes, movimientos títubeantes, movimientos de morantes y movimientos vinculados al razonamiento del operario.

En la tabla 2.20 se detalla esta información.

Tabla 2.20 Primera familia de *therbligs*: terminales a usar en el diagrama mano derecha-mano izquierda.

Grupo del <i>therblig</i>	Tipo de <i>therblig</i>	Sigla	Descripción		
			¿Cuándo usarlo?	Inicio	Terminación
Therbligs terminales	Sujetar	G	Obtener control de un objeto.	Al tocar un objeto.	Al obtener el control del objeto.
	Posicionar	P	Hacer que el objeto se alinee con otro, se oriente en una dirección o cambie su posición.	Al iniciar su alineación o localización.	Al haber concluido la alineación de las piezas.
	Pre-posicionar	PP	La alineación es previa al uso del objeto en otra actividad.		
	Usar	U	Realizar la manipulación controlada del objeto.	Al manipular controladamente el objeto.	Al cesar la manipulación controlada del objeto.
	Ensamblar	A	Realizar un montaje o ensamble de objetos.	Al iniciar la unión de los objetos.	Al haber concluido la unión de los objetos.
	Desensamblar	DA	Realizar la separación de objetos.	Al iniciar la separación de los objetos ensamblados.	Al haber provocado la separación completa de los objetos.
	Soltar material	RL	Dejar de sujetar un objeto.	Al dejar de tener el control sobre un objeto.	Al perder el control sobre un objeto.

Fuente: Elaboración y adaptación propia con datos de Hall y Mundel (1978: 294-3852).

<sup>1</sup> El nombre resulta de escribir en forma inversa el apellido Gilbreth, pues Franklin M. Gilbreth y su esposa Lilian M. Gilbreth fueron los primeros en definir las categorías de los micromovimientos y también desarrollaron las técnicas de análisis mediante filmación directa en la estación de trabajo.



Tabla 2.21 Segunda familia de *therbligs*: movimientos comunes a usar en el diagrama mano derecha-mano izquierda.

Grupo del <i>therblig</i>	Tipo de <i>therblig</i>	Sigla	Descripción		
			¿Cuándo usarlo?	Inicio	Terminación
Movimientos comunes	Alcanzar	TE	Alcanzar la ubicación de un objeto.	Al iniciar el movimiento de un miembro corporal sin ninguna carga.	Al alcanzar una determinada posición o tocar un objeto.
	Trasladar	TL	Hacer que el objeto cambie su ubicación física.	Al iniciar el movimiento de un miembro corporal con una carga.	Al momento de haber ubicado el lugar de destino y cese del movimiento.

Fuente: Elaboración y adaptación propia con datos de Hall y Mundel (1978: 295).

Tabla 2.22 Tercera familia de *therbligs*: movimientos titubeantes a usar en el diagrama mano derecha-mano izquierda.

Grupo del <i>therblig</i>	Tipo de <i>therblig</i>	Sigla	Descripción		
			¿Cuándo usarlo?	Inicio	Terminación
Movimientos titubeantes	Buscar	SH	Realizar la ubicación de un objeto.	Al iniciar la búsqueda de un objeto, principalmente por el sentido del tacto.	Al ubicar la posición del objeto.
	Seleccionar	S	Localizar un objeto determinado en un conjunto de objetos.	Al iniciar el toqueo de varios objetos.	Al haber localizado el objeto de interés dentro del conjunto de objetos.

Fuente: Elaboración y adaptación propia con datos de Hall y Mundel (1978: 296).

Tabla 2.23 Cuarta familia de *therbligs*: movimientos demorantes a usar en el diagrama mano derecha-mano izquierda.

Movimientos demorantes	Sostener	H	Sostener un objeto en una ubicación o posición fija.	Al cesar controladamente la manipulación de un objeto y mantenerlo estático en una determinada posición.	Al realizar cualquier movimiento.
	Demora inevitable	UD	La demora forma parte del método de trabajo.	Al tener un miembro del cuerpo ocioso.	Al realizar el miembro del cuerpo cualquier trabajo o movimiento.
	Demora evitable	AD	Hay ciertos movimientos u ociosidad que no forman parte del método de trabajo.	Cuando un miembro del cuerpo no realiza los movimientos previstos por el método de trabajo.	Cuando se vuelve a la rutina normal, marcada por el método de trabajo.
	Reposo para reducir la fatiga	R	Identificar paros de trabajo para reducir fatiga provocada por una actividad previa.	Al tener un miembro del cuerpo ocioso.	Cuando el miembro del cuerpo está en posibilidad de trabajar de nuevo.

**Fuente:** Elaboración y adaptación propia con datos de Hall y Mundel (1978: 296-297).

Tabla 2.24 Quinta familia de *therbligs*: movimientos vinculados al razonamiento del operario a usar en el diagrama mano derecha-mano izquierda.

Grupo del <i>therblig</i>	Tipo de <i>therblig</i>	Sigla	Descripción		
			¿Cuándo usarlo?	Inicio	Terminación
Movimientos vinculados al razonamiento del operario	Planear	PN	Hay que determinar un curso de acción.	Hay movimientos al azar de un miembro corporal u ociosidad de este, mientras el operario decide qué curso de acción realizar.	Al determinar el curso de acción a realizar.
	Verificar	I	Cuando hay que comparar contra un patrón o especificaciones.	Al iniciar el movimiento de un miembro corporal para palpar, manipular y/u observar un objeto.	Al momento de haber cesado el movimiento de palpación, manipulación u observación del objeto.

**Fuente:** Elaboración y adaptación propia con datos de Hall y Mundel (1978: 297).

El gráfico se debe titular Diagrama de proceso del operario, y a esto debe seguir toda la información que permita identificar adecuadamente el trabajo que se realiza, como número de pieza y de dibujo, descripción del proceso de operación, si se trata del método propuesto o del actual, la fecha y el nombre de la persona que elabora el diagrama.

Inmediatamente después de esta información, debe trazarse un croquis a escala de la estación de trabajo, que ayudará considerablemente a exponer el método en estudio.

A continuación se muestra un ejemplo típico del diagrama de proceso de operario:

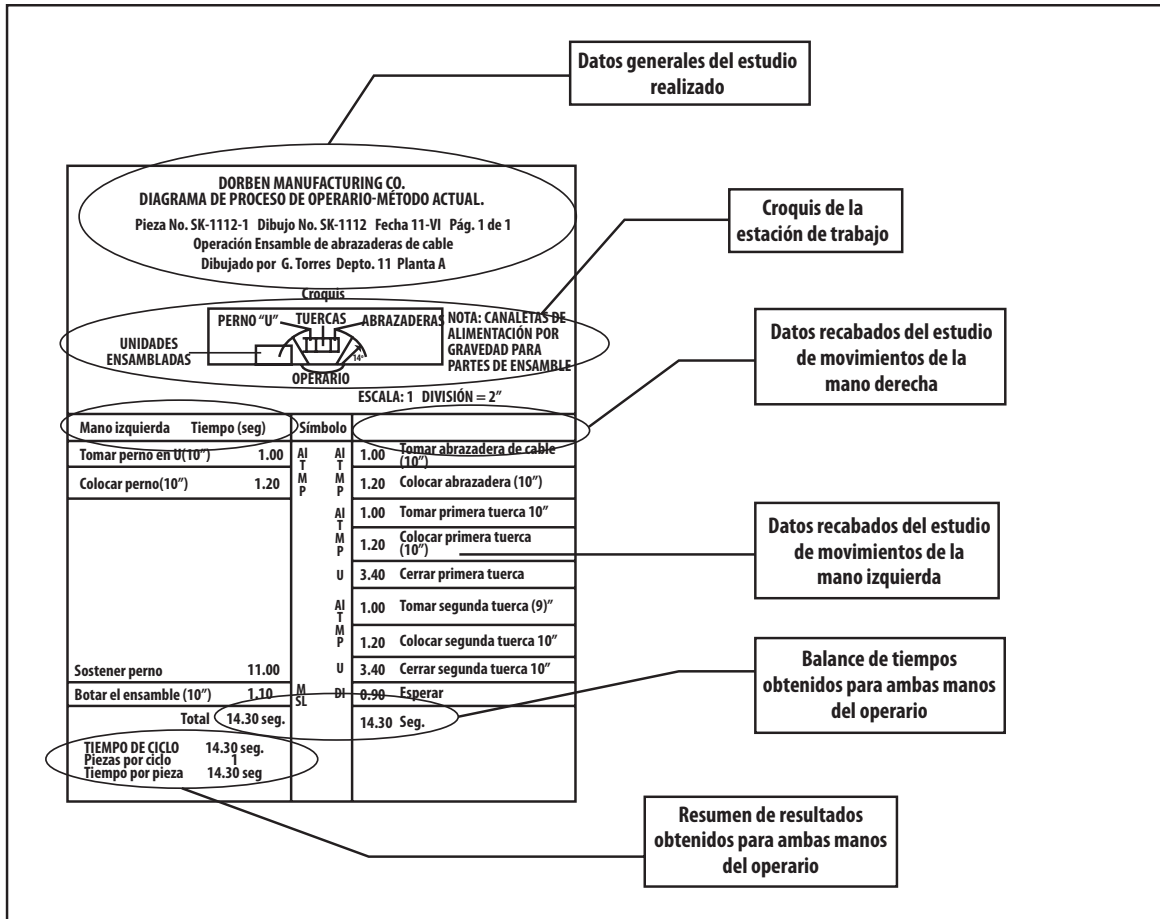


Figura 2.25 Ejemplo básico de diagrama de proceso de operario: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber.

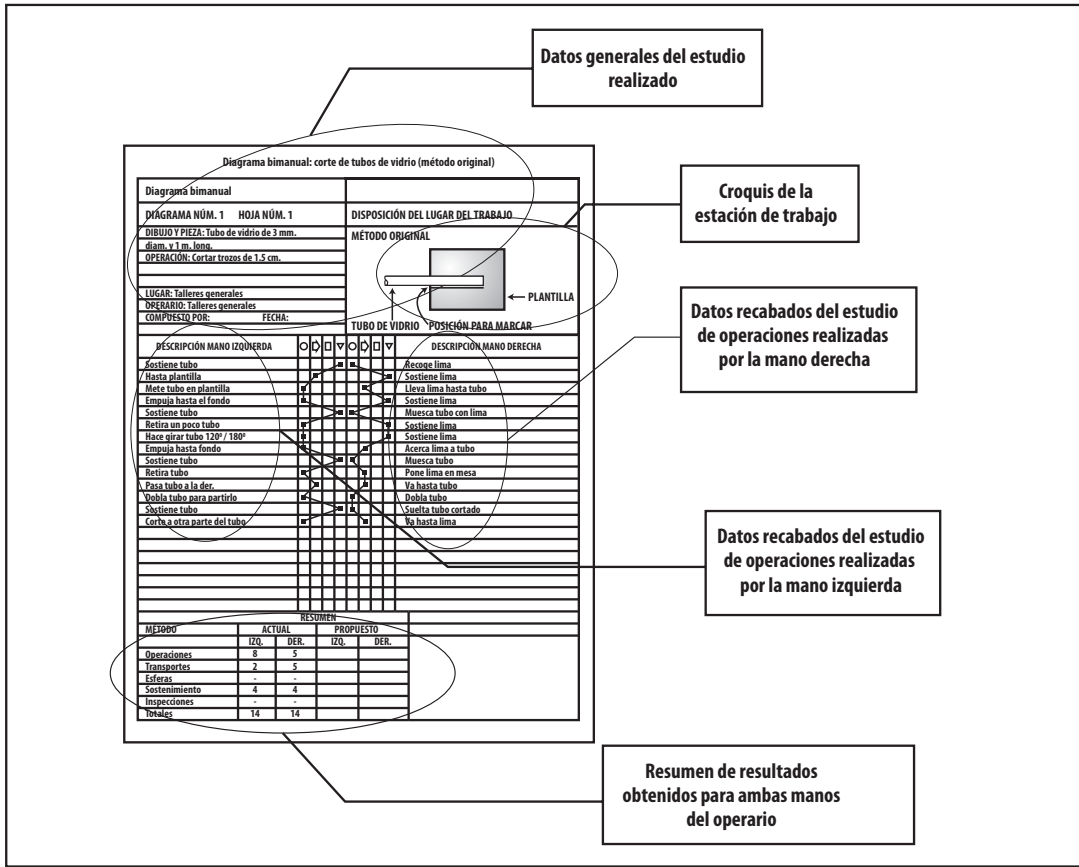


Figura 2.26 Ejemplo básico de diagrama mano derecha-mano izquierda: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber.

Por lo general, es menos confuso graficar completamente las actividades de una mano, y luego representar todas las divisiones básicas de la ejecución del trabajo efectuado por la otra.

Aunque no hay una regla fija acerca de qué parte del ciclo de trabajo debe utilizarse como punto de partida, generalmente es mejor empezar la representación inmediatamente después de “soltar” la piedra.

Si este acto se realizara con la mano derecha, el siguiente movimiento que ocurriría normalmente sería el primer movimiento a indicar en el diagrama del operario.

Tal movimiento, para la mano derecha, sería probablemente el denominado “alcanzar” la siguiente pieza.

Si el analista observó que el elemento “alcanzar” toma 1.025 minutos, indicaría esta duración en la columna donde se tienen que registrar los tiempos del estudio en caso de utilizar el diagrama de proceso del operario.

En la columna de Símbolos se indicarán las siglas de “alcanzar”, TE.

Inmediatamente a la derecha del símbolo se da una breve descripción del evento, como “alcanzar a 50 cm una tuerca de 1/2”.

Posteriormente, en la parte inferior, se mostraría la siguiente división básica, y así sucesivamente hasta terminar el ciclo de trabajo.

El analista procedería luego a graficar las actividades de la mano izquierda durante el ciclo.

Mientras se grafican las actividades de la mano izquierda, es conveniente verificar que los extremos de los *therbligs* realmente concurren en el punto en que se indica, lo que permitirá realizar una comprobación para hallar errores globales en el graficado.

Hay que mencionar que los elementos de trabajo deben tener la suficiente duración para poder ser medidos, ya que no es posible en la mayor parte de los casos determinar mediante el cronómetro el tiempo requerido para cada *therblig*.

Como ejemplo podemos citar que la ejecución de un primer elemento de trabajo con la mano izquierda se clasificó como “coger un perno en U”.

Este elemento de trabajo comprende los *therbligs* de “alcanzar” y “tomar”.

No habría sido posible medir con el cronómetro el tiempo necesario para realizar cualquiera de estos *therbligs*.

Solo con el empleo de la cámara cinematográfica o la videocinta se pueden medir valores de tiempo tan cortos como estos.

Puede existir la posibilidad de que el observador utilice un cronómetro que mida décimas o milésimas de segundos, para quien, observando un elemento a la vez, será posible descomponer los elementos en periodos de duración de pocos segundos.

### Utilización del diagrama mano derecha-mano izquierda

Una vez elaborado este diagrama para un método existente, el analista debe ver qué mejoras se pueden introducir.

Los intervalos correspondientes a “demora” y “sostener” son áreas de oportunidad y adecuados para comenzar.

Por ejemplo, si se detecta que la mano izquierda se usó como medio de sujeción durante casi todo el ciclo.

Un análisis de esta situación sugeriría el desarrollo de un dispositivo para sostener el objeto que fue sostenido por la mano del operario.

Una mayor consideración de cómo lograr movimientos equilibrados para ambas manos sugeriría que, cuando el dispositivo sostiene el objeto a trabajar, entonces las dos manos pueden realizar el ensamblado de otros componentes.

Un estudio más profundo podría arrojar como resultado la conveniencia de introducir un expulsor

o eyector automático y un conducto de envío por gravedad para eliminar el elemento final del ciclo “enviar la pieza ensamblada a su lugar de recibo”.

La mejor manera de realizar un trabajo se descubre mediante el análisis sistemático de todos los elementos que lo constituyen.

El diagrama de proceso del operario expone claramente el trabajo efectuado con cada una de sus manos al ejecutar una operación e indica el tiempo relativo y las relaciones entre todos los movimientos realizados por las manos.

Por lo anterior el diagrama de proceso del operario es un medio eficaz para:

1. Equilibrar los movimientos de ambas manos y reducir la fatiga.
2. Eliminar y/o reducir los movimientos no productivos.
3. Acortar la duración de los movimientos productivos.
4. Adiestrar a nuevos operarios en el método ideal.
5. Lograr que se acepte el método propuesto.

El analista de métodos debe aprender a elaborar y utilizar los diagramas de proceso de operarios para encontrar posibles mejoras.

Una vez que se ha concluido el diagrama se debe realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con especial énfasis en los siguientes enfoques:

- Diseño del producto.
- Herramientales y dispositivos.
- Condiciones de trabajo.
- Distribución de maquinaria y equipo.

Cabe mencionar que este diagrama se elabora a partir de la información que se recopila directamente en la estación de trabajo, mediante el análisis ocular o mediante el registro en video de la actividad.

Es importante que no se vicie el análisis de la información contenida en este diagrama, si es que no se han realizado mejoras previas en el método y operación mediante otras técnicas que no son tan detalladas, pues sería una pérdida de recursos importantes el uso de este tipo de diagramas si con

otros tipos se pueden lograr mejoras más rápido y de manera más económica.

Por otra parte, los movimientos *therbligs* a los que debemos prestar atención son los que provocan demoras, los tutebeantes y los que se vinculan al razonamiento del operario, con el fin de reducir los cuellos de botella, mejorar el tiempo ciclo, la seguridad en la operación, entre otros.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis debe ser generar mejoras en los ciclos del proceso, reducir o eliminar los tiempos muertos en la operación, mejorar la seguridad y condiciones de trabajo del operador, así como los sistemas de apoyo para que el sistema productivo funcione como es el caso de los sistemas de mantenimiento efectivo, manejo de materiales, de se-

guridad en el trabajo por manejo de materiales, de reclutamiento y selección de personal, entre otros.

Enseguida se presenta la tabla 2.25 donde se han concentrado una serie de preguntas que se deberá contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo bajo las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado.

También se han incluido la tabla 2.26, en la cual se proporciona información sobre el diagrama origen-destino, su contenido básico, el objetivo del mismo y aquello que ayuda a conocer la información que se recopila con él. Se incluyen asimismo los formatos 2.10 y 2.11, en los que se registra la información para este tipo de diagrama.

Tabla 2.25 Preguntas guía para la evaluación del diagrama mano derecha-mano izquierda.

Diagrama	Para qué se emplea		Preguntas para realizar evaluación
Mano derecha-mano izquierda	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Evitar el uso de las manos para sostener.</li> <li>· Procurar que ambas manos realicen el mismo trabajo de manera simultánea.</li> <li>· Equilibrar el trabajo de ambas manos.</li> <li>· Estandarizar el método de trabajo.</li> <li>· Entrenar al operador.</li> <li>· Evitar que las manos realicen trabajo, dentro de lo posible.</li> <li>· Eliminar, combinar y modificar secuencia de <i>therbligs</i>.</li> </ul>	Eliminar	1. ¿Pueden eliminarse...? a) Las barreras que obstruyen la visión del operario. b) Las confusiones. c) Los filos cortantes de la pieza. d) El contraste de colores que elimina la buena visibilidad. e) Las longitudes de alcance y trayectos.
		Combinar	1. Algunos movimientos pueden combinarse con otros realizando algunos cambios en... a) La distribución de la estación de trabajo. b) El equipo, herramienta, dispositivos y maquinaria utilizada. c) La secuencia de los movimientos realizados durante la operación.
		Reducir	1. Puede reducirse el riesgo de un accidente al facilitar la sujeción de un objeto mediante...
		Simplificar	1. ¿Pueden simplificarse...? a) Dispositivos de sujeción. b) Los contenedores de materiales. c) Los puntos de referencia visibles. d) Los dispositivos de inspección pasa-no pasa. e) El patrón de movimientos. f) La ubicación de componentes y herramientas, dispositivos, entre otras, en la estación de trabajo.

Tabla 2.26 Información básica del diagrama de proceso del operario y mano derecha-mano izquierda.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
<p><b>Diagrama proceso del operario y diagrama mano derecha-mano izquierda</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Condición que se analiza.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Número de las partes y modelos.</li> <li>· Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura.</li> <li>· Identificación de movimientos que desequilibran la realización de la operación.</li> <li>· Identificación del balance de carga de trabajo en cada mano</li> <li>· Distribución en detalle de la estación de trabajo (<i>lay out</i>).</li> <li>· Documentos referenciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Evitar el uso de las manos para sostener.</li> <li>· Procurar que ambas manos realicen el mismo trabajo de manera simultánea.</li> <li>· Equilibrar el trabajo de ambas manos.</li> <li>· Procurar que el trabajo se realice en el área normal de trabajo.</li> <li>· Estandarizar el método de trabajo.</li> <li>· Entrenar al operador.</li> <li>· Evitar que las manos realicen trabajo, dentro de lo posible.</li> <li>· Eliminar, combinar y modificar la secuencia de <i>therbligs</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite identificar actividades riesgosas que se realizan con las manos.</li> <li>· Ofrece información para desarrollar la hoja de instrucción de la operación.</li> <li>· Ofrece información para realizar mejoras en la reducción de tiempos ciclos.</li> <li>· Permite definir equipo y métodos de manipulación de materiales.</li> <li>· Proporciona información para definir en detalle la distribución de la estación de trabajo, de modo que sea más eficiente en movimientos y alcances del operario.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).



Los movimientos *therblings* a los que se deben poner atención son los que provocan demoras.





<b>DIAGRAMA MANO DERECHA-MANO IZQUIERDA</b>													
Objetivo y nivel de análisis:			OPERARIO <input type="checkbox"/>			MATERIAL <input type="checkbox"/>			EQUIPO <input type="checkbox"/>				
			RESUMEN										
			ACTIVIDAD	Actual	Propuesto	<i>LAY OUT</i>							
Proceso analizado:			○										
Método: Actual: Propuesto:			⇒										
Localización:			□										
Operador (es):			▽										
Elaborado por:			Distancia (m)										
Fecha:			Tiempo (min)										
Aprobó:			Costo										
Fecha:			<b>Comentarios</b>										
MANO IZQUIERDA			SÍMBOLO			<i>THERBLIGS</i>	SÍMBOLO			MANO DERECHA			
			○	⇒	□	□	▽		▽	□	□	⇒	○
			<b>TOTAL</b>										
Diagramas relacionados		Revisión:	Núm. de plano:				DIAGRAMA NÚM.:			REVISIÓN:			
			Nivel de ingeniería:										

Formato 2.11 Diagrama mano derecha-mano izquierda.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

## Diagrama de relaciones

El diagrama de relaciones es un instrumento para el estudio detallado de las relaciones de causa y efecto complejas o conexiones, no necesariamente causales, entre los diversos factores que se presentan en áreas de trabajo, estaciones de trabajo, sistemas de producción, entre otras.

Al realizar la integración de información en este diagrama se obtiene una visión más clara de todas y cada una de las relaciones que existen entre los diversos factores que intervienen en la operación de un proceso productivo, o bien en la administración del mismo, con un enfoque desestructurado.

Se debe aclarar que este diagrama sirve como alternativa complementaria del diagrama de causa y efecto (Ishikawa), cuando las relaciones son provocadas por series de causas que pueden agruparse en más de dos familias.

Este diagrama puede representarse de diversas formas y utilizarse con diferentes propósitos, la idea principal consiste en determinar la cantidad de interacciones que existen entre cada combinación de dos operaciones o áreas de trabajo, comprender las

relaciones complejas entre los diversos factores estudiados, los efectos y causas involucrados e identificar los factores clave que influyen en el desempeño, seguridad y/o rentabilidad del sistema productivo que se analiza.

El diagrama de relaciones se obtiene de la información contenida en el diagrama origen-destino.

Posteriormente, con la información contenida en el diagrama de relación se puede realizar una representación gráfica que permita visualizar de manera simple y clara las interrelaciones entre los diversos factores considerados, así como sus causas o efectos.

Al llevar a cabo la representación gráfica podremos encontrar tres casos típicos:

- Diagrama central convergente.
- Diagrama direccional intensivo.
- Diagrama indicador de relaciones.

En el primer caso, se logra identificar en la zona central de la representación gráfica el factor que cuenta con mayor influencia, efecto o causa de la situación que se analiza en el sistema productivo.

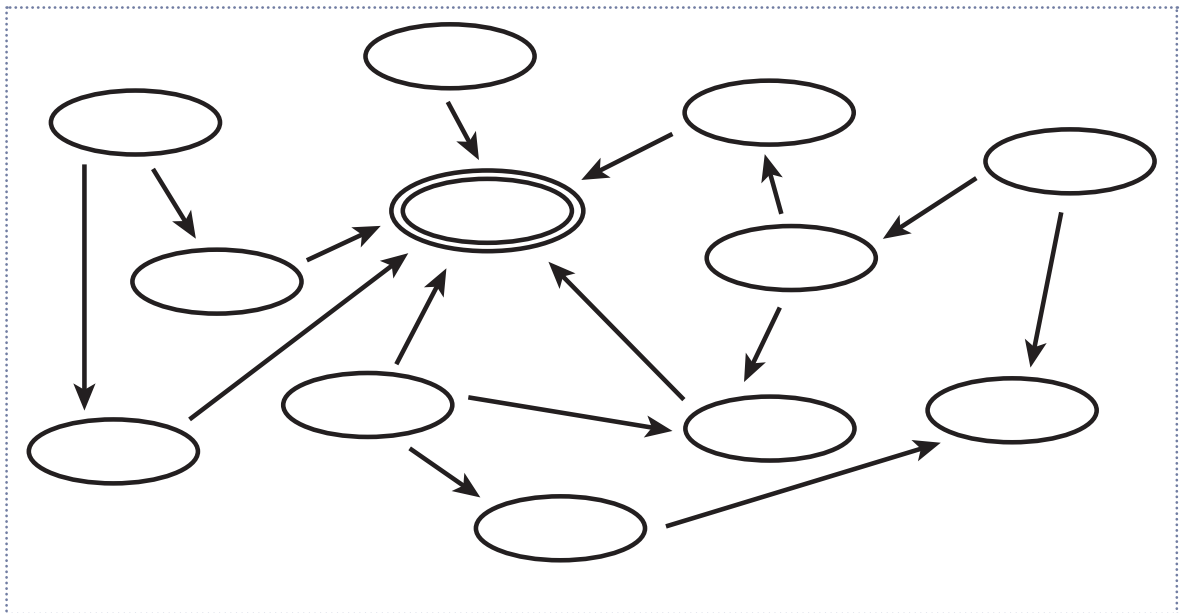


Figura 2.27 Ejemplo de diagrama de relaciones con convergencia central: factores que lo integran, ejemplo básico.

Fuente: <http://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-relaciones.html>

El segundo caso se logra identificar en alguno de los extremos de la representación gráfica e indica que existe un número limitado de factores que cuentan

con la mayor influencia, efecto o causa de la situación que se analiza en el sistema productivo.

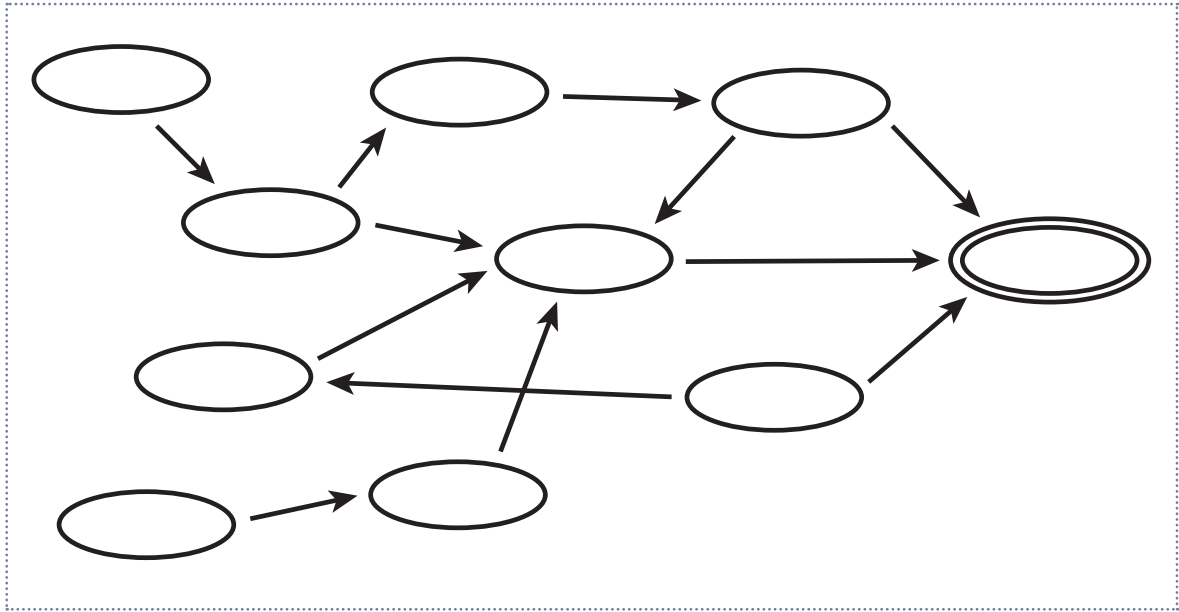


Figura 2.28 Ejemplo de diagrama de relaciones con convergencia lateral: factores que lo integran, ejemplo básico.

Fuente: <http://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-relaciones.html>



En un área de trabajo existen diferentes relaciones de causa y efecto que pueden ser analizadas, y para ello es muy útil el diagrama de relaciones.

En el tercer caso se logra identificar las interrelaciones múltiples que existen en un número limitado de factores que se involucran para la operación de un

sistema productivo cuyos efectos y causas son variados pero con un nivel de importancia definido.

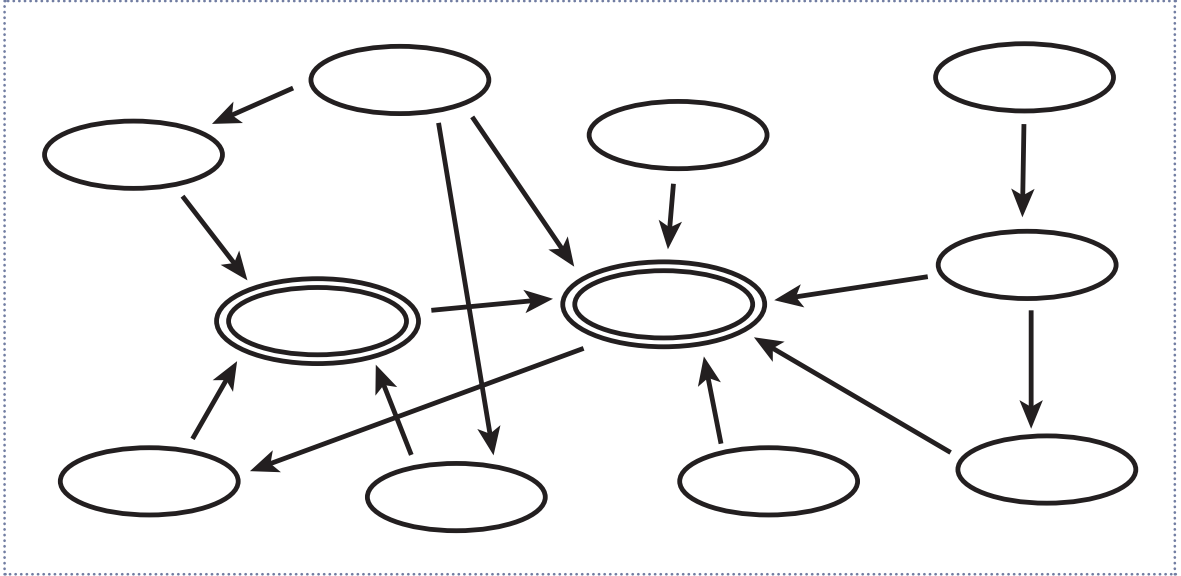


Figura 2.29 Ejemplo de diagrama de relaciones: factores que lo integran, ejemplo básico.

Fuente: <http://mejoracontinuatotal.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-relaciones.html>

### Elaboración del diagrama de relaciones

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, más los datos de número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar alguna información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama.

Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama.

Para elaborar este diagrama es necesario contar con el diagrama de origen-destino actualizado.

Se utiliza una lista de todos los factores y el efecto/causa que ejercen sobre el sistema productivo, así como un criterio de cuantificación.

Por lo general se consideran seis factores de relación, que van desde lo necesario hasta lo innecesario, y se identifican mediante letras: A, E, I, O, U y X.

Estos seis factores se relacionarán mediante descripciones de efectos/causas que se generan en el sistema productivo por su influencia, los cuales serán catalogados en función de su importancia con una cantidad numérica comprendida en un rango de 1 a 5.

En la figura 2.30 se presenta un ejemplo de este tipo de diagrama.

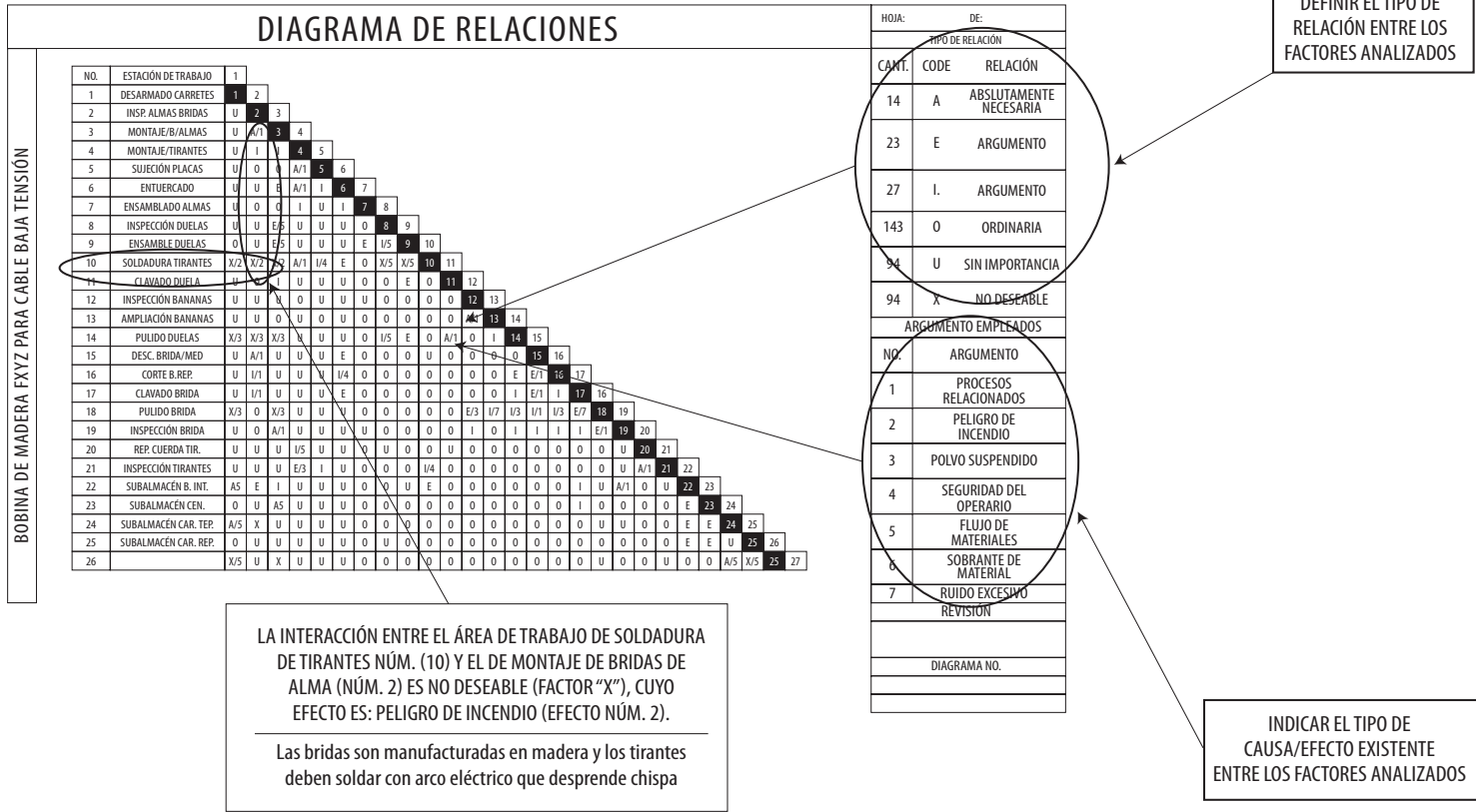


Figura 2.30 Ejemplo básico de diagrama de relaciones: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

A partir de la información contenida en el diagrama, se puede realizar una representación gráfica de las interrelaciones entre las diferentes áreas que integran el sistema productivo.

### Utilización del diagrama de relaciones

Se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos en la operación de un sistema productivo por acarreo de material. Dado que este diagrama presenta en forma clara y detallada todas las interacciones entre las distintas áreas o estaciones de trabajo, así como sus efectos/causas, a partir de él se pueden determinar las áreas o estaciones de trabajo que deben estar cercanas entre sí, pues cuentan con un alto nivel de interacción entre ellas.

El diagrama de relaciones es útil para definir estrategias y acciones que posibiliten la mejor distribución de la estación de trabajo; también puede ofrecer información para identificar necesidades de servicios (aire comprimido, drenaje, cimentaciones especiales, extractores de polvo y algunas otras) en las diversas estaciones o áreas de trabajo que se analizan, así como localizar estaciones de trabajo o áreas críticas donde se deben aplicar planes de higiene y seguridad o de protección civil de manera detallada y cuidadosa.

El diagrama de relaciones es de gran utilidad para poner de manifiesto aquellas áreas de trabajo donde se requerirá de un espacio mayor al convencional por el flujo de materiales, pues posiblemente por ellas circule 80% o más de los materiales y componentes que se manufacturan en la empresa.

Una vez que se ha concluido el diagrama se debe realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con especial énfasis en los siguientes enfoques:

- Proceso de manufactura.
- Distribución de maquinaria y equipo.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir de la información contenida en el diagrama origen-destino.

Con el fin de que no se vicié el análisis de la información contenida en este diagrama, como son las operaciones de transformación, es más conveniente darle importancia al estudio de las interrelaciones, así como al de las causas/efectos que provocan estas interrelaciones entre los diversos factores en el sistema productivo.

Lo anterior permite establecer un criterio para definir la ubicación de las áreas de trabajo con sus contrapartes, con el objetivo de identificar si éstas deberán estar adyacentes o alejadas entre sí para dar continuidad a las operaciones de producción, sin poner en riesgo la integridad física de las instalaciones, del producto o del personal que labora en la empresa.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis es generar mejoras en los tiempos de desplazamiento de cada producto y en los sistemas de apoyo (como el sistema de mantenimiento efectivo, el de manejo de materiales, el de seguridad en el trabajo por manejo de materiales, el de reclutamiento y selección de personal, entre otros), para que el sistema productivo funcione correctamente y, en segundo término, reducir la distancia de recorrido cada vez que se transporta un material, información o servicio.

En seguida se presenta la tabla 2.27, en la que se concentró una serie de preguntas que se deberá contestar para mejorar el método de trabajo según las premisas de eliminar, combinar, reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. También se ha incluido la tabla 2.28, en la cual se proporciona información sobre el diagrama origen-destino, su contenido básico, el objetivo del mismo y todo aquello que ayude a conocer la información recopilada en él. Se incluye además el formato 2.12, utilizado para el registro de información en este tipo de diagrama.

Tabla 2.27 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de relaciones.

Diagrama	Para qué se emplea		Preguntas para realizar evaluación
De relaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir la mejor disposición de las estaciones de trabajo.</li> <li>Identificar cuellos de botella.</li> <li>Identificar equipo y técnicas de manejo de material.</li> <li>Reducir movimientos de material.</li> </ul>	Eliminar	1. Puede eliminarse una operación... a) Por innecesaria. b) Agrupándola en un espacio de trabajo común. c) Cambiando el lugar donde se está realizando. d) Modificando la secuencia del proceso.
		Combinar	1. Pueden combinarse algunas operaciones con otras realizando cambios en... a) La distribución de la estación de trabajo. b) El equipo y maquinaria utilizados. c) La secuencia de la operación. d) El agrupamiento por operaciones, maquinaria o equipo común.
		Reducir	1. ¿Pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?
		Simplificar	1. ¿Pueden agruparse más de dos operaciones en el mismo espacio de trabajo productivo?

Tabla 2.28 Diagrama de relaciones, información básica.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
De relaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condición que se analiza.</li> <li>Fecha de elaboración.</li> <li>Nombre del analista.</li> <li>Número de las partes y modelos.</li> <li>Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura.</li> <li>Identificación de los requerimientos de cercanía de las áreas de trabajo.</li> <li>Determinación de los argumentos por los que se justifica la cercanía o lejanía de las áreas de trabajo.</li> <li>Documentos referenciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir la mejor disposición de materiales, herramientas, dispositivos, entre otras, en la estación de trabajo.</li> <li>Identificar la ubicación de las áreas auxiliares que se requieren en la estación de trabajo (área de inspección, de material procesado, materia prima, contenedores de basura, etcétera).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permite definir la disposición de las áreas y estaciones de trabajo.</li> <li>Ofrece información para elaborar en detalle la distribución de la estación de trabajo de materiales, área de trabajo, operario, información, materia prima, maquinaria, contenedores de material, de basura, material en proceso, área de inspección, material rechazado y algunas otras.</li> <li>Ofrece información para definir flujos de entrada y salida de materiales.</li> <li>Permite definir los requerimientos de los servicios en la estación de trabajo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

# DIAGRAMA DE RELACIONES

HOJA:	DE:	
TIPO DE RELACIÓN		
CANT.	CODE	RELACIÓN
14	A	ABSLUTAMENTE NECESARIA
23	E	ARGUMENTO
27	I.	ARGUMENTO
143	O	ORDINARIA
94	U	SIN IMPORTANCIA
94	X	NO DESEABLE
ARGUMENTO EMPLEADOS		
NÚM.	ARGUMENTO	
1	PROCESOS RELACIONADOS	
2	PELIGRO DE INCENDIO	
3	POLVO SUSPENDIDO	
4	SEGURIDAD DEL OPERARIO	
5	FLUJO DE MATERIALES	
6	SOBRANTE DE MATERIAL	
7	RUIDO EXCESIVO	
	REVISIÓN	
	DIAGRAMA NÚM.	
	NÚM. DE PLANO	

BOBINA DE MADERA FXYZ PARA CABLE BAJA TENSION

NÚM.	ESTACIÓN DE TRABAJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	DESARMADO CARRETES	1	2																									
2	INSP. ALMAS BRIDAS	U	2	3																								
3	MONTAJE/B/ALMAS	U	A/1	3	4																							
4	MONTAJE/TIRANTES	U	I	I	4	5																						
5	SUJECIÓN PLACAS	U	0	0	A/1	5	6																					
6	ENTUERCAO	U	U	E	A/1	I	6	7																				
7	ENSAMBLADO ALMAS	U	0	0	I	U	I	7	8																			
8	INSPECCIÓN DUELAS	U	U	E/5	U	U	U	0	8	9																		
9	ENSAMBLE DUELAS	0	U	E/5	U	U	U	E	I/5	9	10																	
10	SOLDADURA TIRANTES	X/2	X/2	X/2	A/1	I/4	E	0	X/5	X/5	10	11																
11	CLAVADO DUELA	U	0	I	U	U	U	0	0	E	0	11	12															
12	INSPECCIÓN BANANAS	U	U	U	0	U	U	U	0	0	0	0	12	13														
13	AMPLIACIÓN BANANAS	U	U	0	U	0	U	0	0	0	0	0	0	A/1	13	14												
14	PULIDO DUELAS	X/3	X/3	X/3	U	U	U	0	I/5	E	0	A/1	0	I	14	15												
15	DESC. BRIDA/MED	U	A/1	U	U	U	E	0	0	0	0	0	0	0	0	15	16											
16	CORTE B.REP.	U	I/1	U	U	U	I/4	0	0	0	0	0	0	0	E	E/1	16	17										
17	CLAVADO BRIDA	U	I/1	U	U	U	E	0	0	0	0	0	0	0	I	E/1	I	17	18	19								
18	PULIDO BRIDA	X/3	0	X/3	U	U	U	0	0	0	0	0	0	E/3	I/7	I/3	I/1	I/3	E/7	18	19							
19	INSPECCIÓN BRIDA	U	0	A/1	U	U	U	U	0	0	0	0	0	I	0	I	I	I	E/1	19	20							
20	REP. CUERDA TIR.	U	U	U	I/5	U	U	0	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	U	20	21						
21	INSPECCIÓN TIRANTES	U	U	U	E/3	I	U	0	0	0	I/4	0	0	0	0	0	0	0	0	U	A/1	21	22					
22	SUBALMACÉN B. INT.	A/5	E	I	U	U	U	0	0	U	E	0	0	0	0	0	0	0	I	U	A/1	0	U	22	23			
23	SUBALMACÉN CEN.	0	U	A/5	U	U	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	I	0	0	0	0	E	23	24		
24	SUBALMACÉN CAR. TEP.	A/5	X	U	U	U	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	U	U	0	0	E	E	24	25	
25	SUBALMACÉN CAR. REP.	0	U	U	U	U	U	0	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	E	E	U	25	26
26		X/5	U	X	U	U	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	U	0	0	U	0	0	A/5	X/5	25	27

Formato 2.12 Diagrama de relaciones.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).



### Diagrama de relaciones hombre-máquina

Cuando se ha concluido que una operación es necesaria, después de haber examinado los diagramas de operación y de flujo de proceso, con cierta frecuencia podrá realizarse una mejora adicional llevando a cabo un análisis más profundo.

Se debe mencionar que, hasta este momento, los diagramas de proceso de operación y flujo de procesos presentan hechos y se emplean como instrumentos de análisis de operaciones; el diagrama de interrelación o proceso entre hombre y máquina, el de proceso para grupo (o cuadrilla) y el de proceso para operario se utilizan como instrumentos para desarrollar la estación de trabajo ideal.

Como se indicó con antelación, los diagramas de operación y flujo de proceso se usan principalmente para explorar en su totalidad un proceso o serie de operaciones, mientras que el diagrama de proceso-máquina se emplea para estudiar, analizar y mejorar solo una estación de trabajo.

Este diagrama indica la relación exacta en tiempo entre el ciclo de trabajo de una persona y el ciclo de operación de su máquina.

Con estos hechos claramente expuestos, existen posibilidades de utilizar más eficientemente la disponibilidad de tiempo tanto del hombre como de la máquina, lo que proporcionará un mejor equilibrio del ciclo de trabajo.

En la actualidad muchas máquinas-herramienta están completamente automatizadas, como es el caso del torno automático para la manufactura de elementos roscados; también se presenta la situación de que la máquina trabaje solo parcialmente en modalidad automática, como el torno revólver.

En la operación de estos tipos de implementos el operario frecuentemente permanece inactivo durante una porción del ciclo.

La utilización eficiente de ese tiempo, que originalmente es de inactividad, puede aumentar la retribución del operario y mejorar la productividad del sistema de producción.

La práctica de hacer que un operador atienda más de una máquina se conoce como "acoplamiento del trabajo de máquinas".

El acoplamiento u operación múltiple de máquinas no es nuevo. Durante la época de la depresión en Estados Unidos, a mediados de la década de 1930, a cierta empresa le era difícil explicar el incremento en el monto de los incentivos por rebasar la cuota de producción establecida para el segundo turno en uno de los departamentos de maquinado.

Una investigación reveló que los operadores estaban practicando el acoplamiento de máquinas por su propia iniciativa.

En la actualidad, algunas industrias han encontrado resistencia a la práctica del acoplamiento de máquinas por parte de las organizaciones sindicales.

La mejor manera de lograr que el trabajador acepte el acoplamiento de máquinas es mostrarle la posibilidad de obtener una mayor remuneración.

Puesto que el acoplamiento de máquinas aumentará el porcentaje de tiempo de "esfuerzo" durante el ciclo de operación, se acrecienta la oportunidad de ganar mayores incentivos si una empresa trabaja según el plan de salarios del tipo de incentivos.

Asimismo, resultarán salarios base más altos al practicar el acoplamiento de máquinas, puesto que el operario adquirirá mayor responsabilidad y tendrá que desarrollar más esfuerzo mental y físico en la operación múltiple de máquinas.

### Elaboración del diagrama de relaciones hombre-máquina

Se debe iniciar con la identificación correcta del título, más los datos de número de la pieza, del plano técnico, método de trabajo actual o propuesto que se analiza, fecha y nombre de la persona que elabora y autoriza el diagrama.

En algunas ocasiones será necesario agregar información complementaria para realizar la identificación completa del trabajo que se representa a través de este diagrama.

Esta información puede ser el nombre de la planta, edificio o departamento, número de diagrama, número de la pieza, número de dibujo, descripción de la operación que se grafica, entre otras.

Debido a que los diagramas de hombre y máquina se trazan siempre a escala, el analista deberá

seleccionar una escala de tiempos adecuada, de manera que la presentación se disponga en forma bien proporcionada en el formato de trabajo.




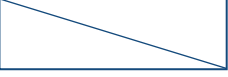




Cuanto mayor sea el ciclo de operación representado, tanto menor deberá ser la longitud elegida para una fracción decimal de minuto.

Una vez que hayan sido establecidos los valores exactos para la distancia representativa (en centímetros o pulgadas, por ejemplo) por unidad de tiempo, el analista podrá iniciar el llenado del formato en el área de la gráfica de tiempo.

En el lado izquierdo del formato se indican las operaciones y tiempos correspondientes al operario, y a la derecha del tiempo de este, se muestran gráficamente el tiempo de trabajo y el tiempo muerto de la máquina o máquinas, según el caso.

Los símbolos que se utilizarán para llevar a cabo la representación gráfica de los tiempos se muestran en la tabla 2.29.

Tabla 2.29 Simbología básica a utilizar en diagrama de relaciones hombre-máquina.

Símbolo	Operario	Máquina
	Realizando actividad	En operación y marcando el ritmo de trabajo al operario.
		En operación, pero es el operario quien define el ritmo de trabajo.
	Conteo de producto	
	Inspección de producto	
	Realiza un movimiento hacia(con) un objeto	
	Cambia su ubicación: se desplaza de un punto a otro en el área de trabajo	
	Mantiene un objeto fijo en una posición, con un miembro de su cuerpo.	
	Operario inactivo (tiempo muerto)	Máquina inactiva (tiempo muerto)

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

Todos los elementos de tiempo de ocupación y tiempo de movilidad se grafican hasta la terminación del ciclo. Al pie del diagrama se indican el tiempo de trabajo y el tiempo muerto total del operario.

Del mismo modo se registran los tiempos totales de trabajo y muerto de cada máquina.

El tiempo productivo del operario más su tiempo inactivo tiene que ser igual a la suma de los tiempos respectivos de su máquina.

Se observará que son necesarios valores de tiempo elementales que sean exactos antes de que se pueda configurar el diagrama hombre-máquina. Estos valores deben representar tiempos estándares que incluyan un margen aceptable para tener en cuenta la fatiga, retrasos inevitables y demoras personales. En ningún caso se usarán lecturas de cronómetro global para la construcción de estos diagramas.

El diagrama completo de hombre y máquina muestra claramente las áreas en las que ocurren

los tiempos muertos tanto de la máquina como del hombre.

Por lo general, estas regiones son un buen lugar para empezar a originar mejoras efectivas.

Al realizar el estudio debe tenerse cuidado de no engañarse con lo que parezca ser una cantidad apreciable de tiempo muerto del operario, ya que en muchos casos es más conveniente o económico que sea el operario quien esté inactivo durante una parte sustancial de un ciclo, a que lo esté un costoso equipo o proceso aun durante una pequeña porción del ciclo.

Con el objeto de estar seguro de que su propuesta es la mejor solución, el analista debe conocer el costo de la inactividad de una máquina, así como el de la inactividad de un operario. Únicamente cuando se considere el costo total el estudio arrojará resultados con los cuales se pueda elegir, entre varias alternativas de método de trabajo, aquel que sea más económico, eficiente y seguro.



El analista debe conocer el costo de la inactividad de una máquina u operario.

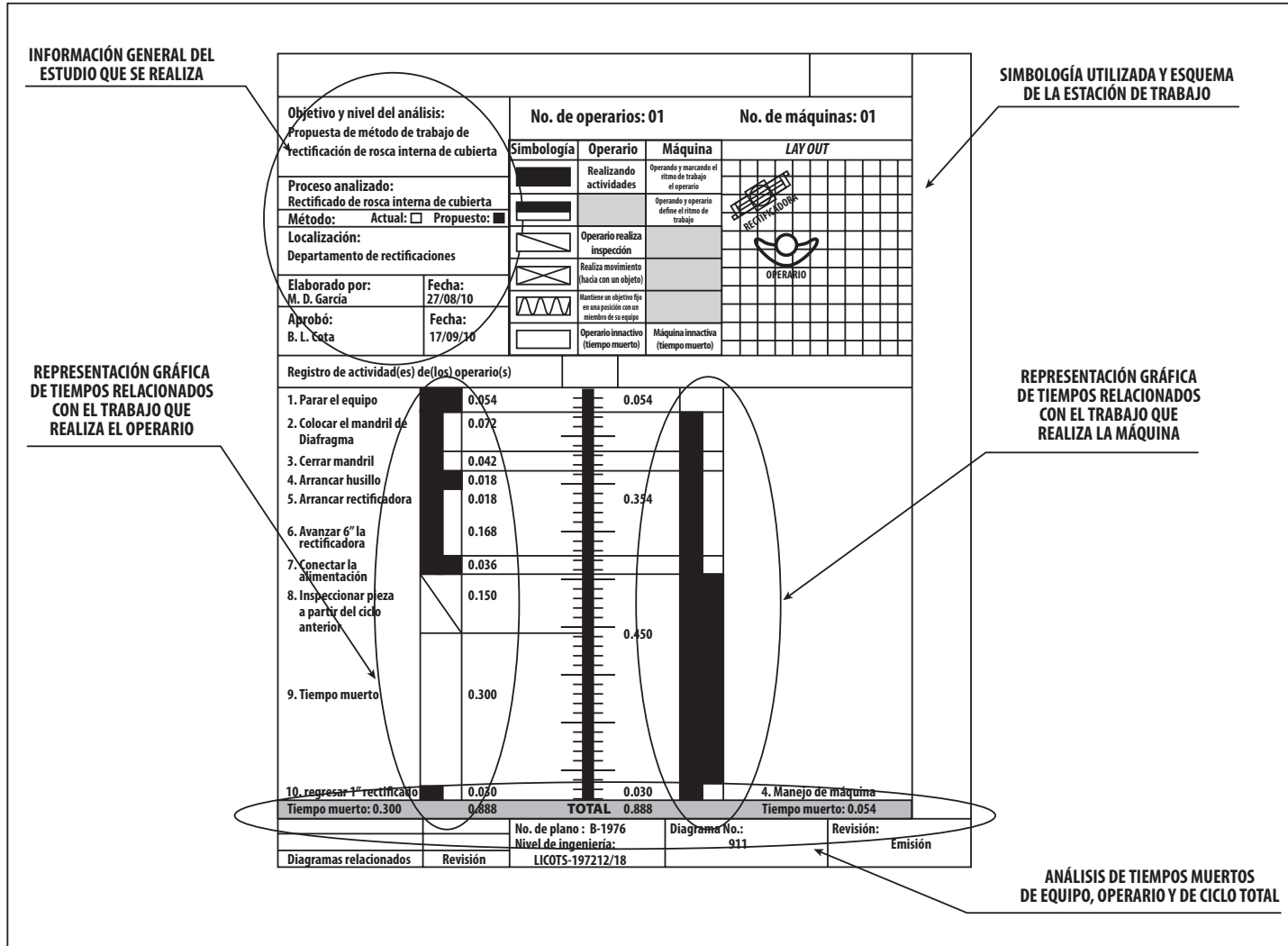


Figura 2.31 Ejemplo básico de diagrama de relaciones hombre-máquina: factores que lo integran.

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).

**Utilización del diagrama de relaciones hombre-máquina**

El diagrama de relaciones hombre-máquina se emplea como instrumento de análisis para eliminar los costos ocultos en la operación de un sistema productivo que presenta múltiples actividades.

Por “múltiples actividades” debemos entender aquellos casos en los que un grupo o cuadrilla de trabajadores debe coordinar sus actividades para complementar su labor, ya sea mediante el uso de maquinaria y equipo o sin ellos.

En este tipo de estudio no solo se debe realizar la representación gráfica de la secuencia de pasos que contiene una operación de los rubros que son analizados, también se debe representar la actividad simultánea que se lleva a cabo entre cada uno de ellos.

Existen cuatro casos con cuatro variantes, en los que se debe emplear este tipo de análisis y se muestran en tabla 2.30.

Tabla 2.30 Casos en los que se realiza el análisis del trabajo mediante el diagrama de relaciones hombre-máquina.

Número	Casos de análisis	Variantes
1	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un operador y un equipo o máquina semiautomática o automática.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· La actividad realizada es simple y cíclica.</li> <li>· La actividad es cíclica, pero con relativa frecuencia se presentan algunos subciclos durante su realización.</li> <li>· La actividad presenta variación de un ciclo a otro de trabajo.</li> <li>· No se cuenta con un ciclo o patrón definido en la realización de la actividad de trabajo.</li> </ul>
2	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un grupo de trabajadores y un equipo o máquina semiautomática o automática.	
3	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre un operador y un grupo de equipos o máquinas.	
4	Análisis de la relación de tiempos de trabajo que ocurre de forma simultánea entre una cuadrilla de trabajadores y un grupo de equipos o máquinas.	

Fuente: Elaboración propia, basado en Mundel y Hall (1978: 243 y 245).

Este tipo de análisis se realiza cuando el objetivo que se pretende alcanzar con el estudio es diseñar una nueva operación o método de trabajo; o en su defecto llevar a cabo mejoras en la operación del método de trabajo actual de la clase 1 o 2.

Asimismo, este tipo de estudio permite visualizar de una manera clara y sencilla las interacciones simultáneas que existen, durante la realización del trabajo, entre dos o más factores productivos: operarios, equipo y maquinaria (según sea el caso).

Lo anterior nos permitirá comprender perfectamente las diversas interacciones simultáneas y localizar los tiempos muertos de cualquiera de los factores, que podrán ser eliminados o reducidos.

Con ello lograremos una utilización más eficiente de la maquinaria y del equipo, así como una mejora en el tiempo de trabajo de los operarios. Una de las razones para realizar este estudio es el incremento en la seguridad para el trabajador cuando realiza su labor.

Este estudio permitirá definir la mejor manera de armonizar cada factor individual que interviene en el sistema productivo con un grupo de máquinas o equipos, o bien determinar cómo los equipos productivos pueden ser armonizados con el factor humano para mejorar la eficiencia del trabajo que se realiza en la organización.

Este análisis también es útil en la definición de estrategias y acciones para ubicar en detalle la mejor distribución de la estación de trabajo; también puede ofrecer información para identificar requerimientos de áreas críticas donde se deban aplicar planes de higiene y seguridad o de protección civil de manera detallada y cuidadosa.

Una vez que se ha concluido el diagrama se debe realizar una serie de preguntas, basadas en el principio del análisis del método de trabajo, con especial énfasis en los siguientes enfoques:

- Proceso de manufactura.
- Distribución de maquinaria y equipo.

Es importante mencionar que este diagrama se elabora a partir de la información contenida en los diagramas de operaciones y de flujo de proceso de equipo, de operario y de materiales.

No se debe perder de vista que el objetivo primordial del análisis es generar reducciones de tiempos

ociosos en equipo, maquinaria y trabajadores, lo que nos permitirá alcanzar mejoras en los tiempos de desplazamiento en cada producto y en los sistemas de apoyo para que el sistema productivo funcione (como es el caso de los sistemas de mantenimiento efectivo, manejo de materiales, seguridad en el trabajo por manejo de materiales, reclutamiento y selección de personal, entre otros).

A continuación se presentan las tablas 2.31, 2.32, 2.33 y 2.34, en las que se concentra una serie de preguntas que se deberá contestar para llevar a cabo la mejora del método de trabajo según las premisas de eliminar, combinar y reducir tiempos y simplificar operaciones del proceso analizado. De igual forma se incluye la tabla 2.35, en la cual se proporciona información sobre el diagrama origen-destino, su contenido básico, el objetivo del mismo y todo aquello que ayude a conocer la información que se recopila con él. Se incluye también el formato 2.13, que se ha utilizado para el registro de información en este tipo de diagrama.



El propósito del análisis es reducciones de tiempos en maquinaria, equipo y trabajadores.

Tabla 2.31 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de relaciones hombre-máquina.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
Diagrama de relación de hombre-máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia).</li> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia).</li> <li>· Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.</li> </ul>	Eliminar <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una operación puede eliminarse:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Mediante una modificación en la secuencia de trabajo.</li> <li>c) Cambiando el herramental o equipo.</li> <li>d) Modificando la distribución de la estación de trabajo.</li> <li>e) Combinando los herramientas actuales.</li> <li>d) Modificando ligeramente los materiales empleados.</li> <li>e) Modificando ligeramente el diseño o especificaciones del producto o servicio.</li> <li>e) Modificando la secuencia del proceso.</li> <li>f) Utilizando un clamp de sujeción.</li> </ol> </li> <li>2. Un movimiento puede eliminarse:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesario.</li> <li>b) Mediante una modificación en la secuencia de trabajo.</li> <li>c) Combinando los herramientas actuales.</li> <li>d) Cambiando el herramental o equipo.</li> <li>e) Empleando dispositivos que permitan que, por gravedad, el material acabado se almacene en un contenedor.</li> </ol> </li> <li>3. La actividad de sujetar puede eliminarse:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesaria.</li> <li>b) Mediante el uso de un dispositivo de sujeción o fijación de piezas.</li> </ol> </li> <li>4. Las demoras pueden eliminarse o reducirse:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Por innecesarias.</li> <li>b) Cambiando al miembro del cuerpo que realiza el trabajo.</li> <li>c) Realizando un balance del trabajo que realizan los miembros del cuerpo.</li> <li>d) Realizando el trabajo simultáneamente en dos ítems.</li> <li>e) Alterando el trabajo, de modo que cada mano realice el mismo trabajo, pero desfasadamente.</li> </ol> </li> <li>5. ¿Pueden ser eliminadas operaciones de conteo o de inspección? ¿Son realmente necesarias? ¿Qué sucede si se las realiza ya contando con la información obtenida?                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Se lleva a cabo duplicidad de actividades de este tipo.</li> <li>b) Podría ser realizada por otra persona esta actividad.</li> </ol> </li> </ol>

Tabla 2.32 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de relaciones hombre-máquina.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Diagrama de relación de hombre-máquina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia).</li> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia).</li> <li>· Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.</li> </ul>	<p><b>Simplificar</b></p> <p>1. ¿Cómo pueden reducirse las operaciones de manera que sean más cortas o fáciles de realizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Utilizando mejores herramientas.</li> <li>b) Modificando los esfuerzos que se realizan al efectuar la operación.</li> <li>c) Cambiando la posición de los controles o herramientas.</li> <li>d) Mejorando los contenedores de materiales.</li> <li>e) Utilizando las fuerzas inerciales de manera intensiva.</li> <li>f) Disminuyendo las inspecciones visuales.</li> <li>g) Mejorando la ergonomía de la estación de trabajo.</li> </ul>
		<p>2. ¿Cómo pueden los movimientos realizarse de manera que sean más cortos o fáciles de realizar?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificando la distribución de la estación de trabajo, reduciendo distancias.</li> <li>b) Cambiando la trayectoria de los movimientos.</li> <li>c) Utilizando el primer grupo de músculos que proporcionan una fuerza suficiente para realizar un trabajo: dedos, muñeca, antebrazo, hombro y tronco.</li> <li>e) Realizando movimientos continuos que no sean desiguales entre sí.</li> </ul>
		<p>3. ¿Cómo pueden las sujeciones realizarse más fácilmente?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Reduciendo el tiempo de sujeción.</li> <li>b) Utilizando músculos que proporcionan fuerza excedente para esta tarea, como las piernas combinadas con los pies, que operan como mecanismos de sujeción.</li> </ul>



Tabla 2.33 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de relaciones hombre-máquina.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
Diagrama de relación de hombre-máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia).</li> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia).</li> <li>· Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.</li> </ul>	<p>1. ¿Cómo puede reducirse el ciclo de la operación mejorando movimientos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Acortando las distancias de la herramienta y el equipo utilizados.</li> <li>b) Modificando la dirección de los movimientos del trabajo.</li> <li>c) Usando músculos distintos (dedos, muñeca, antebrazo, hombro o tronco).</li> <li>d) Realizando movimientos continuos y no discontinuos y bruscos.</li> <li>e) Empleando dispositivos que permitan que por gravedad el material elaborado se almacene en un contenedor.</li> </ul>
		<p>2. ¿Cómo puede reducirse el ciclo de trabajo para que el trabajo manual se realice durante el tiempo de máquina?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Utilizando alimentadores automáticos.</li> <li>b) Empleando abastecedores automáticos de materiales.</li> <li>c) Modificando la secuencia de trabajos entre la máquina y el operario.</li> <li>d) Incluyendo sistemas de paro automático en caso de que exista falta de abastecimiento de material al equipo.</li> </ul>
		<p>3. ¿Cómo puede reducirse el tiempo de máquina?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Usando mejores herramientas.</li> <li>b) Combinando herramientas.</li> <li>c) Incrementando la velocidad de la máquina o de alimentación.</li> </ul>

Tabla 2.34 Preguntas guía para la evaluación del diagrama de relaciones hombre-máquina.

Diagrama	Para qué se emplea	Preguntas para realizar evaluación
Diagrama de relación de hombre-máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia).</li> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia).</li> <li>· Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.</li> </ul>	<p>1. Pueden combinarse algunas operaciones con otras realizando algunos cambios en...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) La distribución de la estación de trabajo.</li> <li>b) El equipo y maquinaria utilizados.</li> <li>c) La secuencia de operación.</li> </ul>
		<p>2. ¿Cómo pueden ser combinados los movimientos?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificando la secuencia como se realiza el trabajo.</li> <li>b) Modificando la distribución de la estación de trabajo.</li> <li>c) Cambiando la cantidad de material manipulado por unidad de tiempo.</li> </ul>
		<p>3. ¿Cómo pueden reducirse las demoras?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificando la secuencia como se realiza el trabajo.</li> <li>b) Modificando la distribución de la estación de trabajo.</li> <li>c) Realizando un adecuado abastecimiento de suministros y agrupándolos de manera efectiva.</li> </ul>
		<p>4. ¿Cómo pueden combinarse los conteos e inspecciones?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Modificando la secuencia como se realiza el trabajo.</li> <li>b) Modificando la distribución de la estación de trabajo.</li> </ul>

Tabla 2.35 Información básica de diagrama de acoplamiento hombre-máquina.

Diagrama	Contenido	Objetivos	Ayuda a conocer
De acoplamiento hombre-máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Condición que se analiza.</li> <li>· Fecha de elaboración.</li> <li>· Nombre del analista.</li> <li>· Número de las partes y modelos.</li> <li>· Nivel de la notificación de cambios en la información de manufactura.</li> <li>· Identificación de la duración de los tiempos muertos y productivos de una cuadrilla de trabajo.</li> <li>· Identificación de complejidad del proceso de fabricación de los productos.</li> <li>· Distribución en detalle del área de trabajo (<i>lay out</i>).</li> <li>· Documentos referenciales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades manuales (polivalencia).</li> <li>· Definir la mejor forma en que un operario puede llevar a cabo múltiples actividades en diferentes equipos o máquinas (polivalencia).</li> <li>· Eliminar los tiempos improductivos de operarios y equipos o maquinaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Permite identificar grupos tecnológicos de fabricación atendidos por un operario.</li> <li>· Ofrece información para evaluar el trabajo de cuadrillas de trabajadores.</li> <li>· Ofrece información para definir las necesidades de mantenimiento total productivo en maquinaria y equipo.</li> <li>· Permite definir una célula de manufactura flexible atendida por un operario.</li> <li>· Ofrece información para mejorar la eficiencia en el trabajo productivo de secciones de trabajo integradas por más de un equipo y con más de un operario.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (2001); Mundel (1978); González Hernández (1985); Robinson (1991); Geber (2000).



El diagrama de acoplamiento hombre-máquina ayuda a definir la mejor forma en que un operario puede reforzar múltiples actividades manuales.



## 2.3 Análisis del método de trabajo

El análisis del método de trabajo es un procedimiento empleado por el ingeniero de métodos *para* analizar todos los elementos productivos y no productivos de una operación con vistas a su mejoramiento. La ingeniería de métodos tiene por objeto diseñar métodos para incrementar la producción por unidad de tiempo (*mejora de la productividad*) y reducir los costos unitarios (*incremento de la rentabilidad*). El análisis del método de trabajo consiste en realidad en una técnica para alcanzar la meta de la ingeniería de métodos.

El procedimiento esencial del análisis del método de trabajo es tan efectivo en la planeación de nuevos centros de trabajo como en el mejoramiento de los existentes.

El análisis se basa en la formulación de cierto tipo de preguntas acerca de todos los aspectos operacionales en la estación de trabajo que se ha definido para el estudio de métodos, así como en las otras estaciones de trabajo dependientes.

Posteriormente, no se debe olvidar realizar una revisión al diseño del producto o servicio que se realiza en la estación o estaciones de trabajo. Con ello se podrá proyectar un centro de trabajo más eficiente.

Por último, es necesario presentar los hechos en forma de un diagrama de operaciones o de curso de proceso, ello permite contar con información codificada respecto a los diversos factores que influyen y afectan el método de trabajo con base en los resultados de la investigación realizada.

A partir de este momento se efectúa realmente el análisis y se concretan los aspectos o componentes del método que se va a proponer o a mejorar.

Es necesario el empleo de un procedimiento sistemático para el análisis del método de trabajo. El primer paso es obtener toda la información relacionada con el volumen de trabajo previsto. Para determinar cuánto tiempo y esfuerzo se deben dedicar a mejorar un método actual o planear un nuevo trabajo, es necesario determinar el volumen esperado,

las posibilidades de que se repitan los negocios, la duración de trabajo, la probabilidad de cambios en el diseño y el contenido de mano de obra para realizar el trabajo.

Si existe suficiente evidencia de que los hechos se desarrollarán de acuerdo con lo descrito con antelación, se justificará realizar un estudio más detallado que, en caso contrario, se omitirá.

Una vez estimados el volumen y la duración del trabajo, así como la necesidad de mano de obra, se debe proceder a reunir toda la información acerca de los detalles de fabricación.

Esta información abarcará todas las operaciones, las instalaciones que se usan para llevar a cabo las operaciones y los tiempos de operación; todos los traslados o transportes, los medios que se emplean para estos y las distancias que se recorren; todas las inspecciones, sus medios y los tiempos respectivos; todos los almacenamientos, sus instalaciones y el tiempo asignado, así como la totalidad de las operaciones con proveedores y los precios de sus cotizaciones y, por último, todas las especificaciones y dibujos de diseño.

Después de reunir esta información que afecta a los costos, deberá presentársela en forma adecuada para su estudio. Uno de los modos más efectivos de hacerlo es mediante el diagrama de flujo de proceso. Este diagrama presenta gráficamente toda la información de manufactura en forma análoga a la información que puede hallarse sobre el diseño en un dibujo o plano de taller.

Una vez terminado el diagrama de flujo de proceso, se debe llevar a cabo una revisión del problema con miras a plantear una propuesta de mejora.

Cabe aclarar que hasta este momento solo se ha planteado el problema y estructurado la información de una manera clara y sencilla para su comprensión y transmisión, lo cual es un paso preliminar requerido para su resolución.

Una de las técnicas más comunes en el análisis de métodos, que consiste en preparar una hoja de verificación para registrar y dirigir preguntas acerca de la actividad que figure en el programa de proceso. Algunas preguntas típicas son:

- ¿Esta operación es necesaria?
- ¿La operación se puede efectuar mejor y de otro modo?
- ¿Es posible combinarla con otra?
- ¿Las tolerancias son más estrictas de lo necesario?
- ¿Se podría usar un material más económico?
- ¿Sería factible incorporar un manejo de materiales más conveniente?

La forma adecuada de iniciar la aplicación de un método científico para llevar a cabo la solución de un problema de ingeniería de métodos es en primera instancia “definir un objetivo con base en los cambios que se pretendan realizar en la estación de trabajo que se analiza y posteriormente desarrollar un criterio que permita evaluar el alcance de los resultados de la propuesta, respecto de los resultados planeados”.

Para realizar el análisis del método del trabajo, debemos concentrarnos en cinco categorías de cambios que pueden llevarse a cabo en este, con el propósito de mejorar el desempeño del mismo:

1. *Actividades del operario.* Se realiza el análisis de los movimientos de las manos y del cuerpo, de la destreza que tiene el operario al realizar las actividades asignadas manuales y cognitivas, o bien, se considera llevar a cabo un cambio en la secuencia de las actividades que realiza el trabajador con el fin de mejorar su desempeño operativo.
2. *Estación de trabajo* (herramientas, espacio de trabajo, equipo). Se busca desarrollar un diseño funcional y sencillo de la estación de trabajo, en la cual el equipo asignado a esta pueda ser empleado en más de una actividad o para la fabricación de más de un producto; es decir, que esta pueda ser flexible en su operación.
3. *Proceso o ruta de proceso.* Se pretende que la secuencia u orden de las estaciones de trabajo que integran un proceso productivo pueda cambiarse, o bien, que el número de estas pueda modificarse; es decir, que se cuente con un proceso de manufactura esbelto o flexible.

4. *Especificaciones del producto o servicio.* En ocasiones el diseño del producto o del servicio requiere modificaciones ligeras o drásticas con el fin de alcanzar los objetivos de la mejora planteada.
5. *Materiales.* En ciertos casos los materiales, materias primas y componentes requieren ser modificados en su forma, condición, especificaciones técnicas o tiempos de entrega; con ello se pretende alcanzar las mejoras planeadas en el sistema productivo.

Con lo anterior, lo que iniciamos es un proceso para *criticar ese trabajo*: se trata de someterlo a un conjunto de preguntas con las que se cuestiona la forma de realización del mismo, partiendo del supuesto de que dicho trabajo no se realiza bien.

Lo que se busca al responder esas preguntas, como ya se externó con antelación, es:

- Descubrir actividades innecesarias para eliminarlas.
- Simplificar las tareas o actividades que se realizan.
- Ordenar dichas tareas o actividades.
- Combinar dichas tareas o actividades.

El problema no es criticar, sino alcanzar resultados; el estudio de métodos de trabajo es una disciplina que descubrió, por así decirlo, una serie de principios que, aplicados a cualquier trabajo, lo mejoran; esos son los denominados “principios de economía de movimientos” también llamados *Leyes de movimientos eficientes* o *reglas de economía de movimientos*; son los que deben ayudarnos a responder a esas preguntas.

Se clasifican en tres grupos:

1. Los relativos a la utilización del cuerpo humano.
2. Los relativos a la distribución del lugar de trabajo.
3. Los relativos a herramientas y equipo.

Se pueden utilizar por igual en unidades fabriles y de oficinas y, aunque no siempre es posible aplicarlos, constituyen una base excelente para mejorar la eficacia y reducir la fatiga del trabajo manual.

A continuación se detallan en forma simplificada:

1. *Utilización del cuerpo humano.* Siempre que sea posible:

- a) Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
- b) Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto durante periodos de descanso.
- c) Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
- d) Los movimientos de las manos y del cuerpo deben caer dentro de la clase más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo.
- e) Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al operario, pero debe reducirse a un mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.
- f) Son preferibles los movimientos continuos y curvos a los movimientos rectos en los que hay cambios de dirección repentinos y bruscos.
- g) Los movimientos de oscilación libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados.
- h) El ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de las operaciones repetitivas, y el trabajo debe disponerse de modo que se pueda hacer con un ritmo fácil y natural, siempre que sea posible.
- i) El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos, para que no sea necesario modificar el enfoque de la vista a menudo.

2. *Distribución del lugar de trabajo.*

- a) Debe haber un sitio definido y fijo para todas las herramientas y materiales, con objeto de que se adquieran hábitos.
- b) Las herramientas y materiales deben colocarse de antemano donde se necesitarán, para no tener que buscarlos.

- c) Deben utilizarse depósitos y medios de “abastecimiento por gravedad”, para que el material llegue tan cerca como sea posible del punto de utilización.
- d) Las herramientas, materiales y mandos deben situarse dentro del área máxima de trabajo y tan cerca del trabajador como sea posible.
- e) Los materiales y las herramientas deben situarse de forma tal que los movimientos adquieran el mejor orden posible.
- f) Deben utilizarse, siempre que sea posible, eyectores y dispositivos que permitan al operario “dejar caer” el trabajo terminado sin necesidad de utilizar las manos para despacharlo.
- g) Deben preverse medios para que el nivel luminoso sea suficiente, y facilitarle al obrero una silla del tipo y altura adecuados para que se siente en buena postura.
- h) La altura de la superficie de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que le permitan al operario trabajar alternativamente sentado o de pie.
- i) El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la “fatiga visual”.

3. *Máquinas y herramientas.*

- a) Debe evitarse que las manos estén ocupadas “sosteniendo” la pieza cuando esta pueda sujetarse con una plantilla, brazo o dispositivo accionado por el pie.
- b) Siempre que sea posible, deben combinarse dos o más herramientas.
- c) Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, como para pulsar las teclas de un teclado de computadora, debe distribuirse la carga de acuerdo con la capacidad inherente a cada dedo.
- d) Los mangos, como los utilizados en las manivelas, y los destornilladores grandes deben diseñarse para que la mayor área posible de superficie esté en contacto

con la palma de la mano. Esto es de especial importancia cuando hay que ejercer mucha fuerza sobre el cuerpo del mango para obtener un torque de mayor magnitud que los convencionales.

- e) Las palancas, barras cruzadas y volantes de mano deben situarse en posiciones que permitan al operario manipularlos con un mínimo de cambio de posición del cuerpo y un máximo de “ventajas mecánicas”.
- f) Siempre que sea posible se evitará colocar los materiales en el área situada delante del operario, ya que estirarse

hacia adelante exige el empleo de los músculos de la espalda, lo que provoca fatiga, como lo demuestran investigaciones fisiológicas sobre el tema.

### Clasificación de los movimientos

El cuarto principio de la economía de movimientos del cuerpo humano es que estos deben corresponder a la clase más baja posible, de acuerdo con la clasificación que se ha realizado para ellos.

Esta clasificación se basa en las partes del cuerpo que sirven de eje a las que se mueven:

Tabla 2.36 Clasificación de los movimientos corporales, a evaluar mediante las técnicas de la ingeniería de métodos.

Clase	Punto de apoyo	Partes del cuerpo empleadas
1	Nudillos	Dedos
2	Muñeca	Mano y dedos
3	Codo	Antebrazo, mano y dedos
4	Hombro	Brazo, antebrazo, mano y dedos
5	Tronco	Torso, brazo, antebrazo, mano y dedos

Fuente: Elaboración propia con datos de Maynard (1940: 95-112).

Es evidente que a medida que se sube de clase van integrándose al movimiento corporal del operario más partes del cuerpo; por lo anterior, mientras más baja sea la clase, más movimientos se ahorrarán.

Un ejemplo de ello lo podemos apreciar en los vehículos automotores de lujo, pues estos cuentan con un volante de dirección que es multifuncional, ya que en él se ubican interruptores y botones que permiten activar los cristales de las ventanillas, los seguros de las puertas, activar o desactivar el estéreo del vehículo, cambiar la estación de radio o la pista de música, entre otros, utilizando los dedos de las manos que sujetan el volante de dirección. Anteriormente se tenían que realizar movimientos

de clase 5, por ejemplo, si el conductor deseaba bajar el cristal de la puerta del copiloto y ajustar el espejo retrovisor derecho del vehículo.

Ahora, en los vehículos automotores de lujo estas operaciones se realizan mediante un movimiento de clase 1, lo que disminuye drásticamente la fatiga del conductor y, por ende, la posibilidad de un accidente automovilístico. Como consecuencia de esta mejora el confort de conducción se incrementa en gran medida.

Por lo anterior, si al disponer el lugar de trabajo se coloca todo lo necesario al alcance del operario, la clase de movimientos necesarios para ejecutar el trabajo será la más baja posible.



Algunos comentarios más sobre la disposición del lugar de trabajo:

1. Si las dos manos realizan un trabajo análogo, hay que prever una reserva aparte de materiales o piezas para cada mano.
2. Cuando se utilice la vista para seleccionar el material, este deberá estar colocado, siempre que sea posible, de manera tal que el operario pueda mirarlo sin necesidad de mover la cabeza.
3. La naturaleza y forma del material determinan su posición en el lugar de trabajo.
4. Las herramientas manuales deben recogerse alterando al mínimo el ritmo de simetría de los movimientos.
5. En lo posible, el operario deberá recoger o depositar la herramienta conforme la mano pasa de una fase de trabajo a la siguiente, sin hacer un recorrido especial.
6. Los movimientos naturales son curvos y no rectos; las herramientas deben colocarse en el arco del movimiento, pero no en el camino de algún material que sea preciso deslizar por el banco de trabajo.
7. Las herramientas deben situarse de modo que sea fácil recogerlas y volverlas a poner en su lugar, siempre que sea posible volverán a su sitio mediante un dispositivo automático o aprovechando el movimiento de la mano cuando va a recoger la pieza siguiente de material.
8. El trabajo terminado debe:
  - Dejarse caer en vertederos o deslizadores.
  - Soltarse en una deslizadera cuando la mano inicie el primer movimiento del ciclo siguiente.
  - Colocarse en un recipiente de manera tal que los movimientos de las manos queden reducidos al mínimo.
  - Colocarse en un recipiente donde el operario siguiente pueda recogerlo fácilmente, si se trata de una operación intermedia.
9. Estúdiense siempre la posibilidad de utilizar pedales o palancas de rodilla para accionar los mecanismos de cierre o graduación, o los dispositivos para retirar el trabajo terminado.

## Leyes de la economía de los movimientos y sus corolarios

### Ley número 1

“Cuando ambas manos inician y terminan sus movimientos simultáneamente y no permanecen inactivas más que durante los periodos de descanso, la operación se aproxima a su grado óptimo.”

- Cuando ambas manos trabajan, es conveniente que inicien y terminen sus movimientos al mismo tiempo.
- De esta forma se desarrolla un ritmo de trabajo que lleva al operario hacia la ejecución óptima.
- Si una mano trabaja y la otra permanece inactiva, solo se consigue una parte de la eficiencia máxima posible.
- Cuando una mano trabaja, la otra que permanece inactiva no reposa y no descansa; de hecho, muchas veces resulta más cansado permanecer con una mano inmóvil, mientras que la otra trabaja, y los trabajadores, que instintivamente se dan cuenta de esto, introducen unos movimientos niveladores, pero inútiles para eludir esta clase de fatiga.
- Para reponerse del cansancio debe cesar todo trabajo e introducirse un periodo de descanso durante el cual el operario pueda reposar absolutamente, con lo que el cansancio se disipará en un periodo breve.
- El descanso para vencer la fatiga es el único tiempo permitido de inactividad, aunque no siempre puede evitarse la inactividad originada por un retraso inevitable o por otro nivelador. Pero estos dos nunca sirven para vencer la fatiga.
- En trabajos que involucran piezas voluminosas o grandes casi siempre resulta imposible disponer el orden de sucesión de movimientos de forma que ambas manos trabajen al mismo tiempo.

Los aparatos grandes, casi siempre, se fabrican en pequeñas cantidades y las preparaciones cuidadosas son impracticables. No obstante, es aconsejable

tener en cuenta la conveniencia de usar ambas manos al planear el orden de sucesión de movimientos en trabajos de esta clase y preverlo así, siempre que sea factible.

Por ejemplo, las grandes turbinas de vapor habitualmente se proyectan para satisfacer las condiciones de funcionamiento propias de cada usuario, y, en general, se construyen de manera unitaria.

En este caso, evidentemente no sería práctico hacer diagramas de proceso del operario en los que se indicara cada movimiento a realizar, ya que la turbina estaría terminada y en tránsito a su destino aun antes que estos.

Sin embargo, cada eje y cuerpo de una turbina lleva varios cientos de álabes, cuya instalación constituye una operación cíclica y, en este caso, merece la pena invertir tiempo en perfeccionar un procedimiento de instalación eficiente.

### Corolarios a la ley número 1

“Los titubeos y las interrupciones temporales del trabajo, por pequeños que sean, deben analizarse y estudiarse, con objeto de averiguar y eliminar sus causas.”

Los titubeos producen una pérdida de tiempo, y como el fin del estudio del método de trabajo es precisamente eliminar toda pérdida de tiempo, deben adoptarse las medidas necesarias para suprimirlos cuando se producen.

Durante los titubeos ambas manos están inactivas en el mismo instante y, puesto que no es un movimiento para descansar, esto infringe la primera ley de la economía de los movimientos.

Un planeamiento anticipado hecho con mucho cuidado y la correcta colocación previa de herramientas y materiales generalmente eliminan todo titubeo.

“Cuando se produce un retraso, debe estudiarse la posibilidad de hacer un trabajo suplementario para aprovechar el tiempo de retraso, si se comprueba que no es necesario para vencer la fatiga.”

El trabajo suplementario que se asigna para aprovechar los periodos de retraso es un factor importante en la reducción de los costos.

La duración del retraso determinará en gran parte la manera en que puede aprovecharse este tiempo.

La forma más corriente de aplicar este principio es dar a un operario una o dos máquinas más para trabajar mientras que su primera máquina está haciendo su labor; si el tiempo del retraso es demasiado corto para poder aprovecharlo eficazmente, entonces puede considerarse como un descanso admisible.

### Ley número 2

“Cuando se mueven los brazos simultáneamente en direcciones opuestas con recorridos simétricos, el ritmo y la automaticidad se desarrollan naturalmente.”

- La segunda ley de la economía de los movimientos expresa el principio de la operación a dos manos.
- Para no quebrantar la ley número 1, el movimiento de los brazos debe hacerse simultáneamente.
- Han de hacerse en direcciones opuestas desde el eje del cuerpo, ya que de esta forma un brazo equilibra o contrapesa al otro, y no hace falta mover el cuerpo.
- Si los brazos se mueven en la misma dirección, es decir, a derecha o izquierda del cuerpo, todo el tronco tiene que moverse para servir de contrapeso a los brazos.
- Esto pone en juego un cierto número de músculos, y en los trabajos reiterativos aumenta materialmente la fatiga.
- Si los brazos tienen que moverse en la misma dirección se ha de hacer separándolos y acercándolos al cuerpo, más bien que hacia derecha o izquierda, pues el cuerpo puede más fácilmente equilibrar un movimiento de esta clase.
- Los movimientos han de hacerse con recorridos simétricos o de igual forma, pues la mayoría de los seres humanos están fisiológicamente constituidos de manera que un lado del cuerpo tiende a trabajar al unísono con el otro, haciendo cosas similares.
- Si el lugar de trabajo está dispuesto de forma que la mano derecha ha de seguir una

trayectoria triangular mientras que la izquierda sigue otra circular, el operario experimentará dificultad para trabajar de acuerdo con la ley número 1.

Ambas manos tenderán a moverse, bien en sentido triangular o circular. Para evitar esto, es posible que el operario se encuentre con que trabaja primero con una mano y luego con la otra. Esta tendencia hacia los movimientos simétricos por ambos lados del cuerpo es muy importante en cuanto a la seguridad personal.

- Si deben seguirse trayectorias no simétricas cuando se trabaja cerca de una máquina en funcionamiento, se debe poner especial cuidado para que la tendencia a cambiar trayectorias simétricas no lleve una mano a una zona peligrosa.
- Cuando los movimientos son simétricos, en dirección opuesta, o fácilmente equilibrados, el ritmo de trabajo y la automaticidad se desarrollan con naturalidad.
- El ritmo es muy importante y puede conseguirse coordinando y sincronizando los movimientos en el tiempo más que en la distancia. Cuando un operario trabaja rítmicamente, lo hace sin planear ni pensar, y las vacilaciones y pérdidas de tiempo, se eliminan.

### Corolarios a la ley número 2

“El tiempo más corto invertido en cada movimiento, según un estudio hecho sobre un operario experto, debe ser tomado como el tiempo-tipo deseado. Todas las desviaciones de este tiempo tipo deben ser analizadas para cada movimiento, para así determinar sus causas.”

- Al estudiar los diferentes ciclos de una operación, se observará que los tiempos elementales varían.
- Esto es cierto tanto en lo que respecta a los elementos más largos de la operación, que se miden con un cronómetro, como a los que se miden con la ayuda de una cámara cinematográfica.
- Una vez examinados los elementos en los que se invierte más tiempo, se descubrirá

muchas veces la causa real de esta anomalía, que puede ser la introducción de elementos básicos ineficaces.

- Cuando se analizan los elementos en los que se invierte menos tiempo, invariablemente se comprenderá que ello se debe a que se sigue una mejor sucesión de movimientos y que se aprovechan más adecuadamente los elementos básicos eficaces.
- Para normalizar esto, debe tomarse como base el orden de sucesión de movimientos en que se invierte menos tiempo.
- Si el orden de movimientos seguido al realizar los elementos de trabajo más cortos es tal que se desarrolla el ritmo de trabajo y la automaticidad con naturalidad y conforme a la ley número 2, entonces quedarán normalizados los recorridos de los movimientos.

### Ley número 3

“El orden de sucesión de movimientos que emplea el mínimo de *therbligs* es el mejor para realizar una tarea determinada.”

- Al hacer un movimiento se consumió cierto tiempo, por tanto, cada movimiento que se haga debe ser analizado con el fin de eliminarlo o combinarlo con otro.
- Cuando, como resultado de ello, el trabajo se realiza con menos movimientos, se hará en un tiempo más corto.
- A medida que disminuye el número de movimientos, disminuye la fatiga por cada pieza.
- Puede haber casos aislados en los que varios movimientos cortos consuman menos tiempo que un número menor de movimientos más largos, pero esto es tan raro que, se puede decir, es una excepción.

### Corolarios a la ley número 3

“Las herramientas y los materiales deben estar colocados de forma que permitan seguir el orden adecuado de sucesión de movimientos. La pieza que se necesite al iniciarse el ciclo debe estar al lado del punto en que se suelta la pieza ya terminada del ciclo anterior.”

- Una operación puede hacerse dentro del área normal de trabajo y, sin embargo, resulta ineficaz porque las herramientas y los materiales no se han dispuesto en forma conveniente.
- En general, una operación debe terminar en el mismo punto en que comienza la siguiente.
- Si las herramientas y los materiales no están dispuestos de forma conveniente, los movimientos de alcanzar y moverse se harán innecesariamente largos.
- “Las herramientas y los materiales deben ponerse previamente en posición, con el fin de eliminar los *therbligs* de buscar y seleccionar.”
- Buscar, seleccionar y encontrar no son movimientos productivos, por tanto, deben eliminarse.
- Con la colocación previa, el operario sabe siempre con exactitud dónde se encuentra cada pieza y puede cogerla sin necesidad de los *therbligs* preliminares de buscar y de seleccionar.

“Debe descargarse de las manos todo aquel trabajo que pueda ser hecho con los pies o con otras partes del cuerpo, siempre que exista otro trabajo que las manos puedan realizar al mismo tiempo.”

- Siempre que un trabajo pueda efectuarse con otras partes del cuerpo que no sean las manos, así debe realizarse, si es que existe otra tarea que las manos puedan hacer al mismo tiempo.
- De esta forma se releva a las manos de hacer ciertos movimientos y se ahorra tiempo según la ley número 3. Un ejemplo ilustrativo de este principio lo da la taladradora accionada a pedal. El operario mueve la broca por medio de un pedal, y así ambas manos quedan libres para ir apartando las piezas ya taladradas e ir sujetando las que están por taladrar.

#### Ley número 4

“Cuando se reducen los movimientos a los de la clasificación más baja, se alcanza el máximo de ejecución con el mínimo de fatiga.”

Todos los movimientos físicos se hallan divididos en cinco clasificaciones según las partes del cuerpo que los efectúan.

1. Movimientos de los dedos.
2. Movimientos de los dedos y la muñeca.
3. Movimientos de los dedos, muñeca y antebrazo.
4. Movimientos de los dedos, muñeca, antebrazo y parte superior del brazo.
5. Movimientos de los dedos, muñeca, antebrazo, parte superior del brazo y cuerpo.

Esta ley implica que los movimientos de clase inferior son más rápidos de realizar que los de clase superior.

Puede demostrarse prácticamente cómo es posible hacer más movimientos de clase 3 y de determinada longitud, que movimientos de clase 4 durante un tiempo establecido cuando se ejerce el máximo esfuerzo.

Sin embargo, por las investigaciones hechas se ha comprobado que, a excepción de los movimientos de clase 5, esto nada influye cuando el operario trabaja con una ejecución normal.

Alcanzar algo a una distancia de 30 cm a la derecha puede hacerse con un movimiento de clase 3, pero lo natural es emplear un movimiento de clase 4.

De aquí que la principal ventaja de reducir la clasificación de movimientos a los inferiores a cuarta clase sea, al parecer, acortar los movimientos; la fatiga también puede disminuirse algo.

#### Corolario a la ley número 4

“Todas las herramientas y materiales deben estar colocados dentro o lo más cerca posible del área normal del operario, para poder agarrarlos o sujetarlos”.

## Ley número 5

“En igualdad de circunstancias, el tiempo necesario para ejecutar todos los elementos básicos es constante para cualquier grado dado de habilidad y esfuerzo.”

La frase “condiciones de trabajo” se usa para referirse a todos los factores que puedan influir en el tiempo necesario para realizar una operación básica.

Comprende no solo aquellos factores como luz, calor, ventilación, entre otras, sino también aquellos otros que se refieren a la naturaleza de la pieza en cuanto a su tamaño, forma y peso, distancia que se debe mover, material, inspección y precisión.

Por ejemplo, entre las condiciones que influyen en el tiempo necesario para alzar un peso de 5 kg, una altura de 30 cm, es decir, un simple elemento de mover, están la temperatura, localización (cerca del suelo, a la altura de la cintura, por encima de la cabeza), material y condición de la superficie de agarre (áspera o resbaladiza), volumen y muchas más, pero en condiciones uniformes, si la habilidad y el esfuerzo de dos operarios son idénticos, estos tardarán el mismo tiempo en realizar la operación.

La idea, cuando se comprende, es sencilla, pero es la base de todos los suplementos de tiempo.

Si fuera concebible que un operario que trabaja con un nivel de ejecución determinado realizara la misma operación en las mismas condiciones, tardando más unas veces que otras, entonces sería imposible establecer unos tiempos tipo definitivos.

Por el contrario, eliminando por medio de la normalización toda o casi toda posible variación en las condiciones, es factible establecer tiempos tipo precisos y exactos de ejecución.

Cualquier operario puede llegar al tiempo tipo de ejecución si cumple los requisitos en cuanto a habilidad y esfuerzo sobre los que se ha basado aquel, o puede mejorarlo aumentando la habilidad y el esfuerzo, o ambos.

## Corolario a la ley número 5

“El mejor orden de sucesión de movimientos para cualquier tarea es útil para sugerir cuál es el orden más apropiado para otra clase de trabajo.”

- No tiene que considerarse como absolutamente nuevo cada estudio o análisis que se haga.
- Las operaciones están constituidas por elementos básicos en distintas combinaciones.
- Si se ha logrado dar con el mejor procedimiento para hacer una tarea, debe estudiarse la posibilidad de aplicarlo a otra.

Probablemente una de las creencias más comunes de los directores de empresas es que sus problemas son únicos. En consecuencia, consideran todo método nuevo como impráctico. En realidad, todos los trabajos, ya sean administrativos, técnicos o de tipo general, son muy semejantes.

Los esposos Gilbreth llegaron a la conclusión de que un trabajo, productivo o no productivo, se efectuaba empleando combinaciones de 17 movimientos básicos que se han denominado *therbligs*.

Las 17 divisiones básicas pueden clasificarse en *therbligs eficientes e ineficientes*. Los primeros son aquellos que contribuyen directamente al avance o desarrollo del trabajo (proporcionan valor agregado a la operación). Estos con frecuencia pueden reducirse, pero es difícil eliminarlos por completo.

Los *therbligs* de la segunda categoría no hacen avanzar el trabajo (*generan costos agregados a la operación*) y deben ser eliminados aplicando los principios del análisis del método de trabajo. Como información complementaria y cultural, debemos mencionar que existe una clasificación adicional, que divide a los elementos de trabajo en físicos, semimentales o mentales, objetivos y de retraso.

Idealmente, un centro de trabajo debe contener solo *therbligs* objetivos y físicos, como los que se indican en la tabla 2.37.

La División de Investigación y Desarrollo de Administración de la Sociedad para el Progreso (Society for the Advancement of Management) en su “Glosario de términos empleados en métodos, Estudio de tiempos e incentivos en salarios”, presenta definiciones de los diversos *therbligs*. Estas definiciones se resumen a continuación:

1. **Buscar.** Elemento básico en la operación de localizar un objeto. Es la parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos tratan de encontrar un objeto.

Tabla 2.37 Clasificación de los movimientos fundamentales o *therbligs*.

Categoría del <i>therblig</i>	División básica de la naturaleza del movimiento fundamental	Tipo de movimiento fundamental
<b>Eficiente</b>	Físico o muscular	Alcanzar
		Mover
		Tomar
		Soltar
		Precolocar en posición
	Objetivo o concreto	Usar
		Ensamblar
		Desensamblar
<b>Ineficiente</b>	Mentales o semimentales	Buscar
		Seleccionar
		Colocar en posición
		Inspeccionar
		Planear
	Demoras o dilaciones	Retraso inevitable
		Retraso evitable
		Descansar (para contrarrestar fatiga)
		Sostener

**Fuente:** Elaboración propia con datos de Hall y Mundel (1978: 290-297).

Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar un objeto, y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado.

*Buscar* es un *therblig* que el analista debe tratar de eliminar siempre. Las estaciones de trabajo bien planeadas permiten que el trabajo se lleve a cabo

continuamente, de manera que no es preciso que el operario realice este elemento.

Proporcionar el sitio exacto a cada herramienta y cada pieza es el modo práctico de eliminar el elemento de busca en una estación de trabajo.

Un empleado nuevo, o uno no familiarizado con el trabajo, tiene que efectuar operaciones de

búsqueda periódicamente hasta desarrollar suficiente habilidad y acierto.

El analista de movimientos experto se planteará las siguientes preguntas, tratando de reducir o eliminar el *therblig* de buscar:

- ¿Todos los materiales y/o artículos están perfectamente identificados?
- ¿Podrían utilizarse rótulos o colores para realizar la identificación?
- ¿Es posible emplear recipientes transparentes?
- ¿Una mejor distribución en la estación de trabajo podría eliminar las búsquedas?
- ¿Se emplea el alumbrado correcto?
- ¿Puede disponerse previamente la colocación de las herramientas y las piezas?

**2. Seleccionar.** Se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejantes. Este *therblig* sigue, generalmente, al de “buscar” y es difícil determinar exactamente, aun mediante el método detallado de los micromovimientos, cuándo termina la búsqueda y empieza la selección.

A veces la selección puede existir sin la búsqueda, sobre todo cuando se trata de un ensamblaje selectivo. En este caso, suele ir precedida de la inspección.

La selección puede clasificarse, también, entre los *therbligs* ineficientes y debe ser eliminada del ciclo de trabajo por una mejor distribución en la estación de trabajo y un mejor control de las piezas.

Para eliminar este *therblig*, el analista debe preguntarse:

- ¿Las piezas más comunes son intercambiables?
- ¿Pueden estandarizarse las herramientas?
- ¿Se guardan las piezas y los materiales en la misma caja?
- ¿Sería posible emplear un estante o una bandeja (o charola) para facilitar la colocación de las partes?

**3. Tomar (o asir).** Movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos al rodear una pieza o parte para asirla en una operación. “Tomar” es un *therblig* eficiente y, por lo general, no puede ser eliminado,

aunque en muchos casos se puede mejorar. Comienza cuando los dedos de una o ambas manos empiezan a cerrarse alrededor de un objeto para tener control de él, y termina en el instante en que se logra dicho control. El “tomar” casi siempre va precedido de “alcanzar” y seguido de “mover”. Estudios detallados han demostrado que existen varias formas de asir, algunas de las cuales requieren tres veces más tiempo que otras.

Debe tratarse de reducir al mínimo el número de operaciones de asimiento durante el ciclo de trabajo, y las piezas a tomar o coger deben estar dispuestas de manera que pueda emplearse el tiempo más simple en asir.

Esto se logra haciendo que el objeto asuma por sí solo una localización fija y quede en posición tal que no haya interferencia alguna con la mesa de trabajo, la caja y los alrededores.

Las siguientes son preguntas de comprobación que podrían ayudar a mejorar los *therbligs* “tomar” efectuados durante un ciclo de trabajo:

- ¿Sería aconsejable que el operario tomara más de un objeto o pieza cada vez?
- ¿Podría emplearse un asir de contacto en vez de uno de levantar? En otras palabras, ¿podrían acercarse los objetos resbalando en lugar de tener que ser tomados o acarreados?
- ¿Sería factible simplificar la operación de asir piezas pequeñas poniendo una pestaña a su caja?
- ¿Podrían acercarse a la colocación herramientas o piezas para hacer más fácil su aislamiento?
- ¿Podrían aprovecharse en el trabajo dispositivos de vacío o magnéticos, dedales de goma o algún otro aditamento?
- ¿Sería posible utilizar un transportador mecánico o de rodillos?
- ¿Se ha diseñado la plantilla de manera que la pieza pueda ser tomada con facilidad al quitarla?
- ¿Sería factible que un operario precolocara una herramienta o la pieza en trabajo de modo que facilite al siguiente operario la operación de asir?

- ¿Podrían disponerse previamente las herramientas en un soporte oscilante?

4. *Alcanzar*. Corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencia, hacia un objeto o retirándose de él. La división básica “alcanzar” se denominaba “transporte en vacío” en la lista original de Gilbreth.

Sin embargo, la mayor parte de los especialistas en métodos aceptan, en la actualidad, el término más breve: “Alcanzar”, el cual se inicia en el instante en que la mano se mueve hacia un objeto o sitio, y finaliza en cuanto se detiene el movimiento al llegar al objeto o sitio.

Este elemento va precedido casi siempre del de “soltar” y seguido del de “tomar”. Es natural que el tiempo requerido para alcanzar dependa de la distancia recorrida por la mano.

Dicho tiempo depende también, en cierto grado, del tipo de alcance. Como “tomar”, “alcanzar” puede clasificarse como un *therblig* objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo de trabajo.

Sin embargo, sí puede ser reducido acortando las distancias requeridas para “alcanzar” un objeto, y dando ubicación fija a éstos.

Se debe considerar que con este principio fundamental pueden obtenerse estaciones de trabajo en las que el tiempo de “alcanzar” sea mínimo.

5. *Mover*. División básica que corresponde al movimiento de la mano con carga. Esta última puede ser en forma de presión. “Mover” se denominó en un principio “transporte con carga”.

Este *therblig* comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino.

“Mover” está precedido casi siempre de asir y seguido de soltar o de colocar en posición.

El tiempo requerido para “mover” depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. “Mover” es un *therblig* objetivo y difícil de eliminar del ciclo de trabajo.

Con todo, puede reducirse su tiempo de ejecución acortando las distancias, aligerando la carga o mejorando el tipo de movimiento por medio de canaletas de gravedad o de transportadores en el pun-

to terminal del movimiento, de manera que no sea necesario llevar materialmente el objeto que debe trasladarse a un sitio específico.

La experiencia ha comprobado que las operaciones de *mover* o *trasladar* a una localización general se efectúan más rápidamente que las de mover a un sitio exacto.

Tanto el *therblig* “mover” como el “alcanzar” pueden mejorarse preguntando lo siguiente:

- ¿Podría eliminarse alguno de estos *therbligs*?
- ¿Podrían acortarse convenientemente las distancias?
- ¿Se están empleando los mejores medios, como transportadores, pinzas, tenazas, etcétera?
- ¿Se emplean las partes del cuerpo apropiadas como los dedos, la muñeca, el antebrazo y el hombro, entre otros?
- ¿Sería posible utilizar canaletas de gravedad?
- ¿Podrían efectuarse los transportes por equipo mecanizado y aparatos de pedal?
- ¿Se podría reducir el tiempo efectuando el transporte de los elementos en mayores cantidades?
- ¿Se incrementa el tiempo debido a la naturaleza del material que se transporta, o por tener que colocarlo en determinada posición?
- ¿Pueden eliminarse los cambios bruscos de dirección?

6. *Sostener*. División básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil.

“Sostener” es un *therblig* ineficiente y puede eliminarse por lo general del ciclo de trabajo, diseñando una plantilla o dispositivo de sujeción que sostenga la pieza que se trabaja en vez de tener que emplear la mano.

Además, difícilmente es la mano un dispositivo eficiente para sostener, por lo que el analista de métodos debe estar siempre alerta para evitar que el “sostener” sea parte de una asignación de trabajo.

“Sostener” comienza en el instante en que una mano ejerce control sobre un objeto, y termina en el momento en que la otra completa su trabajo sobre el mismo.



Un ejemplo típico de “sostener” ocurre cuando la mano izquierda sostiene un perno o un espárrago, mientras la otra pone o enrosca una tuerca.

Durante el montaje de perno y tuerca, la mano izquierda estará utilizando el *therblig* “sostener”.

Este elemento casi siempre puede eliminarse respondiendo a estas preguntas:

- ¿Puede usarse una plantilla mecánica, o bien una prensa o abrazadera, un pasador, un gancho, una cremallera, un sujetador o el vacío?
- ¿Podría emplearse la fricción?
- ¿Sería factible usar un dispositivo magnético?
- ¿Podrían utilizarse dispositivos de sujeción gemelos?

**7. Soltar.** División básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.

“Soltar” es el *therblig* que se ejecuta en el tiempo más breve, y es muy poco lo que puede hacerse para alterar el tiempo en que se realiza este *therblig* objetivo.

El “soltar” comienza en el momento en que los dedos empiezan a separarse de la pieza sostenida, y termina en el instante en que todos los dedos quedan libres de ella. Este *therblig* va casi siempre precedido por *mover* o *colocar en posición* y seguido por *alcanzar*.

Para mejorar o eliminar el tiempo de soltar, el analista debe plantearse las siguientes preguntas:

- ¿Puede el “soltar” llevarse a cabo en tránsito?
- ¿Se podría usar un expulsor mecánico?
- ¿Son adecuadas y de buen tamaño las cajas que deben alojar la pieza después de soltarla?
- Al terminar el *therblig* “soltar”, ¿quedan las manos en la posición más ventajosa para el siguiente *therblig*?
- ¿Podrían soltarse varias piezas al mismo tiempo?

**8. Colocar en posición.** Elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto de modo que quede orientado propiamente en un sitio específico.

El *therblig* *colocar en posición* tiene efecto como duda o vacilación mientras una mano o ambas

tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo pueda ejecutarse con más facilidad; de hecho, *colocar en posición* puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.

Situar una pieza en un dado o matriz sería un ejemplo típico de *colocar en posición*. Por lo general, este *therblig* va precedido de *mover* y seguido por *soltar*; principia en cuanto una o ambas manos comienzan a manipular, voltear, girar o deslizar la pieza para orientarla hacia el sitio correcto, y finaliza tan pronto la mano empieza a alejarse del objeto.

Colocar en posición generalmente puede ser eliminado o mejorado contestando estas y otras preguntas de verificación:

- ¿Podrían usarse medios tales como una guía, un embudo, una boquilla, topes, un soporte oscilante, un pasador de localización, un rebaje, una chaveta o cuña, señales o marcas piloto o biseles?
- ¿Sería posible cambiar las tolerancias?
- ¿Convendría o se podría granetear o avellanar un agujero?
- ¿Sería factible usar una plantilla?
- ¿Están agudizando las rebabas el problema de colocar en posición?
- ¿Podría hacerse que la pieza u objeto situado señale o sirva de marca piloto?

**9. Precolocar en posición.** Elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.

La *precolocación en posición* ocurre frecuentemente junto con otros *therbligs*, uno de los cuales suele ser *mover*.

Es la división básica que dispone una pieza de manera que quede en posición conveniente a su llegada. Es difícil medir el tiempo necesario para este elemento, ya que es un *therblig* que difícilmente puede ser aislado.

La precolocación se efectúa al alinear un destornillador mientras se mueve hasta el tornillo que se va a accionar.

Las siguientes preguntas ayudarán al analista a estudiar el *therblig* de precolocar en posición:

- ¿Puede utilizarse en la estación de trabajo un dispositivo para sostener las herramientas en la posición conveniente y con sus manijas hacia arriba?
- ¿Podrían quedar suspendidas las herramientas?
- ¿Es posible utilizar una guía?
- ¿Podría utilizarse un dispositivo para apilar las piezas?
- ¿Sería factible usar un dispositivo giratorio?
- ¿Justificaría el volumen de la producción una inspección electrónica automatizada?
- ¿Facilitaría una lupa la inspección de las piezas pequeñas?
- ¿Está siendo empleado el mejor método de inspección?
- ¿Se ha pensado en utilizar luz polarizada, pruebas acústicas, pruebas de funcionamiento o comportamiento, calibradores de plantillas, etcétera?

**10. Inspeccionar.** Este *therblig* es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.

Se lleva a cabo una *inspección* cuando el fin principal es comparar un objeto dado con un patrón o estándar.

Generalmente, no es difícil distinguir cuándo se tiene ese elemento de trabajo, ya que la mirada se fija en el objeto y se nota una dilación entre movimientos mientras la mente decide entre aceptar o rechazar la pieza en cuestión.

El tiempo necesario para la *inspección* depende primariamente de la rigurosidad de la comparación con el estándar y de lo que la pieza en cuestión se aparte del mismo.

Si un operario tuviera que sacar todas las canicas azules que hubiese en una caja, perdería muy poco tiempo en decidir lo que tendría que hacer con una canica roja, sin embargo, si se hubiera hallado una canica púrpura habría una vacilación más prolongada en decidirse entre aceptarla o rechazarla.

El analista podría mejorar el tiempo de este *therblig* como resultado de la consideración de las siguientes preguntas:

- ¿Podría eliminarse la inspección o combinarla con otra operación o *therblig*?
- ¿Se podrían emplear calibres o pruebas del tipo múltiple?
- ¿Se reduciría el tiempo de inspección por medio de un mejor alumbrado?
- ¿Los objetos que se inspeccionan están a la distancia conveniente de los ojos al operario?
- ¿Tendría aplicación una fotocelda u “ojo eléctrico”?

**11. Ensamblar.** División básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas que embonan. Es otro *therblig* de tipo objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo.

El *ensamblar* suele ir precedido de *colocar en posición* o *mover*, y generalmente va seguido de *soltar*.

Comienza en el instante en que las dos piezas a unir se ponen en contacto, y termina al completarse la unión.

**12. Desensamblar.** Este elemento es precisamente lo contrario de *ensamblar*. Ocurre cuando se separan piezas que embonan unidas. Esta división básica, generalmente, va precedida de *asir* y suele estar seguida de *mover* o *soltar*.

El *desensamblar* es de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del *therblig*.

El desensamble comienza en el momento en que una o ambas manos tienen control del objeto después de sujetarlo, y termina una vez que finaliza el desensamble, cuya evidencia suele ser el inicio de *mover* o *soltar*.

**13. Usar.** Este *therblig* es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante la parte del ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.

Cuando las dos manos sostienen una pieza fundida contra una rueda de esmeril, “*usar*” será el *therblig* que indique la acción de ambas manos.

Después que un destornillador ha sido colocado en la ranura de la cabeza de un tornillo, el elemento “*usar*” comenzará en el instante en que el tornillo comience a moverse en su alojamiento.

La duración de este *therblig* depende de la operación así como de la destreza del operario. El usar se detecta fácilmente, ya que este *therblig* hace progresar la operación hacia su objetivo final.

En el estudio de los tres *therbligs* objetivos ensamblar, desensamblar y usar, deben considerarse las siguientes cuestiones:

- ¿Podría emplearse una plantilla o un dispositivo de sujeción?
- ¿La actividad o clase de trabajo justificaría el uso de equipo automatizado?
- ¿Será práctico efectuar el ensamblaje en varias unidades al mismo tiempo?
- ¿Sería posible usar una herramienta más eficiente?
- ¿Sería factible emplear topes?
- ¿Se opera la herramienta con las alimentaciones y a las velocidades de mayor eficiencia?
- ¿Debería usarse una herramienta mecanizada o eléctrica?

**14. Demora (o retraso) inevitable.** Interrupción que el operario no puede evitar en la continuidad del trabajo. Corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentado por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.

Por ejemplo, cuando un operario aplica un taldadro con su mano derecha a una pieza colocada en una plantilla, para la mano izquierda se presentaría un retraso inevitable.

Puesto que el operario no puede controlar las demoras inevitables, su eliminación del ciclo requiere que el proceso se cambie en alguna forma.

**15. Demora(o retraso) evitable.** Todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que solo el operario es responsable, intencionalmente o no, se clasifica bajo el nombre de *demora o retraso evitable*.

De este modo, si un operario tuviera un acceso de tos durante el ciclo de trabajo, esta suspensión se clasifica como evitable, porque normalmente no aparecería en el ciclo de trabajo.

La mayor parte de los posibles retrasos evitables pueden ser eliminados por el operario sin cambiar el proceso o el método de trabajo.

**16. Planear.** Proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.

Planear puede aparecer en cualquier etapa del ciclo de trabajo y suele descubrirse fácilmente en forma de una vacilación o duda, después de haber localizado todos los componentes.

Este *therblig* es característico de la actuación de los operarios noveles y generalmente se elimina del ciclo mediante el entrenamiento adecuado de este personal.

**17. Descansar (o hacer alto en el trabajo).** Esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga.

La duración del descanso para sobrellevar la fatiga variará, como es natural, según la clase de trabajo y las características del operario que lo ejecuta.

Para reducir el número de veces que se presenta el *therblig* “descansar”, el analista debe considerar los siguientes puntos:

- ¿Se emplea la mejor clasificación del orden de uso de los músculos?
- ¿Son satisfactorias las condiciones de temperatura, humedad, ventilación, ruido, luz y otras?
- ¿Tienen la altura conveniente los bancos de trabajo?
- ¿Es posible que el operario se siente o esté de pie mientras trabaja?
- Sea cual fuere la operación, cuando se considera a la luz de sus divisiones básicas, será muy semejante a otras.

Por ejemplo, los elementos de trabajo correspondientes al manejo de un automóvil son muy parecidos a los que se requieren para operar un torno revólver; los movimientos básicos que se emplean para dar una mano de *bridge* son casi idénticos a ciertos elementos de las operaciones de inspección manual y de alimentación de máquinas.

El hecho de que todos los trabajos sean semejantes en muchos aspectos, confirma el principio de que, si los métodos pueden mejorarse en una facto-

ría u oficina, existirán oportunidades para mejorar los métodos de trabajo en todas las demás áreas de la economía nacional.

Cuando el analista formula y contesta todas las preguntas de la lista de comprobación para todos los diversos pasos contenidos en el programa, se llegará invariablemente a modos eficientes de efectuar al trabajo.

Es conveniente registrar de inmediato estas ideas a medida que se van desarrollando, para que no se olviden.

También conviene incluir croquis en ese momento, pues es común que el analista descubra un gran número de ineficiencias que prevalecen, para que le sea fácil recopilar muchas posibilidades de mejoramiento.

Generalmente, una mejora lleva a otra; el analista debe mantener la mente abierta y ejercer una habilidad creadora si quiere obtener verdadero éxito en este tipo de trabajo.

La lista de comprobación ayuda también, a proporcionar instrucción en métodos a supervisores y superintendentes de fábrica. Sirve también como esquema o plan general al que puede recurrir el director de discusiones relativas a la instrucción en métodos.

## 2.4 Desarrollo de alternativas para mejorar el método de trabajo

Para realizar este desarrollo debemos tomar en cuenta tres técnicas y tres alternativas:

### Técnicas

1. Por medio de cuestionamientos.
2. Por medio de lluvia de ideas.
3. Por medio de la economía de movimientos.

### Alternativas

1. Considerando que ya se tiene un registro del método y de cada uno de sus elementos, podemos observar dónde se forma un cuello de botella y descubrir cuál es el motivo.
2. Para desarrollar el nuevo método debemos cuestionarnos, ¿qué?, ¿cuándo?, ¿cómo? y ¿dónde?, con el fin de incrementar la productividad por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios, al tiempo que se mantiene o mejora la calidad.
3. Al usar el enfoque de preguntas en todas las facetas de la estación de trabajo, las herramientas necesarias y el diseño del producto, el analista puede desarrollar un centro de trabajo eficiente.

Una vez terminado el diagrama de curso de proceso, se revisa el problema con miras hacia el mejoramiento.

Hasta este momento solo se ha planteado el problema, lo cual es un paso preliminar necesario para determinar la mejor práctica de método de trabajo.

Una de las técnicas más comunes en el análisis de métodos de trabajo consiste en preparar una hoja de verificación para registrar y dirigir preguntas acerca de la actividad que figure en el programa de proceso. Son preguntas típicas las siguientes:

1. ¿Es necesaria esta operación?
2. ¿Se puede efectuar mejor de otro modo la operación?
3. ¿Es posible combinarla con otra?
4. ¿Son las tolerancias más estrictas de lo necesario?
5. ¿Se podría usar un material más económico?
6. ¿Sería factible incorporar un manejo de materiales más conveniente?

Al formular y contestar todas las preguntas de la lista de comprobación para todos las actividades y operaciones del método de trabajo se logran definir modos eficientes de efectuar al trabajo.

Es conveniente registrar de inmediato estas ideas a medida que se van desarrollando, para que no se olviden.

También conviene incluir croquis en este momento; es común que se detecte un gran número de ineficiencias que prevalecen y que en este punto sea relativamente fácil identificar muchas posibilidades de mejoramiento.

Generalmente, una mejora lleva a otra; se recomienda que durante el periodo de análisis se mantenga la mente abierta y se ejerza la habilidad creadora si se quiere obtener verdadero éxito en este tipo de trabajo.

La lista de comprobación ayuda también a proporcionar instrucción en métodos a supervisores y coordinadores de actividades fabriles y de operaciones de una fábrica.

Al analizar una operación existen tantas cuestiones que deben ser preguntadas que, a menos que se siga un proceso sistemático, es muy posible que se olviden ciertos puntos, tal vez de primordial importancia.

Han de tenerse claramente presentes ciertos factores que deben examinarse en cada operación.

Estos factores deben ser considerados con detalle, tanto si el análisis es mental como registrado por escrito.

Hay 10 enfoques o factores principales correspondientes al análisis de la operación que se deben utilizar cuando se estudia un método de trabajo existente. Tales enfoques son:

1. Finalidad de la operación.
2. Diseño de la pieza.
3. Tolerancias y especificaciones.
4. Materiales.
5. Manejo de materiales
6. Preparación de herramientas.
7. Proceso de manufactura.
8. Distribución del equipo en la planta.
9. Condiciones de trabajo.
10. Principios de la economía de movimientos.

Cuando todos estos enfoques se emplean en el estudio de cada operación individual la atención se centra en las áreas de oportunidad que cuentan con una mayor probabilidad de generar mejoras.

Todas esas perspectivas no serán aplicables a cada actividad del método de trabajo analizado, pero generalmente más de una debe ser considerada.

El método de análisis recomendado es tomar cada paso del método actual y analizarlo teniendo en mente un enfoque claro y específico hacia el mejoramiento, considerando todos los puntos clave del análisis.

Luego se debe seguir el mismo procedimiento con las operaciones e inspecciones, traslados y almacenamientos siguientes, según se indica en el diagrama de flujo.

Por tanto, después de que cada actividad de trabajo ha sido analizada, conviene considerar en conjunto el método de trabajo en estudio, para reconsiderar todos los puntos de análisis con vistas a identificar mejoras globales.

Por lo general existen oportunidades ilimitadas para realizar el mejoramiento de métodos de trabajo en los sistemas de producción.

La mejor técnica para obtener la máxima eficiencia, rentabilidad y seguridad en la operación del método de trabajo es realizar un estudio y análisis cuidadoso de las operaciones individuales y colectivas, según se describió con antelación.

Generalmente, el empleo de este procedimiento por ingenieros competentes ha originado que los resultados sean benéficos para la organización productiva.

A continuación, se explicarán brevemente los enfoques de análisis de la operación.

### Finalidad de la operación

Probablemente, el más importante de los 10 puntos de análisis de la operación utilizado para mejorar un método de trabajo existente o planear un nuevo trabajo es el relativo al objeto o finalidad de la operación.

Una regla cardinal que debe considerarse es tratar de eliminar o combinar una operación antes de mejorarla.

Una cantidad excesiva de trabajo innecesario se efectúa en la actualidad, en muchos casos, el trabajo o el proceso no se debería simplificar o mejorar, sino eliminar por completo.

Si un trabajo puede ser suprimido, no hay necesidad de gastar dinero en la implantación de un método de trabajo mejorado.

Ninguna interrupción o demora se origina mientras se desarrolla la prueba e implanta un método de trabajo mejorado.

El problema de la renuencia a los cambios se minimiza cuando se descarta un trabajo o actividad que se descubrió que es innecesario.

La mejor manera para simplificar una operación consiste en determinar la mejor práctica de método de trabajo con la que se pueden conseguir iguales o mejores resultados sin ningún costo en absoluto.

Cuando ha sido apropiadamente registrada la información del método de trabajo, los diagramas de proceso necesarios para describirlo, la información relativa al departamento donde se ejecuta, el código o número de dibujos técnicos o planos y listas de materiales que se emplean para la manufactura de la pieza, así como el nombre y código de la pieza, el nombre de la operación y perfil del puesto de trabajo del operario, a partir de este momento se ha iniciado formalmente el análisis.

El primer punto que se considera es el propósito u objeto de la operación.

Parecerá extraño para aquella persona habituada al concepto de eficiencia en los sistemas de producción modernos, que el ingeniero considere necesario formular tal pregunta.

Por tanto se puede aseverar que, aparentemente, las organizaciones productivas tienden a realizar cierta cantidad de actividades que son innecesarias, con lo cual se generan costos agregados y se reduce la rentabilidad de la operación que se realiza.

Aunque esto parezca raro, la situación descrita existe realmente; esto es común, tanto en operaciones cotidianas de fabricación de productos y servicios normalizados, como en aquellas operaciones que no son consideradas como trabajos especiales y que no son repetitivos.

Para el desarrollo exitoso de este enfoque de análisis se debe realizar la pregunta: ¿Cuál es el objeto de esta operación?, el desarrollo de este cuestionamiento debe ir acompañado de las estas interrogantes complementarias:

1. ¿Cuál es el fin de la operación?
2. ¿Es necesario el resultado alcanzado por la operación?
3. Si es así, ¿qué es lo que la hace necesaria?

4. ¿Se estableció la operación para corregir una dificultad experimentada en el montaje final?
5. Si es así, ¿se corrigió realmente?
6. ¿Es necesaria la operación debido a la indebida ejecución de otra operación previa?
7. ¿Fue establecida la operación para corregir una condición que ha sido modificada por una práctica operativa distinta a la original?
8. Si la operación se hace para mejorar la estética del producto o servicio, ¿queda justificado el incremento de costo por un incremento en las ventas?
9. ¿Puede conseguirse mejor el propósito de la operación mediante la adopción de una práctica distinta en el método de trabajo actual?
10. ¿Puede involucrarse al proveedor de la materia prima, componentes, ensambles o subensambles para hacer que la operación sea más eficiente, rentable o segura?

## Diseño de la pieza

Con frecuencia se considera que una vez que el diseño de un producto o servicio ha sido aceptado, solo queda planear su manufactura de la manera más económica posible.

Debemos aclarar que, por lo general, es difícil introducir un ligero cambio en el diseño; no obstante, un buen análisis del método de trabajo debe considerar en profundidad la revisión de este punto en busca de posibles mejoras que incidan de manera directa en el método de trabajo.

Los diseños no son permanentes y pueden cambiarse; administrativamente se realiza la modificación mediante una solicitud de cambio de diseño o de especificaciones; lo anterior debe estar regulado

### Sugerencia

Para mayor información sobre los rubros que pueden estar sujetos a la norma ISO 9001:2008, por la aplicación de la ingeniería de métodos tanto para nuestro país como para la publicación internacional visite el enlace: [[www.monografias.com/trabajos-pdf4/estudio-metodos-al-proceso-ensamblado-tapas-surimex-ca.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/estudio-metodos-al-proceso-ensamblado-tapas-surimex-ca.pdf)].

por un procedimiento administrativo basado en la norma ISO 9001 o su equivalente.

Para el desarrollo exitoso de este enfoque de análisis del diseño del producto o del servicio se debe dar respuesta a las siguientes preguntas, que tienen como propósito mejorar un diseño con el fin de incrementar la rentabilidad y la eficiencia de la línea de producción:

1. ¿Es posible reducir el número de partes, simplificando el diseño del producto o servicio?
2. ¿Es factible reducir el número de operaciones y la magnitud de los recorridos durante la fabricación uniendo o ensamblando de otra forma las partes, buscando que los acabados y terminados de las piezas o componentes sean operaciones sencillas de realizarse en las máquinas y equipos?
3. ¿Es posible emplear una mejor materia prima o modificar las especificaciones del producto actual?
4. ¿Conoce el personal del departamento de diseño la capacidad potencial del proceso (Cp) de las operaciones “clave”, “críticas” y “vitales”?

### Sugerencia

Para contar con una mayor información sobre la relación que tienen las técnicas del control estadístico del proceso (CEP) con la ingeniería de métodos, en economías emergentes y desarrolladas visite el enlace: [[www.icicm.com/files/M\\_DULO\\_4\\_CORE\\_TOOLS.APQP.doc](http://www.icicm.com/files/M_DULO_4_CORE_TOOLS.APQP.doc)].

Cabe aclarar que las cuestiones anteriores son orientativas, más no limitativas, es posible que para cada caso la lista pueda ser incrementada por el ingeniero o grupo de trabajo que lleva a cabo el estudio del diseño y las especificaciones en cada componente y cada subensamblable.

Además de las preguntas anteriores existen ciertas cuestiones típicas que deben realizarse como disciplina mental y obtener las respuestas necesarias; mientras se revisan las operaciones del proceso que se analiza, sugerimos que se enumeren las siguientes preguntas:

1. ¿Puede eliminarse la operación que se analiza cambiando el procedimiento o las operaciones?
2. ¿Puede intercambiarse con alguna otra operación?
3. ¿Puede ser subdividida y añadidas sus diversas partes a otras operaciones?
4. ¿Puede ser ejecutada más apropiadamente cierta parte de la operación considerándola como una operación separada?
5. ¿Puede ser ejecutada la operación que se analiza durante el periodo de inactividad en otra operación?
6. La secuencia de las operaciones, ¿es la mejor y la más apropiada posible?
7. Si se cambiara el orden de esta secuencia, ¿se afectaría de algún modo a la operación?
8. ¿Debería esta operación realizarse en otro punto o lugar para disminuir el costo o la mano de obra?
9. ¿Pueden combinarse una operación y una inspección?
10. ¿Debe hacerse un estudio más completo de las operaciones por medio de un gráfico de proceso?

## Tolerancias y especificaciones

Muchas veces este enfoque se considera, en parte, al realizar la revisión del diseño.

Sin embargo, generalmente esto no es adecuado y conviene considerar el asunto de las tolerancias y especificaciones independientes de los otros enfoques en el análisis de la operación.

Los diseñadores tienen una tendencia natural a establecer especificaciones más rigurosas de lo necesario cuando desarrollan un producto, lo que encarece la manufactura, provoca que el proceso sea más lento y reduce la rentabilidad y eficiencia del mismo.

Lo anterior ocurre por una o ambas de las siguientes situaciones:

1. Una falta de apreciación de los elementos de costo.
2. La creencia de que es necesario establecer tolerancias y especificaciones más estrechas

de lo realmente necesario, para hacer que los departamentos de fabricación se apeguen al intervalo de tolerancias requerido.

Por este motivo es muy importante que el personal del departamento de diseño conozca la información relativa a la capacidad potencial del proceso (Cp), la cual podrá informarles sobre los valores de los intervalos de tolerancias que es posible realizar de acuerdo con el estado de la operación, y el deterioro y utilización de la maquinaria y equipo productivo que se empleará para manufacturar el producto o servicio planeado

Por otra parte es recomendable que también cuenten con conocimientos sobre el comportamiento de la capacidad real del proceso, pues estos les permitirán sensibilizarse sobre el deterioro que han sufrido los activos productivos, y contarán con datos suficientes para determinar si las especificaciones que propone se podrán cubrir apropiadamente por el departamento de producción.

### Sugerencia

Para contar con una mayor información sobre la relación que tienen las técnicas del control estadístico del proceso (CEP) con la ingeniería de métodos en economías emergentes y desarrolladas visite el enlace: [[www.icim.com/files/M\\_DULO\\_4\\_CORE\\_TOOLS\\_APQP.doc](http://www.icim.com/files/M_DULO_4_CORE_TOOLS_APQP.doc)].

Cabe mencionar que una operación que se afecta directamente por especificar tolerancias muy estrechas es la *inspección*. Por esta razón es conveniente establecer el procedimiento de inspección apropiado, con base en el tipo de tolerancia especificado.

Invariablemente la inspección es una verificación tanto de atributos (aparición, forma y funcionamiento, entre otras) como de variables (dimensiones, humedad, contenido de sólidos, acidez, etcétera) de un producto y/o servicio.

La inspección en todas estas áreas puede ser realizada de acuerdo con numerosos métodos y técnicas.

Pero siempre se debe determinar cuál es la mejor práctica de trabajo, no solo desde el punto de vista de control de calidad, sino también por las consideraciones de eficiencia, rentabilidad y seguridad.

Al realizar el estudio del método de trabajo se debe cuestionar de manera crítica la práctica actual con que se realiza esta operación, con miras a su mejoramiento.

Los enfoques actuales juzgan pertinente considerar la posibilidad de adaptar la operación de inspección en el sitio mismo donde se realiza el trabajo; también es pertinente diseñar métodos de trabajo que permitan realizar inspecciones lote por lote o el control estadístico de la calidad.

La *inspección in situ* es una comprobación periódica y sistemática, cuyo fin es asegurar que se cumplan los estándares establecidos por el departamento de ingeniería, en el producto o servicio que se manufactura.

Por ejemplo, en una operación de silueteado y perforado sin precisión, ejecutada con una prensa punzonadora, debe considerarse una inspección *in situ* para verificar y dar seguimiento de la reproducibilidad y repetibilidad en la forma, dimensiones y atributos (ausencia de rebabas) de la pieza fabricada.

A medida que el herramental (matriz y punzón) empieza a desgastarse, una serie de defectos comienzan a apreciarse en la pieza; la inspección *in situ* advertirá la desviación que se está presentando con respecto a las especificaciones establecidas, por lo que se podrá actuar a tiempo para realizar los ajustes necesarios, sin originar un número apreciable de rechazos.

Lo anterior es un punto que contempla la norma ISO 9001 en el punto relativo a la vida útil de los herramientas, que, junto con los historiales de mantenimiento, equipos de este y los índices Cp y Cpk de la maquinaria y equipo productivo, permiten integrar el sistema que determina la mejor práctica de método de trabajo que posibilita hacer más eficiente la operación e incrementar su rentabilidad y la seguridad al llevarla a cabo.

### Sugerencia

Se sugiere que si desea mayor información sobre los rubros que pueden estar sujetos a la norma ISO 9001:2008, por la aplicación de la ingeniería de métodos tanto para nuestro país como para la publicación internacional visite el siguiente enlace: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/estudio-metodos-al-proceso-ensamblado-tapas-surimex-ca/estudio-metodos-al-proceso-ensamblado-tapas-surimex-ca.pdf>



La *inspección lote por lote* es un método de inspección estándar de acuerdo con los procedimientos que han sido diseñados *exprofeso* para este fin; en ellos se emplean técnicas de muestreo con las que se examina una muestra representativa del lote de fabricación para evaluar y dictaminar los parámetros de calidad en un lote de producción determinado.

El tamaño de la muestra seleccionada dependerá del porcentaje admisible de piezas defectuosas y del volumen del lote de producción que se comprueba.

Generalmente estos criterios serán establecidos durante el diseño de los estándares de inspección, que deberá realizar el departamento de calidad de la empresa.

El control estadístico de la calidad es un medio analítico empleado para registrar, analizar y pronosticar tendencias que permitirán controlar el nivel de calidad establecido para el producto a través del monitoreo del proceso del proceso.

En realidad esta técnica es una parte de la auditoría que se debe llevar a cabo para mantener y evaluar el método de trabajo implantado.

Si se encuentra necesaria una inspección de 100%, conviene considerar la posibilidad de una *in situ* o una de lote por lote. Una *inspección de 100%* es el proceso de examinar toda unidad producida y de rechazar las unidades defectuosas.

La experiencia demuestra que este tipo de inspección no asegura que se tenga un producto perfecto, ya que únicamente separa los productos/servicios buenos de los malos, pero no corrige las causas que generan los defectos en ellos.

La monotonía del examen tiende a generar fatiga, lo que reduce, por tanto, la atención en la operación.

Los requisitos de inspección o las normas de calidad, precisión, acabado y similares que debe satisfacer la operación desempeñan una parte importante en los métodos de trabajo empleados para producir una pieza.

De hecho, en muchos casos, los requisitos de inspección determinan el método de trabajo a emplear para la producción en serie del producto o servicio.

Por lo anterior, al iniciar un estudio de métodos de trabajo es importante:

1. Que se conozcan los estándares de inspección, así como los métodos de inspección estándar de la operación.
2. Que estos estándares de inspección y los métodos de inspección estándar sean revisados para efectuar los cambios y adecuaciones apropiadas, en su caso.

Cuando se da la debida importancia a los estándares y los métodos de inspección en la eficiencia y rentabilidad de la operación se evitará obviar estos con el afán de dar cumplimiento a las cuotas de producción establecidas por la dirección de la empresa. Cuando se cumplen las cuotas, pero la calidad no, suele existir un alto índice de rechazo, aunque los indicadores de eficiencia en producción indiquen que las cosas están marchando adecuadamente. Aquí se está considerando un condición de operación ideal, en la que el operario realiza un trabajo, que es evaluado y dictaminado por personal de inspección de la calidad y en la que se cumplen las especificaciones de calidad establecidas, por lo cual el dictamen de calidad es positivo y libera el producto o servicio para ser enviado al siguiente proceso o cliente final.

Al analizar el método de trabajo que se emplea en la operación de inspección deberán formularse las siguientes preguntas y, como siempre, ser contestadas únicamente después de una madura reflexión:

1. ¿Cuáles son los estándares y métodos de inspección definidos para esta operación?
2. ¿Cuáles son los estándares y métodos de inspección utilizados para la operación precedente?
3. ¿Cuáles son los estándares y métodos de inspección utilizados para la operación siguiente?
4. ¿Se facilitaría esta operación combinando los estándares y métodos de inspección en una operación previa?
5. Cambiar los estándares y métodos de inspección requeridos en esta operación, ¿facilitaría la ejecución de una operación posterior?
6. ¿Son necesarias las tolerancias, suplementos, acabado y otros requisitos establecidos en los estándares y métodos de inspección?
7. ¿Son los estándares y métodos de inspección apropiados a la función que el producto o servicio cumplirá cuando sea utilizado por el cliente final?

8. ¿Pueden fijarse estándares y métodos de inspección para mejorar la calidad sin generar costos agregados y sin valor agregado al producto o servicio?
9. Disminuyendo los estándares y métodos de inspección, ¿se reducirían los costos sin demeritar la calidad actual del producto o servicio?
10. ¿Puede de algún modo mantener o mejorarse la calidad del producto o servicio final haciendo excepción de los actuales estándares y métodos de inspección?

Cabe destacar que los estándares y métodos de inspección son diseñados a partir de la información que se obtiene del estudio de Análisis del Modo y Efecto de la Falla del Proceso (AMEF de Proceso) y que una fuente suplementaria de información para responder cabalmente al cuestionamiento 10; es el AMEF de diseño.

### Sugerencia

En caso de requerir mayor información sobre la relación entre la técnica de Análisis del Modo y Efecto de la Falla del Diseño y del Proceso (AMEF de Diseño y de Proceso) y la ingeniería de métodos en economías emergentes y desarrolladas visite el enlace: <http://es.scribd.com/doc/54035338/Manual-Fmea-2006-vw>

## Materiales

Una de las primeras cuestiones que considera un ingeniero cuando diseña un nuevo producto es: ¿Qué materiales directos e indirectos se utilizarán para la manufactura del producto o servicio?

Puesto que la capacidad para elegir el material correcto depende del conocimiento que de los materiales tenga el diseñador, y como es difícil escogerlo por la gran variedad de materiales disponibles, en muchas ocasiones es posible y práctico incorporar un material adecuado y económico a un diseño existente.

Al analizar el método de trabajo se deben tener en consideración seis rubros, relativos a los materiales que de formas directa e indirecta serán utilizados en un proceso productivo para elaborar un producto o servicio.

1. Utilizar un material de bajo costo pero que cumpla con las especificaciones establecidas por ingeniería.
2. Utilizar materiales cuya tecnología de procesamiento no sea compleja o esté alineada con la adquirida por la empresa hasta el momento.
3. Reducir la merma y desperdicio de los materiales utilizados.
4. Emplear materiales de desecho.
5. Usar los suministros y las herramientas en más de un producto/servicio (muchas aplicaciones y pocas combinaciones).
6. Estandarizar los materiales en su aplicación, tamaño, formas, empaque, almacenamiento, etcétera.

El costo de los materiales contribuye de forma muy importante en el costo de venta de cualquier producto o servicio, principalmente en el primero.

En consecuencia, aunque el material, cualquiera que sea su origen y lugar de fabricación, está casi siempre determinado por la naturaleza de la pieza y las condiciones de servicio que debe soportar, y aunque dicho material ha sido definido en su especificación técnica por el proyectista, ingeniero, diseñador industrial o incluso a veces, por el jefe de compras, el análisis debe comprobar la validez técnica de la decisión desde el punto de vista de manufactura, funcionalidad y desempeño que debe presentar el producto o servicio final con el cliente, aunque sea brevemente.

El inevitable factor humano conduce a veces a utilizar materiales inadecuados o demasiado costosos.

Durante el estudio y gracias a que en la actualidad existe una gran variedad de materiales, seguramente será posible sugerir una sustitución.

Las siguientes preguntas pueden considerarse interesantes en relación con el análisis del enfoque de materiales para el estudio de métodos de trabajo en un proceso productivo:

1. El material especificado, ¿es apropiado para el fin al que se destina el producto o servicio final?
2. ¿Podría ser sustituido por un material menos costoso que desempeñara la misma función y en igualdad de circunstancias?

3. ¿Podría usarse un material de menor densidad, sin demeritar la función del producto o servicio final?
4. ¿Se suministra el material en condiciones adecuadas para su uso, que eviten la generación de costos agregados en el proceso?
5. ¿El proveedor podría incluir adecuaciones sobre el material que suministra que hiciera este más conveniente para su uso?
6. ¿El tamaño o presentación del material que se suministra es el más económico o de mayor rendimiento?
7. Si se trata de barras o tubos, ¿no presentan pandeo o deformación, fisuras o faltantes, están totalmente rectos?
8. ¿Se considera apropiado el nivel de existencias del inventario de seguridad, no hay obsolescencias, mermas y daños en este?
9. ¿Puede mejorarse el procesamiento del material sometándolo a procesos térmicos o de otra índole, sin que se generen costos agregados?
10. ¿Presentan los materiales protuberancias, excedentes de materiales en líneas de cierre u otras, que ameriten retrabajos y generen costos adicionales?
11. ¿Los materiales son entregados limpios y libres de impurezas y contaminantes que afecten drásticamente la continuidad de las operaciones o al cliente final, que ameriten trabajos adicionales y que generen costos agregados?
12. Si el material cuenta con una película protectora, ¿cómo afecta esta a los herramientas, a la salud del operador, al impacto ambiental y a la continuidad del proceso? ¿Genera costos agregados? ¿Por qué?
13. ¿Se pide el material en cantidades y tamaños que permitan su utilización en el proceso productivo con la mínima cantidad de desperdicios, mermas, generación de residuos o algunas otras?
14. ¿Es el material de constitución homogénea y razonablemente exento de defectos?
15. Durante el proceso, ¿se utiliza el material del modo más adecuado, se protege para evitar rayaduras en su superficie, se coloca en

contenedores apropiados, se manipula con equipo pertinente, no se impacta o golpea?

16. Cuando el rendimiento de una cierta cantidad del material depende de la capacidad del operador, ¿se realiza y resguarda un registro de ello?
17. ¿Es apropiado el material que se utiliza para el ensamblado y montaje de componentes, tal como clavos, tornillos, alambres, soldadura, remaches, pastas y material de limpieza?
18. Los materiales indirectos, como grasas, lubricantes, solventes, estopa, arena de moldeo, entre otros, ¿son los más adecuados?
19. ¿Son adecuados los materiales anexos al proceso, como gas, combustible, aceite, carbón, coque, aire comprimido, agua, refrigerantes, electricidad, ácidos y pinturas? ¿Está su uso controlado y es económico?

Es importante mencionar que los materiales indirectos y anexos que se utilizan en un proceso productivo deben cumplir con ciertas regulaciones gubernamentales, principalmente en los rubros de seguridad y de protección ambiental.

En el primer rubro es importante contar con los procedimientos y equipos en caso de derrames, incendio, ingestión, contacto cutáneo, incendio, etcétera. Por este motivo es importante que se cuente con las hojas de seguridad de cada material, las cuales deben ser proporcionadas, por disposición gubernamental, por el proveedor del mismo.

### Sugerencia

En caso de requerir mayor información sobre hojas de seguridad acerca de cualquier material que se comercializa en el mundo, visite el enlace: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/212/1/HDS.pdf>

**Hallar un material menos costoso.** Los precios de los materiales se pueden comparar por sus costos básicos. Algunas publicaciones periódicas disponibles para los ingenieros de diseño presentan resúmenes de costo aproximado por unidad de peso de láminas, borras y placas de acero y del costo de hierro, acero, aluminio y bronce fundidos, así como de otros materiales básicos.

Estos costos se pueden utilizar como puntos de referencia desde los cuales será posible juzgar la adquisición de nuevos materiales, en combinación con su hoja de especificaciones técnicas, que debe ser proporcionada por el fabricante del mismo.

Continuamente aparecen desarrollos de nuevos procesos para producir y refinar materiales. Por tanto, un material que no era de precio competitivo en el pasado, puede serlo hoy.

Un material poco costoso y que cumplía los requisitos de servicio se empleó en la fabricación de transformadores de distribución. Originalmente se usaba una pieza de porcelana para separar y soportar las puntas terminales de los conductores al salir de un transformador. Se le reemplazó por una de cartón comprimido, que funcionó igualmente bien y era considerablemente menos costosa.

Al realizar un análisis del método de trabajo en un proceso productivo se debe tener presente que objetos como válvulas, relevadores eléctricos, cilindros de aire, transformadores, conexiones de tubos, cojinetes, coples o acoplamientos, cadenas, bisagras, herrajes diversos, motores eléctricos u otros, generalmente se pueden adquirir a menor costo comprándolos que fabricándolos en las propias instalaciones productivas.

En la actualidad, muchos plásticos, materiales cerámicos y compuestos compiten con éxito con los metales y la madera.

Las aleaciones de aluminio compiten con el zinc y muchos materiales férreos para la fundición en matriz.

En los últimos años, el precio de algunos materiales se ha elevado a más del doble, en tanto que el de otros materiales se ha reducido.

### Sugerencia

En caso de requerir mayor información sobre la evolución de los precios de los materiales en nuestro país, visite el enlace: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/inp/default.aspx>  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/Calculadorainflacion.aspx>

**Utilizar materiales más fáciles de procesar.** Generalmente hay materiales que requieren una menor sofisticación tecnológica para llevar a cabo su transformación en un proceso productivo.

Examinando los datos de propiedades físicas, químicas, mecánicas, eléctricas, etcétera, en la literatura especializada para cada tipo de materiales, suele ser fácil discernir cuál de ellos reaccionará más favorablemente a los procesos a que se someterá en su conversión de materia prima en producto terminado.

Por ejemplo, la maquinabilidad varía en razón inversa a la dureza, y esta generalmente varía en proporción directa a la resistencia mecánica.

Siempre se debe tener en cuenta llevar a cabo la selección de un material que presente la menor dificultad tecnológica para realizar su procesamiento, con el fin de reducir o eliminar los desperdicios, las mermas, las obsolescencias, caducidades o daños, con el fin de incrementar la productividad y reducir los costos de manufactura.

### Sugerencia

En caso de requerir mayor información sobre manuales de consulta para realizar la sustitución de materiales, visite el enlace:  
<http://www.grantadesign.com/papers/>

**Emplear materiales en forma más económica.** Un campo fecundo para el análisis de métodos de trabajo es la posibilidad de emplear el material de manera más económica. Lo que está íntimamente relacionado con la cantidad de material desperdiciado con respecto a la cantidad de material aprovechado en el producto, por lo que se debe dar prioridad entonces a lograr una mayor economía en su empleo en las operaciones productivas.

En la producción de estampados de lámina, si el esqueleto parece contener una cantidad indebida de material de desperdicio, es posible pasar al ancho estándar superior de material, y utilizar un dado múltiple. Si se utiliza esta clase de dado hay que tener cuidado con la disposición de los cortes para lograr la utilización máxima del material.

Las técnicas de mejora continua, como el Kaizen, cuentan con una amplia variedad de apartados que se orientan a cumplir con esta meta.

### Sugerencia

En caso de requerir mayor información sobre las técnicas empleadas en Kaizen para economizar materiales, visite el enlace:

<http://www.dep.gob.sv/FIleto/PYMESRetosFinal.pdf>

Cabe mencionar, que en el caso de México las disposiciones fiscales implican que los inventarios se consideran uno de los rubros que integran el monto del Impuesto Empresarial de Tasa Única (IETU) que el empresario deberá reportar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Por este motivo es importante que los inventarios de las mermas, desperdicios, materias primas, componentes, materiales en proceso y producto terminado sean los mínimos necesarios o inventarios cero, pues de lo contrario la generación y resguardo de estos acarrearán un costo agregado a través de la carga impositiva.

**Utilizar materiales de desecho.** La posibilidad de aprovechar materiales que de otra manera se venderían como desecho no debe ser soslayada.

A veces algunos materiales posproducción, que resultan de las partes no trabajadas o de desperdicio industriales ofrecen apreciables posibilidades de economía.

Como ejemplo podemos citar el caso de un fabricante de gabinetes de enfriamiento hechos de acero inoxidable; tenía piezas de este material de 4" a 8" de ancho como desechos de una operación de corte con cizalla.

Un análisis proporcionó, como subproducto obtenido de ese material, cubreplacas para apagadores de lámparas eléctricas.

Si no es posible crear un subproducto, entonces hay que apartar y acumular los materiales de desecho para su venta al mejor precio de chatarra, cuidando que este procedimiento no impacte en el aspecto impositivo de impuestos, que fue comentado anteriormente.

Conviene disponer de recipientes especiales en el taller para guardar los desperdicios de aceros de herramientas, acero común, latón, cobre y aluminio, para lo cual se darán instrucciones al personal de aseo de reunir y depositar en ellos todas las virutas,

limaduras y sobrantes de material de desperdicio.

Suele ser aconsejable guardar artículos como las lámparas eléctricas inservibles, que se usan en grandes cantidades. Los casquetes de latón se deben almacenar en un sitio y, después de quebrar y eliminar el vidrio de los bulbos o bombillas, se desprenden los filamentos de tungsteno y se almacenan por separado para aprovechar su mayor valor residual.

Las cajas de madera que quedan de los envíos recibidos pueden aprovecharse también, aserrando las tablas grandes a tamaños menores estándares para utilizarlas al hacer cajas más pequeñas para envíos propios al exterior. Esta práctica siempre es económica y la siguen en la actualidad grandes industrias, así como los centros de servicio de mantenimiento.

Por otra parte, no debemos descuidar los aspectos de protección ambiental y de protección civil, pues al generar estos desperdicios técnicamente tenemos en nuestras instalaciones residuos sólidos, los cuales deberán ser clasificados y almacenados en los recipientes y contenedores apropiados, de acuerdo con la normas oficiales de la SEMARNAT y Reglamento del Distrito Federal (ver información en el CD-ROM del libro).

## Usar más económicamente los suministros y las herramientas

El uso cabal de todos los suministros en los sistemas de producción debe ser alentado.

Un ejemplo de ello ocurre en la industria automotriz, pues el motor, el tren motriz, el chasis, generalmente son utilizados para varios modelos de vehículos de pasajeros, adecuando la carrocería, los interiores, cristales y accesorios de lujo en cada aplicación.

Lo anterior ofrece un ejemplo específico de cómo un conjunto de pocos componentes puede ser aplicado a un sinnúmero de combinaciones, lo que reduce los costos de inventarios, de control y administración de la producción, el tiempo y costo de desarrollo, entre otros.

Otro aspecto importante es que el rubro impositivo, generado por los gravámenes de impuestos, se ve acotado pues al tener materiales que pueden ser aplicados a diversos productos, los niveles de inventario son mínimos, con lo cual el impacto impositivo en las finanzas de la empresa es menor que si,

por el contrario, se tuvieran materiales específicos para cada tipo de producto final.

Un fabricante de equipo para lechería dio la orden de no suministrar ninguna varilla para soldar a los obreros si antes no entregaban los restos de las usadas con menos de 2" de largo.

El costo del suministro de estas varillas se redujo inmediatamente en más de 15%.

El desperdicio de materiales no beneficia a nadie. El análisis y estudio de los métodos de trabajo puede proporcionar una eficaz ayuda a la empresa al impedir que se produzcan desperdicios, cuyo volumen total puede llegar a representar hasta la quinta parte del material utilizado para la fabricación de un producto o servicio.

### Sugerencia

Si requiere información sobre cómo se pueden reducir los impactos impositivos que provocan los niveles de inventarios en una empresa mediante la adopción de las técnicas de ingeniería de métodos, visite el enlace: [http://www.kepler.com.mx/Archivos/definicion\\_de\\_sistema\\_exp.pdf](http://www.kepler.com.mx/Archivos/definicion_de_sistema_exp.pdf)

**Estandarizar los materiales.** El analista de métodos siempre debe estar alerta a la posibilidad de estandarizar materiales.

Se debe hacer el esfuerzo para minimizar tamaños, formas, grados o calidades de cada material utilizado en la producción y ensamblado de productos.

Los siguientes resultados típicos de buena economía provienen de reducciones en los tamaños y grados de los materiales empleados. Los pedidos de compra son por cantidades elevadas, lo cual casi siempre es menos costoso; los inventarios son más pequeños, puesto que menos material se tiene que mantener como reserva; se hacen menos asientos o entradas en los registros de almacén; hay que pagar menos factura; se necesita espacio más reducido para conservar los materiales en la bodega; la inspección de recibo de materiales se reduce, así como el número total de partes a inspeccionar, y se tienen que solicitar y formular menos cotizaciones y órdenes de compra.

La estandarización de materiales, como otras técnicas de mejoramiento de métodos, es un proceso permanente. Requiere la cooperación continua entre personal de los departamentos de diseño, planeación de producción y de compras.

Lo anterior siempre se logrará cuando se realice el registro en las listas maestras de materiales que se emplean en los productos o servicios que se fabrican en la empresa; un ejemplo de esta lista de materiales se presenta en la tabla 2.38.



Contar con materiales que se pueden utilizar en diferentes productos ayuda a reducir los niveles de inventario.

Tabla 2.38 Lista de materiales.

**Lista de materiales**

Núm. de parte: 40.57.717-A

Descripción:

Bomba para lavadora / secadora

Elaboró:

Aprobó:

Nivel Ingeniería:

Modelo: 18XX

Fecha: xx/xx/Hoja: \_\_ de \_\_

Núm. parte producto final	Núm. parte 2° Nivel de explosión	Núm. Parte 3° Nivel de explosión	Núm. Parte 4° Nivel de explosión	Núm. parte 5° Nivel de explosión	Descripción	Plano	Cantidad por producto final
Nivel de explosión							
P. terminado	Ensamble	Subensamble	Componente	Materia prima			
4045717-A					Bomba lavadora	CD 4045717	
	317.4213				Motor		
		218.5236			Armadura	BC 2185236	1 pc
				109.4561	Hilo de algodón		3 m
				116.3853	Barniz aislante		400 ml
			119.4621		Terminal latón ojillo ¼"		6 pc
		246.3984		187.2239	Depósito	BC 2463984	1 pc
			139.2.146		Tubo de llenado		0.15 m
					Sellador silicón HT		0.06 kg
			146.3.983		Tornillo		6 pc
			154.4583		Tuerca		10 pc
		254.5728			Tablero control	CD. 2545728	1 pc
			185.2981		Conector ojillo ¼"		6 pc
			193.8743		Resistencia 200 MΩ, 5W		1 pc
			194.9514		Capacitor 1,000 pF		2

**Manejo de materiales.** El movimiento de materiales constituye un gran porcentaje de toda actividad industrial, y contribuye al equilibrio de la producción real.

El material debe ser enviado a la estación de trabajo, donde es manipulado por el operador antes y después del proceso de fabricación y, finalmente, se enviará fuera de la instalación productiva, al cliente.

Puede apreciarse la trascendencia de los problemas que plantea el movimiento de materiales, tanto dentro como fuera del sistema de producción.

Cuando las condiciones prevalecientes del movimiento de materiales han sido previamente estudiadas con el auxilio de las técnicas de la ingeniería de métodos en su conjunto, es suficiente indicar en la hoja de análisis, bajo el concepto “movimiento de materiales”, una breve descripción de los métodos utilizados para enviar y recibir los materiales en la estación de trabajo.

De hecho, el análisis de una sola operación raramente conduce a la instalación de un sistema de transporte u otros medios costosos de manejo de estos, a menos que la operación sea altamente reiterativa.

Por lo regular se reduce a simples dispositivos de movimiento, tales como planos inclinados, o al perfeccionamiento de recipientes especiales que faciliten el movimiento en un determinado trabajo.

Un estudio detallado de los movimientos usados en el manejo de materiales en la estación de trabajo forma parte del estudio general de movimientos.

Como se explicó con anterioridad, el problema del movimiento de materiales es uno de los más importantes en la industria y, aun cuando el análisis de una sola operación raramente conduce a la instalación de un equipo costoso de movimiento, su conveniencia debe ser siempre evaluada.

Si diversos análisis indican que un sistema de transporte ofrece posibilidades, puede entonces emprenderse un estudio más general del movimiento de materiales.

Por tanto, todo aumento de posibilidades debe tener presente y resolver el siguiente cuestionario:

1. El tiempo requerido para trasladar un material a un área de trabajo y luego retirarlo de ahí, ¿es considerable en proporción al tiempo requerido para manipularlo en dicho espacio de trabajo?
2. Si no es así, ¿deben los operarios realizar la operación de movimiento de materiales para, posteriormente, otorgarles un suplemento de descanso por cambio de ocupación?
3. ¿Deben usarse carretillas de mano?
4. ¿Deben usarse carretillas eléctricas?
5. ¿Deben disponerse de cremalleras o bandejas especiales que permitan desplazar el material fácilmente y sin riesgo para el operario?
6. ¿Dónde deben colocarse los materiales que ingresan y los que serán enviados a otra área de trabajo, dentro del espacio de la estación de trabajo?
7. ¿Está justificada una banda transportadora?
8. Si es así, ¿qué tipo sería el más adecuado para el trabajo?
9. ¿Pueden las estaciones de trabajo aproximarse para las sucesivas fases del proceso y realizar el movimiento de materiales por planos inclinados?
10. ¿Puede la operación ser realizada en la banda transportadora?
11. ¿Puede instalarse una línea de producción para montaje progresivo?
12. ¿Puede el material ser empujado de operario a operario a lo largo de la superficie del banco de trabajo?
13. ¿Puede el material ser despachado desde un punto central mediante una banda transportadora u otro medio?
14. ¿Puede el material llevarse a un punto de inspección central por medio de una banda transportadora u otro medio?
15. ¿Pueden incorporarse ventajosamente básculas a lo largo del transporte?
16. ¿El tamaño del depósito de material es apropiado para la cantidad de material a transportar?
17. ¿Puede el recipiente proyectarse para hacer más accesible el material?
18. ¿Puede colocarse el recipiente en el área de trabajo sin tener que retirar el material de éste?
19. ¿Puede utilizarse con ventaja en la estación de trabajo una cabria eléctrica o neumática u otro dispositivo para levantar objetos pesados?



20. Si se utiliza una grúa puente, ¿se realiza el servicio en menor tiempo, sin maltrato del material e incrementando la seguridad del operario?
21. ¿Debe el problema del movimiento de materiales, en general, recibir un estudio más intenso en un futuro próximo?

El manejo adecuado de los materiales permite la entrega de un surtido adecuado de estos, en el momento oportuno y en condiciones apropiadas en el punto de empleo, de los mismos, y al menor costo.

Es evidente que un buen manejo de materiales debe actuar de acuerdo con la buena administración de los mismos.

Por tanto, cuando se lleva a cabo un análisis de métodos de trabajo se debe realizar el estudio bajo un enfoque integrado de los actores que intervienen en el manejo de materiales:

- control de inventarios,
- política de compras,
- recepción,
- inspección,
- almacenamiento,
- control de circulación,
- recolección y entrega,
- distribución de equipo e
- instalaciones en la fábrica o planta.

Los beneficios tangibles e intangibles del manejo de materiales pueden reducirse a cuatro rubros principales, según la American Material Handling Society (Sociedad Estadounidense para el Manejo de Materiales):

1. Reducción de costos de manejo:
  - a) Reducción de costos de mano de obra.
  - b) Reducción de costos de materiales.
  - c) Reducción de gastos generales.
2. Aumento de capacidad:
  - a) Incremento de producción.
  - b) Incremento de capacidad de almacenamiento.
  - c) Mejoramiento de la distribución del equipo.
3. Mejora en las condiciones de trabajo:
  - a) Aumento en la seguridad.

- b) Disminución en la fatiga.
- c) Mayores comodidades al personal.

4. Mejor distribución:

- a) Mejora en el sistema de manejo.
- b) Mejora en las instalaciones de recorrido.
- c) Localización estratégica de almacenes.
- d) Mejoramiento en el servicio a usuarios.
- e) Incremento en la disponibilidad del producto.

Un axioma que se debe tener siempre en mente cada vez que se realiza un análisis del método de trabajo según el enfoque de manejo de materiales, es:

“El material más eficientemente manipulado es aquél en que se tiene la menor operación manual.”

Sin importar que las distancias del movimiento sean grandes o pequeñas, durante el análisis de los métodos de trabajo deben estudiarse con vistas a su mejoramiento, considerando los siguientes cuatro puntos, con los cuales se busca, en la medida de lo posible, reducir el tiempo y la energía empleados en el manejo de materiales:

1. Reducir el tiempo destinado a recoger el material.
2. Reducir la manipulación de materiales mediante el empleo de equipo mecánico.
3. Hacer mejor uso de los dispositivos de manejo existentes.
4. Manejar los materiales con la mayor seguridad.

Un buen ejemplo de la aplicación de estos cuatro conceptos es la transformación de una antigua bodega en un centro de distribución automatizado.

Actualmente el almacén automatizado dispone de control de computadora para el movimiento de materiales, así como de flujo de información en procesamiento de datos.

En este tipo de bodega mecanizada, la recepción, el transporte, el ingreso y salida de almacén, y el control de inventarios se ha diseñado como una función integrada.

Por último siempre, al realizar el estudio del método de trabajo, se debe estar alerta para eliminar cualquier deficiencia en el manejo de materiales.

Así como considerar los siguientes principios fundamentales para realizar un mejor trabajo en esa operación:

- El manejo de materiales debe estar integrado en la administración de los mismos.
- La gravedad puede ser utilizada con frecuencia para mover materiales económicamente.
- El tiempo de espera (o de terminal) del equipo del manejo de materiales se debe mantener en un mínimo.
- El costo por unidad del manejo de materiales disminuye al aumentar la magnitud de la producción hasta llegar a la capacidad de la planta.
- Cuando aumenta el tamaño de la unidad a manejar, ocurre generalmente una disminución correspondiente en el costo unitario por manejo de materiales.
- Un equipo flexible de manejo de materiales que sea capaz de aplicarse a la manipulación y manejo de una amplia variedad de usos o aplicaciones se debe considerar como alternativa cuando se piense usar equipo de manejo con características especiales.
- Los departamentos de mantenimiento deben planear adecuadamente sus necesidades en este rubro, antes de la selección de equipo para manejo de materiales.
- Generalmente es mejor el movimiento de materiales en línea recta.
- El equipo de manejo de materiales, como el de producción, con el tiempo se vuelven obsoletos. Los modernos equipos de manejo tienen medios que incrementan la productividad, como acopladores automáticos, cojines sin fricción y ruedas de caucho.

Conviene recordar que el principio predominante que hay que tener presente es que cuanto menor sea la cantidad de materiales manipulada manualmente, tanto mejor se manejará el material.

### Sugerencia

Si requiere información sobre equipo de manejo de materiales y recipientes para almacenamiento, visite el enlace: [\[www.greinger.com.mx\]](http://www.greinger.com.mx)

**Preparación y herramental.** Uno de los elementos más importantes a considerar en todos los tipos de herramental y de preparación es el aspecto económico.

La preparación de herramental más ventajosa depende de:

1. La cantidad de piezas a producir.
2. La posibilidad de repetición del pedido.
3. La mano de obra que se requiere.
4. Las condiciones de entrega.
5. El capital necesario.

Uno de los errores más comunes entre el personal de planeación de procesos y diseño de herramientas es invertir sumas considerables en dispositivos que serían altamente economizadores si fuesen utilizados, pero que rara vez se usarán.

Por ejemplo, un ahorro constante de 10% en el costo de mano de obra directa en un trabajo probablemente podría justificar mayores gastos en la herramienta, que uno de 80 o 90% en un trabajo pequeño que presenta requerimientos poco frecuentes en el mercado, lo que se ve reflejado en el programa de producción.

La ventaja económica de los costos de mano de obra bajos es el factor dominante en la determinación de un herramental a utilizar; por tanto, las plantillas y dispositivos de sujeción pueden ser convenientes aun donde solo se producirán pequeñas cantidades.

Otras consideraciones, como mejor intercambiabilidad, mayor exactitud o reducción de los problemas de mano de obra, pueden ser razones poderosas para recoger un herramental complicado, aunque por lo general este no es el caso.

Una vez que se ha determinado la cantidad de herramental requerido, o bien, si ya existiera este, se deben tener presentes los siguientes conceptos para determinar los diseños más favorables:

1. ¿Podrá utilizarse el dispositivo para producir ventajosamente otros productos o servicios similares?
2. ¿Será el dispositivo que se planea construir similar a algún otro que se haya empleado antes convenientemente? Si fuera así, ¿podría mejorarse?
3. ¿Se han llevado a cabo operaciones previas en la pieza? En caso afirmativo, ¿se podría

- utilizar alguno de sus resultados para iniciar el proceso desde ahí?
4. ¿Sería posible utilizar algún medio o herraje en existencia para construir el dispositivo?
  5. ¿Podría colocarse o desmontarse rápidamente la pieza en este último?
  6. ¿Queda suficientemente firme el elemento a trabajar, de manera que no se afloje, suelte o vibre mientras se lleva a cabo la operación en él? Recuérdese siempre que todo corte debe hacerse contra la parte firme del dispositivo y no contra la sujeción.
  7. ¿Se podría incrementar la capacidad de producción colocando más de una pieza en un dispositivo?
  8. ¿Es posible quitar con facilidad las virutas del dispositivo de sujeción?
  9. ¿Son lo suficientemente resistentes los sujetadores del dispositivo, de manera que no sufran deformaciones o daños durante su empleo? Al emplear levas o cuñas para aferrar o sujetar adecuadamente la pieza a trabajar se debe tener presente que debido a las vibraciones, esta podría aflojarse y poner en riesgo la seguridad del operario, o incluso causar daños de consideración.
  10. ¿Deben diseñarse llaves especiales para montar el dispositivo?
  11. ¿Está la pieza que se va a trabajar sustentada adecuadamente, de modo que la fuerza de sujeción no la flexione o deforme de modo permanente?
  12. ¿Es posible diseñar un calibrador o agregar pasadores templados para ayudar al operario a colocar herramientas de corte o desbaste, o bien para auxiliarle en la verificación del trabajo que ha realizado?
  13. ¿Deberán diseñarse herramientas de corte o desbaste, portaherramientas o collarines especiales para el dispositivo de sujeción?
  14. ¿Hay suficiente espacio para que los collarines del portaherramientas pasen sobre la pieza que se trabaja sin golpearla?
  15. Si el dispositivo es de tipo rotatorio, ¿se ha diseñado un elemento de este que permita establecer la indicación de su posicionamiento preciso en tres o cuatro ejes cartesianos?
  16. ¿Puede usarse el dispositivo sobre una cabeza posicionadora rotatoria estándar?
  17. ¿Podría hacerse el dispositivo de modo que ejecute más de una operación a la vez?
  18. Al diseñar los dispositivos, ¿se tuvo cuidado de que la pieza quedara tan cerca que fuera posible utilizar una máquina herramienta para desbastar la pieza que sujeta?
  19. ¿Puede procesarse la pieza en un sujetador estándar mediante un juego de mordazas especiales, evitando así el empleo de un dispositivo costoso?
  20. Si la pieza debe ser procesada en un cierto ángulo, ¿podría simplificarse el dispositivo utilizando un ángulo para maquinado de piezas ajustable estándar?
  21. ¿Podrían colocarse orejas de sujeción a una pieza a trabajar, de manera que estas nos ayuden sostenerla con menor dificultad?
  22. ¿Cuántas llaves de diferentes medidas debe tener el operario para apretar todos los sujetadores? ¿Por qué no tener una sola?
  23. ¿Es posible que la pieza se calibre en un dispositivo? ¿Se podría emplear un calibrador de uso inmediato o expedito?
  24. ¿Podrían usarse pasadores para ayudar a sostener la pieza mientras es procesada?
  25. ¿Se ha colocado un muelle o resorte bajo cada sujetador?
  26. ¿Cuentan con tratamiento térmico todos los puntos de sujetadores hechos de acero?
  27. ¿Qué clase de plantillas se va a diseñar? ¿Servirían algunos de los diseños de plantillas estándares?
  28. ¿Con qué se absorben los choques en un taladro? ¿Podrían usarse pasadores o tornillos para sujetar la pieza mientras es taladrada?
  29. ¿Sería posible usar una rosca doble o triple en el tornillo que sujeta la pieza en una plantilla, para que se pueda sacar aquel con menos vueltas y quitar la pieza con mayor rapidez?
  30. ¿Se ha colocado alguna marca o referencia en el dibujo o en todas las piezas sueltas, que indique la plantilla correspondiente, de manera que, si se perdieran o colocaran fuera de su lugar, sería fácil reunir las de nuevo en la plantilla respectiva?

31. ¿Han sido redondeadas todas las esquinas en las que esto es necesario?
32. ¿Podría manufacturarse en el taller mecánico con el que cuenta la empresa el herramental o la plantilla que se propone?
33. ¿Son los bujes de los taladros de tal longitud que sería necesario recurrir a extensiones?
34. ¿Son las patas de la plantilla lo suficientemente largas para que permitan al taladro, al escariador (“rima”) o al vástago de éste, atravesar la pieza hasta una distancia razonable, sin que lleguen a la mesa de trabajo del taladro?
35. ¿Están situados todos los sujetadores de modo que resistan o ayuden a resistir la fuerza de compresión y torque que ejerce el taladro durante su operación?
36. ¿Tiene la máquina las velocidades necesarias para taladrar y escariar toda clase de agujeros en distintos materiales?
37. ¿Deberá tener además un aditamento para roscar? Recuérdese que no es práctico taladrar y escariar varios agujeros pequeños y solo uno grande en la plantilla, pues es posible obtener resultados más rápidos haciendo los agujeros pequeños con un taladro de dimensiones adecuadas, y reservando el barreno de gran diámetro para usar con la plantilla en una máquina de mayor capacidad.

Surgen las preguntas: ¿sería menos costoso hacer el barreno grande en otra plantilla?, ¿serían los resultados de esta operación suficientemente exactos?

38. ¿Es la plantilla demasiado pesada para manipularse manualmente?
39. ¿Se ha marcado la plantilla con un número de localización para su almacenamiento, y un número de piezas que identifica la parte o partes a las que corresponde dicha plantilla?

Para desarrollar mejores métodos, durante el estudio del método de trabajo se debe investigar la preparación y el herramental según los tres criterios siguientes:

1. Reducir el tiempo de preparación mediante una mejor planeación y control de la producción.
2. Diseñar el herramental para utilizar la máquina a su plena capacidad.
3. Introducir herramientas más eficientes.

Una de las técnicas asiáticas que ha tenido una amplia difusión y que está relacionada con este tema es el *single minute exchange of die* (SMED); esta técnica pretende realizar el cambio rápido de herramientas en pocos minutos, desarrollando accesorios, dispositivos y diseños que permitan realizar lo anterior. Con ello se persigue cubrir demandas de producción a base de lotes pequeños de fabricación, mediante la reducción de los tiempos de preparación de producción, principalmente en la industria automotriz, electrónicos, auto partes y electrodomésticos.

### Sugerencia

Si requiere información adicional de cómo las técnicas de estudios de los métodos de trabajo nos permiten sentar las bases para realizar proyectos SMED, visite el enlace: <http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/>

**Proceso de manufactura.** Desde el punto de vista para la mejora de los procesos de manufactura, hay que efectuar un análisis sustentado en cuatro pilares:

- a) Al realizar y adoptar cambios en una operación o estación de trabajo, se deben considerar los posibles efectos sobre otras operaciones o estaciones de trabajo, así como en las precedentes.
- b) Se debe procurar realizar la mecanización de las operaciones manuales, en la medida de lo posible.
- c) Deben utilizarse eficiente y productivamente las máquinas y herramientas en las operaciones mecánicas.
- d) Los dispositivos e instalaciones mecánicas deben operarse con más eficiencia.

*Efecto sobre operaciones anteriores y posteriores al cambiar una operación actual.* Antes de modificar una operación, hay que considerar los posibles efectos perjudiciales sobre otras operaciones subsecuentes del proceso, así como aquellas que le preceden.

Reducir el costo de una operación puede originar el encarecimiento de otras operaciones.

*Mecanización de las operaciones manuales.* Cada vez que se encuentre un trabajo manual pesado, hay que considerar su posible mecanización.

Cierta empresa recurrirá al tedioso limado a mano para limpiar el aislamiento y desprender el barniz seco en ranuras de armaduras de motor.

Para mejorar este proceso se adaptó una fresa de cariar a un taladro neumático. Así, no solo se eliminó gran parte del esfuerzo físico, sino que se logró también una producción considerablemente mayor.

La utilización de herramientas mecanizadas para ensamblado, como llaves de impacto y destornilladores con impulso propio, martillos neumáticos o eléctricos, alimentadores mecánicos, generalmente es más económica que el empleo de herramientas manuales.

*Utilización de mejores máquinas y herramientas.* Si una operación se ejecuta mecánicamente existe siempre la posibilidad de usar medios más apropiados para su realización mediante máquinas y equipos apropiados.

*Operación más eficiente de los dispositivos e instalaciones mecánicas.* Un principio que no debe olvidarse al realizar el estudio de método de trabajo es: "Diseñar para hacer dos al mismo tiempo". En trabajos de prensa, la operación con dados múltiples suele ser más económica que la de un solo paso.

Asimismo, siempre deben considerarse las cavidades múltiples en procesos de fundición a presión, moldeo y otros semejantes donde el volumen de producción sea suficiente.

En lo que atañe a operaciones de maquinado se debe verificar que se utilizan las alimentaciones y velocidades adecuadas. Tiene que comprobarse que el afilado de las herramientas de corte ha sido el apropiado para obtener su mejor funcionamiento

*Distribución del equipo en la planta.* El principal objetivo que se persigue es determinar la distribución efectiva del equipo en la instalación productiva; se pretende desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos o servicios deseados, con la calidad también requerida y al menor costo posible.

Por tanto, la distribución del equipo es un elemento importante de todo un sistema de producción que abarca las tarjetas de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, encañamiento y recorrido, y despacho del trabajo.

Todos estos elementos deben ser integrados cuidadosamente para alcanzar la meta establecida.

Una cierta distribución puede ser la mejor en un conjunto de condiciones y ser completamente inadecuada en un conjunto de condiciones diferente.

Y puesto que las condiciones del trabajo rara vez son estáticas, el analista de métodos con frecuencia tiene la oportunidad de hacer mejoras en la distribución del equipo.

De vital importancia en las condiciones dinámicas son los sistemas de manejo de materiales, las mezclas de productos, el equipo de proceso y los métodos de fabricación.

Con toda seguridad pueden encontrarse posibilidades de mejorar una distribución de maquinaria y equipo en planta si el estudio se realiza de manera sistemática.

Deberán disponerse las estaciones de trabajo y las máquinas de manera que permitan la producción más eficiente de un producto o servicio con el mínimo de manipulación.

No se debe realizar ningún cambio en una distribución hasta hacer un estudio detallado de todos los factores que intervienen.

Durante el análisis del método de trabajo se podrá reconocer una distribución deficiente y documentar los hechos al director de fábrica o planta para su consideración.

Actualmente existen una serie de programas de computadora (Promodel) que pueden proporcionar rápidamente evaluaciones sobre distribuciones de planta, que constituyen un buen principio en el desarrollo de la distribución recomendada.

### Sugerencia

Si requiere información adicional de cómo las técnicas de estudios de los métodos de trabajo contribuyen a la realización de proyectos de distribución de planta, tanto de sistemas existentes como de aquellos que aún no se han popularizado, visite el enlace: <http://www.personales.upv.es/ipgarcia/Liked/Documents/4%20Distribución%20en%20planta>  
[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/AsignaturaProyectos/Tema5.pdf)

**Condiciones de trabajo.** Al realizar el análisis del método de trabajo se busca que las condiciones de trabajo sean apropiadas, seguras y cómodas para que el trabajador realice su actividad en la estación de trabajo.

La experiencia brinda ejemplos de establecimientos fabriles que cuentan con buenas condiciones de trabajo, lo que les permite alcanzar niveles de eficiencia y productividad superiores a aquellos que carecen de estas.

Suele ser considerable el beneficio económico obtenido de la inversión para lograr un buen ambiente y condiciones de trabajo apropiadas.

Las condiciones de trabajo generalmente son definidas por la normatividad vigente sobre el tema.

En el caso de México, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social es la entidad gubernamental que se encarga de regular este rubro a través de la publicación de las Normas Oficiales Mexicanas sobre Higiene y Seguridad en el local de trabajo.

De manera general, el cumplimiento de las mismas nos permitirá que los costos por seguridad social sean susceptibles de reducirse, así como los montos de las primas de seguros que deben ser contratados por la empresa.

Es usual que la normatividad de higiene y seguridad vaya de la mano con la de protección civil, pues ambas tratan de prevenir siniestros. También los reglamentos de construcción vigentes en la demarcación geográfica donde se encuentra ubicada la empresa tienden a considerar, principalmente en sus normas técnicas de construcción de servicios, condiciones de confort para los usuarios de las áreas de trabajos industriales y comerciales, entre otros.

Por lo anterior es importante conocer el marco jurídico de donde se derivan estos lineamientos, en nuestro caso, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la referencia primaria para definir las condiciones de trabajo con que deben contar los trabajadores a través de los artículos 123 y 132 constitucionales.

En la figura 2.32 se pueden apreciar los niveles jurídicos, relativos a la higiene y seguridad que se desprenden a partir de los artículos 123 y 132.



Contar con buenas condiciones de trabajo permite alcanzar niveles de eficiencia y productividad superiores.

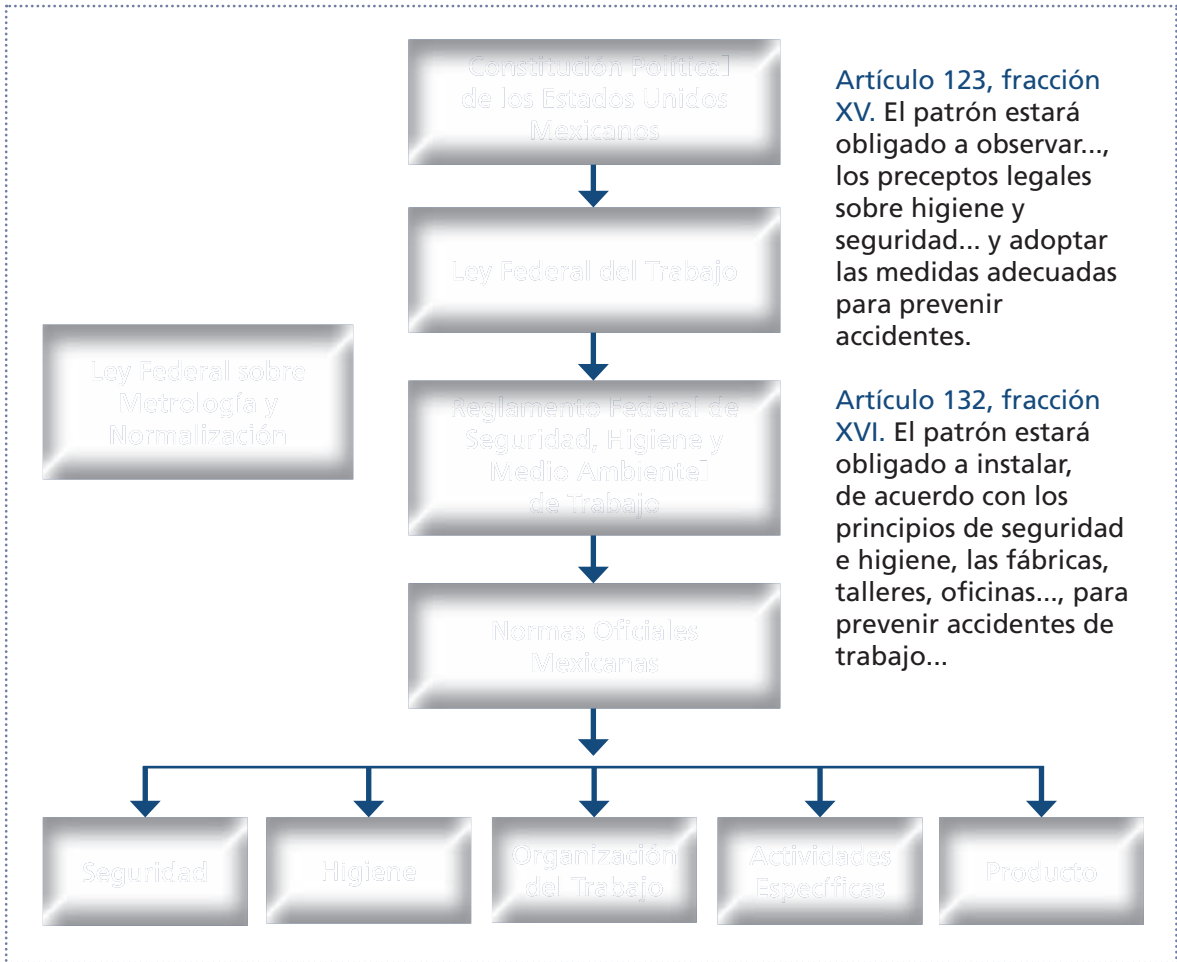


Figura 2.32 Marco legal que sustenta a los documentos legislativos en materia de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Con el fin de contar con adecuadas condiciones de trabajo, que permitan diseñar e implantar un método de trabajo con las mejores prácticas de producción, se debe considerar que el trabajador cuente al menos con las condiciones que estipula la normatividad sobre el tema.

Hasta este momento se han publicado 30 normas directamente relacionadas con el enfoque de las condiciones de trabajo que deben ser consideradas cuando se lleva a cabo el análisis de un método de trabajo en un proceso productivo.

Por lo que respecta al Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo,

del Título Primero al Tercero, debe tomarse en consideración su contenido cuando se realiza el análisis descrito con antelación en el sistema productivo. No considerarlo puede provocar que la empresa incumpla alguna de las disposiciones indicadas en los documentos referidos y se haga acreedora a sanciones que pueden ser desde una simple amonestación, hasta la clausura temporal o definitiva de sus operaciones por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

En la tabla 2.39 se resumen los rubros que deben considerarse tanto del Reglamento como de la Normatividad relativa a la Higiene y Seguridad en México.

Tabla 2.39 Disposiciones del Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo que deben ser consideradas para realizar el estudio de método de trabajo en el enfoque de condiciones de trabajo.

Título	Concepto	Capítulo	Descripción	Artículos
<b>Primero</b>	Disposiciones generales y obligaciones de los patrones y trabajadores	<b>Primero</b>	Disposiciones generales	1 al 16
		<b>Segundo</b>	Obligaciones de los patrones	17
		<b>Tercero</b>	Obligaciones de los trabajadores	18
<b>Segundo</b>	Condiciones de seguridad	<b>Primero</b>	Edificios y locales de trabajo	19 al 25
		<b>Segundo</b>	Prevención, protección y combate de incendios	26 al 28
		<b>Tercero</b>	Equipos, maquinaria, recipientes sujetos a presión y generadores de vapor y calderas	Sección I Funcionamiento de recipientes sujetos a presión y generadores de vapor 29 al 34
				Sección II Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo 35 al 39
				Sección III Equipos para soldar y cortar 40 al 46
		<b>Cuarto</b>	Instalaciones eléctricas	47 al 51
		<b>Quinto</b>	Herramientas	52 y 53
<b>Sexto</b>	Manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, materiales y sustancias químicas peligrosas	54 al 75		



Tabla 2.40 Disposiciones del Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo que deben ser consideradas para realizar el estudio de método de trabajo en el enfoque de condiciones de trabajo.

Título	Concepto	Capítulo	Descripción	Artículos
<b>Tercero</b>	Condiciones de higiene	<b>Primero</b>	Ruido y vibraciones	76 al 78
		<b>Segundo</b>	Radiaciones ionizantes y electromagnéticas no ionizantes	79 y 81
		<b>Tercero</b>	Sustancias químicas contaminantes sólidas, líquidas o gaseosas	82 al 84
		<b>Cuarto</b>	Agentes contaminantes biológicos	85 al 89
		<b>Quinto</b>	Presiones ambientales anormales	90 al 92
		<b>Sexto</b>	Condiciones térmicas	93 y 94
		<b>Séptimo</b>	Iluminación	95 al 98
		<b>Octavo</b>	Ventilación	99 y 100
		<b>Noveno</b>	Equipo de protección personal	101
		<b>Décimo</b>	Ergonomía	102
		<b>Décimo segundo</b>	Orden y limpieza	107 al 110
<b>Cuarto</b>	Organización de la seguridad e higiene en el trabajo	<b>Cuarto</b>	Programas de seguridad e higiene en el trabajo	130 al 134
		<b>Quinto</b>	Capacitación	135 al 141
<b>Quinto</b>	Protección en el trabajo de menores y de las mujeres en periodo de gestación y de lactancia	<b>Primero</b>	Del trabajo de las mujeres gestantes y en periodo de lactancia	153 al 157
<b>Sexto</b>	Vigilancia, inspección y sanciones administrativas		Inspecciones: entidades federales y estatales	
			Sanciones y pago de multas	

Cabe aclarar que los artículos del reglamento con los que se tendrá mayor contacto, durante el estudio del método de trabajo serán del 47 al 110.

Es muy importante resaltar que los programas de higiene y seguridad en el trabajo se generarán a partir de la información que se recabe de los estudios de métodos del trabajo, por lo que es conveniente que los resultados que se obtengan sobre los cambios relacionados con la higiene y seguridad sean discutidos con las Comisiones que para tal efecto se integren en la empresa.

Es importante que, si una trabajadora está en la condición que señalan los artículos del 153 al 157, se realice un estudio del trabajo preliminar con el fin de asegurar que la salud e integridad de esta no se pone en riesgo, ya que es de vital importancia que el método de trabajo sea eficiente, rentable y seguro; entonces, si existe la posibilidad de que el estado físico de la trabajadora se vea afectado, deben realizarse ajustes al método de trabajo, en lo relativo al factor del trabajador.

Por otra parte, es importante resaltar que la capacitación que se brinde a los trabajadores para introducirlos a los nuevos procedimientos y formas de trabajo deberán estar en concordancia con lo indica-

do en los artículos 135 al 141 del reglamento referido, pues de no cumplirse la capacitación no podrá otorgársele validez oficial y podría sentar bases para la generación de desacuerdos entre los representantes patronales y sindicales.

Por lo que se refiere a la normatividad que deberá utilizarse para los estudios de métodos de trabajo, esta está compuesta de un universo de 30 normas, agrupadas en cuatro grandes grupos:

1. Normas relativas a la higiene, 8 NOM.
2. Normas relativas a la seguridad, 10 NOM.
3. Normas relativas a la organización del trabajo, 7 NOM.
4. Normas relativas a actividades específicas, 5 NOM.

De las 30 normas agrupadas en las familias antes mencionadas solo se utilizarán algunas para los estudios de métodos de trabajo, según el enfoque de condiciones de trabajo; en la tabla 2.41 se presenta la relación de Normas Oficiales Mexicanas relativas a Higiene y Seguridad, que serán necesarias para el estudio mencionado.



Los programas de higiene y seguridad se deben generar a partir de la información que se recabe de los estudios de métodos de trabajo.

Tabla 2.41 Normas Oficiales Mexicanas de Higiene y Seguridad que deben ser consideradas para realizar el estudio de método de trabajo en el enfoque de condiciones de trabajo.

Familia	Número de la Norma	Tema	Fecha de publicación
<b>Seguridad</b>	NOM-001-STPS	Locales y edificios	
	NOM-002-STPS	Combate de incendios	
	NOM-004-STPS	Máquinas, herramientas y equipo	
	NOM-005-STPS	Manejo de sustancias químicas peligrosas	
	NOM-006-STPS	Manejo de materiales	
	NOM-009-STPS	Equipo suspendido de acceso	
	NOM-020-STPS	Recipientes sujetos a presión	
	NOM-022-STPS	Electricidad estática	
	NOM-027-STPS	Soldadura y corte	
	NOM-029-STPS	Mantenimiento de instalaciones eléctricas	
<b>Higiene</b>	NOM-010-STPS	Sustancias químicas	
	NOM-011-STPS	Ruido	
	NOM-012-STPS	Radiaciones ionizantes	
	NOM-013-STPS	Radiaciones no ionizantes	
	NOM-014-STPS	Presiones extremas	
	NOM-015-STPS	Temperaturas extremas	
	NOM-024-STPS	Vibraciones	
	NOM-025-STPS	Iluminación	
<b>Organización del trabajo</b>	NOM-017-STPS	Equipo de protección personal	
	NOM-018-STPS	Comunicación de riesgos	
	NOM-026-STPS	Señales y avisos	

Es importante indicar que los documentos anteriores son la plataforma para el sistema de administración de seguridad en el trabajo, que se respalda a partir de la norma ISO 18000, y que en un plazo no mayor a 10 años deberá estar operando en nuestro país, y que junto con el ISO 9000 y el ISO 14000 integrará el sistema de administración de la sustentabilidad empresarial ISO 22000, aunado al del

sistema de calidad en la administración de los sistemas de información conocido como ISO 27000. Integrarán una plataforma que permitirá que una empresa sea competitiva en los mercados internacionales, lo cual es una de las metas de la ingeniería de métodos.

En la figura 2.33 se presenta la estructura de la norma ISO 18000, para su emisión en México.

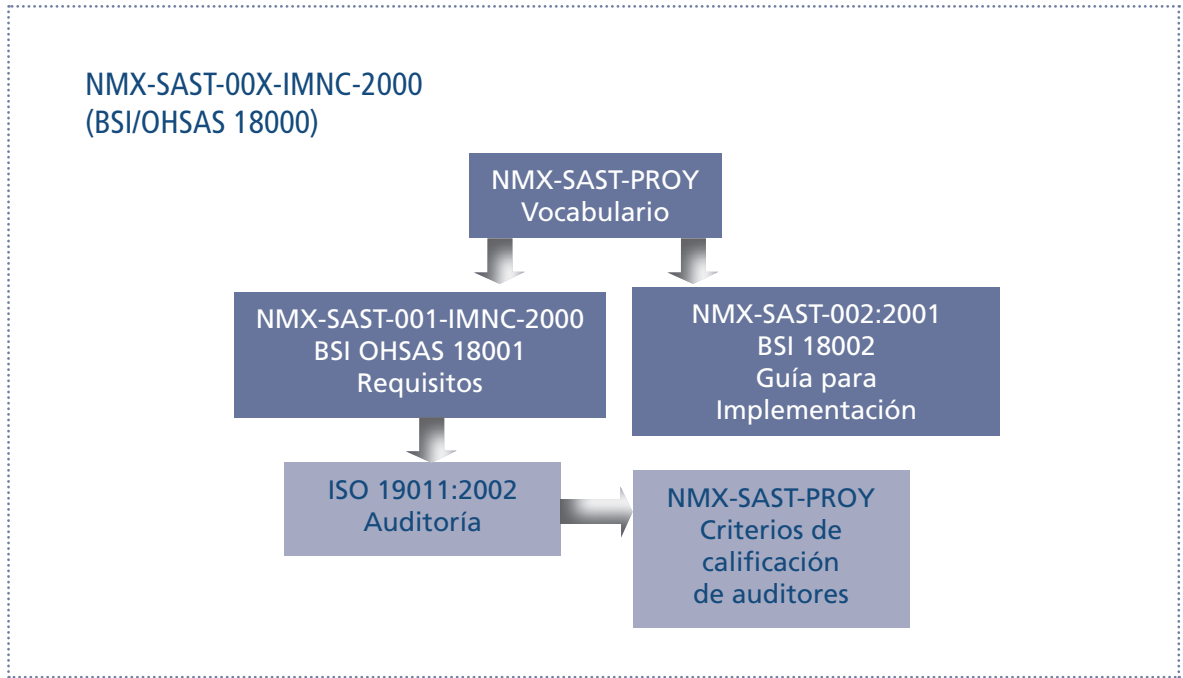


Figura 2.33 Sistemas de administración de la seguridad, bajo la norma ISO 18000.

Las siguientes son algunas consideraciones para lograr mejores condiciones de trabajo:

- Mejoramiento del alumbrado.
- Control de la temperatura.
- Ventilación adecuada.
- Control del ruido.
- Promoción del orden, limpieza y cuidado de los locales.
- Eliminación de elementos irritantes y nocivos como polvo, humo, vapores, gases y nieblas.
- Protección en los puntos de peligro, como sitios de corte y de transmisión en movimiento.
- Dotación del equipo necesario de protección personal.
- Organizar y hacer cumplir un programa adecuado de primeros auxilios.
- Utilizar los principios de la fisiología del trabajo.

### Sugerencia

Si requiere información adicional de cómo las técnicas de estudio de los métodos de trabajo contribuyen a la realización de proyectos para mejorar las condiciones de higiene y seguridad en una empresa, tanto de sistemas productivos en operación como de aquellos que están en proceso de planeación y diseño, visite el enlace:

Reglamento de higiene y seguridad en el trabajo  
<http://osinom.stps.gob.mx:8145/upload/RFSHMAT.pdf>  
Normas Oficiales Mexicanas de Higiene y Seguridad  
[http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/marco\\_juridico/noms.html](http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/conoce/marco_juridico/noms.html)

**Principio de la economía de movimientos.** El último de los enfoques primarios para el análisis del método de trabajo tiene que ver con el mejoramiento de la disposición de las piezas de la estación de trabajo, y de los movimientos necesarios para realizar las tareas y actividades asignadas.

En el tema de estudio de movimiento, se consideran detalladamente las leyes de la Economía de Movimientos.

Cuando se estudian las labores efectuadas en una estación de trabajo, el analista debe preguntarse:

1. ¿Se utilizan ambas manos de manera simultánea? ¿Y en direcciones simétricas u opuestas?
2. ¿Cada mano efectúa los movimientos posibles?
3. ¿Está organizado el sitio de trabajo de manera que se eviten las distancias excesivas?
4. ¿Se usan las dos manos efectivamente para realizar trabajo productivo y no como medios para sostener?

## 2.4 Resumen: los enfoques principales para el análisis de la operación

Los diez enfoques principales para el análisis del método de trabajo representan una visión global sistemática para analizar los hechos presentados en los diagramas de operación y de flujo de proceso.

Para visualizar cómo se integran los diversos pasos en ingeniería de métodos, se ilustra un desarrollo general del análisis completo en la figura 2.1. Otras herramientas o medios de análisis utilizados para desarrollar un método comprenden el diagrama de proceso hombre-máquina, el diagrama de proceso del operario y el estudio de micro movimientos.

Sin importar la naturaleza del trabajo, si es continuo o intermitente, si se trata de un proceso largo o de una labor detallada, o si se usan materiales suaves o duros, cuando se aplica el análisis del método de trabajo de manera sistemática por medio de personal competente, se lograrán economías de consideración.

Hay que recordar que estos principios son aplicables tanto a la planeación de un nuevo trabajo como al mejoramiento de uno que ya está en producción.

La primera meta del análisis del método de trabajo es el aumento de productividad, pero también la distribución entre todos los trabajadores de los beneficios de una producción mejorada, así como ayudar a desarrollar mejores condiciones y métodos de operación, de modo que el trabajador pueda realizar más trabajo en la planta, efectuar una buena actividad y aún disponer de suficiente energía para gozar de la vida.



# 3

## Medición del método de trabajo

La técnica de tiempos predeterminados tiene un número infinito de campos de aplicación, que de manera general se pueden resumir en 12 categorías.

1. Desarrollar planos de métodos efectivos antes de comenzar la producción.
2. Mejorar los métodos existentes.
3. Establecer estándares de tiempo.
4. Desarrollar fórmulas de tiempo.
5. Estimar costos.
6. Ayudar en el diseño de productos.
7. Desarrollar diseños efectivos de herramientas.
8. Seleccionar el equipo.
9. Adiestrar a los supervisores para que sean conscientes de los métodos.
10. Conciliar las quejas relacionadas con los estudios de tiempo y los salarios.
11. Adiestrar operarios.
12. Ayudar en la investigación de tópicos como: métodos de operación, adiestramiento y calificación de la actuación.

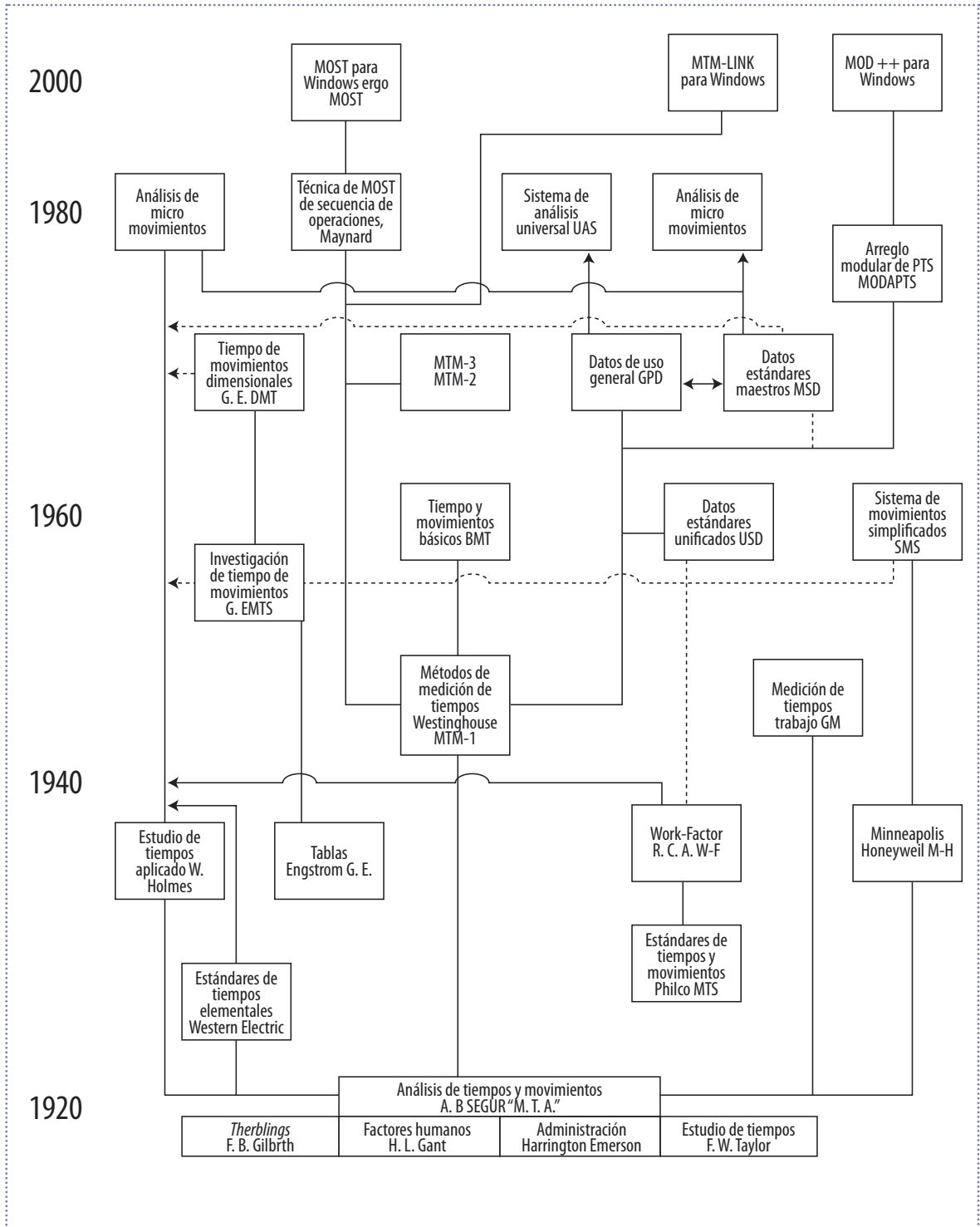


Figura 3.1 | Desarrollo histórico de los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos.

Fuente: Niebel y Ferdinalds (2001).

### 3.1 Métodos de medición de tiempo *Methods Time Measurement (MTM)*

El MTM se define como la medición del tiempo de los métodos; es un procedimiento que analiza cualquier operación manual o método con base en los movimientos básicos requeridos para desarrollarlo, y que

asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado el cual es determinado por la naturaleza del movimiento y de las condiciones bajo las cuales se realiza.

Muchos de los movimientos básicos usados en el sistema MTM se distinguen unos de otros por el nivel de control que el operador tiene que ejercer al ejecutarlos. Esto es así especialmente en los casos de alcanzar y mover.

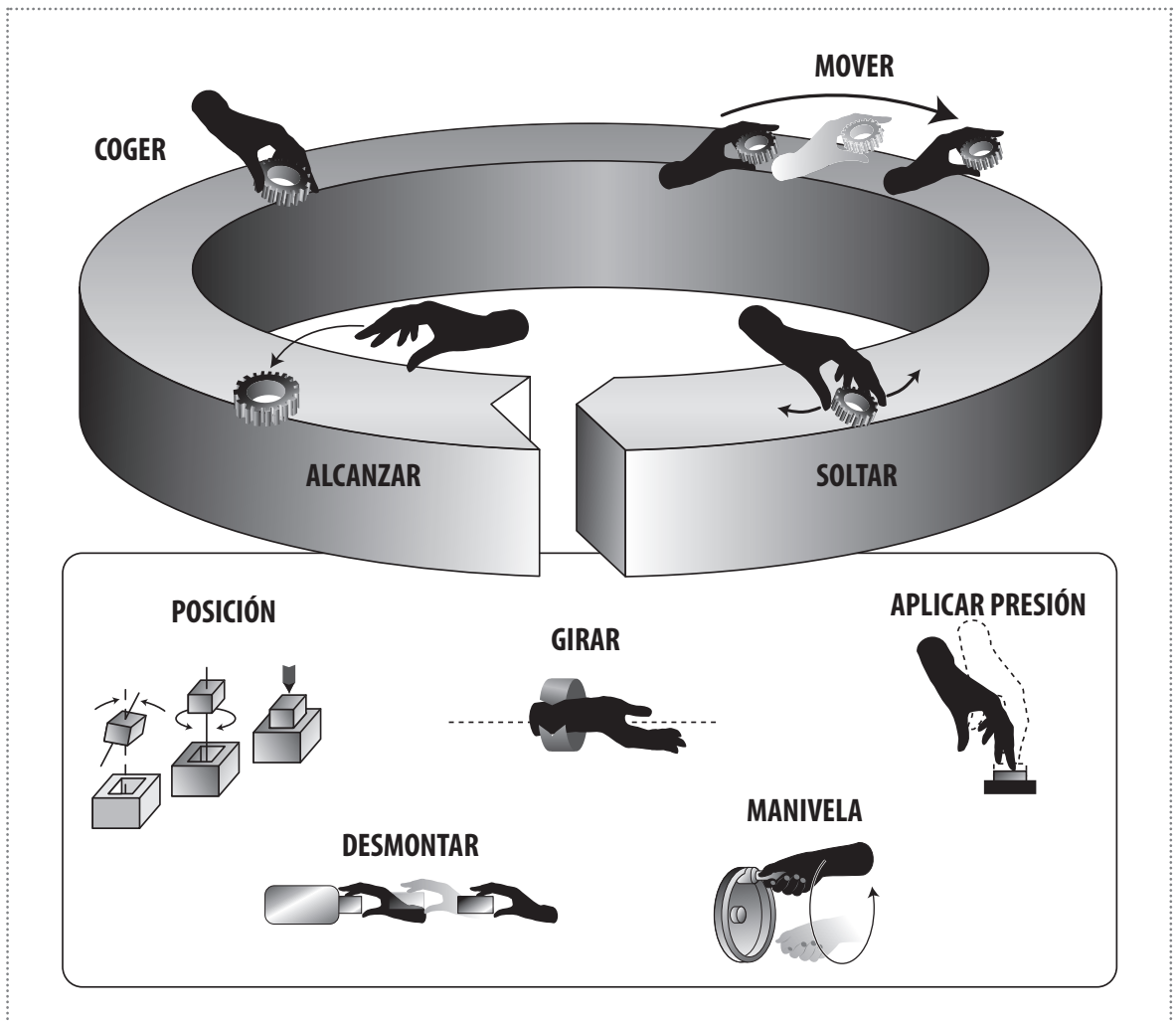


Figura 3.2 Movimientos básicos usados en el sistema MTM.



## Uso del concepto control en la aplicación del MTM

Los movimientos vienen bajo dos tipos principales de control: de proceso y humano. Solamente los movimientos que en principio están bajo control humano son medidos por el MTM. En esta sección se abordará el control de movimientos limitados o acelerados por algún proceso.

Thompson y Acker con claridad han señalado que la velocidad o delicadeza de los movimientos de los miembros es una función del tipo de control motor sostenido por la musculatura del cuerpo. Varias categorías del movimiento del MTM pueden describirse y aplicarse claramente en los términos del control que se requiere para su ejecución.

En el resumen que se hará de cada uno de los movimientos básicos del MTM se reconocen tres niveles de control: bajo, medio y alto, según lo describen Thompson y Acker.

1 TMU = 0.00001 h

1 TMU = 0.006 min

1 TMU = 0.036 s

■ **Control bajo.** Sus características son las siguientes:

1. Acción automática, poco más que una respuesta aprendida.
2. Control mínimo.
3. Falta de coordinación manual-ocular.
4. Confianza en los sentidos subconscientes cinestéticos y de tacto.

Normalmente es muy fácil reconocer los movimientos ejecutados con control bajo, simplemente si se observan los requisitos oculares del movimiento. No se requiere la atención visual por el operador cuando se ejecuta un movimiento con control bajo. Si es necesario que el operador mire el destino en cualquier tiempo durante el movimiento hacia el destino final, se requiere indistintamente los controles medio o alto.

El hecho de que el destino pueda encontrarse en el campo visual del operador, no cambia la situación. Mientras estén presentes las características antes indicadas, el movimiento se ejecuta con control

bajo aun cuando el operador pueda ver el destino al ejecutar eficientemente el movimiento.

■ **Control mediano.** Sus características incluyen lo siguiente:

1. Un grado moderado de exactitud en la terminación del movimiento.
2. Coordinación manual-ocular durante el principio del movimiento (la coordinación manual-ocular no se requiere al terminar el movimiento).
3. Alguna actividad muscular coordinada efectuante-antagonista (“effector antagonist”) hacia el final del movimiento para llegar a una ubicación aproximada.
4. Control mental consciente o control (generalmente ambos no son necesarios).

Este nivel de control se usa para ejecutar movimientos de *alcanzar* y *mover* a ubicaciones aproximadas. Se requiere algún control también bastante fácil de reconocer si se consideran los requisitos oculares. Se necesitará visión en algún momento anterior a o durante el movimiento, pero no para terminar el movimiento, porque la mano solo necesita que esté ubicada aproximadamente.

■ **Control alto.** Las características del control alto son:

1. Exactitud en el movimiento de terminación.
2. Coordinación manual-ocular a distracciones (control visual de terminación).
3. Actividad simultánea muscular coordinada (efectuante-antagonista) para la terminación del movimiento.
4. Mucha retroinformación sensorial.
5. Dirección consciente mental y ocular.

Este nivel de control se usa para ejecutar movimientos de *alcanzar*, *mover* o *ubicación exacta*. Se requiere visión al terminar el movimiento debido al alto grado de exactitud exigido al colocar la mano en su destino. Si los ojos se dirigen hacia otro lugar que no sea el destino antes de que el movimiento se termine, el movimiento no puede realizarse con éxito.

**Alcanzar**

**I. Definición.**

Movimiento básico de la mano o dedo empleado cuando el fin predominante es mover la mano o dedos a un destino determinado.

- a) Símbolo: R o AL.
- b) Es posible llevar un objeto pequeño en la mano durante un alcanzar mientras el fin predominante sea trasladar la mano más que transportar el objeto.

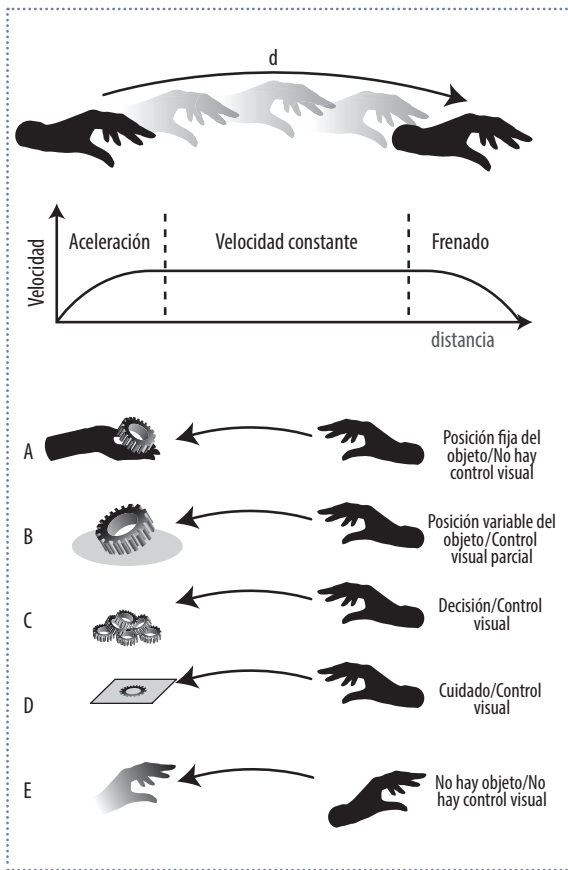


Figura 3.3 Alcanzar.

**II. Variables.**

**A. Nivel de control**

- 1. **Caso "A".** Alcanzar con control bajo a un objeto o a un grupo de objetos.

- a) Los alcanzares típicos caso "A":
  - Alcanzar un objeto en situación fija.
  - Alcanzar un objeto en la otra mano.
  - Alcanzar un objeto en la cual descansa la otra mano.
- b) Puede realizarse sin control ocular.
- c) Puede llevarse a cabo sin concentración mental.
- d) El objeto está en situación "fija" con referencia en la mente del operario.
- e) Algunos alcanzares "A" se desarrollan como un hábito como consecuencia de la repetición.
- f) Otros alcanzares "A" se ejecutan inmediatamente sin repetición mediante el uso del sentido sinestético.
- g) Cuando se alcanza un objeto en contacto con la otra mano, generalmente es necesario alcanzar el objeto en un punto que no esté a más de 8 cm de aquel en el que se sostenga para que el alcanzar sea clasificado como caso "A".
- h) Cuando un alcanzar "A" incluye un cambio de dirección, se describe con el símbolo R-ACD, y se usa el tiempo para un alcanzar "B".

- 2. **Caso "B".** El alcanzar con control medio de un objeto o grupo de objetos.

- a) Alcanzar "B" típico. El alcanzar un solo objeto en una ubicación que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo.
- b) Caso de alcanzar que con mayor frecuencia se presenta.
- c) El objeto se localiza ya en forma ocular o por concentración.
- d) Precisión que abarca hasta, pero que no incluye 6 mm.

- 3. **Caso "C".** El alcanzar con alto control un objeto amontonado con otros objetos.

- a) Alcanzar "C" típico. El alcanzar un objeto amontonado con otros objetos.
- b) De manera que ocurra el buscar y seleccionar.
- c) Los objetos amontonados pueden ser idénticos o diferentes, pero deben ser fácilmente distinguibles entre sí, si son diferentes.

- d) El alcanzar "C" no incluye tiempo para "andar buscando" un objeto —debe verse fácilmente.
- e) El alcanzar "C" es principalmente para objetos razonablemente pequeños. Los objetos grandes no requieren alcanzar "C".

4. **Caso "D".** Alcanzar con un alto control hacia un solo objeto.

- a) Alcanzares típicos "D".
  - Alcanzar un objeto muy pequeño.
  - Alcanzar cuando se requiere un asir preciso.
- b) El objeto se localiza tanto por medio ocular como por concentración.
- c) El alcanzar "D" a menudo se ejecuta cuando se alcanzan objetos frágiles porque se requiere un asir preciso.
- d) Precisión es de +/- 3 mm o menos.

5. **Caso "E".** Alcanzar con un control bajo hacia una ubicación indefinida para que la mano:

- a) Esté en posición para nivelación del cuerpo.
- b) Esté en posición para el siguiente movimiento.
- c) Esté fuera de lugar.
- d) Pueda realizar el movimiento sin control ocular.
- e) Pueda ejecutar el movimiento sin concentración mental.
- f) El alcanzar "E" raramente es un movimiento limitante.
- g) Nunca precede directamente a un asir.

## B. Tipo de movimiento

- 1. **Tipo I.** En descanso tanto al principio como al final.
  - a) Tipo encontrado con mayor frecuencia.
  - b) La velocidad promedio menor.
- 2. **Tipo II.** En movimiento al principio o al final.
  - a) Se encuentra de cuando en cuando.

- b) Velocidad promedio más alta.
- c) Datos para los casos "A" y "B" que se encuentran en las columnas de la tarjeta de datos titulada "mano en movimiento".
- d) Datos para los casos "C", "D" y "E" determinados con la ayuda de la columna de caso "B", "mano en movimiento."
- e) Símbolos:
- f) En movimiento al principio mR20B.
- g) En movimiento al final R20Bm.
- h) Los casos "C" y "D" nunca acontecen en movimiento al final.

3. **Tipo III.** En movimiento tanto al principio como al final.

- a) Extremadamente raro.
- b) Símbolo: mR20Bm.
- c) Velocidad promedio más alta.

## C. Distancia

- 1. El alcanzar puede ejecutarse únicamente con los dedos, mientras la mano permanece en descanso.
  - a) La distancia se mide en la yema del dedo.
  - b) La mano permanece fija en relación con el cuerpo del operador.
- 2. El alcanzar generalmente se ejecuta con un movimiento de la mano, así como de los dedos.
- 3. La distancia se mide como el trayecto de la mano.
- 4. Un punto conveniente de medición es el nudillo en la base del dedo índice.
- 5. El trayecto de la mano es generalmente curvo, este es el trayecto que se mide.
- 6. El alcanzar es algunas veces ayudado por movimientos de:
  - La muñeca.
  - El cuerpo.
  - Otros movimientos básicos.
- 7. La distancia correcta del alcanzar es la proporción sin ayuda del movimiento.

Tabla 3.1 Alcanzar-AL.

Distancia recorrida (cm)	Tiempo ( $\tau_{MU}$ )				Mano en movimiento		Caso y descripción N
	A	B	C o D	E	A	B	
2 o menos	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	Alcanzar un objeto en localización fija, o un objeto en la otra mano, sobre el que descansa la otra mano.
4	3.4	3.4	5.1	3.2	3.0	2.4	
6	4.5	4.5	6.5	4.4	3.9	3.1	
8	5.5	5.5	7.5	5.5	4.6	3.7	Alcanzar un solo objeto en una localización que puede variar poco de un ciclo a otro.
10	6.1	6.3	8.4	6.8	4.9	4.3	
12	6.4	7.4	9.1	7.3	5.2	4.8	
14	6.8	8.2	9.7	7.8	5.5	5.4	Alcanzar un objeto mezclado con otros en un grupo, de modo que ocurren buscar y seleccionar.
16	7.1	8.8	10.3	8.2	5.8	5.9	
18	7.5	9.4	10.8	8.7	6.1	6.5	
20	7.8	10.0	11.4	9.2	6.5	7.1	Alcanzar un objeto muy pequeño o que se requiere agarrar con precisión.
22	8.1	10.5	11.9	9.7	6.8	7.7	
24	8.5	11.1	12.5	10.2	7.1	8.2	
26	8.8	11.7	13.0	10.7	7.4	8.8	Alcanzar una localización indefinida para poner la mano en posición para equilibrar el cuerpo, para el movimiento siguiente o donde no estorbe.
28	9.2	12.2	13.6	11.2	7.7	9.4	
30	9.5	12.8	14.1	11.7	8.0	9.9	
35	10.4	14.2	15.5	12.9	8.8	11.4	
40	11.3	15.6	16.6	14.1	9.6	12.8	
45	12.1	17.0	18.2	15.3	10.4	14.2	
50	13.0	18.4	19.6	16.5	11.2	15.7	
55	13.9	19.8	20.9	17.8	12.0	17.1	
60	14.7	21.2	22.3	19.0	12.8	18.5	
65	15.6	22.6	23.6	20.2	13.5	19.9	
70	16.5	24.1	25.0	21.4	14.3	21.4	
75	17.3	25.5	26.4	22.4	15.1	22.8	
80	18.2	26.9	27.7	23.9	15.9	24.2	

**Mover**

**I. Definición.**

Movimiento básico de mano o dedos empleado cuando el fin predominante es trasladar un objeto a un lugar.

- a) Símbolo: M.
- b) Es posible ejecutar un mover con la mano vacía si la mano se usa como herramienta.
- c) El objeto movido debe estar bajo el control del operador.

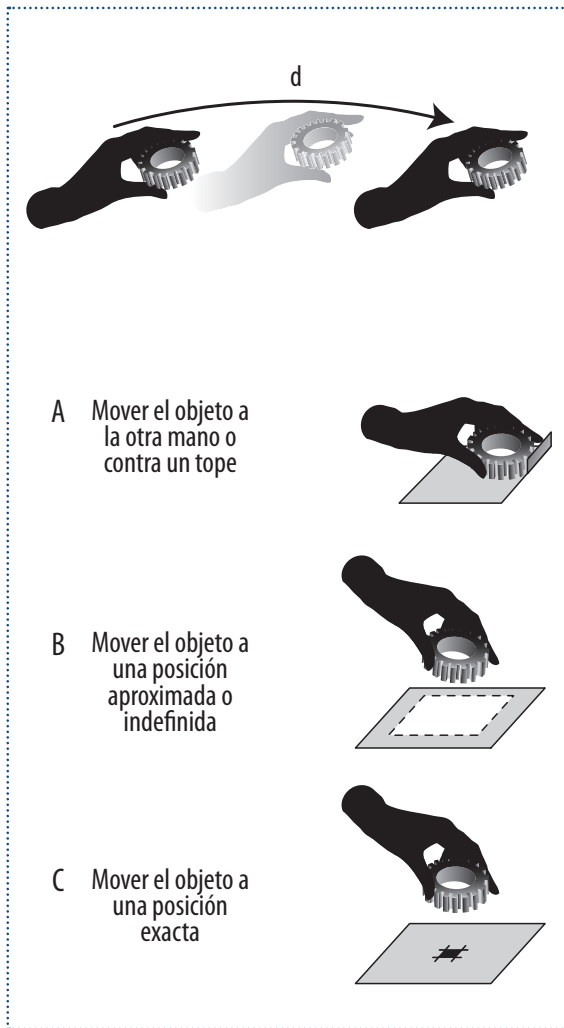


Figura 3.4 Mover.

**II. Variables.**

**A. Nivel de control**

1. **Caso "A".** Mover el objeto a la otra mano o contra un tope ejecutado con controles bajo o mediano.
  - a) Mover el objeto a la otra mano a menudo ocurre conjuntamente con un alcanzar "A" de la otra mano.
  - b) El tope coloca el objeto en un lugar exacto sin necesidad de usar el control alto.
  - c) Mover contra el tope en dos direcciones y a un lugar aproximado en la otra dirección se clasifica como caso "A".
2. **Caso "B".** Mover el objeto a un lugar aproximado o indefinido ejecutado con controles bajo o mediano.
  - a) Caso de mover más frecuentemente encontrado.
  - b) Mover contra tope en una dirección aproximada a un lugar en las otras dos direcciones es un mover caso "B".
  - c) Precisión hasta, pero sin incluir  $\pm 6$  mm.
3. **Caso "C".** Mover el objeto a un lugar exacto usando el control alto.
  - a) El mover se completa usando tanto la vista como la concentración.
  - b) Si el mover requiere control alto en cualquier dirección es un caso "C".
  - c) Precisión desde  $-/+ 6$  mm o menos.
  - d) Si la precisión es de  $\pm 3$  mm o menos, el mover "C" irá seguido de un posicionar.

**B. Tipo de movimiento**

1. **Tipo I.** En reposo tanto al principio como al final.
  - a) Tipo encontrado con mayor frecuencia.
  - b) Velocidad media menor.
2. **Tipo II.** En movimiento al principio o al final.
  - a) Se encuentra ocasionalmente.
  - b) Mayor velocidad media.
  - c) Los datos para el caso "B" se encuentran en la columna de la tarjeta de datos titulada "mano en movimiento".

- d) Los datos para los casos “A” y “C” determinados con ayuda del caso “B” se encuentran en la columna “mano en movimiento”.
  - e) Símbolos:
    - En movimiento al principio mM20B.
    - En movimiento al final M20Bm.
3. **Tipo III.** En movimiento tanto al principio como al final.
- a) Extremadamente raro.
  - b) Símbolo mM20Bm.
  - c) La velocidad media más alta.

### C. Distancia

Ver lo referente al alcanzar para un resumen de la información sobre distancia.

### D. Peso o resistencia

1. El aumento de peso o resistencia en un mover tiene el efecto de aumentar el tiempo para su ejecución.
  2. Peso neto efectivo (PNE).
    - a) PNE es igual a la resistencia encontrada por la mano sola cuando está ejecutando un mover.
    - b) Para los mover especiales, el PNE es igual al peso del objeto.
    - c) Para los mover especiales, el PNE es igual al peso del objeto multiplicado por el coeficiente de fricción.
    - d) Si un objeto es de 10 kg se sostiene igualmente por ambas manos, el PNE para cada mano es de 5 kg, un PNE de 5 kg se muestra tanto en la columna izquierda como en la derecha de la hoja de análisis.
  - e) Un mover de 50 cm, con un PNE de 8 kg hacia un lugar aproximado se registraría M50B8.
3. Componente estático.
- a) El tiempo requerido para la tensión muscular que debe ejercerse a un nivel que resulta en el movimiento del objeto que va a moverse.
  - b) El componente estático ocurre antes de que se mueva el objeto.
  - c) El valor de tiempo se encuentra en la columna “Constante” de la tabla del mover.
  - d) El componente estático no ocurre si el objeto ya está bajo el control del operario.
  - e) Fórmula:  $TMU = 0.475 + 0.761 \text{ PNE}$ .
4. Componente dinámico.
- a) El tiempo durante el cual el objeto está en movimiento.
  - b) El tiempo se determina multiplicando los TMU de un mover sin peso, por la cifra que aparece en la columna “factor” de la tabla del mover para el respectivo PNE. El tiempo para el componente dinámico de M25C10 es el tiempo para el M25C (13.7 TMU) multiplicado por 1.22, lo que es igual a 16.7 TMU. (Nótese que esto no incluye el tiempo para el componente estático.)
  - c) Fórmula:  $TMU = x (1 + 0.024 \text{ PNE})$  en la que  $x = TMU$  para el componente dinámico sin peso.
5. Los tiempos para los componentes estáticos y dinámicos se suman para obtener el tiempo total de mover.

Tabla 3.2 Mover-M.

Distancia Recorrida (cm)	Tiempo (TMU)				Factor multiplicador peso kg			Caso y descripción
	A	B	C	Mano en movimiento	Hasta	Factor	TMU	
2	2.0	2.0	2.0	1.7	1	1.00	0.0	Mover objeto a la otra mano o contra un tope.
4	3.1	4.0	4.5	1.9	2	1.04	1.6	
6	4.1	5.0	5.8	2.2	4	1.07	2.8	Mover objeto a una localización aproximada o indefinida.
8	5.1	5.9	6.9	2.9	6	1.12	4.3	
10	6.0	6.8	7.8	3.5	8	1.17	5.8	
12	6.9	7.7	8.8	4.1	10	1.22	7.3	Mover objeto a una localización exacta.
14	7.7	8.5	9.8	4.6	12	1.27	8.8	
16	8.3	9.2	10.5	5.1	14	1.32	10.4	
18	9.0	9.8	11.1	5.7	16	1.36	11.9	
20	9.6	10.5	11.7	6.2	18	1.41	13.4	
22	10.2	11.2	12.4	6.6	20	1.46	14.9	
24	10.8	11.8	13.0	7.2	22	1.51	16.4	
26	11.5	12.3	13.7	7.9				
28	12.1	12.8	14.4	8.6				
30	12.7	13.3	15.1	9.2				
35	14.3	14.5	16.8	11.0				
40	15.8	15.6	18.5	12.8				
45	17.4	16.8	20.1	14.6				
50	19.0	18.0	21.8	16.4				
55	20.5	19.2	23.5	18.1				
60	22.1	20.4	25.2	19.9				
65	23.6	21.6	26.9	21.5				
70	25.2	22.8	28.6	23.3				
75	26.7	24.0	30.3	25.0				
80	28.3	25.2	32.0	26.8				

**Girar**

*I. Definición.*

Movimiento básico empleado para girar la mano sobre el eje largo del antebrazo.

- a) Símbolo: T.
- b) Mano vacía o cargada.
  1. Girar realizando con la mano vacía es frecuentemente llamado un alcanzar-girar.
  2. Girar realizando con la mano cargada es un mover-girar.
  3. Cuando un girar se combina con un alcanzar o mover, es generalmente conveniente medir el alcanzar o mover en el nudillo del dedo cordial para evitar el efecto de desplazamiento del girar sobre la medición.

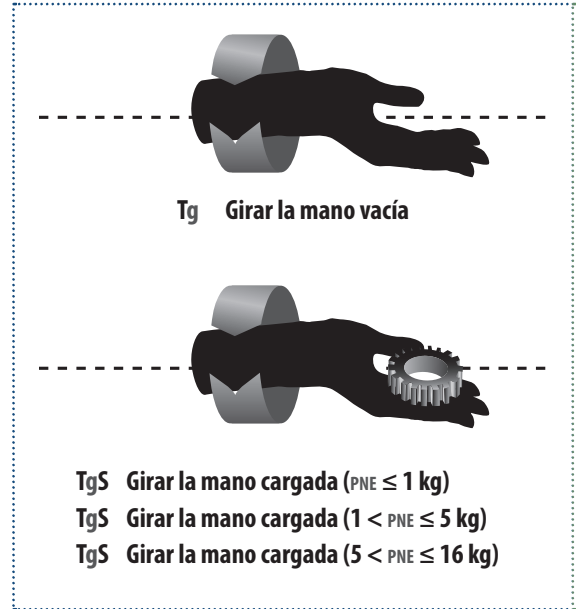


Figura 3.5 Girar.

*II. Variables.*

Es necesario considerar únicamente la distancia y la resistencia.

- 1. Distancia. Número de grados girados sobre el eje largo del antebrazo.

- 2. Resistencia 4 categorías.
  - a) Sin resistencia mano vacía.
  - b) S-objeto pequeño.
  - c) M-objeto mediano.
  - d) L-objeto grande.

Tabla 3.3 Girar-T.

Peso	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño 0 a 1 kg	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4
Mediano 1.1 a 5 kg	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.8
Grande 5.1 a 16 kg	8.4	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

**Aplicar presión**

*I. Definición.*

Aplicación de la fuerza muscular para vencer la resistencia de un objeto, acompañado por poco o ningún movimiento.

- a) Símbolo: AP.
- b) Aplicar presión se caracteriza por:
  - Pausa corta o titubeo.
  - La tensión de los músculos del operador.
  - Empujar, exprimir o jalar con la mano.



- Presencia de AP que es en parte determinada por la cantidad de fuerza y por el miembro del cuerpo usado.



Figura 3.6 Aplicar presión.

II. Variables.

- AP1. La reorientación o ajuste del miembro del cuerpo para evitar inconformidad o daño a sí mismo o el acondicionamiento preliminar de los músculos para exprimir o apretar con otra forma del objeto que lo requiera.
- AP2. Igual que al AP1, salvo que la reorientación o ajuste del miembro del cuerpo o el acondicionamiento preliminar de los músculos no se requiera.
- AP1. Es esencialmente un AP2 precedido por un G2.

III. Aplicación.

- No toda aplicación de fuerza se analiza como AP. La aplicación de fuerza se analiza únicamente como AP cuando no forma parte de algún otro movimiento básico.
- Los miembros débiles del cuerpo algunas veces exigen un AP para aplicar fuerza en operaciones que no requerirían el AP a menudo si se usa el miembro del cuerpo más adecuado.

Aplicar presión	TMU
Caso "A"	10.6
Caso "B"	16.2

Coger

I. Definición.

Elemento básico de los dedos o de la mano para asegurar el control de un objeto.

- El coger se compone de otros movimientos básicos, principalmente del alcanzar y mover.
- Los coger extraordinarios pueden analizarse en términos de los movimientos básicos que los comprendan (esto puede incluir varias combinaciones de alcanzar, coger, mover, aplicar presión, posicionar y así sucesivamente).
- El coger se ejecuta únicamente con la mano y los dedos.
- Los valores de tiempo del coger son para lograr un control completo de los objetos con un peso nominal (el control completo de objetos que tengan un peso importante, se obtiene con el coger más el siguiente movimiento básico que ocurra).



Figura 3.7 Coger.

## II. Los casos de coger.

## 1. G1. Coger levantando.

- a) G1A. Un objeto pequeño mediano o grande por sí mismo que es asido fácilmente.
  - Ejecutando al cerrar lo dedos.
  - Generalmente consiste de un RfA con los dedos.
  - No pueden presentarse obstrucciones al coger.
- b) G1B. Coger un objeto muy pequeño, o un objeto que esté cerca o contra una superficie plana.
  - Se requiere cuidado debido a la interferencia con el coger.
  - Por lo general consiste en un RID, o un RfA seguido por un MfB.
- c) G1C. Interferencia con coger en el fondo o en un lado de un objeto casi cilíndrico.
  - G1C1. Diámetro mayor de 12 mm.
  - G1C2. Diámetro de 6 mm a 12 mm.
  - G1C3. Diámetro menor de 6 mm.

## 2. G2. Volver a coger.

- a) Usado para mejorar el control sobre un objeto cogido.
- b) A menudo se limita por la ejecución de mover.

- c) Compuesto de dos o tres alcanzar cortos limitados de dedos y/o mover, acompañados por una variedad ilimitada de movimientos de dedos sobrepuestos.

## 3. G3. Coger por transferencia.

- a) Un objeto fácilmente sujetado se pasa de una mano a la otra.
- b) Consiste de:
  - Coger la parte con un G1A con una mano.
  - Reacción.
  - Soltar la parte de la palma de la otra mano.
- c) No comprende la parte de la palma de la otra mano.

## 4. G4. Coger levantando un objeto amontonado con otros objetos de manera que ocurra el buscar y seleccionar.

- a) G4A. Mayor de  $25 \times 25 \times 25$ .
- b) G4B. Mayor a  $6 \times 6 \times 3$  menor a  $25 \times 25 \times 25$ .
- c) G4C. Menor de  $6 \times 6 \times 3$ .

## 5. G5. Coger al contacto, de deslizamiento o de gancho.

- a) Es principalmente un término descriptivo.
- b) No consume tiempo.
- c) Ocurre en todos los demás coger.

Tabla 3.4 Coger-G.

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 $25 \times 25 \times 25$ mm.
4B	9.1	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar, mayor a $6 \times 6 \times 3$ mm menor que $25 \times 25 \times 25$ mm.
4C	12.9	Objeto mezclado con otros por lo que ocurren alcanzar y seleccionar menor que $6 \times 6 \times 3$ mm.
5	0	Coger al contacto, deslizamiento o agarre de gancho.

**Posicionar**

**I. Definición.**

Elemento básico de los dedos o mano ocupados para alinear, orientar y encajar un objeto con otro para obtener una relación específica.

- a) El posicionar consiste de dos clases de movimiento.

1. Movimientos de transporte.

- Encaje primario.
- Encaje secundario (excepto los posicionar de superficie).

2. Movimientos de ajuste.

- Alinear.
- Orientar.

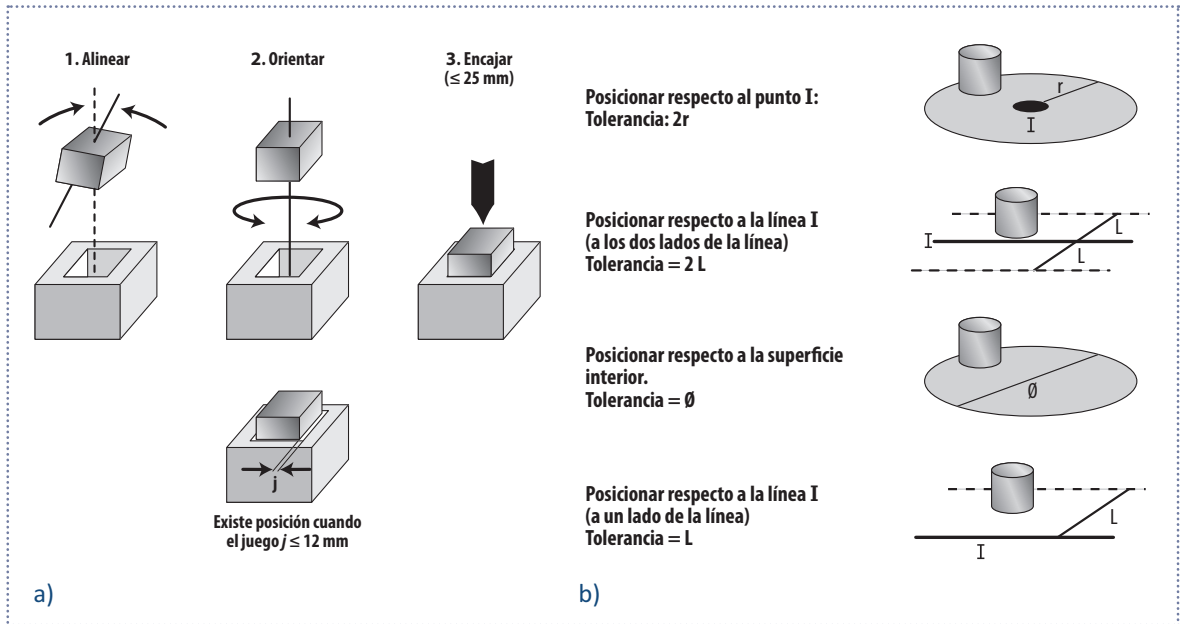


Figura 3.8 a) Posición con introducción. b) Posición sin introducción.

- b) La tabla de posicionar se construye de los siguientes movimientos básicos:

- Posicionar-P1SE.
- Volver a coger-G2.

3. Girar 45°-T45.

4. Girar 75°-T75.

- Aplicar presión caso 2-AP2.

II. Posicionar de inserción. Una parte se inserta en otra o viceversa.

**A. P1SE. El movimiento básico de posicionar**

1. Comprende tolerancias menores que el mover "C", esto es +/- 3 mm o menos, pero

únicamente tolerancias tan flojas que no se requiere presión alguna para su inserción.

2. Comprende encaje primario, encaje secundario hasta inserción de 2.5 cm, y movimientos de alineamiento.

3. No comprende ninguno de los movimientos de orientación.

4. Comprende únicamente objetos de fácil manejo.

5. Se incluye en todos los demás posicionar.

**B. Clase de ajuste**

1. P1-suelto. No requiere presión.

2. P2-aproximado. Se requiere una ligera presión. (P1 + AP2).

3. P3-exacto. Se requiere una presión fuerte (P1 + Ap2 +G2 + AP2 + AP2).

**C. Simetría (en el punto de encaje)**

1. S Simétrico. La parte puede girarse en cualquier dimensión sobre el eje de orientación.
2. SS Semi-Simétrico. Toda simetría menos S o NS (T45).
3. NS No Simétrico. La parte puede localizarse solamente en una dirección sobre el eje de orientación (T75).

**D. Facilidad de manejar**

1. E. Fácil.
2. D. Difícil (G2 o su equivalente).

III. Los posicionar de superficie no incluyen ningún encaje secundario (inserción).

1. P1SE. Tolerancia +/- 3 mm a +/- 1 mm.
2. P2SE. Tolerancia +/- 1 mm y menos.
3. SS y NS extremadamente raras.
4. D. Difícil de manejar se usa cuando se necesite.

Tabla 3.5 Posicionar-P.

Clase de ajuste	Nivel de presión	Simetría	Manejo fácil	Manejo difícil
Holgado	No requiere presión	S	5.6	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16
Estrecho	Requiere presión ligera	S	16.2	21.8
		SS	19.7	25.3
		NS	21	26.6
Exacto	Requiere presión intensa	S	43	48.6
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4

**Soltar**

**I. Definición.**

Movimiento básico de los dedos o de las manos que se emplea para dejar el control del objeto.

- Los casos de soltar:
  - RL1. El soltar normal ejecutado abriendo los dedos, realizando con un Rfe.
  - RL2. Soltar de contacto. No consume tiempo.



Figura 3.9 Soltar.

Tabla 3.6 Soltar-RL.

Caso	Tiempo (TMU)	Descripción
1	2.0	Soltar normal abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	0	Soltar en contacto.

## Desmontar

### I. Definición.

Elemento básico de manos y dedos, empleado para separar un objeto de otro en que ocurra una terminación repentina de la resistencia.

- a) Ocurre cuando se separan objetos de una determinada cantidad de fuerza seguida por una separación repentina que se presenta.
- b) Comprende únicamente la separación final de los objetos, no le preceden movimientos.
- c) Lo contrario a posicionar.

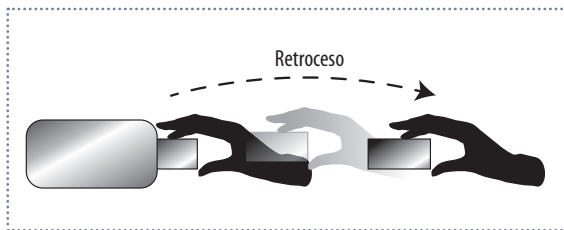


Figura 3.10 Desmontar.

### II. Variables.

#### A. Clase de ajuste

Determinado por lo apretado del ajuste de las partes que están siendo separadas.

- 1. D1. Suelto.
  - a) Esfuerzo muy ligero, se mezcla con el mover subsecuente.
  - b) Retroacción máxima 5 cm.
- 2. D2. Flujo.
  - a) Esfuerzo normal, retroacción ligera.
  - b) Retroacción máxima 12.5 cm.
- 3. D3. Duro.
  - a) Esfuerzo considerable, la mano tiene una marcada retroacción.
  - b) Retroacción mayor a 12.5 cm.

#### B. Facilidad de manejo

- 1. E. Fácil de manejar. El objeto puede desmontarse sin cambiar en forma alguna de coger.

- 2. D. Difícil de manejar. El coger debe cambiarse durante el desmontar.

### C. Cuidado con el manejo

- 1. El cuidado requerido para evitar daños a objetos o prevenir daño a la mano.
- 2. Cuando ocurra en el D1, úsese el D2.
- 3. Cuando ocurra en el D2, úsese el D3.
- 4. Cuando ocurra en el D3, cámbiese de método.

### D. Atorón

- 1. Todos los valores de tiempo de desmontar se basan en situaciones en las que no ocurren atorones.
- 2. El atorón se maneja sumando otros movimientos al desmontar cada vez que ocurran atorones.
- 3. Debido a un ajustar flojo, los atorones no ocurren en el D1.
- 4. Cuando ocurren atorones con D2 agréguese el volver a coger G2 para cada atorón.
- 5. Cuando ocurren atorones con D3, agréguese AP1 para cada atorón.

### III. Medición de la longitud del desmontar y del subsecuente mover.

#### A. Desmontar

- 1. La longitud de la retroacción que sigue a la separación repentina de la pares.
- 2. Cualesquiera movimientos precedentes a la separación repentina (salvo aquellos cubiertos por la categoría manejar) deben ser analizados como otros movimientos básicos.

#### B. Mover

Empieza en el punto en donde termina la retroacción.

- 1. En movimiento al principio si está en la misma dirección de la retroacción.
- 2. En reposo al principio si está en la dirección opuesta a la retroacción.
- 3. Tipo de movimiento determinado por observación para direcciones entre los movimientos opuestos mencionados.

Tabla 3.7 Desmontar-D.

Clase de ajuste	Descripción	Manejo fácil	Manejo difícil
Holgado	Esfuerzo muy ligero, se mezcla con mover subsecuente.	4.0	5.7
Estrecho	Esfuerzo normal, retroceso ligero.	7.5	11.8
Exacto	Esfuerzo considerable, retroceso manual notorio.	22.9	34.7

**Recorrido y enfoque oculares**

*I. Definición.*

Movimiento básico ocular que se emplea para cambiar el eje de visión de un lugar a otro.

- a) Símbolo: ET.
- b) Valor de tiempo - 0.285 TMU por grado de tiempo máximo total de 20.0 TMU.
- c) Se presenta solo ocasionalmente con un movimiento limitado.

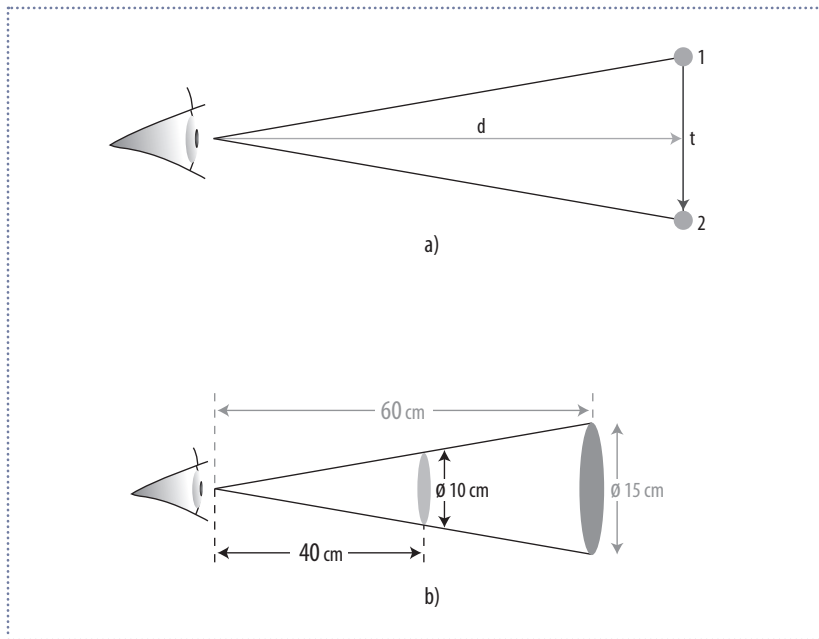


Figura 3.11 a) Recorrido ocular y b) enfoque ocular.

**A. Medición de recorrido ocular usarse ya sea en 1 o 2**

1. Se puede estimar cada 15° de aumento y usarse la tabla de recorrido para ocular PA el valor máximo, o multiplicar los grados por 0.285 TMU hasta 20 TMU como un total máximo.

- a) Método de uso fácil.
  - b) Aplicable para medir todos los casos de ET.
  - c) Símbolo de recorrido ocular de 30° es ET30.
2. Medir la distancia entre los puntos de y hasta los cuales viaja el ojo, y la distancia perpendicular desde el ojo a la línea real

o imaginaria entre los dos puntos, y usar la fórmula que está en la tarjeta de datos MTM.

- a) Método a menudo de uso fácil.
- b) Aplicable para medir el ET cuando los puntos de y hacia los cuales viaja el ojo están equidistantes de los ojos.
- c) El símbolo para el recorrido ocular en que la distancia entre los puntos es 50 cm y la distancia a la línea es de 45 cm ET 50/45.

II. *Definición.*

El enfoque ocular es el elemento básico visual mental de mirar hacia un objeto, durante el tiempo que sea suficiente para determinar una característica fácilmente visible.

- a) Símbolo: EF.
- b) Comprende el tiempo para enfocar los ojos y la decisión sencilla basada en lo que vea el ojo.

- c) Ocurre rara vez como movimiento limitado.
- d) Tiempo de ejecución: 7.3 TMU.

III. La lectura ocurre como una serie de recorridos oculares y enfoques oculares.

- a) Extremadamente variable en el tiempo de ejecución debido a los métodos cambiantes y a la dificultad del material de lectura.
- b) El valor de tiempo satisfactorio para la mayoría de las lecturas que se encuentran en la industria es de 5.05 TMU por palabra. (Esto equivale a una velocidad de lectura de 330 palabras por minuto). Este valor tiene el propósito de usarse únicamente para la lectura casual, y no para los casos en que deba hacerse una gran cantidad de lectura.

Tabla 3.8 Tiempo de recorrido ocular de ojo y enfoque- ET & EF.

Tiempo de recorrido del ojo =  $15.2 \times T/D$  TMU, con un valor máximo de 20 TMU.

**Donde:**  
T = distancia entre los puntos límite de recorrido del ojo.  
D = distancia perpendicular desde el ojo hasta la línea de recorrido T.

Tiempo de enfoque del ojo = 7.3 TMU.

**Transportes del cuerpo**

I. *Definición.*

Caminar es el movimiento del cuerpo hacia adelante o hacia atrás, que se realiza con pasos alternados.

- a) Símbolo: W.
- b) Condiciones:
  - Sin obstrucción: caminar sobre una superficie buena, relativamente libre de obstrucciones.
  - Con obstrucción: caminar en zonas de trabajo congestionadas o en las que la longitud del paso se restringe artificialmente.

- c) Carga.
  - Las cargas en aumento tienden a reducir la longitud del paso.
  - Las cargas mayores a 25 kg aumentan el tiempo por paso de 15.0 a 17.0 TMU.
- d) Unidad de medida.

**1. Paso**

- a) Unidad que se usa más comúnmente.
- b) Longitud de paso estándar 86.4 cm.
- c) La longitud del paso se disminuye con el aumento de la carga, pero el tiempo permanece constante por paso hasta una carga de 25 kg.

## 2. Metros

- Se usa de cuando en cuando, especialmente para caminatas largas.
- El tiempo por metro aumenta con el incremento de la carga.

## Manivela

### I. Definición.

El movimiento de manivela es el movimiento de los dedos, mano, muñeca y antebrazo en una trayectoria circular, con el antebrazo pivoteando en el codo.

- El movimiento de manivela es una clase especial de mover, no es un girar.
- Fue objeto solamente de una investigación preliminar.
- Los datos tentativos fueron aprobados por la MTM Asociación.
- Los datos son únicamente adjudicables en los casos en que exista una resistencia constante.

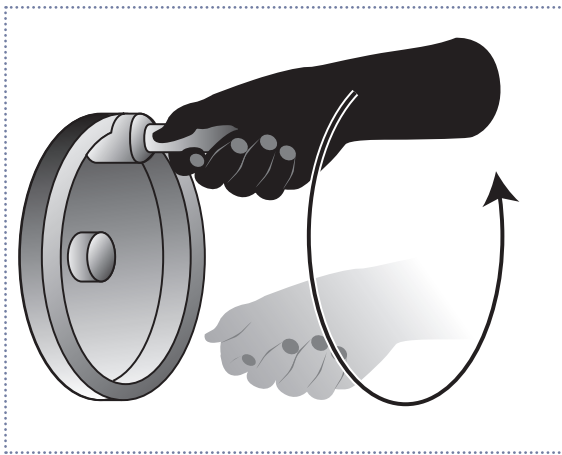


Figura 3.12 Manivela.

### II. Variables.

#### A. Tamaño de movimientos de manivela

- Diámetro de la trayectoria de la mano. Medido en la base del nudillo del dedo índice.
- Diámetro del trayecto de la mano, a menudo corresponde con el diámetro del volante.

## B. Número de revoluciones

- El movimiento de manivela ocurre solamente cuando hay 1/2 revolución o más.
- Si es menor de 1/2 revolución, úsense los datos del mover.

## C. Resistencia

- Los datos del componente estático y dinámico de la tabla del mover son aplicables al movimiento de manivela.
- La resistencia se considera importante únicamente cuando es mayor a 2 kg.

## D. Método

- Continuo. Solamente un iniciar y un parar.
- Intermitente. Un iniciar y un parar cada revolución.
- Se usa para obtener estándares a partir de los planos de distribución de la planta expresados en metros o para fines de estimación.

## E. Determinación del tiempo de caminar.

- Úsense los datos de la tabla 3.9 de la tarjeta de datos MTM.

### I. Definición.

El paso lateral es un movimiento lateral del cuerpo sin rotación, realizado por uno o dos pasos.

- Símbolo: SS.
- Variables.
- El paso lateral es rara vez limitador si el paso es menor de 30 cm.
- La SS-C1 consiste de un paso.
- La SS-C2 consiste de dos pasos.
- La longitud del paso es la distancia recorrida, que se mide en la línea central del tronco.
- Los datos se encuentran en la tabla 3.9 de la tarjeta de MTM.
- Longitud del paso lateral mostrada en el símbolo, por ejemplo:
  - SS12C1.
  - SS15C2.
  - SS20C1.

II. Girar el cuerpo. Movimiento de rotación del cuerpo que se ejecuta por uno o dos pasos.



- Símbolo: TB.
- Variables.
  1. Frecuencia (número de pasos).
  2. Grados girados.
    - a) El girar del cuerpo es raramente limitado cuando tiene menos de 45°.
    - b) La mayoría de los movimientos de girar el cuerpo de encuentran entre 45 y 90°.
    - c) Para girar más de 90° por lo general se requieren dos movimientos de girar el cuerpo.
- **S (Encucillarse).** Movimiento de inclinar el cuerpo en un arco hacia adelante desde la posición de pie de manera que las manos puedan alcanzar el piso.
- **KOK (Arrodillarse en una rodilla).** Movimiento de bajar el cuerpo de estar en una posición de pie firmes desplazando un pie hacia adelante o hacia atrás y bajando la rodilla de la otra pierna hasta el piso.
- **KBK (Arrodillarse en ambas rodillas).** Movimiento de bajar el cuerpo desde una posición erecta de pie desplazando un pie hacia adelante o hacia atrás, y bajando una rodilla al piso y colocando la otra rodilla adyacente a él.

### Movimientos del cuerpo

- **FM (Movimiento de pies).** Movimiento del metatarso del pie hacia arriba o hacia abajo, con el talón del pie sirviendo como punto de apoyo (fulcro).
- **LM (Movimiento de piernas).** Movimiento de la pierna en cualquier dirección con la rodilla o la cadera como pivote, cuyo propósito predominante es mover el pie más que mover el cuerpo.
- **B (Agacharse).** Movimiento de inclinar el cuerpo en un arco hacia adelante, desde la posición de pie de manera que las manos puedan alcanzar más abajo del nivel de las rodillas.
- **AB, AS, AKOK, AKBK.** Levantarse de cada una de las cuatro posiciones anteriores hasta una posición de pie firme.
- **SIT (Sentarse).** Movimiento de bajar el cuerpo desde una posición de pie firme directamente frente al asiento y trasladar el peso del cuerpo al asiento.
- **STD (Pararse).** Movimiento de trasladar el peso del cuerpo del asiento y levantar el cuerpo a una posición de pie firme directamente frente al asiento.



Los movimientos del cuerpo se distinguen por el nivel de control que el operador tiene que ejercer al ejecutarlos.

Tabla 3.9 Movimientos de cuerpo, pierna y pie.

Movimiento	Descripción	Símbolo	Distancia	Tiempo TMU
Pie	Con apoyo en el tobillo. Con presión intensa.	FM	Hasta 4"	8.5
		FMP		19.1
Pierna o muslo		LM	Hasta 6" + 25 mm	7.1 1.2
Paso lateral	Caso 1: Termina cuando la pierna de adelante hace contacto con el piso.	SS-C1	Menor de 30 cm	Emplear alcanzar o mover.
	Caso 2: La pierna de atrás debe hacer contacto con el piso antes del siguiente movimiento.	SS-C2	De 30 cm + 25 mm De 30 cm + 25 mm	17.0 0.6 34.1 1.1
Doblarse	Ponerse en pie o apoyarse en el piso con una rodilla, levantarse.	B, S, KOK, AB, AKOK.		29.0 31.9
Arrodillarse	Apoyarse en piso con ambas rodillas, levantarse.	KBK AKBK		69.4 76.7
Sentarse		SIT		34.7
Pararse	Ponerse de pie desde la posición sentado.	STD		43.4
Girar el cuerpo de 45 a 90°	Caso 1: Termina cuando la pierna que va adelante hace contacto con el piso.	TBC1		18.6
	Caso 2: La pierna retrasada hace contacto con el piso antes del siguiente movimiento.	TBC2		37.2
Caminar		W-FT	Por pie	5.3
Caminar		W-P	Por paso	15.0

Tabla 3.10 Movimientos simultáneos.

Alcanzar				Mover				Coger				Posicionar				Desensamblar									
								G1A								P1NS									
A		C		A				G2	G1B				P1SS	P2SS		D1E									
E	B	D		Bm	B		C	G5	G1C	GA		P1S	P2S		P2NS	D1D	D2		Caso			Movimiento			
		W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	E	D	E	D	E	D		E	D					
F	F	F	F	F	F	F	F	M	M	F	F	F	F	F	F	M	M	M	F	F	F	A, E			
F	F	F	M	F	F	F	M	M	D	F	F	M	M	D	M	M	D	D	D	F	F	M	B		
		F	M	M	D	M	D	D	D	F	M	D	D	D	D	D	D	D	D	M	D	D	C, D		
				F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	M	M	M	F	F	F	A, Bm			
					F	F	F	F	F	F	F	M	M	D	M	M	D	D	D	F	F	M	B		
						X	D	F	M	D	D	D	D	D	D	D	D	D	M	D	D	C			
								F	F	F	F	F	F	F	F	D	D	D	F	D	D	G1A, G2, G5			
									D	D	M	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	G1S, 1C			
										D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	G4			
											M	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	P15			
												D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	P1SS, P2S			
													D	D	D	D	D	D	D	D	D	P1NS, P2SS,			
														D	D	D	D	D	D	D	D	P2NS			
															F	F	F	D1E, D1D			Desensamblar				
																F	F	D2							

F= fácil de realizar simultáneo.

M= se puede realizar simultáneo con práctica.

D= difícil de realizar simultáneo asignar ambos tiempos.

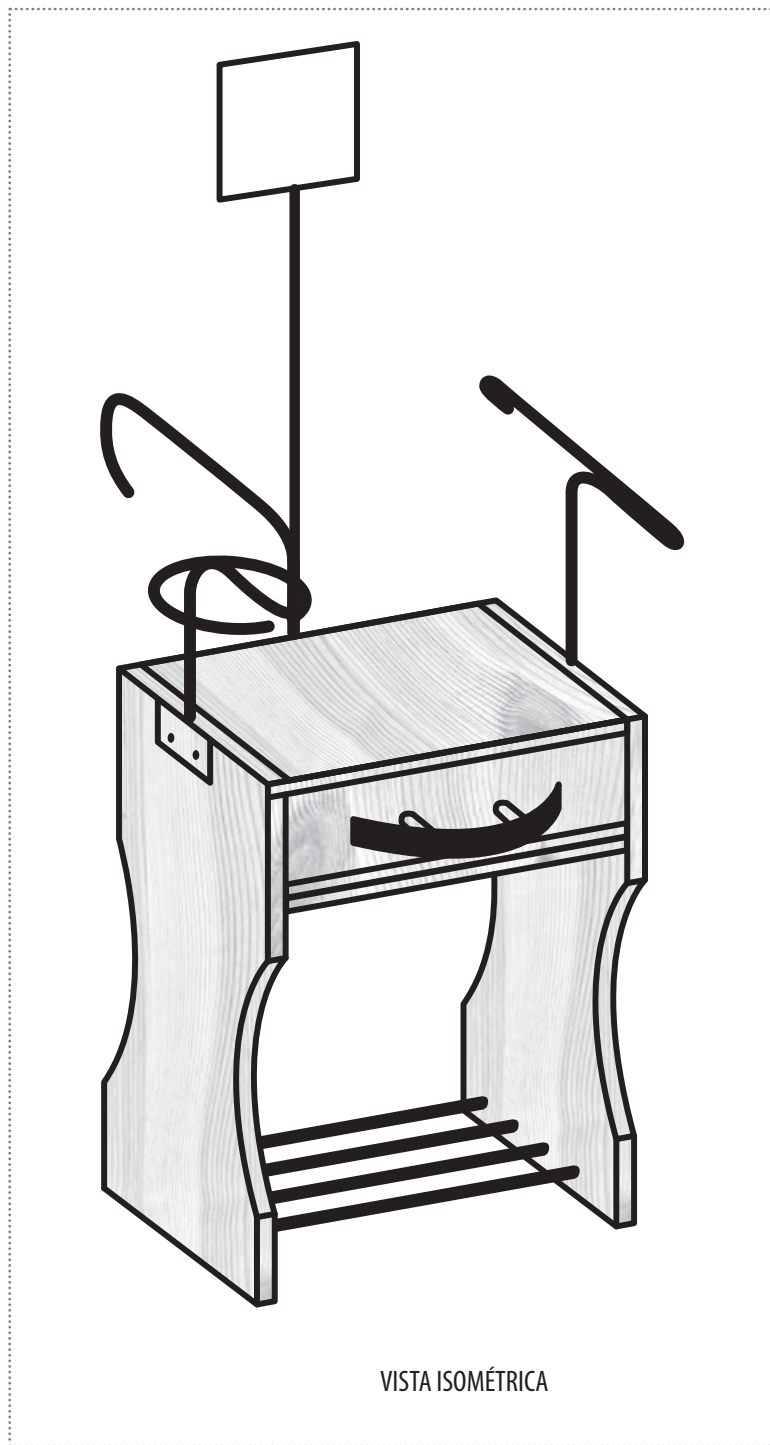



Figura 3.13 Ejemplo de un sistema del método de trabajo y sus componentes. Dibujo isométrico de pieza.

### 3.2 Corte longitudinal

#### Orden de trabajo

Orden de trabajo				Número de orden: 001	
Descripción:		Fabricación de banco de noche		Responsable:	Pamela Romero Márquez
Solicitada por:	Producción	Autorizada por:	Coordinación e Ingeniería de Programación y Control de Producción		
Tareas a ejecutar					
Descripción de la tarea			Tiempo estimado	Tiempo real	Observaciones
Corte base cajón			1.08	1.35	Tiempo a mejorar
Corte contracubierta			1.00	1.06	
Corte cubiertas			1.00	1.01	
Cortes frontales			1.00	1.03	
Cortes laterales de cajón			1.05	1.13	
Corte patas transversal			1.16	1.3	
Corte patas radial			1.53	1.66	
Repuestos requeridos					
Código	Descripción del repuesto		Cantidad planificada	Cantidad utilizada	Unidad
Personal necesario para la ejecución de los trabajos					
Categoría		Horas requeridas	Horas normal	Horas extra	Horas festivos
1 operario por máquina		8 horas			
Medidas de seguridad			Observaciones		
Establecidas por el ingeniero de Seguridad, Higiene y Mantenimiento					
Finalización de trabajos					
Revisado:		Pamela Romero Márquez		Fecha:	Firma:
Coordinación e Ingeniería de Programación y Control de Producción					

## Orden de producción

Fecha expedición:				 <p>VISTA ISOMÉTRICA</p>
Departamento:		Producción		
Producir:		Mueble: mesa de noche		
Artículo:	Mesa de noche	Cantidad:	5000	
Iniciado:		Terminado:	20/06/2012	
Referencia del pedido:		Especificaciones:		
Fecha entrada pedido:		Mesa de noche con cajón, espejo, tubo para gancho, pantalón y zapatera.		
Materiales				
Vale número	Material	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
	Hoja triplay de pino para cimbra 15 122 x 244	1 546	\$373.80	\$577 894.80
Suma:				\$577 894.80
Labor o trabajo				
Número de operarios	Nombre	Horas de trabajo	\$/h	
1	Corte sierra de inglete patas (30 x 60).	8	8	
1	Corte radial patas (R23 cm).	8	8	
1	Corte sierra de inglete cubiertas (30 x 40).	8	8	
1	Corte sierra de inglete contracubiertas (30 x 37).	8	8	
1	Corte sierra de inglete bases cajón (27 x 33).	8	8	
1	Corte sierra de inglete frontal cajón (10 x 36).	8	8	
1	Corte sierra de inglete lateral cajón (10 x 27).	8	8	
1	Corte sierra de inglete tapas cajón (13.5 x 40.)	8	8	
Suma:			16	
Expedida por:	Rocío Pamela Romero Márquez	Coordinación e Ingeniería de Programación y Control de Producción		
Recibida por:		Gerencia de producción		
Control Contabilidad:				

### 3.3 Instrucción de trabajo

#### Corte transversal

1. Seleccionar la tira y acomodar la materia prima en área de entrada.
2. Colocar la tira en la herramienta de corte transversal.
3. Medir la longitud deseada verificando que el tope esté a la longitud pedida.
4. Realizar corte transversal.
5. Disponer la pieza cortada en el área de depósito.
6. Repetir instrucción 3 hasta terminar la tabla correspondiente
7. Colocar el desecho en el área de desperdicio.
8. Tomar la siguiente tabla.

9. Repetir los pasos 1 a 8 de manera consecutiva hasta terminar el número de tablas requeridas.

#### Corte radial

1. Seleccionar pata de 30 × 59 cm y acomodarla en el área de trabajo.
2. Checar que el tope y el dispositivo hecho cuadre con la tira/pata y quede bien colocado.
3. Realizar corte radial
4. Disponer la pieza cortada radialmente en el área de depósito.
5. Repetir la instrucción 1 a 4 hasta terminar el número de patas.

### Estación de trabajo

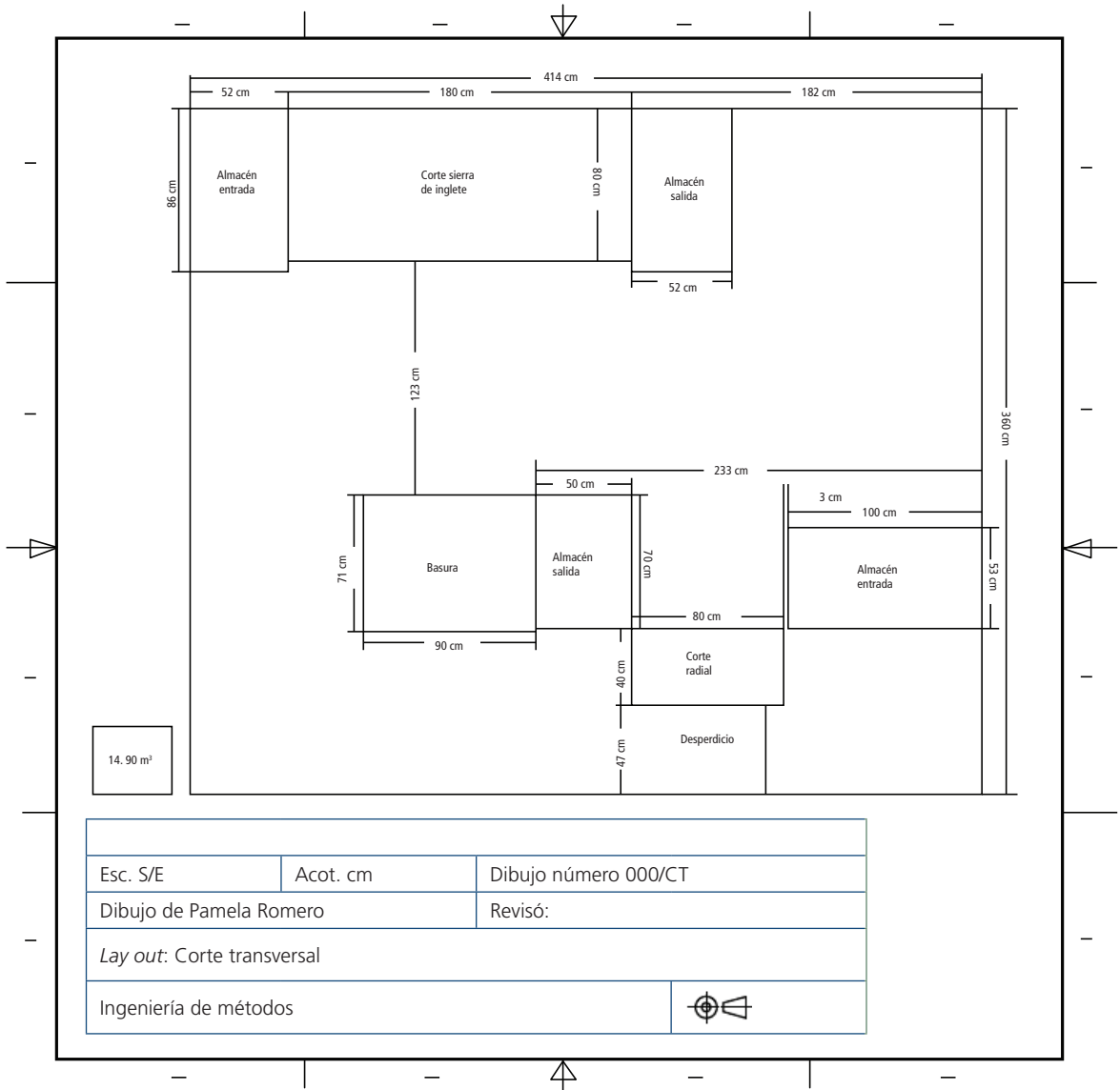


Figura 3.14



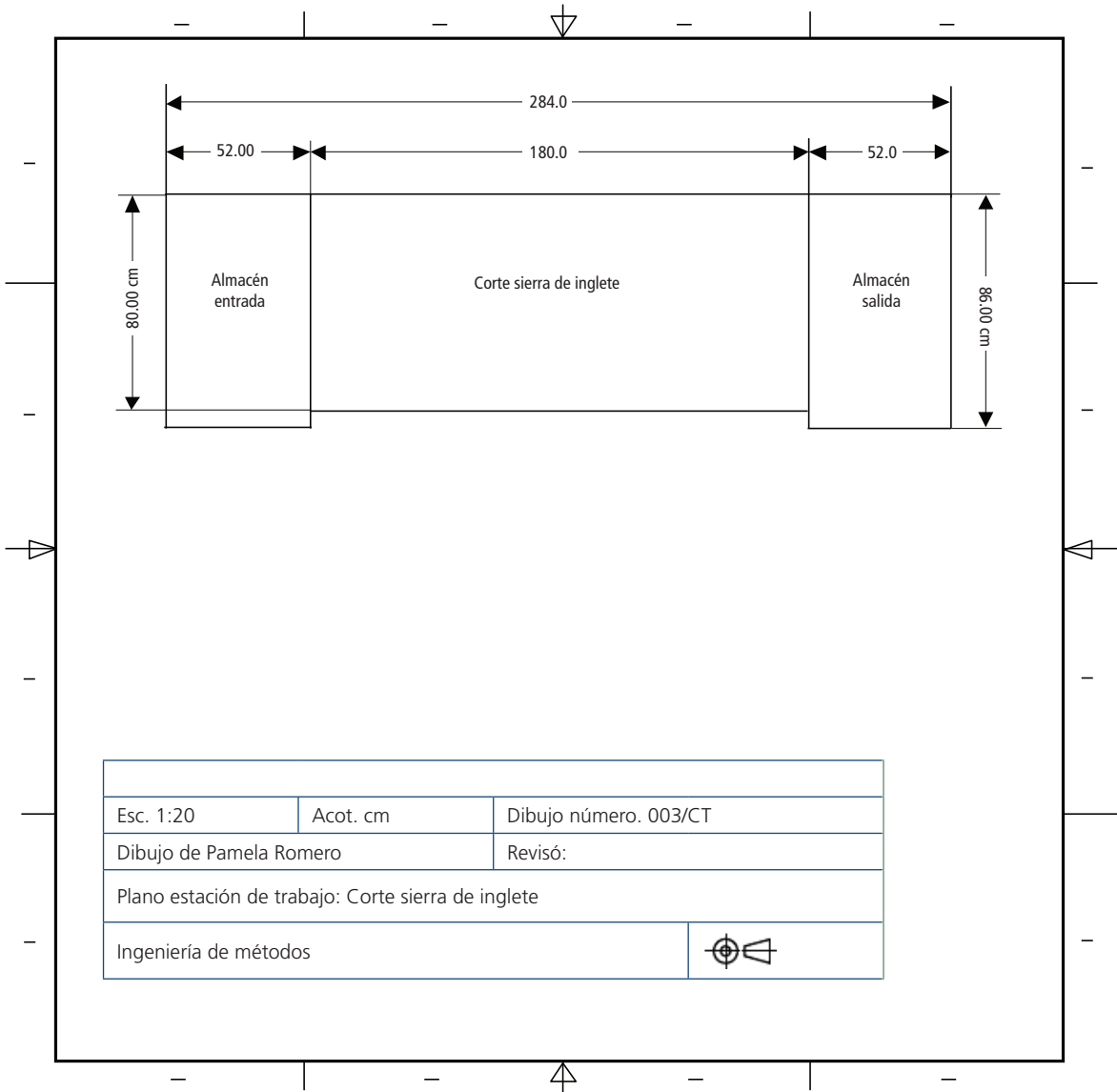


Figura 3.15

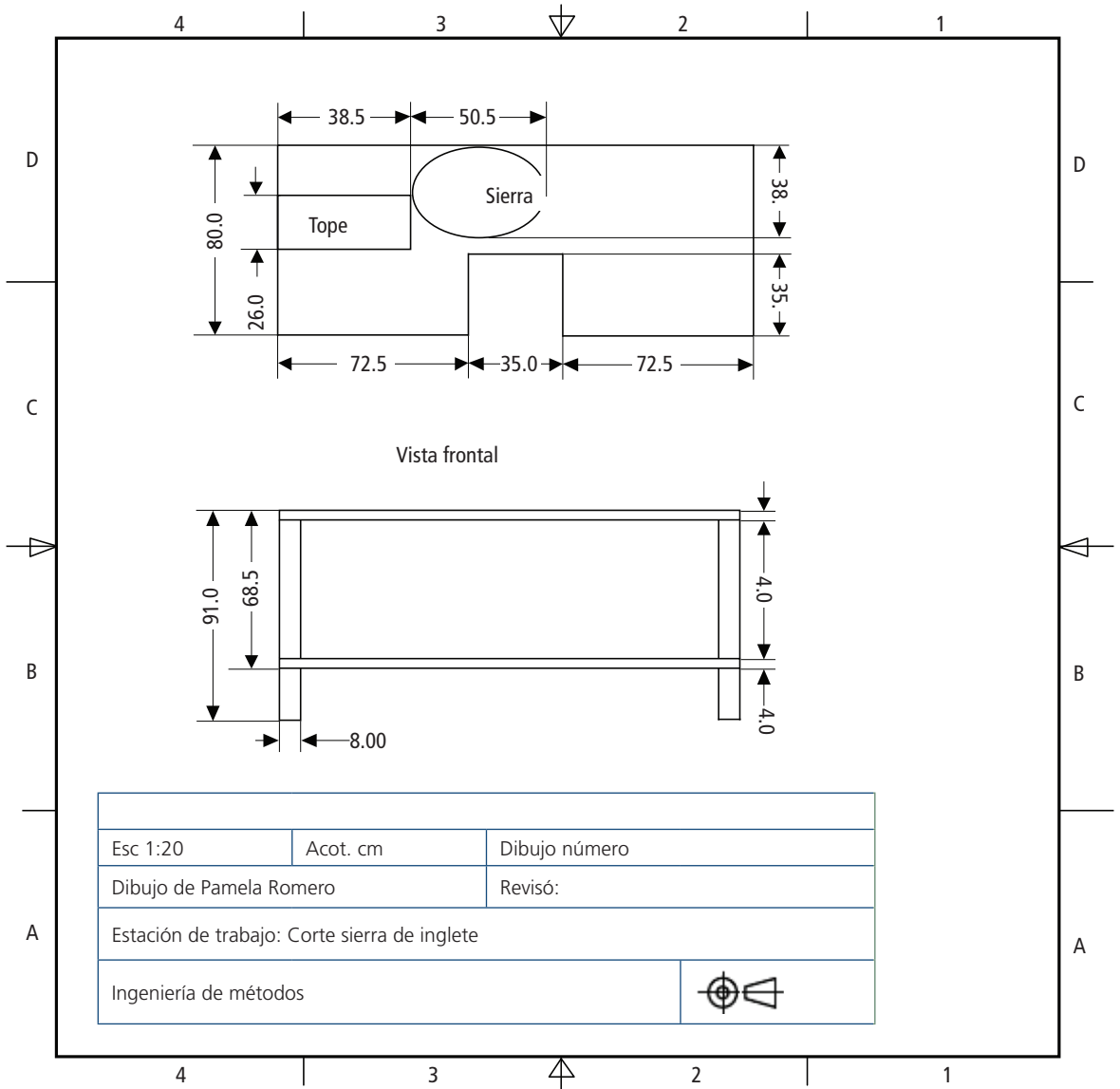


Figura 3.16

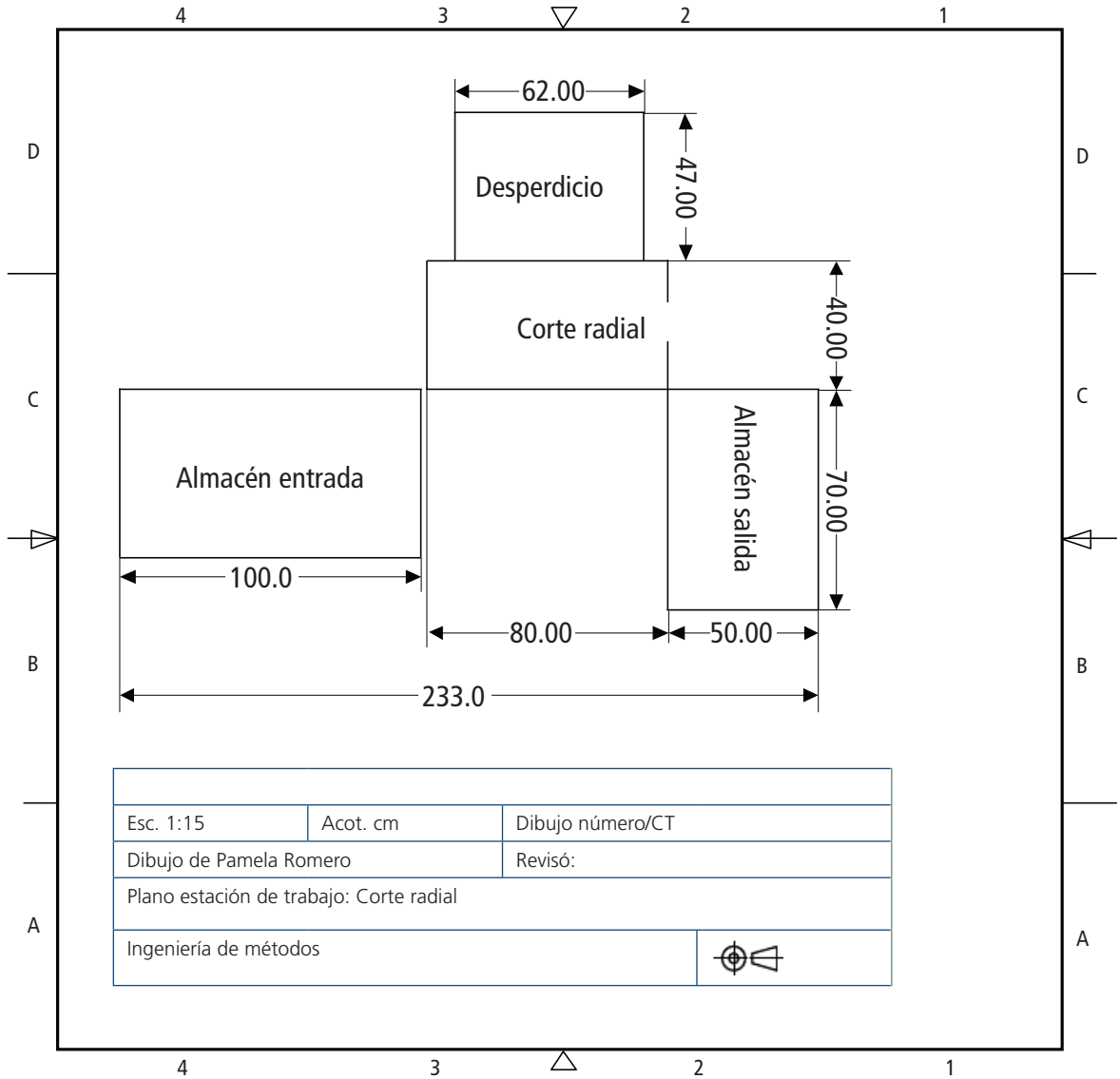


Figura 3.17

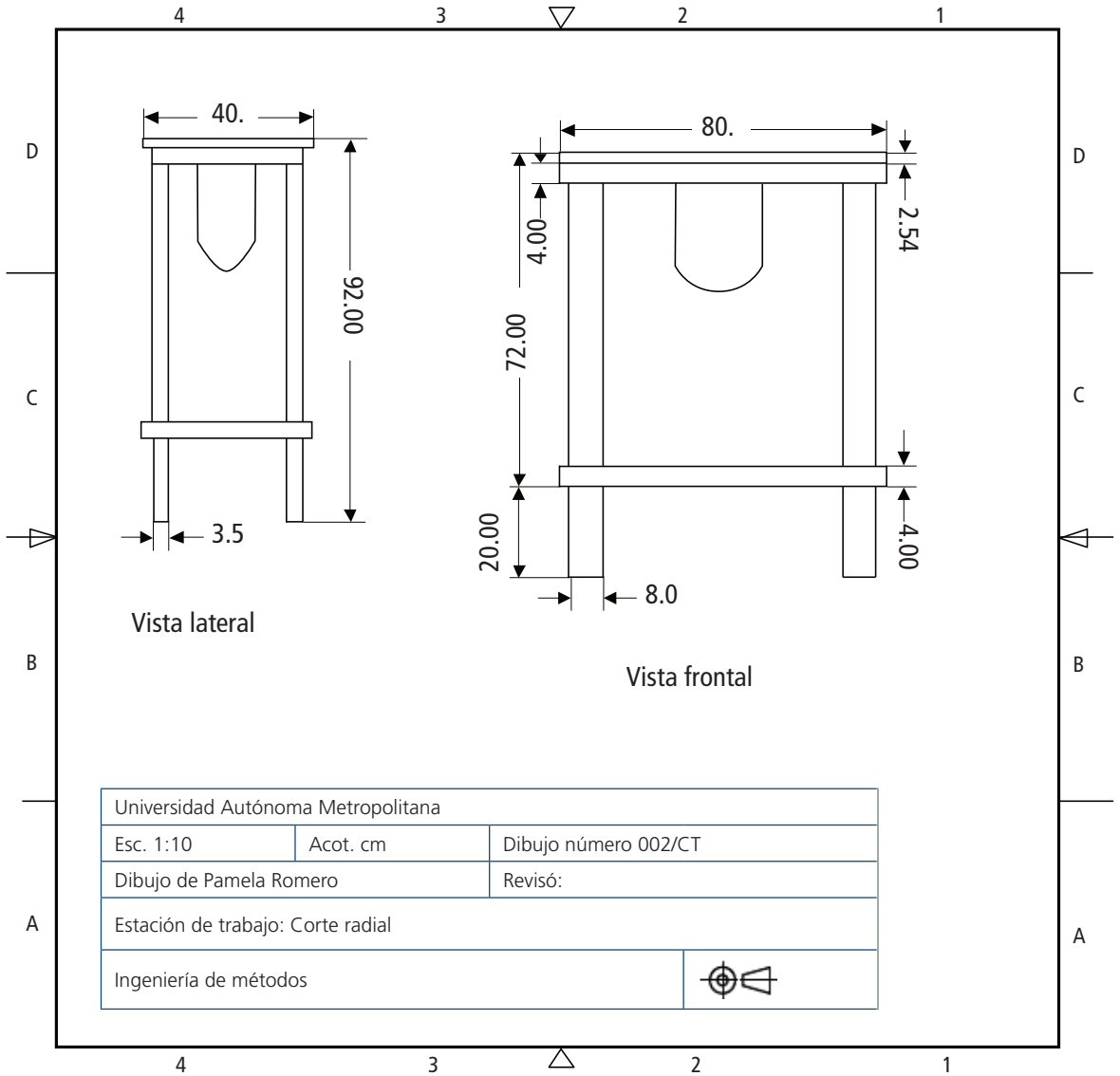


Figura 3.18

### 3.4 Perfil del operario

El operario debe cubrir cierto perfil que a continuación se detalla:

- Debe saber leer y escribir.
- Secundaria terminada.
- Conocimientos específicos: máquinas de corte de metales (sierras y cizallas), herramientas de ensamble, doblado y soldadura, equipos de medición (flexómetro, vernier, escuadra), conocimiento sobre conversión de unidades.
- Conocimientos genéricos: habilidad manual, normas de seguridad e higiene, mantenimiento de máquinas, conocimiento de interpretación de planos.
- Género: masculino.
- Edad: 18-45 años.
- Complexión: aproximadamente 1.70 m.
- Estado civil: indistinto.
- Sueldo: 3 000 a 4 000 pesos.

### 3.5 Actividades requeridas en la etapa de planificación de estudios de métodos de trabajo

Algunos de los puntos más importantes para la planeación de estudios de métodos de trabajo se detallan a continuación:

#### 1. Comité de métodos de trabajo para el desarrollo de un nuevo proceso.

El primer paso para la planeación de un nuevo proceso es la formación de un grupo de trabajo o comité de métodos de trabajo para el desarrollo del nuevo proceso, que deberá estar constituido por el director de la planta y los gerentes de los diversos departamentos que participan en el desarrollo y manufactura del producto (control de calidad, ingeniería de producto, de manufactura, producción, manejo de materiales, etc.), liderado por el director de la planta y la máxima autoridad de calidad en la misma.

El objetivo fundamental de este comité es la definición de las políticas, estrategias y objetivos de calidad que deben cumplirse en el producto o servicio bajo el nuevo proceso, así como los programas de trabajo necesarios para cumplirlos en cada una de las etapas de desarrollo (este objetivo incluye la negociación y aclaración de requisitos del cliente). Asimismo serán responsables de monitorear el cumplimiento de dichos objetivos y en caso de incumplimiento planear las actividades de prevención o corrección necesarias para cumplirlos.

#### 2. Definición de objetivos de calidad para el desarrollo.

El comité deberá considerar para la fijación de objetivos por cada etapa de desarrollo la idea de mejora continua y la meta de que al arranque de la producción se logre que 100% de los productos cumplan con 100 % de los requerimientos del cliente. (Política de cero defectos.)

Existen muchas formas de establecer objetivos para cada etapa del desarrollo del producto que dependen del producto que se esté fabricando, sin embargo a manera de ejemplo se muestra a continuación:

Etapa de desarrollo	Objetivos propuesta del proveedor
Pilotaje técnico	Cumplir 100% con las características funcionales y/o vitales dentro de $\pm 3$ sigmas. Cumplir 75% con las características de apariencia. Cumplir 75% con las características dimensionales siempre y cuando no afecten el ensamble.
Pilotaje de producción 1	Cumplir 100% con las características funcionales y/o vitales dentro de $\pm 4$ sigmas. Cumplir 95% con las características de apariencia. Cumplir 100% con las características dimensionales.
Pilotaje de producción 2	Cumplir 100% con las características funcionales y/o vitales dentro de $\pm 5$ sigmas. Cumplir 100% con las características de apariencia. Cumplir 100% con las características dimensionales. Arranque de producción.
Arranque de producción	Cumplir 100% con los requisitos del cliente en 100% de los productos.

También podrán establecerse objetivos en función de algún sistema de evaluación asignando puntos por cada defecto dependiendo de su gravedad, o bien como número de defectos por pieza producida o por unidad de muestreo o cualquier otro método que sirva para verificar su cumplimiento y avance.

### 3. *Estudio de factibilidad.*

La elaboración de este análisis es una de las primeras actividades que deben desarrollarse y también podrán establecerse objetivos en función de algún sistema de evaluación asignando puntos por cada defecto dependiendo de su gravedad, o bien, como número de defectos por pieza producida o por unidad de muestreo o cualquier otro método que sirva para verificar su cumplimiento y avance. La elaboración de este análisis es una de las primeras actividades que deben desarrollarse antes de los pilotajes y su objetivo fundamental es confirmar si con las condiciones actuales del proceso se puede cumplir con los requerimientos del cliente. En caso de no poderse se tendrá que elaborar un plan de mejora o adquisición de equipos nuevos que sean hábiles y capaces de cumplir con los niveles de calidad y volumen requeridos por el cliente; esta herramienta permitirá al proveedor hacer una planeación anticipada de la

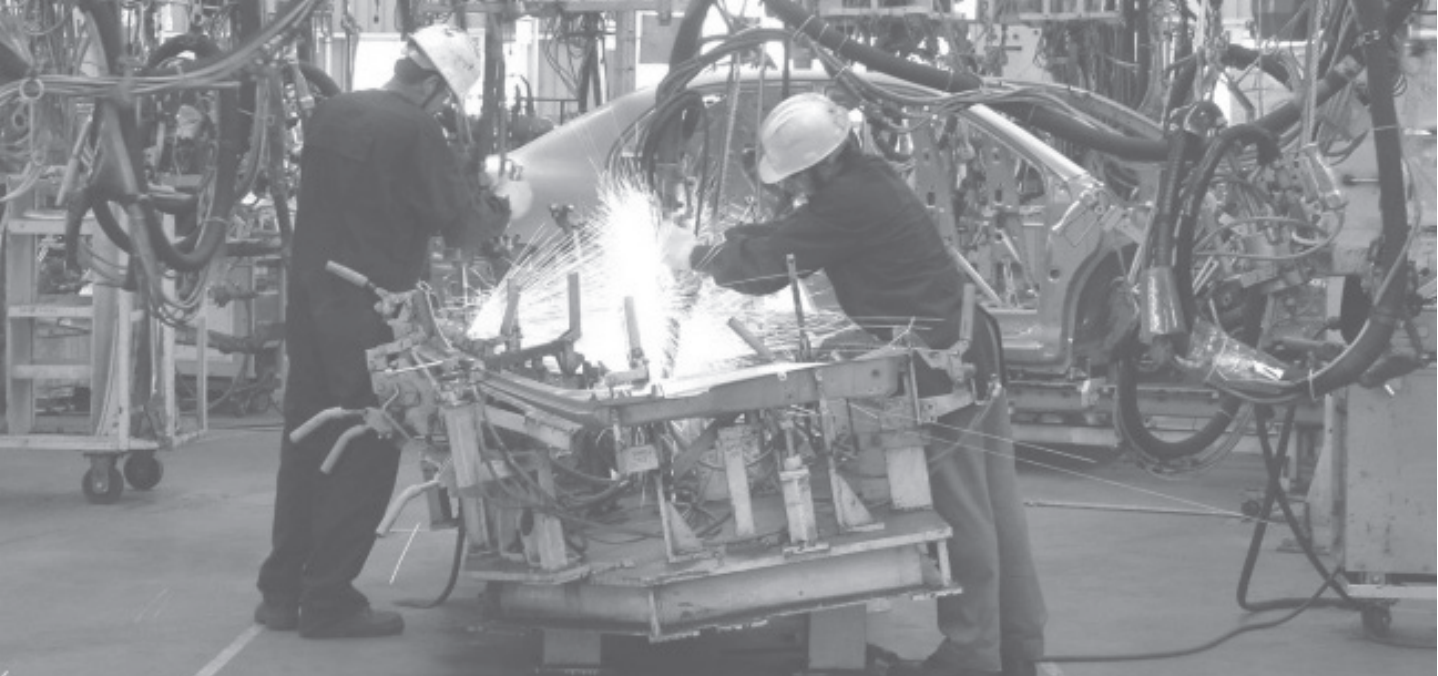
adquisición y/o modificación de sus equipos, en la que participará la dirección de la planta, el comité de calidad y los altos ejecutivos de la empresa relacionados con el producto (ventas, servicios, otros y se analizará el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos previamente).

En caso de que no se hayan logrado cumplir, se deberán definir clara y detalladamente las acciones que se llevarán a cabo para cumplirlos en la siguiente etapa de desarrollo.

El comité de calidad tendrá la facultad de decidir no pasar a la siguiente etapa de desarrollo en caso de que el incumplimiento haya sido flagrante, para lo cual puede inclusive tomarse la decisión de repetir la etapa de desarrollo que no se haya cumplido (por ejemplo, pilotajes).

La última junta del comité se debe llevar a cabo antes del arranque de producción en serie y también en este caso el comité de calidad deberá decidir si se puede o no iniciar la producción en serie de acuerdo con el nivel de cumplimiento de los objetivos; en caso de decidir que no, ahí mismo se deberá establecer el programa de actividades necesarias antes de iniciar la producción que tenga en cuenta el cumplimiento de los requerimientos de calidad del cliente y el compromiso de entrega.





# 4

## Muestreo de trabajo

La técnica de muestro de trabajo se emplea para analizar las actividades, a fin de encontrar tolerancias aplicables al mismo; así como para determinar la utilización de maquinaria y equipo, y para el establecimiento de estándares de producción.



Esta técnica tiene ciertas ventajas:

- El número de horas hombre empleadas en los estudios son mínimas.

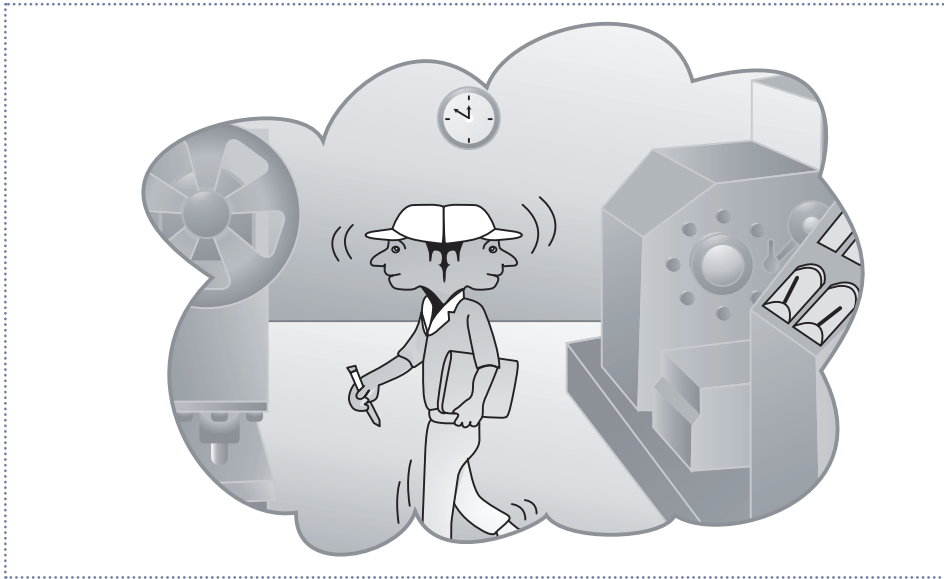


Figura 4.1

Fuente: Alan Robinson. *Continuos improvement in operation: a systematic approach to waste reduction*. Productivity Press. Cambridge Ma., 1991.

- No se requiere de una observación continua para la recolección de datos, que predisponga la actitud del personal del área estudiada.

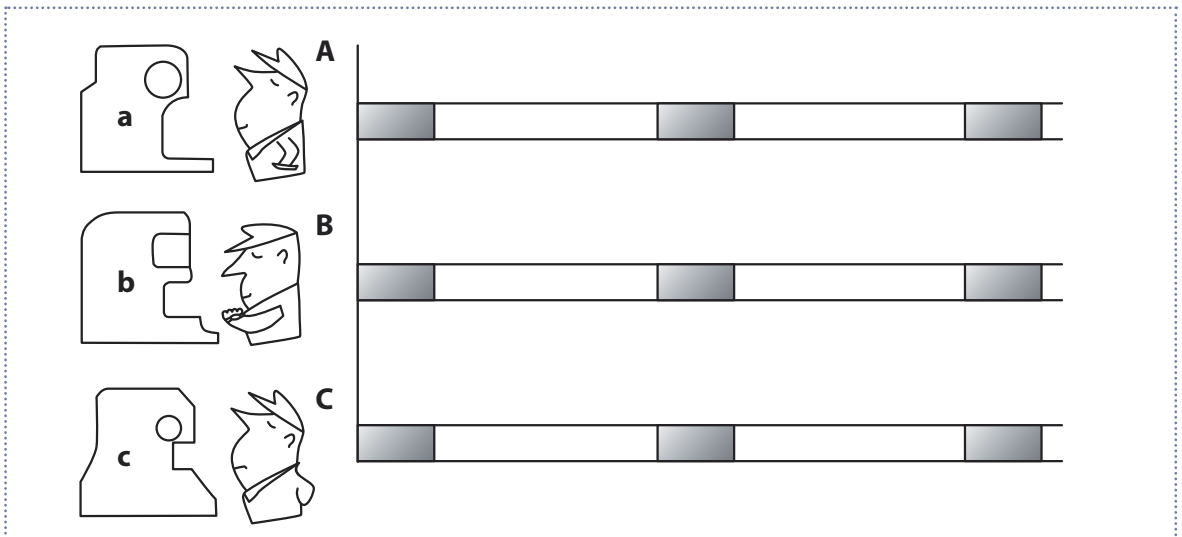


Figura 4.2

Fuente: Alan Robinson. *Continuos improvement in operation: a systematic approach to waste reduction*. Productivity Press. Cambridge Ma., 1991.

- Un solo analista puede realizar estudios de varias áreas al mismo tiempo.

- En resumen, esta técnica consiste en estimar la proporción del tiempo dedicado a un tipo de actividad de nuestro interés, durante un cierto periodo, empleando para ello observaciones instantáneas, intermitentes y determinadas por métodos estadísticos.

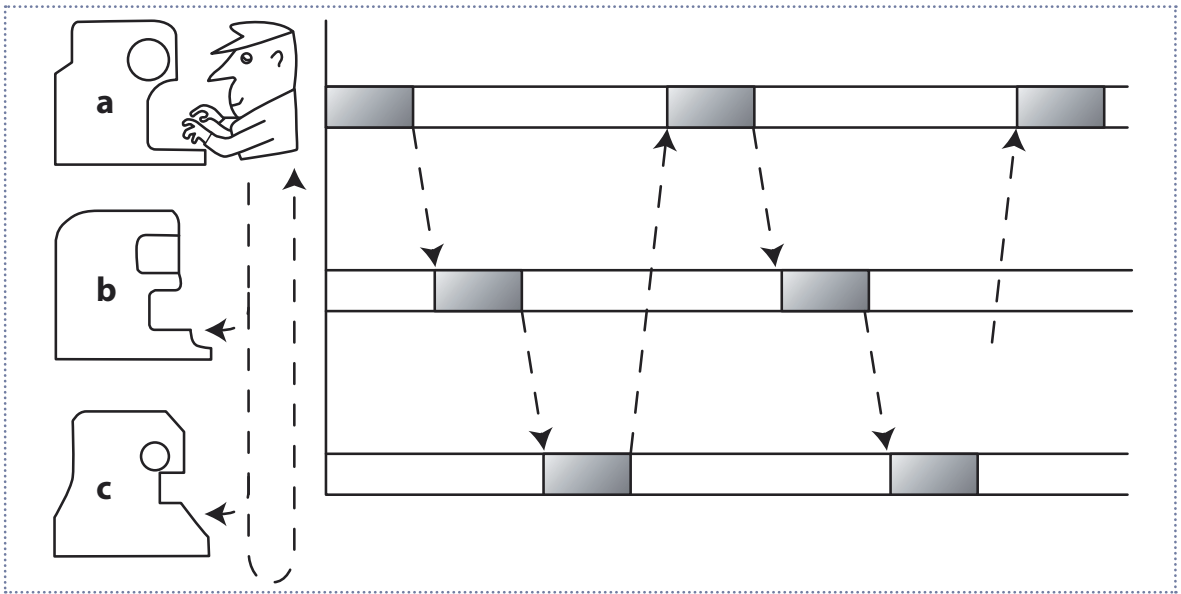


Figura 4.3

Fuente: Alan Robinson. *Continuos improvement in operation: a systematic approach to waste reduction*. Productivity Press. Cambridge Ma., 1991.

## 4.1 Pasos del muestro de trabajo

Como ya se mencionó esta técnica de muestreo de trabajo es de gran utilidad, pero para poderla aplicar es necesario seguir diferentes pasos que a continuación se detallan.

### Identificación y definición del problema

Para poder identificar y definir un problema es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Detectar efectos de situaciones no deseadas.
- Cuestionarse acerca del problema.
- Determinar si el problema es recurrente.
- Determinar la magnitud del problema.
- Escribir las frases que describan claramente el problema.

### Aislar y analizar el problema

Para aislar y analizar el problema en estudio se deben considerar los puntos siguientes:

- Determinar cómo se afecta al cliente (interno o externo).
- Establecer contramedidas de aplicación inmediata.

### Recolección y análisis de datos

En la recolección y análisis de los datos se debe:

- Recopilar información referente a la frecuencia, localización y cuantificación del problema y/o su costo.
- Descartar rumores, suposiciones y opiniones superficiales respecto a la solución del problema.

## Corrección o reducción del problema

En la corrección o reducción del problema se toma en cuenta:

- Utilizar un criterio explícito como satisfacción de los clientes, costo, tiempo, facilidad de implementación para elaborar una solución apropiada.
- Soportar los cambios necesarios sobre la experiencia individual y el conocimiento del problema y de su evolución.
- Arraigar una conciencia de grupo en la solución.
- Determinar si el problema se corrigió, o si se generó un nuevo problema.

## Monitoreo y documentación de los cambios

En el monitoreo y documentación de los cambios los pasos son:

- Monitoreo del proceso para determinar la efectividad de los cambios.
- Documentación de los métodos empleados para la solución de los problemas.
- Elaboración de documentación sobre las acciones realizadas.
- Herramientas y técnicas empleadas.
- Personal involucrado, personal que requiere ser involucrado y necesidades de seguimiento adicional.
- Empleo de cartas y gráficas que permitan obtener el apoyo y cooperación de todos los elementos dentro y fuera de la organización.

## 4.2 Metodología empleada para realizar el muestreo de trabajo

A continuación se detalla la metodología que se requiere para realizar el muestreo de trabajo.

1. Preparación del estudio.
  - Definir objetivos, incluir especificación de la categoría de la actividad por observar.
2. Establecer procedimiento de muestreo.
  - Estimar el número satisfactorio de observaciones que deben realizarse en función del nivel de calidad de la información.
  - Determinar la duración del trabajo.
  - Establecer la programación de las observaciones, método de observación, formato de registro y rutas a seguir.
3. Recopilación de datos.
  - Procesamiento de cálculos.
  - Evaluación técnica.
  - Evaluación financiera.
4. Presentación de resultados.
  - Análisis de los datos.
5. Estudio de plausibilidad (duda razonable). Determinación del tamaño de la muestra.
  - Especificar el valor de la precisión del estudio.
  - Especificar el nivel de la calidad de la información.
  - Determinar una estimación preliminar de la proporción de tiempo dedicado a la actividad de mayor interés del estudio.

$$p = \frac{\text{Actividad de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

Calcular el tamaño de la muestra, mediante la expresión:

$$N = \frac{Z^2 \times (1 - p)}{S^2 \times (p)}$$

Donde:

$p$  = Proporción de la actividad de mayor interés.

$N$  = Tamaño de la muestra.

$Z$  = Nivel de calidad del estudio.

$S$  = Precisión deseada del estudio.

Tabla 4.1 Nivel de confianza.

%	Z
99	2.5800
98	2.3300
96	2.0500
90	1.6450
80	1.2800
50	0.6745

### Ejercicio de introducción

Se requiere determinar el porcentaje de inactividad de ciertas máquinas. Se puede suponer que se desea un nivel de confianza de 95.45% y una precisión de +/- 5%. El primer muestreo arrojó los siguientes resultados:

Máquinas activas	140
Máquinas inactivas	<u>60</u>
	200

Si se evalúa  $P$  (actividad de mayor interés, en nuestro caso la inactividad de las máquinas):

$$P = \frac{60}{200} = 0.30$$

$$P = 0.30$$

Determinamos  $N$  (tamaño real de la muestra, en función del nivel de calidad de la información recopilada)

$$N = \frac{2^2 \times (1 - 0.3)}{(0.05)^2 \times (0.3)}$$

$$N = 3\,733 \text{ observaciones.}$$

Al considerar que los resultados finales sean:

Máquinas activas	2 640
Máquinas inactivas	<u>1 160</u>
Total observaciones	3 800

Si se evalúa  $P$  (actividad de mayor interés, en nuestro caso la inactividad de las máquinas):

$$P = \frac{1 - 160}{3\,800}$$

$$P = 0.3051$$

Evaluamos la precisión ( $S$ ) obtenida con este número de observaciones:

$$S = \frac{2^2 \times (1 - p)}{N \times (p)}$$

$$S = 0.0023 \text{ (que es menor al 0.05 establecido).}$$

### 4.3 Presentación de un estudio de medición de tiempos muertos

A continuación se detallan los diferentes aspectos que se deben considerar en la presentación de un estudio de medición de tiempos muertos.

#### Resumen técnico-financiero

La determinación de los tiempos de inactividad y actividad durante el proceso de producción de las abrazaderas se realizó por medio de la técnica de muestreo aleatorio con un total de 150 muestras, con lo cual se hizo el cálculo para saber cuál debería ser el número de observaciones para tener un nivel de confianza de 80% y un error máximo de 7 por ciento.

Por método estadístico se determinó el número de observaciones, cuyo resultado fue de 300.

Con este número de observaciones se obtuvieron los porcentajes de actividad e inactividad:

$$\% \text{ de actividad} = 54.4\%$$

$$\% \text{ de inactividad} = 45.6\%$$

Si se considera que se trabaja un turno de 8 horas lo anterior representa:

$$\text{Horas activas por turno} = 8 \times 0.544 = 4.352 \text{ horas.}$$

$$\text{Horas inactivas por turno} = 8 \times 0.456 = 3.648 \text{ horas.}$$

## Introducción

Hace 20 años, obedeciendo a un proyecto personal, se funda una empresa dedicada a la fabricación de muelles, abrazaderas, pernos, tornillos de centros, perchas y balancines.

En un principio, Trafisa no contaba con una planta bien definida, pues carecía de bardas y techos. Con el paso del tiempo logró la construcción de una planta con todos los recursos necesarios; no obstante se observa que la distribución de la planta estaba carente de planeación, lo cual se está corrigiendo con un nuevo plan de distribución de planta.

Esta empresa, tiene como principales compradores a otros muelleros y talleres de reparación automotriz.

La abrazadera es hecha con acero laminado 1045, que tiene varios diámetros, lo cual determina su proceso de fabricación, que consiste en:

- Almacén de materia prima.
- Cortador de disco.
- Despuntadora o avellanador.

- Roscadora.
- Almacén previo.
- Horno de puntas.
- Dobladora cuello de ganso.
- Enfriamiento (10 a 30 minutos).
- Almacén de producto terminado.

## Motivo del proyecto

La finalidad del proyecto fue realizar un estudio enfocado al mejoramiento del nivel de producción, tomando en cuenta el tiempo ocioso e inactivo de las máquinas que se usan para la fabricación de las abrazaderas para automóvil.

En el estudio se tomaron en cuenta los porcentajes inactivos de cada una de las máquinas involucradas en el proceso de fabricación de las abrazaderas, lo que contribuyó a determinar el costo de producción.

Por lo cual, se concluye con una estimación económica provocada por las horas de inactividad en la planta.

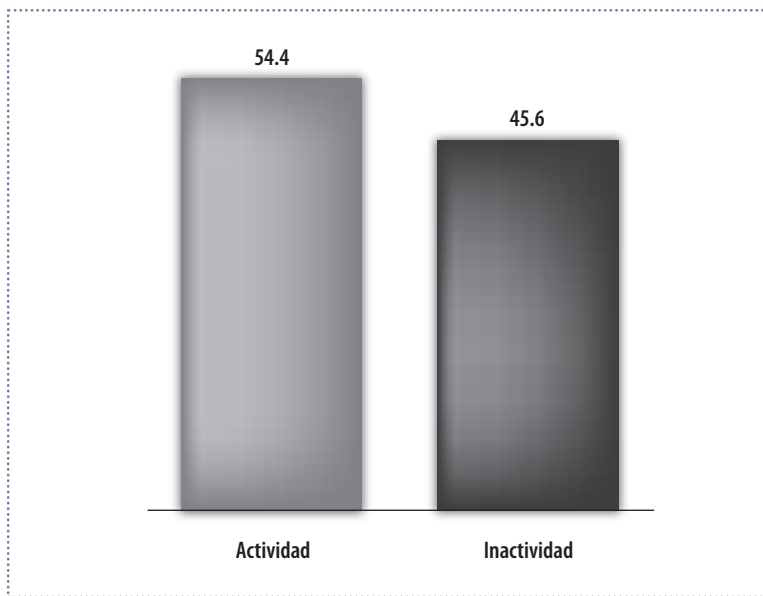


Figura 4.4 Porcentajes de actividad e inactividad.

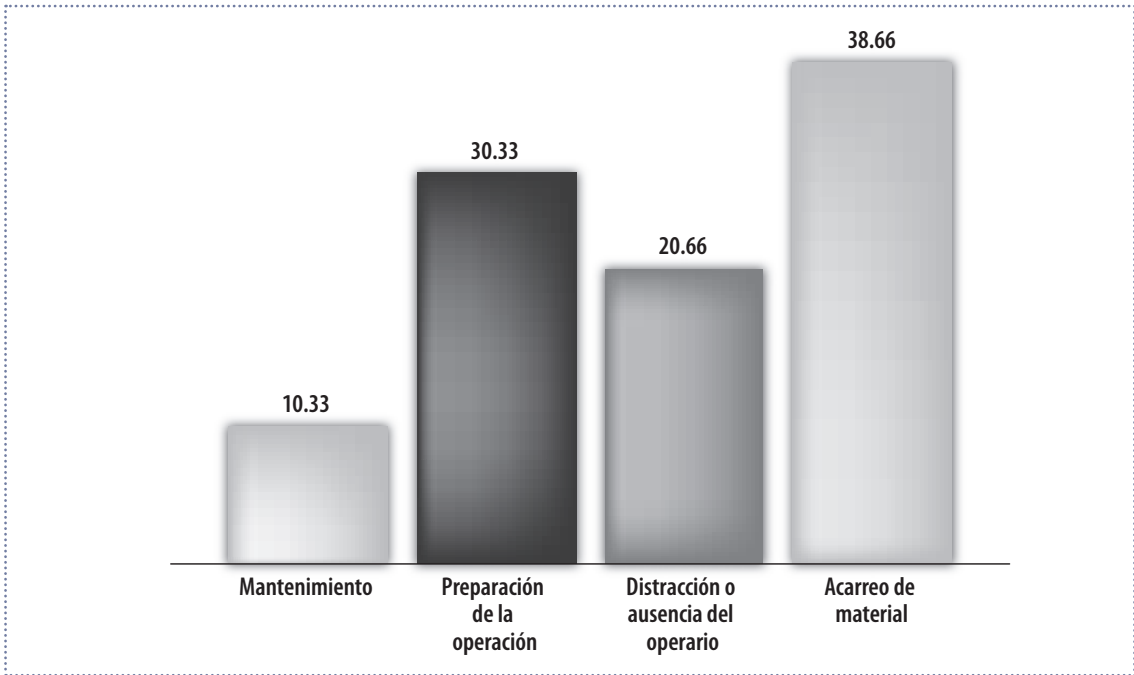


Figura 4.5 Causas de inactividad. Porcentajes.

Los siguientes resultados señalan las causas específicas de las horas de inactividad:

Mantenimiento	10.33%
Preparación para operación	30.33%
Distracción o ausencia del operario	20.66%
Acarreo de material	38.66%

### Resumen financiero

Para estimar los costos derivados de inactividad se tiene que conocer la producción diaria de abrazaderas y el costo promedio de producción, ya que el costo de las abrazaderas varía con respecto al tamaño y espesor.

La empresa produce 5 000 abrazaderas diariamente a un costo promedio de \$5 700 en una jornada de 8 horas.

Costo de operación = 3 562, 500 pesos/hora

con esto se tiene un costo por inactividad diaria de:

$$3.648 \text{ hora} \times (3\,562\,500 \text{ pesos/hora}) = 12\,996\,000 \text{ pesos.}$$

Si se consideran 250 días hábiles al año se tiene una erogación anual de:

$$\$ 962\,666.67 \text{ dólares por año} \\ (1 \text{ dólar} = 13.50 \text{ pesos}).$$

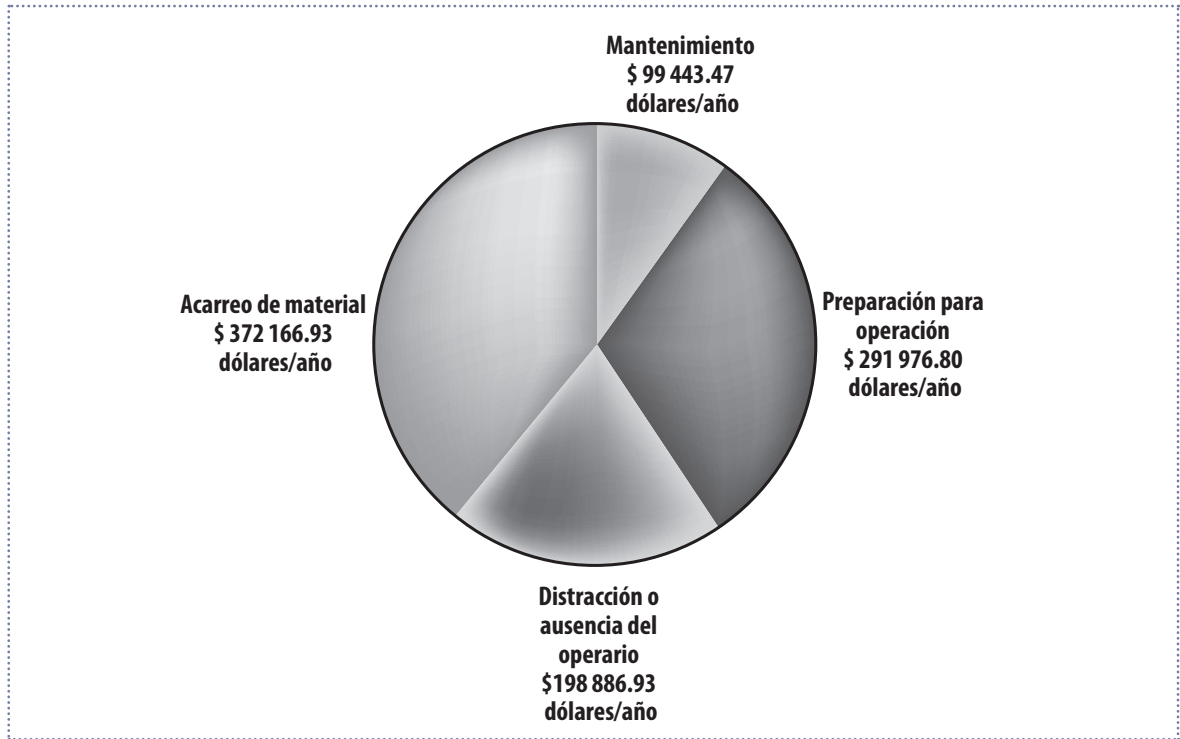


Figura 4.6 | Repercusión económica en dólares/año.

### Diagnóstico general de la empresa

Los principales problemas que enfrenta la empresa son el acarreo de material y la preparación para la operación, los cuales representan 69% de la inactividad y van ligados uno con otro.

La forma de corregir el problema de la preparación para la operación es a través de la capacitación de los operarios, para que puedan seguir una metodología.

En relación con el acarreo de material lo que se puede sugerir es una nueva distribución de la planta, lo que ya se está haciendo en la empresa, pues de una manera muy práctica se reduce en gran medida la distancia entre cada estación de trabajo.

## 4.4 Análisis de la memoria de cálculo

En seguida se presentan los puntos que se deben considerar en el análisis de la memoria de cálculo.

### Memoria de cálculo

Para determinar el porcentaje inactivo se utilizó un muestreo de trabajo aleatorio para maquinaria y tiempo. El primer muestreo se realizó en 150 observaciones y de este se determinó el número de observaciones a realizar con un nivel de confianza de 80%, y un error máximo de +/- 7% (estos valores son característicos de empresas pequeñas).

Nivel de confianza = 80%

Error máximo = +/- 7%

Z (de tablas) = 1.28

De acuerdo con el primer muestreo de 150 observaciones:

Actividad = 71 veces

Inactividad = 79 veces

Porcentaje de inactividad:  $P = \frac{79}{150} = 0.527$

Si se evalúa  $N$  con este resultado anterior:

$$N = \frac{Z^2 \times (1 - P)}{S^2 \times P} = \frac{(1.28)^2 \times (1 - 0.527)}{(0.07)^2 \times (0.527)} = 300$$

Al evaluar la precisión de los cálculos con 300 observaciones y 137 veces que se incurrió en inactividad:

$$P = \frac{137}{300} = 0.456$$

$$S = \sqrt{\frac{Z^2 \times (1 - P)}{N \times P}} = \sqrt{\frac{(1.28)^2 \times (1 - 0.456)}{300 \times (0.456)}}$$

$S = 0.081$

De lo anterior resulta:

% de actividad =  $(1 - 0.456) \times 100 = 54.4\%$

% de inactividad =  $0.456 \times 100 = 45.6\%$

lo cual representa en horas en un turno de 8 horas:

Actividad =  $8 \times 0.544 = 4.352$  horas.

Inactividad =  $8 \times 0.456 = 3.648$  horas.

Tabla 4.2 Causas de inactividad.

Causa	Ocurrencias	%
Mantenimiento	14	10.33
Preparación para operación	42	30.33
Distracción o ausencia del operario	28	20.66
Acarreo de material	53	38.6

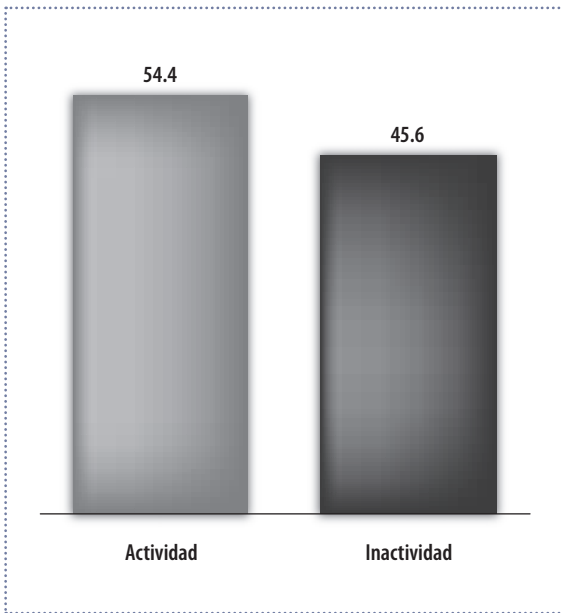


Figura 4.7 Gráfica de actividad e inactividad.

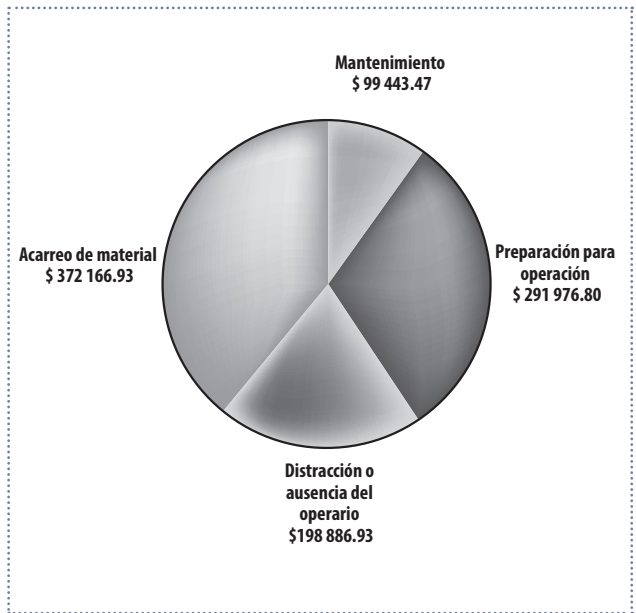


Figura 4.8 Repercusión económica en dólares/año.





Tabla 4.3 Simbología del diagrama de recorrido.

Número		Descripción
1		Despuntadora
2		Roscadoras (2)
3		Tornos (3)
4		Machueladora
5		Taladro de banco
6		Esmeril
7		Sierra mecánica
8		Prensa
9		Cepillo de codo
10		Troqueladoras (3)
11		Horno de puntas
12		Esmeril
13		Horno de temple
14		Taladro de columna
15		Dobladora
16		Cizalladora
17		Cortadora de disco
18		Soldadoras (3)

# Estudio del trabajo

Formato 4.1 Estudio de muestreo del trabajo.

Fecha: 22 de mayo.

Maquinaria	Hora (min)	En operación	Inactividad			
			M	PO	DO	AM
Cortadora	1					
Horno de puntas	2					
Dobladora	4					
Horno de puntas	6					
Dobladora	8					
Dobladora	9					
Dobladora	10					
Cortadora	11					
Cortadora	12					
Roscadora	14					
Cortadora	16					
Dobladora	17					
Cortadora	18					
Cortadora	20					
Horno de puntas	22					
Cortadora	23					
Cortadora	25					
Dobladora	27					
Roscadora	29					
Cortadora	31					
Cortadora	33					
Dobladora	35					
Dobladora	37					
Dobladora	38					
Cortadora	40					
Dobladora	42					
Cortadora	44					
Horno de puntas	t16					
Despuntadora	t18					
Cortadora	t19					
Cortadora	50					
Dobladora	52					
Dobladora	54					
Roscadora	55					
Cortadora	57					
Roscadora	58					
Cortadora	60					
Dobladora	61					
Hora: 0:00						

Formato 4.2 Estudio de muestreo del trabajo.

Fecha: 22 de mayo.

Maquinaria	Hora (min)	En operación	Inactividad			
			M	PO	DO	AM
Cortadora	1					
Cortadora	2					
Horno de puntas	3					
Cortadora	5					
Cortadora	6					
Cortadora	7					
Horno de puntas	8					
Dobladora	10					
Cortadora	12					
Cortadora	13					
Dobladora	15					
Dobladora	16					
Dobladora	18					
Cortadora	20					
Cortadora	22					
Cortadora	23					
Horno de puntas	25					
Cortadora	27					
Cortadora	28					
Cortadora	30					
Dobladora	32					
Dobladora	33					
Horno de puntas	35					
Roscadora	37					
Despuntadora	39					
Roscadora	41					
Cortadora	42					
Roscadora	44					
Cortadora	46					
Cortadora	48					
Cortadora	50					
Cortadora	5t					
Dobladora	52					
Horno de puntas	53					
Horno de puntas	55					
Cortadora	56					
Cortadora	58					
Despuntadora	59					
Hora: 12:00						

# Estudio del trabajo

Formato 4.3 Estudio de muestreo del trabajo.

Fecha: 22 de mayo

Maquinaria	Hora (min)	En operación	Inactividad			
			M	PO	DO	AM
Roscadora	1					
Cortadora	2					
Dobladora	4					
Dobladora	6					
Despuntadora	7					
Dobladora	8					
Cortadora	9					
Roscadora	11					
Dobladora	13					
Cortadora	15					
Cortadora	17					
Horno de puntas	19					
Cortadora	20					
Roscadora	21					
Dobladora	22					
Cortadora	24					
Dobladora	25					
Roscadora	27					
Cortadora	28					
Roscadora	30					
Dobladora	31					
Cortadora	33					
Dobladora	34					
Cortadora	35					
Horno de puntas	36					
Dobladora	37					
Cortadora	38					
Despuntadora	39					
Dobladora	40					
Dobladora	41					
Cortadora	42					
Dobladora	44					
Dobladora	46					
Despuntadora	47					
Despuntadora	48					
Despuntadora	49					
Cortadora	51					
Roscadora	52					
Hora: 15:30						

Formato 4.4 Estudio de muestreo del trabajo.

Fecha: 27 de mayo

Maquinaria	Hora (min)	En operación	Inactividad			
			M	PO	DO	AM
Cortadora	1					
Dobladora	2					
Cortadora	4					
Cortadora	5					
Dobladora	6					
Despuntadora	8					
Cortadora	10					
Despuntadora	12					
Dobladora	14					
Cortadora	16					
Cortadora	17					
Dobladora	18					
Cortadora	19					
Cortadora	21					
Dobladora	23					
Roscadora	24					
Despuntadora	26					
Dobladora	28					
Cortadora	30					
Roscadora	31					
Horno de puntas	32					
Horno de puntas	34					
Horno de puntas	36					
Horno de puntas	38					
Horno de puntas	39					
Roscadora	41					
Dobladora	43					
Despuntadora	45					
Despuntadora	47					
Dobladora	49					
Roscadora	51					
Cortadora	52					
Cortadora	5 \					
Cortadora	56					
Despuntadora	58					
I	Q					
Roscadora	62					
Cortadora	63					
Hora: 0:00						



# Anexo

A white line graphic that starts as a horizontal line from the left edge, then turns 90 degrees down, then 90 degrees right, and finally 90 degrees down again, ending at the bottom edge of the dark blue bar.





## Anexo

La siguiente tabla se presenta con la finalidad de aclarar el proveedor, el contenido y el objetivo de cada uno de los documentos requeridos dentro del manual.

Tabla A.1 Cuadro comparativo del contenido de los documentos requeridos por la planta.

Carta de control de procesos	Carta individual de control de procesos	Hoja de operación
Contenido: Nombre de la operación Equipo y herramienta Concepto de control Norma de aceptación Importancia Método de inspección Tipo de registro Diagrama de flujo	Los mismos puntos que carta de control del proceso	Croquis de ensamble Partes de ensambles Frecuencia de inspecciones Herramientas
Objetivo: Establecer controles por proceso completo	Establecer controles por proceso individual	Establecer cómo se hace un proceso
Hoja de método de trabajo estándar	Norma de inspección estándar	
Contenido: Análisis de operación Principales pasos Tiempo de operación Puntos clave Razón para puntos clave Croquis Herramientas Equipo de seguridad	Concepto por inspeccionar Grado de importancia por concepto Frecuencia Método de inspección Norma de aceptación Tipo de registro	
Objetivo: Capacita al operador	Condición que debe cumplir el producto final para ser aceptado	

La Norma de Inspección y la Carta de Control de procesos deben ser presentadas al ingeniero de Aseguramiento de Calidad Externa de la planta para su aprobación.

**Nota:** El proveedor puede dar el nombre que juzgue conveniente a cada documento, lo importante para la planta es que el documento (formato que utilice el proveedor contenga como mínimo la información aquí solicitada).



# Glosario





## A

**Accesorio.** Partes componentes adicionales de la máquina, equipo o producto; elaboradas bajo especificaciones de ingeniería y estándares de calidad establecidos previamente.

### **Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF).**

Técnica analítica realizada por un equipo de trabajo interdisciplinario para asegurar que todos los modos de falla posibles de un producto o sistema productivo hayan sido detectados y se tomen las acciones necesarias para evitar que se presenten durante el proceso y vida útil de las partes. El estudio de esta índole debe cumplir los siguientes valores:

Características vitales	30 máximo
Características importantes	75 máximo
Características generales	125 máximo

**Atributos.** Resultados del proceso o características de las partes que se clasifican en dos categorías: pasa o no pasa.

**Autocontrol.** Todas las actividades realizadas directamente por los operadores con el fin de asegurar por sí mismos la calidad de la operación que están realizando, de modo que se garantice la entrega de productos únicamente en condiciones “pasa” a la siguiente operación, así como detectar cualquier producto defectuoso que llegara de cualquier operación anterior. Debe incluir también el control de los parámetros de operación y las actividades básicas del mantenimiento de su máquina.

**Ayuda visual.** Cualquier dibujo, parte gráfica o modelo colocada en el área de trabajo que ayude al operador a entender y realizar mejor su operación.

## C

**Característica de proceso.** Aspecto distintivo de un proceso del cual pueden colectarse datos variables o atributos.

**Característica general.** Aspecto que hace decaer la calidad del producto sin ocasionar problemas graves, pero originando malestar a su usuario.

**Característica importante.** Puntos cuyas características de calidad y ensamble influyen en el buen funcionamiento, vida, efectividad y apariencia del producto. Su incumplimiento afecta al valor comercial del producto, causa pérdida económica, así como inconveniencias al usuario

**Característica vital.** Especificaciones y normas que en la fabricación de la parte deben cumplirse 100%, estos puntos de calidad influyen en la seguridad del producto. Su incumplimiento incapacita al producto para funcionar e infringe normas de seguridad y/o leyes y regulaciones.

**Carta de control de proceso.** Documento que presenta en forma gráfica el orden y la secuencia de todas las operaciones de un proceso de fabricación, así como la descripción y los métodos de control de cada una de ellas. Es uno de los elementos primordiales dentro de la planeación de calidad del producto, ya que este documento deberá contener todos los requerimientos y controles de cada operación del proceso para lograr cumplir con los requerimientos del usuario.

La carta de control del proceso debe desarrollarse en la etapa de preparación de la producción tomando en cuenta los resultados del AMEF de proceso, una carta provisional debe ser emitida antes del pilotaje técnico y presentar la carta definitiva para la aprobación del primer lote de producción normal.

**Carta individual de control del proceso.** Cuando los procesos son largos, abarcan muchas operaciones, son complejos o en una sola operación se hacen varios procesos parciales; por ejemplo en líneas de ensamble se deberá elaborar una carta individual de control del proceso para aclarar y dejar perfectamente definidas todas las características (aun como procesos parciales) que deberán controlarse específicamente en dicha operación.

Por tanto, estas cartas deberán contener cuando menos la misma información que la carta de control del proceso, pero solamente la relativa a dicha operación y de ser posible más detallada.

**Control de lote.** Procedimiento de control de una parte física para determinar los datos relacionados con su manufactura, cantidad de partes producidas, condiciones de aceptación, resultados de inspección y fechas, entre otros, de tal forma que la revisión de

estos permita, en caso necesario, hacer un rastreo adecuado. Este control debe ser aplicado básicamente a partes vitales e importantes.

**Control estadístico del proceso.** Uso de técnicas estadísticas para el análisis de proceso o las partes producidas en estos, utilizándolos para la toma de acciones apropiadas para alcanzar y mantener el estado de control, así como para mejorar la habilidad del proceso y prevenir la producción de partes fuera de especificación.

## D

**Desviación estándar.** Medida de la dispersión existente en una muestra o una población en referencia a la media.

## E

**Especificación.** Requisito de ingeniería que permite juzgar la aceptabilidad de una característica en particular. Se selecciona de acuerdo con los requisitos funcionales del producto o del cliente, una especificación puede ser consistente o no, con la habilidad demostrada del proceso (si lo es, se fabricarán partes fuera de especificación). Una especificación no debe ser confundida con un límite de control.

**Estadístico.** Valor basado o calculado de los datos de un muestreo, por ejemplo rangos o promedios de subgrupos, entre otros. Utilizados para hacer hipótesis o análisis sobre el proceso del cual provienen los datos.

**Estándar de calidad.** Cualquier documento que contenga especificaciones y/o normas de calidad que deban ser verificadas dentro del proceso de fabricación o en el producto terminado.

## F

**Familia de partes.** Grupo de partes cuyo proceso de fabricación es el mismo, solo cambian algunas características dimensionales.

## G

**Gráfica de control.** Representación de la característica de un proceso o producto que muestra en for-

ma gráfica sus valores en relación con los límites de control previamente determinados; su uso básico es establecer si el proceso está dentro de control y prevenir una condición que pueda ocasionar partes que no cumplan con las especificaciones. Los tipos de gráficos de control más utilizados son gráficas X-R; P y Np; X-S.

## H

**Habilidad potencial del proceso.** Permite conocer la posibilidad que tienen los procesos para cumplir con las especificaciones establecidas en el diseño del producto.

El estudio de potencial del proceso es utilizado al inicio de la producción normal y en la etapa experimental de manufactura de nuevos productos. Es un índice dado por la relación del rango de tolerancia a la dispersión del proceso a 6 sigma. Este índice debe ser calculado después de verificar que el proceso se encuentra estable, en estado de control estadístico. El criterio para el índice de habilidad potencial cuyos valores deben ser:

Para características vitales un  $Cpk > 1.67$  y un % de Falla  $P < 0.0006$  por ciento.

Para características importantes y generales un  $Cpk > 1.37$  y un % de Falla  $P < 0.002$  por ciento.

**Habilidad real del proceso.** Índice que considera tanto la dispersión del proceso como la proximidad de la dispersión a los límites de especificación.

Este índice se calcula después de que el proceso de encuentra estable, en estado de control estadístico.

**Habilidad.** Índice que muestra el comportamiento del proceso en relación con la especificación, se determina solamente cuando el proceso está bajo control.

**Hoja de método de trabajo estándar.** Documento que indica en detalle al operario los movimientos físicos que debe realizar para efectuar su operación, los puntos clave, así como diagramas o dibujos que le permitan cumplir con los requisitos de tiempo estándar, de calidad y de seguridad en la operación.

La hoja de método de trabajo estándar es uno de los elementos fundamentales para llevar a cabo la capacitación de los operadores y debe prepararse durante el pilotaje técnico y confirmarse en los pilotajes de producción, para que antes del arran-

que de producción hayan sido modificados e implantados 100% en el proceso.

**Hoja de operación.** Documento que muestra las operaciones y sus especificaciones más importantes; se establecen las herramientas y partes que intervienen en la operación. Es uno de los documentos básicos para el desarrollo del proceso, debe ser elaborada por ingeniería del proceso o manufactura, y contener toda la información relevante del AMEF, normas de inspección y especificaciones de diseño. Las hojas de operación deberán validarse en cada uno de los pilotajes y servir de base para la elaboración de las hojas de método de trabajo estándar. Por ello es importante que las hojas estén totalmente terminadas antes del inicio del pilotaje técnico y que sean modificadas de inmediato al terminar cada pilotaje en caso de ser necesario.

**Hoja para registro de datos.** Formato en el cual se muestra un croquis de la inspección que se está realizando y en el que se anotan los resultados de inspección de proceso o de producto de acuerdo con las normas establecidas, estas hojas se desarrollan dependiendo de cada situación particular.

## L

**Lote.** Cantidad determinada de productos elaborados bajo las mismas condiciones de proceso, con los mismos herramientas y maquinarias.

**Lote P.** Primer lote de desarrollo a través del cual se definirá la especificación inicial del producto.

**Lote D.** En el cual se determinará la especificación definitiva, basándose en los resultados de su evaluación.

**Lote C.** Primer lote de evaluación de la especificación definitiva; su objetivo es confirmar la especificación y la calidad de la parte después de la incorporación de los conceptos de especificación definitiva establecidos en el dibujo aprobado. En este caso, las partes podrán utilizarse desde pilotaje técnico en la planta.

**Lote M.** Lote final de evaluación de la parte, para confirmar su nivel de calidad como producción en serie. En la fabricación de este lote se debe llevar a cabo la auditoría de proceso y sus partes deberán utilizarse desde el pilotaje técnico en planta.

## M

**Materiales procesivos.** Materiales auxiliares que intervienen directamente en el proceso de manufactura o ensamble de una parte, por ejemplo, pintura, selladores, herrajes metálicos, etcétera.

**Materias primas.** Materiales que intervienen directamente en el proceso de manufactura o ensamble de una parte.

**Muestra.** Partes representativas de la producción fabricadas con herramientas y/o procesos definitivos, representativas de la producción utilizando la materia prima y parte de los componentes especificados en el dibujo definitivo del proveedor aprobado, con la finalidad de verificar el nivel de calidad de producción del producto.

## N

**Norma.** Característica del producto que puede ser establecida entre las partes involucradas, no necesariamente forma parte de las especificaciones del dibujo.

**Norma de inspección.** Documento que establece las condiciones que debe cumplir una característica para poder ser aceptada, esta característica puede ser de proceso o del producto y consiste en determinar:

- ¿Qué se va a inspeccionar?
- ¿Cómo se va inspeccionar?
- Norma y criterio de aceptación y rechazo

Además, define la frecuencia e importancia de cada uno de los conceptos a inspeccionar. Por ello es importante que dichas hojas se tengan totalmente terminadas antes del inicio del pilotaje técnico y que sean modificadas de inmediato, en caso de ser necesario, al terminar cada pilotaje.

## O

**Operación general.** Puntos del proceso que si se realizan inadecuadamente podrían ocasionar defectos mínimos a la calidad de la operación o de la parte. Defectos de apariencia, entre otros.



**Operación importante.** Puntos del proceso que si se realizan inadecuadamente podrían ocasionar defectos en la calidad de la operación o de la parte, efectos como costos de operación excesivos, retrabajos u otras.

**Operación vital.** Puntos de la operación que si se realizan inadecuadamente y/o no cumplen con los estándares de calidad, pueden ocasionar que la parte no desempeñe su función o no pueda ser ensamblada, perjudicando el correcto funcionamiento y calidad del producto final y que inclusive pudiera significar daños mayores y/o pérdida total, lo que ocasionaría pérdidas económicas.

## P

**Parte general.** Parte que no representa ningún peligro para los pasajeros; en caso de existir falla no ocasionan problemas graves, pero originan malestar al cliente. Afectan principalmente la apariencia.

**Parte importante.** Parte que al fallar no pone en riesgo la seguridad de los usuarios, pero requieren reparación en corto tiempo, afectan el valor comercial del producto, causan una gran pérdida económica y muchas inconveniencias al usuario; su reparación es difícil.

**Partes componentes.** Cada parte que integra el producto.

**Partes vitales.** Partes que al fallar ponen en riesgo la integridad de los usuarios, se recomienda la sustitución en corto tiempo, afectan la imagen de la organización, causan problemas legales y una gran pérdida económica, así como daño patrimonial al usuario.

**Pilotajes de producción.** Para confirmar la funcionalidad y detectar los problemas que se puedan presentar en producción en serie, la planta lleva a cabo varios pilotajes; los resultados de todas las actividades de planeación se reflejarán en estos y en caso necesario se efectuarán acciones correctivas y se asegurará el cumplimiento de los requerimientos de calidad al inicio de la producción en serie. Dentro de la etapa de pilotajes en planta es de dos tipos:

- Pilotaje técnico.
- Pilotajes de producción (Alfa y Omega).

**Pilotaje técnico.** Se realiza durante 8 a 10 meses antes del arranque de producción, dentro o fuera de las líneas de producción; su objetivo es el estudio de la especificación de diseño, estándares de proceso y de inspección, dispositivos y herramientas de ensamble, entre otros. Para esta etapa se utiliza en la planta partes de los lotes C o M.

**Pilotaje de producción alfa.** Se lleva a cabo de 5 a 7 meses antes del inicio de producción y su finalidad es confirmar la especificación de diseño, los herramientas y dispositivos de producción, los estándares del proceso y de inspección, y la confirmación del tiempo estándar; se utilizará para capacitar al personal en la manufactura del nuevo producto. Para el caso de la planta se usarán partes del lote M.

**Pilotaje de producción omega.** Generalmente se lleva a cabo de 2 a 3 meses antes del arranque de producción y usando todos los herramientas y procesos definitivos con el propósito de confirmar el tiempo estándar, las correcciones hechas a los estándares del proceso y de inspección, y de reafirmar el entrenamiento del personal. Para el caso de la planta se usarán partes de lote M o del primer lote de producción.

**Plan de acción correctiva.** Procedimiento estructurado para llevar a cabo la solución de un problema; consiste básicamente en tres etapas:

- Encontrar la causa del problema.
- Definir las acciones correctivas, así como los responsables de llevarlas a cabo.
- Establecer el sistema de prevención para evitar la ocurrencia.

**Plan de muestreo.** Determinación de todos los factores relacionados con la elección aleatoria de una muestra en un lote: tipo de muestreo, cantidad de muestra, cantidad para la aceptación, etcétera.

**Primer lote de producción.** Marca el arranque de producción en serie, en el cual se confirmará el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos (Norma de Inspección, Carta de Control de Proceso, entre otras).

**Procedimiento escrito.** Directrices o alineaciones que definen las acciones para la ejecución de una operación, proceso o sistema.

**Producto defectuoso.** Material o producto que no cumple con las especificaciones de ingeniería o estándares de calidad preestablecidos.

**Prototipo.** Partes fabricadas a mano, en instalaciones o herramientas provisionales con el objeto de realizar pruebas de banco para el establecimiento de la especificación inicial o definitiva.

## R

**Refacciones.** Partes que cumplen con todas las especificaciones de ingeniería de la parte original y son empleadas para la sustitución de una parte componente del producto, maquinaria, equipo, herramientas y dispositivos.

**Retroalimentación.** Comunicación de los resultados de las mediciones de la calidad del producto a todas las áreas de la organización, de modo que se utilicen para tomar acciones correctivas y mejoras cuando sea necesario.

## V

**Variables.** Características de las partes o procesos que pueden ser medidos.

**Variación.** Diferencia inevitable entre partes individuales obtenidas en un proceso.



# Índice analítico





**A**

- Alcanzar (R o AL), 141, 143, 175-176
  - definición, 177
  - símbolo, 177
  - variables, 177-178
- Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF), 153, 229
- Aplicar presión (AP), 183
  - definición, 183
  - símbolo, 183
  - variables, 184
- Aspectos de la personalidad de generación, 24
- Atributos, 229
- Autocontrol, 229
- Ayuda visual, 229

**C**

- Característica
  - de proceso, 229
  - general, 229
  - importante, 229
  - vital, 229
- Carta
  - de control de proceso, 225, 229
  - individual de control del proceso, 225, 229
- Clasificación de los movimientos, 135, 141
- Coger (G), 184-185
- Colocar en posición, 141, 144
- Control
  - de lote, 229
  - estadístico del proceso, 230
- cronometraje
  - con vuelta a cero, 12
  - continuo, 12

**D**

- Demora
  - evitable, 105
  - inevitable, 105
- Descansar*, 141, 146
- Desensamblar, 103, 141, 145
- Desmontar (D), 187-189
- Desviación estándar, 230
- Diagrama de

- acoplamiento hombre-máquina, 130
- flujo de proceso de equipo, 64
- flujo de proceso de material, 62
- flujo de proceso de operario, 60
- operación del proceso, 82-90

- Diagrama de ensamble, 73-82
  - elaboración, 73
  - información básica de, 79
  - preguntas guía, 78
  - uso de, 76
- Diagrama de flujo de proceso, 53-66
  - convenciones de elaboración, 54
  - símbolos gráficos, 53 uso de, 57
- Diagrama de recorrido, 66-73
  - elaboración, 66
  - preguntas guía, 70
  - uso de, 66
- Diagrama de relaciones hombre-máquina, 120-131
  - elaboración, 120
  - preguntas guía, 126-129
  - simbología básica a utilizar en, 121
  - uso de, 124
- Diagrama de relaciones, 113-119
  - elaboración, 115
  - información básica de, 118
  - preguntas guía, 118
  - uso de, 117
- Diagrama mano derecha-mano izquierda, 102-110
  - elaboración, 102
  - información básica de, 110
  - preguntas guía, 109
  - uso de, 108
- Diagrama multiproducto, 91-97
  - elaboración, 91
  - información básica de, 97
  - preguntas guía, 95
  - uso de, 94
- Diagrama origen-destino, 98-101
  - elaboración, 98
  - información básica de, 101
  - preguntas guía, 100
  - uso de, 99
- Diseño del método, 41-172

**E**

- Enfoques oculares (ET), 189
- Ensamblar, 103, 141, 145

Especificación, 230  
Especificaciones del producto, 51, 88, 126, 133  
Estadístico, 230  
Estándar de calidad, 230  
Estudio de medición de tiempos muertos, 211  
Estudio de movimientos, definición de, 7

## F

Familia de partes, 230

## G

Gantt, Henry L., 7  
Generación X, 21  
Generación Y, 21  
Generaciones, tipo de  
    tradicionalistas, 21  
    *baby boomers*, 21  
Girar (T), 183  
Gráfica de control, 230

## H

Habilidad  
    potencial del proceso, 230  
    real del proceso, 230  
Hoja  
    de método de trabajo estándar, 225, 230  
    de operación, 225  
    para registro de datos, 231  
Horas  
    activas por turno, 211  
    inactivas por turno, 211

## I

Ingeniería de métodos, 2-39  
Innovación, 17  
Inspección lote por lote, 152  
Inspeccionar, 141, 145  
ISO 14000, 45, 171  
ISO 9000, 45, 171

## K

Kaizen, 46, 156

## L

Leyes de  
    la economía de los movimientos, 136, 172  
    movimientos eficientes, 133  
Lote, 231  
Lote C, 231  
Lote D, 231  
Lote M, 231  
Lote P, 231

## M

Manivela, 191-192  
Manufactura esbelta, 46, 133  
Materiales procesivos, 231  
Materias primas, 8, 73, 133, 231  
Maynard, H. B., 8  
*Methods Time Measurement* (ver Métodos de medición de tiempo)  
Métodos de medición de tiempo (MTM), 175  
Mover (M), 141, 180-183  
Movimientos del cuerpo, 192-193  
    agacharse, 192  
    arrodillarse, 192-193  
    arrodillarse en una rodilla, 192  
    encuclillarse, 192  
    pararse, 192-193  
    piernas, 192-193  
    pies, 192-193  
    sentarse, 192-193  
Muestra, 231  
Muestreo del trabajo, 207-221  
    pasos del, 209-210

## N

Net Generation, 21, 23-25  
Norma de inspección, 225, 231  
Normas Oficiales Mexicanas de Higiene y Seguridad, 165-170  
Niveles de innovación en los sistemas  
    prodeuctivos, 9

**O**

- Operación
  - general, 231
  - importante, 232
  - vital, 232

**P**

- Parte
  - general, 232
  - importante, 232
- Partes
  - componentes, 232
  - vitales, 232
- Pasos del muestreo de trabajo
  - identificación y definición del trabajo, 209
  - aislar y analizar el problema, 209
  - recolección y análisis de datos, 209
  - corrección o reducción del problema, 210
  - monitoreo y documentación de los cambios, 210
- Patrones básicos de
  - flujo de materiales, 67
  - materiales básicos en el plano, 68
- Perfil del operario, 204
- Pilotaje
  - de producción alfa, 232
  - de producción omega, 232
  - técnico, 204, 232
- Pilotajes de producción, 204, 232
- Plan de
  - acción correctiva, 232
  - muestreo, 205
- Planear, 105, 141, 146
- Porcentaje de
  - actividad, 211, 215
  - inactividad, 211, 215
- Posicionar (P), 186-187
- Precolocar en posición, 141, 144-145
- Primer lote de producción, 232
- Procedimiento escrito, 232
- Proceso, 133
- Producto defectuoso, 233

**R**

- Refacciones, 233
- Reglas de economía de movimientos (*ver* Leyes de movimientos eficientes)
- Retraso (*ver* demora inevitable)
- Retraso evitable (*ver* demora evitable)
- Retroalimentación, 233
- Ruta de proceso (*ver* proceso)

**S**

- Seis sigma, 44, 46, 47
- Soltar (RL), 141, 144, 175, 187
- Sostener, 105, 143-144
- Smith, Adam, 3-5

**T**

- Taylor, Frederick W., 7, 174
- Técnicas de la ingeniería de métodos, 4, 8, 21-22, 42
- Therbligs*
  - eficientes, 141
  - familia de, 103-106
  - ineficientes, 141
  - tipos de, 103
- Tipo de proyecto, 49-50
- Tolerancias, 150-153, 186
- Tomar (o asir), 108, 141, 142-143
- Tradicionalistas, 24
- Transportes del cuerpo (W), 190-191

**U**

- Usar, 103, 141, 145-146

**V**

- Variables, 233
- Variación, 233
- Variantes, 124



