



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Cápsulas didácticas de los
Principios de Economía de
Movimientos**

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniero Industrial

P R E S E N T A

Andrea Ponce Vera

ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO

M.I. María de Lourdes Arellano Bolio



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

INDICE

1. Introducción	4
2. Objetivos	5
3. Marco teórico	6
3.1. Funciones y objetivos del docente	6
Ilustración 1 - Mapa curricular 2016	7
3.2. Material didáctico	8
Ilustración 2 - Características del material didáctico.....	8
3.2.1. Clasificación del material didáctico	9
3.2.2. Uso de herramientas tecnológicas en la docencia.	10
3.2.3. Uso de videos como recurso didáctico.....	13
Ilustración 3 - Ventajas de los videos como material didáctico.....	14
3.3. Antecedentes de los Principios de Economía de Movimientos.....	15
Ilustración 4 - Therblig.....	16
3.4. Clasificación de los Principios de Economía de Movimientos	16
Ilustración 5 - Clasificación de los principios.....	17
3.5. Aplicación de los Principios de Economía de Movimientos	19
4. Desarrollo de cápsulas.....	20
4.1. Justificación de las cápsulas como recurso didáctico para la asignatura Estudio del Trabajo.....	20
4.2. Justificación y desarrollo de los Principios seleccionados.....	22
Ilustración 6 Clasificación de ejecución de operaciones	28
Ilustración 7- Área máxima de trabajo	32
5. Conclusiones	41
6. Bibliografía.....	42

AGRADECIMIENTOS

Me siento muy orgullosa y agradecida por haber tenido la oportunidad de realizar mis estudios profesionales en la Universidad Nacional Autónoma de México en donde pasé muy buenas experiencias, y pude conocer a grandes profesores y amigos, aprovechando siempre lo mejor de la máxima casa de estudios.

Un especial agradecimiento a la M.I. María de Lourdes Arellano y al Dr. Miguel Ángel Hernández Gallegos por la paciencia que tuvieron al asesorarme y darme la oportunidad de participar en el proyecto.

Quisiera dedicar este trabajo especialmente a mis padres Ma. Del Rosario Vera Calderón y Marco Antonio Ponce Ramírez ya que siempre me han enseñado a luchar por lo que quiero y cumplir mis objetivos, además de ser mis mayores ejemplos en la vida, me faltarían palabras para expresar todo el amor y agradecimiento que les tengo, solo espero poder seguir llenándolos de satisfacciones.

Espero que mi hermano Edgar Antonio Ponce Vera pueda tomar este logro como un ejemplo y lo impulse a concluir de igual manera sus estudios, proponiéndose muchas metas en su vida profesional.

Sin dejar de mencionar a mi hermana/ mejor amiga Mayra Alicia Martínez Quezada que ha formado parte de mi vida desde hace más de 7 años, siendo un ejemplo e impulso para mí en todo momento.

Ahora no es momento de rendirme, Dios me ha traído hasta aquí y después de todo lo que he pasado para llegar a este punto, sé que él todavía está conmigo así que seguiré haciendo el bien y confiando en él. no me cansaré, mi tiempo se acerca, y a través de él, lo lograré

Gracias Dios.

1. Introducción

El diseño y uso del video didáctico como herramienta de apoyo para el docente dentro del aula, permite la incursión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) en el proceso educativo, además de fomentar que el alumno cuente con una opción más para el entendimiento de un concepto específico y permitirle reforzar el conocimiento.

En la Facultad de Ingeniería ocasionalmente se hace uso de videos didácticos como recurso para llevar a cabo la práctica educativa, siendo esta opción un complemento para ejemplificar el tema a explicar.

Actualmente, algunos profesores que imparten la materia Estudio del Trabajo hacen uso de una película para poder dar pie a la enseñanza del tema "Principios de Economía de Movimientos", la cual presenta varias dificultades debido a que ésta fue realizada en los años 60 y ha sido cambiada de versión de 8 mm a cartucho Beta, después a VHS, para continuar con CD y por último en USB, propiciando pérdidas en la calidad de la filmación. A pesar de que el video es claro, aún se muestra la filmación en blanco y negro, el sonido se ha perdido casi en su totalidad, además de enfocarse a un solo entorno industrial en una misma línea de producción.

Como aportación al proceso de enseñanza de nuestros profesores, se llevó a cabo la actualización y modificación de la película, convirtiéndola en cápsulas cortas, las cuáles pretenden cumplir con las expectativas de las generaciones actuales, ya que los estudiantes de estas generaciones están creciendo en un ambiente de mucho color y dinamismo en la transmisión de información, están acostumbrados a que la información les sea transmitida a través de animaciones, colores llamativos, incluyendo música, etc. Las cápsulas presentan situaciones actuales, en ambientes industriales de hoy, ofrecen versatilidad en la aplicación de los Principios, proporcionando un mayor panorama para que los estudiantes puedan llevarlo a la práctica.

Por otro lado, el docente necesita reconocer que la presentación de cualquier video debe tener un objetivo didáctico previamente formulado. El aprendizaje no se encuentra en función del medio, sino en las estrategias y técnicas que se apliquen sobre él. También es relevante la actitud que el docente tenga al presentar el video como material didáctico, ya que a través de ello se deriva gran parte del aprendizaje en los alumnos.

2. Objetivos

Objetivo general

- Diseñar y producir una serie de cápsulas didácticas que aborden el concepto de los Principios de Economía de Movimientos, de manera que éstas puedan ser un recurso didáctico de apoyo para el docente, en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Objetivos particulares

- Mostrar las diferentes situaciones en las cuáles se pueden aplicar los Principios de Economía de Movimientos, en lugares tales como industrias, laboratorios, oficinas, negocios, entre otros, resaltando la importancia de su aplicación en cualquier ambiente laboral.
- Desarrollar la capacidad de identificar las áreas de oportunidad en dónde se pueden aplicar los Principios de Economía de Movimientos, para poder aportar mejoras y lograr que el trabajo se realice en el menor tiempo posible, con el menor esfuerzo, reduciendo la fatiga y los riesgos de los operarios.

3. Marco teórico

3.1. Funciones y objetivos del docente

El docente asume una obligación que va más allá de la simple ejecución de una actividad; implica un compromiso social y una responsabilidad como profesional.¹

El docente debe impulsar el aprendizaje de sus alumnos realizando un seguimiento cercano de la evolución de sus habilidades y conocimientos, orientándolos, en las posibles desviaciones.

Es importante que el docente ofrezca estrategias educativas cuyo objetivo principal sea encontrar un sistema que tutorice las experiencias de aprendizaje de los estudiantes, y no solo transmita un repertorio de información.

Por otro lado, el docente universitario tiene la tarea de lograr los objetivos planteados por la universidad, con el fin de satisfacer las demandas de la sociedad hacia ésta. Debe ser un profesional reflexivo, crítico, competente en el ámbito de su disciplina, capacitado para ejercer la docencia y realizar actividades de investigación.²

Para poder encaminar la función del docente encargado de impartir la asignatura de Estudio del Trabajo en la carrera de Ingeniería Industrial, en Facultad de Ingeniería, es necesario tomar en cuenta los objetivos a los cuáles se pretende llegar.

El objetivo general de la materia “Estudio del Trabajo” del Plan de Estudios aprobado en el 2015, de acuerdo con el Mapa curricular del 2016 es el siguiente:

“El alumno evaluará métodos, procedimientos y procesos con el fin de proponer mejoras en los procedimientos, en los procesos de producción de bienes y servicios, así como en el incremento de productividad, minimización de tiempos y costos en los sistemas de producción, considerando el factor humano, la seguridad, la productividad y la competitividad.”³

Para ser más específicos y poder centrarnos en el tema que el docente pretende enseñar con estas cápsulas, se enuncia el objetivo de la Unidad 3: Condiciones y medio ambiente de trabajo. Objetivo: “El alumno identificará los movimientos

¹ Duarte Cristancho, (2007), FORMACIÓN PERMANENTE DE DOCENTES EN SERVICIO, Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8931/2AMBITOCONCEPTUALI.pdf?sequence=3> – Jemima, Pág. 32 y 33.

² Silvia Sanz Blas, Carla Ruiz Mafé e Isabel Pérez Pérez, (2014), El Profesor universitario y su función docente, Recuperado de http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num5/El_Profesor_universitario_y_su_funcion_docente.php

³ Facultad de Ingeniería, Programa de Estudio, http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/Industrial/2016/asignaturas_industria_I_2016.pdf

productivos y no productivos mediante la clasificación de los Therblig, las condiciones ergonómicas y medioambientales con sentido crítico.”, en donde se abordan los Principios de Economía de Movimientos.

De acuerdo a los objetivos mencionados para la materia Estudio del Trabajo impartida a los alumnos de 4° semestre de la carrera Ingeniería Industrial conforme al nuevo plan de estudios (ilustración 1), podría determinarse que sí se cumplen tal y como se mencionan; posteriormente éstos serán de gran ayuda al entendimiento de algunas otras materias, tales como: *Diseño de Sistemas Productivos, Procesos Industriales, Análisis y Mejora de Procesos*, al igual de optativas como *Ergonomía en el Trabajo*. Por lo anterior, el impacto del desarrollo de este material didáctico repercute en distintas asignaturas.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ASIGNATURAS CURRICULARES

PLAN 2016

Semestre							Créditos		
							En obligatorias	En optativas	Totales
1	ÁLGEBRA 1120 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	CÁLCULO Y GEOMETRÍA ANALÍTICA 1121 12 1-6.0; p=0.0; T=6.0	FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN (I)- 1122 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD 1129 4 1-2.0; p=2.0; T=4.0	REDACCIÓN Y EXPOSICIÓN DE TEMAS DE INGENIERÍA- 1124 6 1-3.0; p=3.0; T=6.0		40		40
2	ÁLGEBRA LINEAL 1220 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	CÁLCULO INTEGRAL 1221 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	ESTÁTICA 1223 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (P)- 2020 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	QUÍMICA 1123 10 1-4.0; p=3.0; T=6.0	CULTURA Y COMUNICACIÓN 222 2 1-0.0; p=2.0; T=2.0			42
3	ECUACIONES DIFERENCIALES 1225 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	CÁLCULO VECTORIAL 1321 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	CINEMÁTICA Y DINÁMICA 1322 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	MECÁNICA DE SÓLIDOS 1340 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	DIBUJO MECÁNICO E INDUSTRIAL (L)- 2209 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES 5 1-2.0; p=0.0; T=2.0	38	4	42
4	PROBABILIDAD 1436 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	ANÁLISIS NUMÉRICO 1433 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	TERMODINÁMICA (I) 1437 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	ESTUDIO DEL TRABAJO (I) 0132 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	INGENIERÍA DE MATERIALES (L+)- 1570 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0				46
5	ESTADÍSTICA 1569 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO (L+)- 1414 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	TERMOFLUIDOS (L+) 1409 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	METODOLOGÍAS PARA LA PLANEACIÓN (P)- 3021 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	MANUFACTURA I (L+) 1225 8 1-2.0; p=4.0; T=6.0	INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA 1413 8 1-0.0; p=0.0; T=0.0			50
6	ESTADÍSTICA APLICADA 1784 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	ANÁLISIS DE CIRCUITOS (I) 1550 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	DISEÑO DE SISTEMAS PRODUCTIVOS 0149 6 1-4.0; p=0.0; T=4.0	INGENIERÍA DE MANUFACTURA (L+)- 0507 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	CONTABILIDAD FINANCIERA Y COSTOS 2002 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	OPTATIVA DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES 5 1-0.0; p=0.0; T=0.0	44	2	46
7	ELECTRÓNICA BÁSICA (I) 1691 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I 0939 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	INGENIERÍA ECONÓMICA 1734 8 1-0.0; p=0.0; T=0.0	PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN (I)- 0619 10 1-4.0; p=2.0; T=6.0	OPTATIVA 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	RELACIONES LABORALES Y ORGANIZACIONALES 2022 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	44	6	48
8	INSTALACIONES INDUSTRIALES 2005 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES II 1747 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN - 1955 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTROS 2804 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	PROCESOS INDUSTRIALES 1914 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	ÉTICA PROFESIONAL 2052 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	46		46
9	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL (I)- 0572 8 1-2.0; p=4.0; T=6.0	CALIDAD 2303 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	SISTEMAS DE MEJORAMIENTO AMBIENTAL- 2133 8 1-4.0; p=0.0; T=4.0	PRACTICAS PROFESIONALES PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL (P)- 1957 12 1-0.0; p=12.0; T=12.0	OPTATIVA 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0		36	6	42
10	SIMULACIÓN (I) 2921 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	OPTATIVA 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	OPTATIVA 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	OPTATIVA 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	RECURSOS Y NECESIDADES DE MÉXICO- 2080 8 1-3.0; p=0.0; T=3.0	ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS (P)- 2919 6 1-2.0; p=2.0; T=4.0	26	18	44

Ilustración 1 - Mapa curricular 2016

⁴ Ilustración 1- Fuente: Facultad de Ingeniería, Mapa curricular 2016, http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/industrial_plan2016.php

3.2. Material didáctico

Existen varios términos usados para referirnos al material didáctico tales como: ayudas didácticas, recursos didácticos, medios educativos, entre otros.

El recurso o material, según San Martín (como se citó en Parcerisa 2017)⁵, se refiere a aquellos artefactos que, incorporados en estrategias de enseñanza, contribuyen y aportan a la construcción del conocimiento.

Se consideran didácticos porque el docente presenta una situación de aprendizaje distinta, transmitiendo la información de forma interactiva, por lo que capta la atención del alumno de manera que potencializa el estímulo de respuesta, con el fin de elevar la calidad y eficiencia de las acciones pedagógicas, presentándose como apoyos e instrumentos para elevar la motivación por aprender.

El material didáctico representa un apoyo que facilita la interpretación del contenido que el docente se propone enseñar, favoreciendo el aprendizaje que el alumno debe adquirir (ilustración 2). Por otra parte, lo que el estudiante espera de cualquier material que se le muestre, es que sea preciso y sencillo de comprender.

Dependiendo del tema a explicar, pueden utilizarse diferentes recursos didácticos, ya que cada uno presenta distintas características, por lo que no todos ofrecen los mismos resultados, situación que el docente debe tomar en cuenta al momento de seleccionar el tipo de material a utilizar.

El docente puede diseñar y realizar su propio material didáctico o puede optar simplemente por seleccionar el que considere óptimo, sin embargo, en cualquiera que elija, es importante que tome en cuenta los siguientes aspectos que deberían integrar su material didáctico.

- El material didáctico debe:

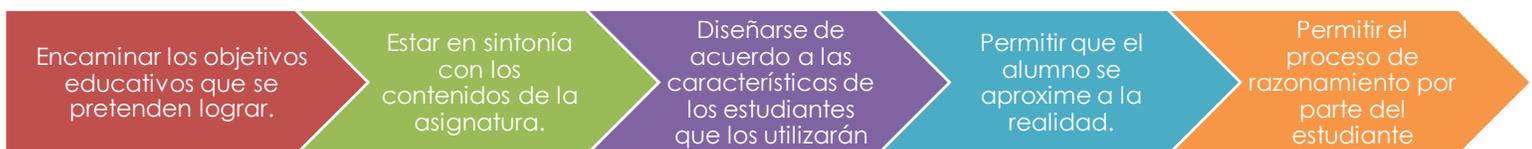


Ilustración 2 - Características del material didáctico

De esta manera, los recursos propiciarán que el alumno no se limite a memorizar, sino que estimule constantemente su conocimiento a través de la interacción y el dinamismo.

⁵Artur Parcerisa Aran, (2007), Materiales para el aprendizaje, más allá del libro de texto... y de la escuela, Recuperado de <http://aula.grao.com/revistas/aula/165-los-materiales-recurso-para-el-aprendizaje/materiales-para-el-aprendizaje-mas-alla-del-libro-de-texto--y-de-la-escuela>. REVISTA AULA. De Innovación Educativa - Universidad de Barcelona.

Una vez que el docente asegure que el material didáctico cumple con sus expectativas y determine que le servirá como una guía para poder cumplir con sus objetivos en la asignatura, deberá desarrollar las estrategias educativas que llevará a cabo para poder utilizar el material didáctico.

Es importante señalar que los materiales didácticos en sí mismos no generan ni garantizan el aprendizaje, debido a que éste se encuentra determinado por la estructura cognitiva de cada individuo. Es por lo que es necesaria su evaluación periódica con el propósito de mejorarlos corroborando si cubren los objetivos establecidos para la función que fueron diseñados.

3.2.1. Clasificación del material didáctico

De acuerdo con un escrito realizado por Isabella González⁶, se clasifica a los recursos didácticos de la siguiente manera:

- Materiales convencionales
 - Impresos: como libros, fotocopias, periódicos, documentos, entre otros. En ellos se fijan los conceptos y se desarrollan de forma extensa los contenidos. Una de sus ventajas es que el alumno puede portarlo con facilidad para hacer uso de estos en cualquier lugar cuantas veces sea necesario.
 - Tableros didácticos: como el pizarrón. Este medio se ha convertido en un icono imprescindible para el desarrollo de cualquier actividad de aprendizaje dentro del aula, en el cual el docente puede recrear al momento lo que le sea de utilidad para explicar su clase.
 - Manipulables: como mapas conceptuales o cartulinas. Es un apoyo o herramienta para que el alumno comprenda lo más relevante y esencial del tema.
- Materiales no convencionales
 - Sonoros: como discos y programas de radio.

⁶Isabella González, (2015), El recurso didáctico. Usos y recursos para el aprendizaje dentro del aula, Recuperado de http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=11816&id_libro=571, Programa Asistentes Académicos de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo.

- Imágenes fijas y las que se pueden proyectar: como diapositivas y fotografías.
- Audiovisuales: como películas, videos, televisión.
- Técnicas de simulación, experiencias directas como dramatizaciones o resolución de casos, en las cuales se aproxima al estudiante hipotéticamente a la realidad.

3.2.2. Uso de herramientas tecnológicas en la docencia.

El uso de la tecnología en los niveles educativos ha ido evolucionando y se ha manifestado rápidamente en las aulas, permitiendo nuevas formas de acceder, generar y transmitir información y conocimientos, trayendo con esto mejor calidad en el proceso educativo para un mayor número de estudiantes, con tiempos y espacios flexibles.⁷

Para el profesor Juan Luis Bravo Ramos⁸, la presencia de los medios de comunicación ha producido cambios en los medios de enseñanza, originando nuevos métodos y técnicas en cuanto a recursos se refiere.

Debido a estos avances, es importante que las instituciones educativas se encuentren preparadas y cuenten con instalaciones y equipos adecuados, para que puedan ser capaces de afrontar los retos de la nueva era. Así mismo, se necesita de docentes capacitados para poder hacer uso de estas herramientas y puedan mejorar su proceso de enseñanza.

De acuerdo con la “Encuesta para profesores sobre el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, TIC’s.” dirigida por la Ing. Irene Patricia Valdez y Alfaro de la UNAM, se encuentra que en la Facultad de Ingeniería los docentes cuentan con servicios como talleres de cómputo, salones equipados con video proyectores, asesoría técnica, entre otros. Sin embargo, ella menciona que hay un número considerable de profesores que no se atreven a explotar los medios y recursos que se han puesto a su disposición, ya que les falta la capacitación adecuada.

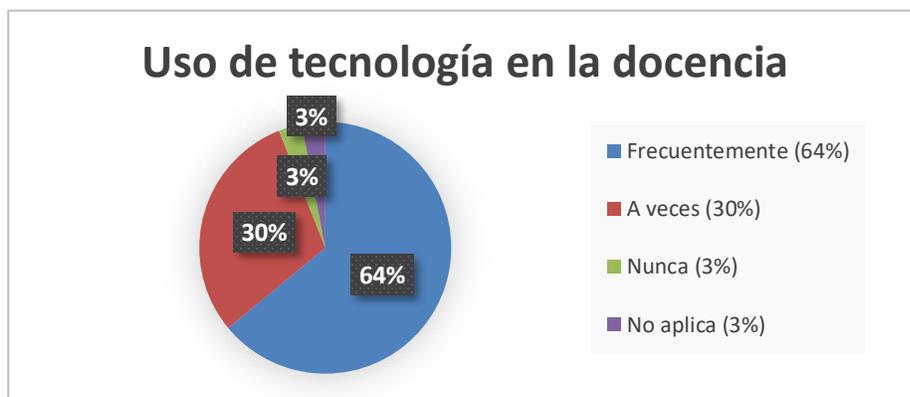
Por otro lado, la Ing. Irene Patricia Valdez y Alfaro sustenta que es importante desarrollar y poner a disposición de profesores y alumnos los materiales didácticos necesarios con apoyo de medios digitales, como los multimedia y las tecnologías

⁷ María Guadalupe Bautista Sánchez, Aldo Raudel Martínez Moreno y Reynaldo Hiracheta, (2014), El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC’s) para mejorar el alcance académico, Recuperado de http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/14/CyT_14_11.pdf

⁸ Juan Luis Bravo Ramos, (2004), LOS MEDIOS DE ENSEÑANZA: CLASIFICACIÓN, SELECCIÓN Y APLICACIÓN, Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/368/36802409.pdf>, Universidad Politécnica de Madrid, Pág. 114

de la información y la comunicación (TIC's), con el fin de hacer más efectivo el aprendizaje.⁹

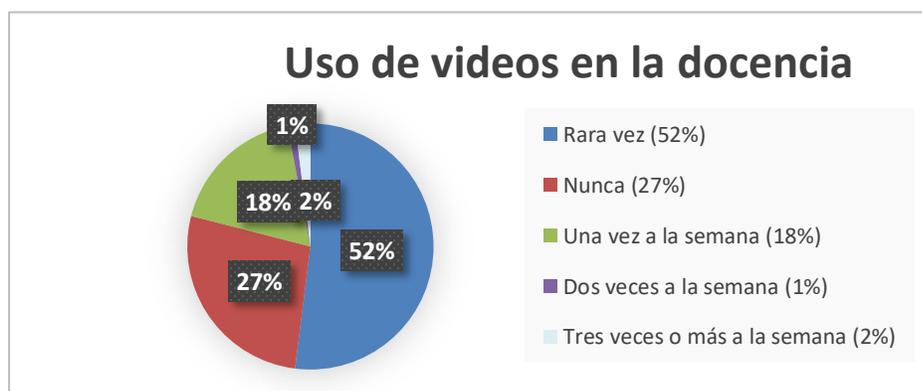
Con el objetivo de conocer la aceptación que tienen los profesores al uso de recursos didácticos tecnológicos y saber con qué frecuencia utilizan los videos de apoyo en su proceso de enseñanza, se tomaron algunos resultados de la encuesta realizada por la Ing. Valdez, la cual fue dirigida hacia los profesores de la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



Fuente-http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf Pág. 5

Gráfica 1

De acuerdo con la gráfica 1 de la encuesta en estudio se observa que la mayoría de los profesores encuestados 64% hacen uso frecuente de medios tecnológicos para el desarrollo de sus clases, siendo que 30% menciona que a veces los utiliza, 3% nunca ha hecho uso de medios tecnológicos y 3% restante seleccionó la opción no aplica.

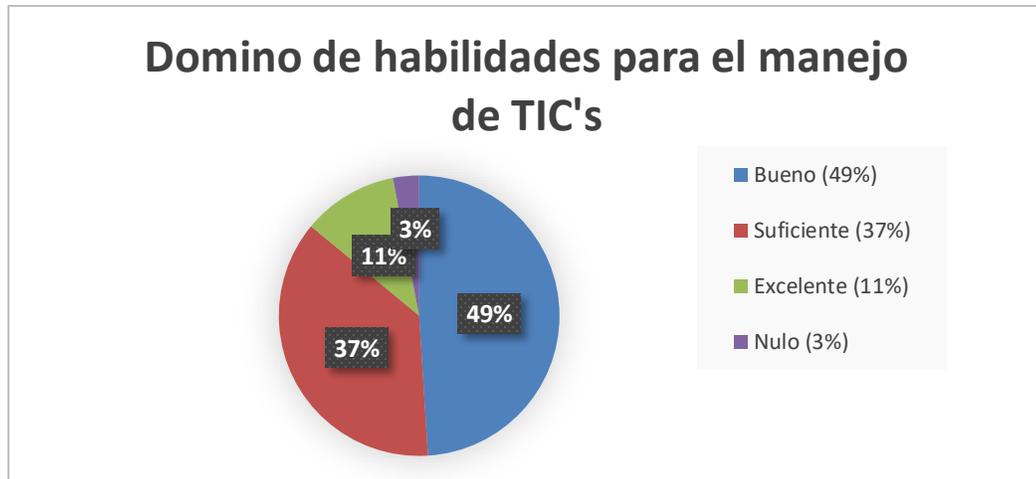


Fuente-http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf Pág.5

Gráfica 2

⁹ Ing. Irene Patricia Valdez y Alfaro, (2011), ENCUESTA PARA PROFESORES SOBRE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN, TIC's, Datos tomados de http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf, Pág. 1, 5, 9, 13, y 20.

- Para la gráfica 2 del estudio acerca del uso de videos en la docencia, se presenta que 52% de los profesores encuestados expresan que rara vez han utilizado videos como medio de apoyo para la labor docente; seguido de 27% que afirma que nunca los han empleado, otro 18% de los docentes mencionan que una vez a la semana suelen utilizarlos, 2% los usan de tres o más veces a la semana, por último, solo 1% utiliza los videos dos veces a la semana.



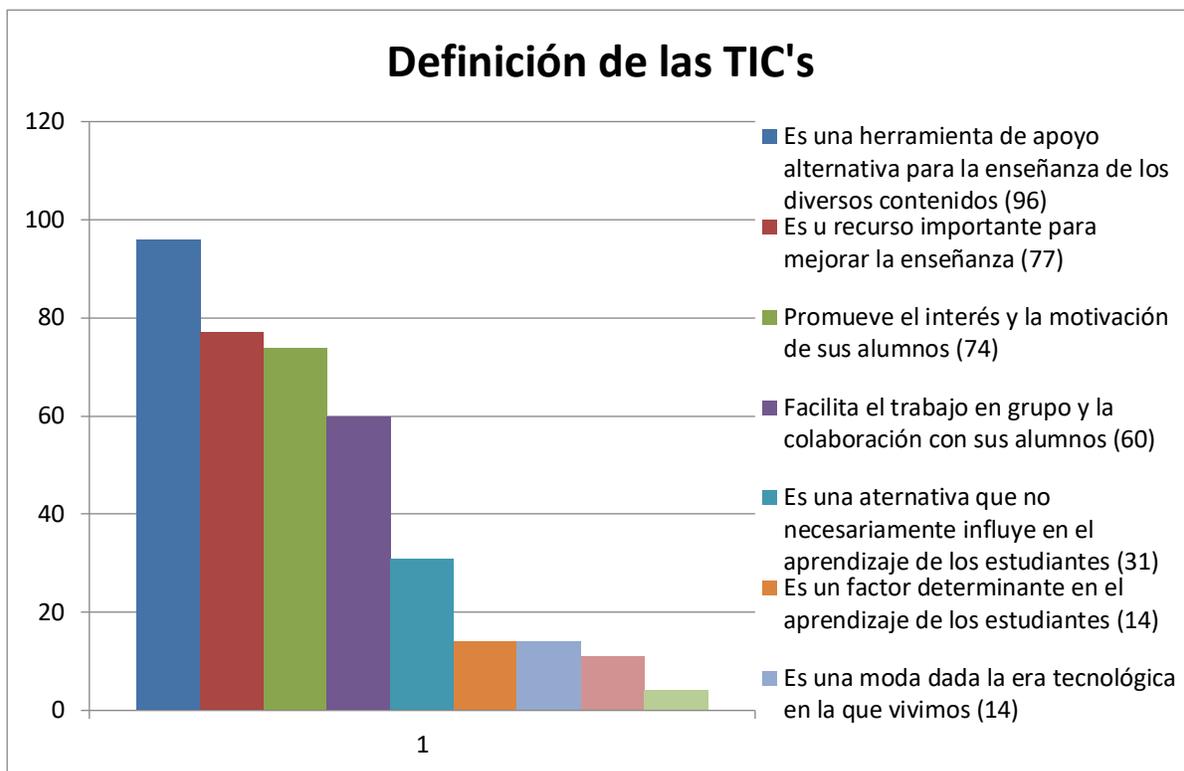
Fuente-http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf, Pág. 9.

Gráfica 3

- La gráfica 3 de estudio del domino de habilidades para el manejo de TIC's muestra que 49% considera que posee un buen dominio de habilidades, seguido de 37% que las considera suficientes, otro 11% las considera excelentes y, por último, solo 3% considera nulas sus habilidades para el manejo de estas.

Por otro lado, en la encuesta se presentaron diferentes opciones de respuesta para los docentes, con el fin de identificar su opinión acerca del uso de las TIC's en clase.

- Como se observa en la gráfica 4, la mayoría de los encuestados definieron a las TIC's como una herramienta de apoyo alternativa para la enseñanza de los diversos contenidos, considerando que es un recurso importante para mejorar la enseñanza. Un poco menos del 80% eligió la afirmación de que tal uso promueve el interés y la motivación de sus alumnos tal y como se muestra a continuación.



Fuente-http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf, Pág. 13

Gráfica 4

Gracias a esta encuesta, se tiene un mayor panorama acerca del uso de materiales didácticos tecnológicos en los docentes de la Facultad de Ingeniería, a pesar de que la encuesta fue dirigida a Ciencias Básicas nos ayuda a tener una idea más clara y observar que poco más de la mitad de los docentes son los que utilizan las TIC's como apoyo en la impartición de sus clases en la Facultad de Ingeniería, aunado a que se esperaría que todos hicieran un uso frecuente de estos materiales,

A pesar de que los docentes consideran que los materiales didácticos tecnológicos son una herramienta adecuada que les permitiría mejorar la calidad de sus clases, presentan dificultades en el manejo de la tecnología y escasean de cursos o asesorías que les permitan actualizarse y desarrollar habilidades.

También se puede observar que el uso de videos como material didáctico es bajo, lo cual podría ser determinado por diferentes circunstancias:

- ❖ Falta de habilidades en el manejo de herramientas tecnológicas.
- ❖ Falta de videos que se adecuen a sus necesidades y cumplan con sus expectativas para mostrar lo que quieren enseñar.
- ❖ Falta de información acerca de las ventajas que ofrecen los videos.

3.2.3. Uso de videos como recurso didáctico

El video didáctico es un medio de comunicación que posee un lenguaje propio, induce al receptor a sintetizar sentimientos, ideas, concepciones, etc.

El video puede ser utilizado como un importante medio audiovisual de enseñanza, ya que combina elementos de los medios no convencionales, como la fotografía, la imagen en movimiento, el texto, el sonido; con el fin de favorecer el desarrollo del proceso de enseñanza – aprendizaje.¹⁰

A diferencia de otros materiales didácticos no convencionales, como las diapositivas, el video muestra imágenes animadas complementadas con efectos sonoros que colaboran a aumentar su iconicidad, permitiendo captar y reproducir situaciones reales, que pueden estudiarse y analizarse minuciosamente en diferentes momentos. De acuerdo con distintos autores, se recopilaron las diferentes ventajas que ofrecen los videos como material didáctico (ilustración 3), tales como:¹¹



Ilustración 3 - Ventajas de los videos como material didáctico

¹⁰ http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101029142014000100003, Uso institucional del video didáctico.

¹¹ http://bvs.sld.cu/revistas/ems/vol21_2_07/ems06207.htm, El video como medio de enseñanza: Dr. Pedro Monteagudo Valdivia, Dr. Athos Sánchez Mansolo y Dra. Maylid Hernández Medina, Universidad Barrio Adentro. República Bolivariana de Venezuela.
<http://www.udgvirtual.udg.mx/encuentro/encuentro/anteriores/xxii/168-427-1-RV.htm>, El vídeo como recurso didáctico para reforzar el conocimiento. Luis Adiel Morales Ramos y Teresa Guzmán Flores.

3.3. Antecedentes de los Principios de Economía de Movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición del trabajo utilizada con éxito desde finales del Siglo XIX. A través de los años, dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos.

Uno de los principales pioneros del estudio de Tiempos y Movimientos fue Frederick W. Taylor quien a finales del siglo XIX comenzó a estudiar los tiempos de producción, desarrollando el concepto de "tarea", en el que proponía que la administración se debía encargar de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo debía tener un estándar de tiempo, basado en el trabajo de un operario muy bien calificado.

Después de un tiempo, fueron los esposos Frank y Lillian Gilbreth quienes, basados en los estudios de Taylor, ampliaron este trabajo y desarrollaron el estudio de movimientos.¹²

Frank B. Gilbreth, inició su actividad profesional en la industria de la construcción en donde notó rápidamente que los hombres que le enseñaban a poner ladrillos usaban tres conjuntos diferentes de movimientos:

1. Para enseñar a una persona a poner ladrillos
2. Para trabajar despacio
3. Para trabajar rápido.

Observando estas y otras variaciones en los patrones de movimientos fue como Gilbreth se interesó en estudiar los movimientos del cuerpo humano, con el fin de encontrar el método más eficiente y rápido.

Gilbreth y su esposa Lillian fueron los fundadores de la técnica moderna del estudio de movimientos, utilizada para realizar una labor; eliminando los movimientos innecesarios, simplificando los necesarios y estableciendo la secuencia o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima.

Esta técnica se comprende con la división del trabajo en 17 movimientos llamados therblig, los cuales los clasifican de la siguiente manera:¹³

Los Gilbreth también utilizaron técnicas de la administración científica desarrolladas por Taylor para reducir el desperdicio de los movimientos manuales y corporales en el trabajo; también experimentaron en el diseño y uso de maquinaria y herramientas adecuadas para optimizar el desempeño del mismo.

¹² http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Frank_and_Lillian_Gilbreth&prev=search, *New World Encyclopedia*, Creative Commons CC-by-sa 3.0 License.

¹³ http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historiagilbreth.html, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Mecánica e Industrial.

Aunque el trabajo de los Gilbreth se asocia a menudo con el de Frederick Winslow Taylor , había una diferencia filosófica substancial entre ellos. Taylor se ocupaba principalmente en reducir el tiempo de los procesos, en donde los trabajadores eran percibidos en relación con el beneficio de las industrias. Los Gilbreth, sin embargo, intentaron hacer los procesos más eficientes, reduciendo los movimientos implicados, con un enfoque más preocupado por el bienestar de los trabajadores.

Años más tarde, Ralph Barnes fue el encargado de clasificar y enunciar los Principios de Economía de Movimientos, que son los que conocemos ahora.

THERBLIG EFICIENTES:	THERBLIG INEFICIENTES:
Alcanzar (AL)	Buscar (B)
Tomar (T)	Seleccionar (SE)
Mover (M)	Inspeccionar (I)
Soltar (SL)	Demora Evitable (DET)
Ensamblar (E)	Demora Inevitable (DI)
Desmontar (DE)	Colocar en Posición (P)
Usar (U)	Descansar (DES)
Preparar Posición (PP)	Sostener (SO)
	Planear (PL)

Fuente- http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historiagilbreth.html

Ilustración 4 – Therblig

3.4. Clasificación de los Principios de Economía de Movimientos

Los Principios de Economía de Movimientos tienen la función de reducir la fatiga, mejorar las condiciones de trabajo, disminuir tiempos de ejecución y hacer más eficiente las operaciones; sin embargo, los principios no cumplen con esta función de la misma manera, ya que existen diferentes factores que ayudan a propiciar dichas funciones.

En general, los Principios de Economía de Movimientos se enfocan en 3 diferentes factores que ayudan a que se cumpla la función de los principios. De acuerdo con Ralph Barnes, los principios se pueden clasificar de la siguiente manera:¹⁴

¹⁴ Motion Economy in Lean Manufacturing, Productivity in Workstation Design, ["http://www.strategosinc.com/motion_economy.htm"](http://www.strategosinc.com/motion_economy.htm)

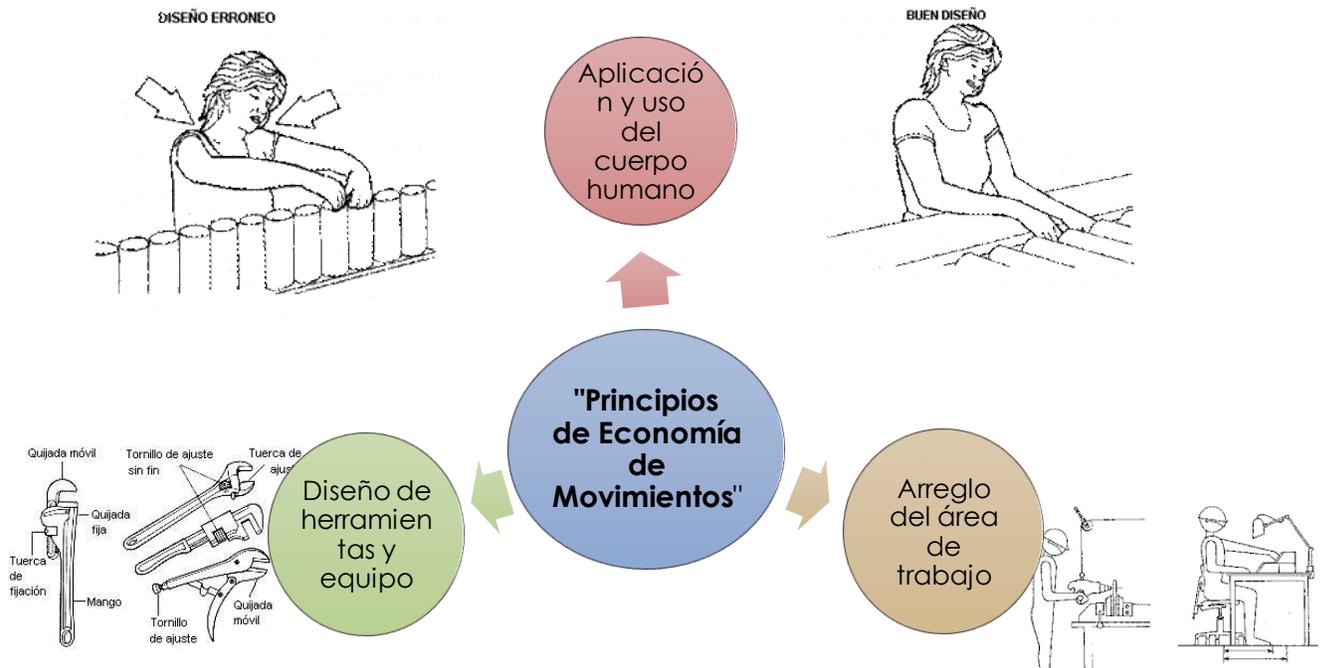


Ilustración 5 - Clasificación de los principios

- Uso del cuerpo humano

En este grupo los principios están dirigidos al diseño del trabajo de acuerdo con las capacidades físicas del individuo para lograr un mejor rendimiento en la realización del trabajo.

Los principios clasificados en este grupo son:

1. Las dos manos deben empezar y completar sus movimientos a la vez.
2. Los movimientos de los brazos deben hacerse siempre en sentido opuesto, en dirección simétrica y simultáneamente.
3. Ambas manos no deben permanecer inactivas a la vez, salvo en periodos de descanso.
4. En trabajos ligeros se usará de preferencia el antebrazo y la mano, en lugar del brazo y el hombro
5. Son preferibles los movimientos continuos y sin esfuerzo a los movimientos en zigzag con cambios de dirección repentinos.
6. El ritmo es esencial para conseguir una acción automática sin esfuerzo.
7. Debe relevarse a las manos todo el trabajo que pueda ser realizado por otras partes del cuerpo
8. Debe aprovecharse el impulso cuando favorece al obrero, pero debe reducirse a un mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.
9. Los movimientos de oscilación libre son más rápidos, más fáciles y más exactos que los restringidos o controlados.

10. El trabajo debe disponerse de modo que los ojos se muevan dentro de límites cómodos y no sea necesario cambiar de foco a menudo.

- Distribución del lugar de trabajo

En cuanto a la distribución es necesario el uso de una estación de trabajo ajustada apropiadamente, que proporcione al operario una confortable posición y contribuyan a una mayor producción y eficiencia, así como a la disminución de lesiones ocasionadas por herramientas y equipo

Para esta clasificación se tienen los siguientes principios:

11. Debe haber un lugar definido para todas las herramientas y materiales con el fin de formar hábito.
12. Siempre que sea posible deben usarse depósitos de suministros por gravedad, la evacuación del trabajo debe procurarse que se haga también por gravedad.
13. Los materiales y herramientas deben estar colocados en el lugar que mejor facilite la secuencia de los movimientos.
14. Deben proveerse condiciones de visibilidad adecuadas y prever lo necesario para una postura cómoda. La altura de la superficie de trabajo y la del asiento deberán combinarse de forma que permitan al operario trabajar alternadamente sentado o de pie.
15. Las herramientas, materiales y llaves de control deben colocarse dentro del área máxima de trabajo, cerca y directamente frente al operador.
16. El color de la superficie de trabajo deberá contrastar con el de la tarea que realiza, para reducir así la fatiga de la vista.

- Diseño de herramientas y equipos

Este tercer grupo va dirigido a la disminución de tiempo y esfuerzo al realizar la operación cuidando el desgaste del operario; ya que el uso de un dispositivo ayuda a reducir el contenido de trabajo de una operación, constituyen el fundamento para la mejora de muchas operaciones; prácticamente cualquier operación manual es susceptible de mejorarse mediante algún tipo de dispositivo. Los principios que nos hablan acerca del diseño de herramientas y equipos son los siguientes:

17. Debe relevarse a las manos de todo trabajo de sostener la pieza siempre que pueda efectuarse mediante una plantilla, aparato de sujeción o un dispositivo accionado con el pie.
18. Siempre que sea posible deben combinarse dos o más herramientas.
19. En las herramientas los mangos deben diseñarse de manera que permita la mejor superficie de contacto con la mano. Es algo de especial importancia cuando hay que ejercer mucha fuerza sobre el mango.

20. Siempre que cada dedo realice un movimiento específico, como para escribir a máquina, debe distribuirse la carga de acuerdo con la capacidad inherente a cada dedo.
21. Las palancas, los volantes de mano, etc. deben situarse en una posición tal que puedan accionarse con el mínimo de movimiento y en el sentido lógico.

Los Principios de Economía de Movimientos descritos en la clasificación de Ralph L. Barnes han sido renombrados por varios autores, sin embargo, la mayoría de ellos tienen el mismo enfoque. Para este trabajo se enuncian los Principios de acuerdo con Benjamín W. Niebel y Andris Freivalds.¹⁵

3.5. Aplicación de los Principios de Economía de Movimientos

Como se ha mencionado, los principios de economía de movimientos son lineamientos que pueden ser utilizados por igual en unidades fabriles y de oficinas, ayudando a reducir la fatiga del trabajo manual en las estaciones de trabajo y así mejorar la eficacia de las operaciones.

En algunas situaciones la aplicación de los principios de economía de movimientos puede llegar a ser un poco complicada, ya que los trabajadores se inclinan a temer a los estudios de métodos y de tiempos, pues se percatan de que darán como resultado un aumento en la productividad. Esto significa una sola cosa para ellos: menos trabajo y, en consecuencia, menor salario.

El técnico en el estudio de tiempos y movimientos de la actualidad debe aplicar el enfoque basado en términos "humanitarios". Debe tener amplios conocimientos del estudio de la conducta humana y sus habilidades de comunicación. Siempre debe saber escuchar, indicando que respeta las ideas y las opiniones de otros, particularmente del operario en cuestión. Debe dar crédito a quienes lo ameriten y, en realidad, tiene que adquirir el hábito de dar crédito a la otra persona, aun cuando se dude de si lo merece efectivamente.

Asimismo, los practicantes del estudio de tiempos y movimientos deben recordar siempre mantener la actitud de cuestionamiento resaltado por los Gilbreth y Taylor en este campo. La noción de que existe siempre un mejor camino necesita considerarse continuamente en el desarrollo de nuevos métodos que mejoren la productividad, la calidad, la entrega, la seguridad del trabajador y el bienestar.

En la actualidad, las industrias progresistas están extendiendo la aplicación de la ergonomía/ factores humanos como herramienta de la ingeniería de métodos para su uso en diseños de puestos de trabajo, maquinaria, equipos y productos. Estos esfuerzos han mejorado la productividad en todas las organizaciones,

¹⁵ Ingeniería Industrial Estudio de tiempos y movimientos, Benjamín W. Niebel: Editorial Representaciones de Ingeniería y servicios 8° edición 1980.

incrementando la salud y seguridad de los trabajadores y empleados y creando una fuerza de trabajo más satisfecha.¹⁶

4. Desarrollo de cápsulas.

4.1. Justificación de las cápsulas como recurso didáctico para la asignatura Estudio del Trabajo.

La aportación de las cápsulas como recurso didáctico se puede considerar como una herramienta adecuada, ya que presentan dinamismo, lo cual logra captar la atención e interés de los estudiantes de las nuevas generaciones. Además, se hace uso de ejemplos concretos y claros de fábricas, laboratorios y de la vida cotidiana, que nos ofrecen panoramas distintos, apegados a la realidad, en los cuales se muestran las ventajas acerca del uso de los Principios de Economía de Movimientos.

Para mostrar que las cápsulas pueden considerarse como una herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje para el tema Principios de Economía de Movimientos, se justifican los siguientes criterios que el docente debe evaluar:

- ✓ Los aprendizajes que se desean transmitir: conocimientos, habilidades, actitudes, destrezas.

Para los Principios de Economía de Movimientos es necesario comprender la esencia de los mismos, ya que estos pueden llegar a interpretarse de diferentes maneras.

Lo importante no es aprenderse de memoria el Principio, sino una vez comprendido, se necesita adquirir la habilidad para poder detectar las áreas de oportunidad en las que se puede trabajar.

En las cápsulas se muestra la aplicación de los Principios de Economía de Movimientos con diferentes actividades en distintos lugares, esto con el fin de poder mostrarle al estudiante la versatilidad que éstos pueden tener, así como ejemplos sencillos con los cuales puedan entender y sentirse familiarizados.

De esta manera el estudiante tendrá la oportunidad de:

- Conocer los Principios de Economía de Movimientos.
- Desarrollar la creatividad en la aplicación de los principios al mostrar la versatilidad de estos.

¹⁶ Nathali Ynoquio, (2015), Tendencias Actuales de la Ingeniería, Recuperado de <https://es.scribd.com/document/72689417/Tendencias-Actuales-de-La-Ingenieria>.

- Comprender los beneficios que se obtienen con la aplicación de los principios en diferentes actividades.

✓ El tiempo del que se dispone

El docente que imparte la materia “Estudio del Trabajo” en la Facultad de Ingeniería generalmente dispone de poco tiempo para impartir la lección y abarcar el tema Principios de Economía de Movimientos, por lo cual se considera buena opción hacer uso de las cápsulas para dar a conocer el tema, ya que en poco tiempo se logra transmitir una idea clara de la aplicación de los Principios de Economía de Movimientos, además de tener la posibilidad de ir analizando minuciosamente las actividades presentadas, logrando una mayor comprensión en un tiempo más corto.

✓ Las características de los alumnos: edad, capacidad, expectativas, nivel de preparación, hábitos de estudio, experiencias previas

Las cápsulas van dirigidas a estudiantes de Ingeniería, lo cual se asume que tienen las capacidades para comprender un video didáctico, sin embargo, las cápsulas están diseñadas para un fácil entendimiento, ya que mientras se observa cómo se ejecuta la actividad se va narrando detalladamente cada uno de los movimientos, resaltando el uso de los principios y las mejoras que se están logrando al aplicarlos.

✓ Condiciones del medio escolar

En la Facultad de Ingeniería se cuenta con proyectores y equipos de cómputo en las aulas, esto hace que las cápsulas sean una opción viable para que el docente las use como material didáctico.

Al hacer uso del proyector se puede apreciar desde todos los asientos del aula la transmisión, lo cual favorece al entendimiento por parte de todos los alumnos.

✓ Número de alumnos que integran el grupo

El número de estudiantes que conforman el grupo de Estudio del Trabajo son entre 30 – 40 alumnos, por lo que el hacer uso de material didáctico impreso y manipulable como las fotocopias, documentos, mapas conceptuales, entre otros, en algunas ocasiones resulta ser innecesario debido a la cantidad de alumnos que son, ya que implica mayor consumo de recursos.

En cambio, las cápsulas ofrecen la oportunidad de transmitir las tantas veces como sea necesario, logrando que todos los alumnos puedan hacer uso de ese material didáctico de una manera grupal y no individual, como se haría con el material didáctico convencional.

4.2 Justificación y desarrollo de los Principios seleccionados

De acuerdo con los 22 principios mencionados, seleccionamos 10, los cuales nos ofrecieran la oportunidad de recrearlos y realizar la filmación y ejemplificación lo más apegado a la realidad posible.

De los 10 principios seleccionados 6 de ellos pertenecen a la clasificación *Aplicación y uso del cuerpo humano*, tres a la *distribución del lugar de trabajo* y solo uno al *diseño de herramientas y equipos*, esto fue debido a que se planteó realizar las cápsulas en lugares en los cuales ya se tuviera un método de trabajo, tales como tortillería, panadería, laboratorio de metalografía física, puesto de tortas y fábrica de esferas.

Derivado de lo anterior, el objetivo primordial no era elaborar herramientas y dispositivos a utilizar; desafortunadamente, la opción de reacomodar la distribución de su lugar de trabajo no se nos permitió totalmente, es por lo que la mayoría de nuestros ejemplos están enfocados al uso del cuerpo humano.

Sin embargo, se tiene en cuenta que las 3 clasificaciones son importantes y nos ofrecen el mismo valor.

Una vez detectados los movimientos y actividades, los cuales pudieran ser modificados para mostrar la aplicación de los Principios seleccionados, se comenzó con la realización del guion, parte fundamental del trabajo.

Haciendo uso de nuestra creatividad e imaginación, tratamos de combinar la información conceptual con las acciones y movimientos que se iban a llevar a cabo.

Para la mayoría de los principios seleccionados se tomó más de un ejemplo con el propósito de mostrar la aplicación del mismo principio en diferentes situaciones.

Por otra parte, se tomó la decisión de mostrar un comparativo de algunos movimientos ejemplificados, es decir, se captaron los movimientos realizados antes y después de aplicar el principio, esto con el fin de mostrar las ventajas que se consiguen.

Dentro del cuerpo del guion se comienza con una introducción breve de los Principios de Economía de Movimientos, seguido del relato de los ejemplos utilizados en las cápsulas, en donde se narra paso a paso los movimientos que se observan en pantalla, con el fin de resaltar el movimiento exacto en el que se aplica el principio, cabe mencionar que al inicio de cada cápsula se enuncia el principio el cual se proseguirá a ejemplificar.

Por último, se llevó a cabo la filmación de las cápsulas, en donde lo más complicado fue captar los movimientos desde el ángulo correcto para que se pudieran resaltar los movimientos deseados, gracias a la ayuda de la CUAED (Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia), quienes se encargaron de la

filmación, edición y voces de las cápsulas, se pudo obtener los resultados esperados.

A pesar de tener el guion como una guía indispensable para llevar a cabo la filmación, fue necesario que estuviéramos presentes en la filmación para que la CUAED captara lo que se quería transmitir.

A continuación, se explica a detalle cada principio usado en las cápsulas, así como los ejemplos desarrollados en cada uno de ellos.

Principio 1- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #1). “Las dos manos deben empezar y completar sus movimientos a la vez”

Cuando la mano derecha esté trabajando en la zona normal a la derecha del cuerpo mientras que la izquierda trabaje en el área normal a la izquierda de éste completando los movimientos a la vez, habrá una sensación de equilibrio que tiende a inducir un ritmo adecuado en la actuación del operario, originando un máximo en el rendimiento o productividad.

Este principio lo demostramos al analizar la elaboración de esferas artesanales que comprende desde tomar un tubo de vidrio hasta crear la forma deseada de la esfera aplicando calor y aire, como se muestra en la imagen 1.

Durante este proceso se realizan movimientos con los dedos de ambas manos de tal manera que hacen girar el tubo sobre el eje horizontal para obtener una deformación uniforme.



Fuente: Captura de pantalla cápsula “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 1, min. 01:40.

Imagen 1

Otro ejemplo que utilizamos para ilustrar este principio es en el laboratorio de metalografía física para la práctica de templabilidad, donde se hace una comparativa cuando un estudiante toma con una sola mano las pinzas con las que retira de la mufla una probeta muy caliente, por otro lado, se muestra el mismo movimiento, pero ahora el estudiante toma con ambas manos las pinzas utilizando la fuerza de cada mano para poder ejercer mayor presión y control en la sujeción de la probeta provocando mayor confianza al retirarla de la mufla y transportarla, tal como se muestra en la imagen 2.



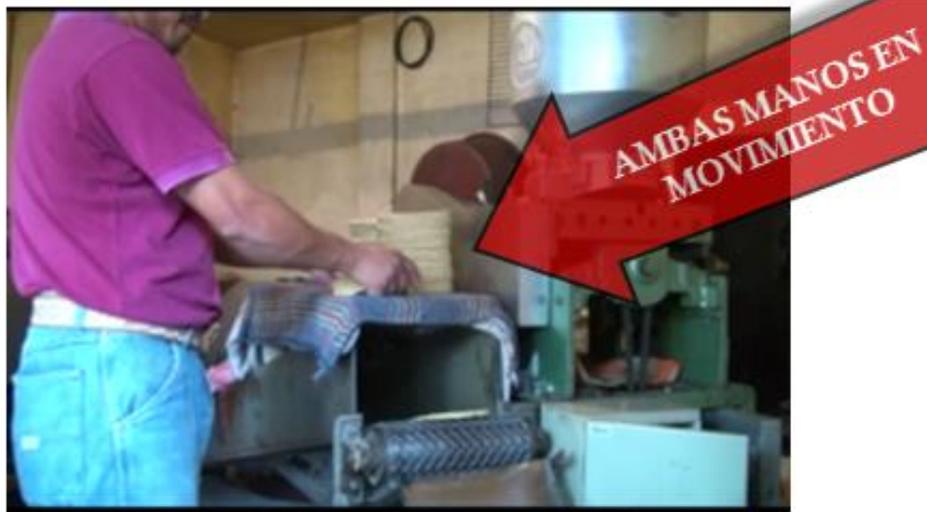
Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 1, min. 04:05.

Imagen 2

Principio 3- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #2). *"Ambas manos no deben permanecer inactivas a la vez, salvo en periodos de descanso"*

Cuando una mano trabaja bajo carga mientras la otra se encuentra ociosa, el cuerpo tiene que desarrollar un esfuerzo para mantenerse en equilibrio. Lo anterior suele ocasionar más fatiga que si ambas manos realizan trabajo útil.

El principio dos guarda mucha relación con el principio uno, ya que también requiere del trabajo simultaneo de ambas manos, para este, utilizamos el ejemplo de un operario en una tortillería, como se muestra en la imagen 3, cuando ordena las tortillas ya que en todo momento sus manos se encuentran en movimiento, desde que las ordena, las sacude y hasta que las coloca en la mesa, las dos manos dejan de trabajar al mismo tiempo.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 2, min. 00:36.

Imagen 3

Otro ejemplo se muestra en la imagen 4 en el proceso que realiza un panadero al hacer su masa. Para poder aplanar la masa, el panadero debe sostener el rodillo con ambas manos realizando movimientos de abajo hacia arriba para aplicar una mayor fuerza sobre la mesa con menor esfuerzo, ya que si realiza esta misma operación con una sola mano el esfuerzo aplicado al rodillo deberá ser mayor. Solo hasta que termina de preparar la masa inicia el periodo de descanso, momento en que las manos permanecen inactivas a la vez.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 2, min. 01:10.

Imagen 4

Principio 2- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #3). “Los movimientos de los brazos deben hacerse siempre en sentido opuesto, en dirección simétrica y simultáneamente”

Es natural que las manos se muevan con simetría; cualquier desviación de ésta en una estación de trabajo en que se usan las dos manos obliga al operario a ejecutar movimientos lentos y difíciles. Un ejemplo común lo da la dificultad del ejercicio de tratar de darse palmadas en el estómago con la mano izquierda, mientras se frota uno la cabeza con la derecha.

Este principio es ejemplificado en las cápsulas con dos diferentes actividades, la primera es nuevamente en la tortillería cuando el trabajador envuelve en papel las tortillas, ya que los movimientos que realizan sus manos son simétricos todo el tiempo y se efectúan simultáneamente, tal como se ve en la imagen 5.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 3, min. 01:21.

Imagen 5

El segundo ejemplo es aplicado en la producción de esferas, en la tarea de empaquetado; En las cápsulas se resalta la acción en la que la operaria sostiene una esfera con cada mano al mismo tiempo y las transporta hasta el empaque, soltándolas en la posición correcta, realizando dicho movimiento varias veces, mostrando movimientos simétricos y simultáneos.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 3, min. 02:31.

Imagen 6

Principio 13- Distribución del lugar de trabajo (Encontrado en las cápsulas como Principio #4). “Los materiales y herramientas deben estar colocados en el lugar que mejor facilite la secuencia de los movimientos”

Las breves variaciones que ocurren al buscar y seleccionar los diversos objetos que se necesitan para ejecutar una operación, quedarán eliminadas o reducidas al mínimo si en la estación de trabajo se destinan sitios fijos para las herramientas y los materiales.

La manera que encontramos para ejemplificar este principio fue en un puesto de tortas, al captar la distribución en la que el operario mantiene todos los elementos que conforman una torta listos y a su alcance para evitar realizar movimientos demás y tener que buscar dichos insumos.

Este simple acomodo provoca que los movimientos que realiza sean con el menor esfuerzo, la operación se vuelve eficiente y no pierde visibilidad de los suministros que se requieren en el momento.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 4, min. 01:31

Imagen 7

Como otro ejemplo seleccionamos el proceso de decorado de esferas, mostrado en la imagen 8, enfocándonos en los materiales necesarios y la distribución más cercana y estratégica al operador, resaltamos como es que la operaria no requiere hacer movimientos bruscos, gracias a que las esferas no decoradas y la pintura están situadas en la parte de enfrente de la operaria con el fin de facilitar sus movimientos y evitar accidentes como algún derrame de la pintura.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 4, min. 02:10

Imagen 8

Principio 4- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #5). “En trabajos ligeros se usará de preferencia el antebrazo y la mano, en lugar del brazo y el hombro”

Se recomienda que los trabajos realizados por el operario involucren la menor cantidad de partes del cuerpo, es decir que los movimientos correspondan al orden más bajo posible de acuerdo con la clasificación existente de ejecuciones de operaciones que se muestra en la tabla, esto, para evitar la fatiga del operario.

Clase	Punto de pivote	Miembros del cuerpo
5	Tronco	Torso, parte superior / antebrazo, muñeca y dedos
4	Hombro	Parte superior / antebrazo, muñeca y dedos
3	Codo	Antebrazo, muñeca y dedos
2	Muñeca	Mano y dedos
1	Nudillo	Dedos

Fuente-<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/estudio-de-movimientos/>

Ilustración 6 - Clasificación de ejecución de operaciones

Así cuando se reducen los movimientos a la clasificación más baja, se alcanza el máximo de ejecución con el mínimo de fatiga. Es decir que este principio implica que los movimientos de clase inferior son más rápidos de realizar que los de clase superior.

Para aplicar el principio número cinco, se seleccionó el proceso de soplado de vidrio para la formación de esferas, en donde se muestra como la operaria hace uso de sus dedos, muñeca y antebrazos únicamente para realizar la operación de soplado.

Esta operación consiste en sostener un tubo de vidrio frente al soplete con ambas manos mientras que con los dedos lo gira para lograr una deformación uniforme y poder generar el soplado. Es entonces que se cumple con la tercera clase de los movimientos, así como se muestra en la siguiente imagen número 9.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 5, min. 00:58

Imagen 9

Otro ejemplo utilizado para ilustrar este principio es el ensamble de una esfera en forma de pétalo con un alambre para la elaboración de nochebuenas, esta operación consiste en tomar con la mano izquierda el pétalo y el alambre, sosteniéndolos con la misma mano, para que con la otra mano se coloque una cinta y puedan ser unidos sin dificultad ambos productos, de esta manera se muestra como la operadora mueve solo sus dedos, la muñeca y el antebrazo al hacer girar el alambre e ir enrollando la cinta, cumpliendo así con el principio.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 5, min. 02:38

Imagen 10

Principio 6- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #6). “El ritmo es esencial para conseguir una acción automática sin esfuerzo”

El ritmo es esencial para llevar a cabo automáticamente una operación, y el trabajo debe organizarse de manera que se pueda realizar a un ritmo fácil y natural.

Si se pueden ordenar los movimientos básicos de una sucesión dada de modo que haya una repetición regular de therblig similares, o que estos se alternen regularmente, las manos trabajan instintivamente en forma rítmica. Cuando el trabajo se ejecuta con tal regularidad o fluidez de movimientos, se tendrá la impresión de que el operario trabaja sin esfuerzo, pero sin duda que la productividad será mayor y la fatiga mínima.

Para ilustrar esta teoría se analizó la realización del corte de una barra metálica en el laboratorio de metalografía física.

Mostramos una comparativa de los movimientos realizados por el alumno; La primera toma se muestra en la imagen 11 cuando el alumno corta la barra utilizando una postura incorrecta provocando que aplique mayor esfuerzo y que sus movimientos no sean continuos.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 6, min. 00.43.

Imagen 11

Por el contrario, al aplicar el principio y modificar la postura del alumno permite hacer el movimiento de sus manos más continuo sin necesidad de ejercer gran esfuerzo para cortar la barra consiguiendo un ritmo adecuado, este movimiento se observa en la imagen 12.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 6, min. 01.14.

Imagen 12

Otro ejemplo utilizado para este principio fueron nuevamente los movimientos realizados por un panadero al elaborar el pan, se muestra claramente que el trabajador no se agota ya que, al cortar los pedazos en forma rectangular, el panadero realiza movimientos suaves obteniendo un ritmo natural.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 6, min. 02.38

Imagen 13

Principio 15- Distribución del lugar de trabajo. (Encontrado en las cápsulas como Principio #7). “Las herramientas, materiales y llaves de control deben colocarse dentro del área máxima de trabajo, cerca y directamente frente al operador.”

En todo movimiento existe una distancia, cuanto mayor sea la distancia, mayor será el esfuerzo muscular, el control y el tiempo. Por tanto, es importante minimizar distancias.

El área normal de trabajo en el plano horizontal para la mano derecha comprende el área descrita por el antebrazo al girar con centro en el codo. Esta área será la zona más conveniente, dentro de la cual pueden realizarse movimientos por la mano derecha con un gasto normal de energía. Del mismo modo puede definirse la zona normal para la mano izquierda.

Puesto que los movimientos se ejecutan en tres dimensiones, así como en el plano horizontal, el concepto de área normal de trabajo se aplica también al plano vertical.

El área máxima de trabajo es aquella parte del lugar laborable dentro de la cual deben estar todas las herramientas y materiales y puede ejecutarse el trabajo sin demasiada fatiga. Esta zona o área se limita describiendo arcos con los brazos extendidos totalmente y, como en el caso del área normal de trabajo, deben considerarse tanto el plano horizontal como el vertical.



Fuente- ESTUDIO DE MOVIMIENTOS, <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/estudio-de-movimientos/>

Ilustración 7 - Área máxima de trabajo

Es necesario el uso de una estación de trabajo ajustada apropiadamente, que proporcione al operario una confortable posición.

Para el caso del principio siete, se analiza la práctica de pulido en el laboratorio de metalografía física, para ejemplificarlo. Realizamos una comparativa de los movimientos efectuados por una alumna, como primera toma, como se observa en la imagen 14, se tiene todo el material utilizado para la elaboración de la práctica disperso dentro de su misma área de trabajo mientras que la pulidora de probetas ya está funcionando, de esta manera mostramos los movimientos realizados de más

y el tiempo invertido en algunos de estos movimientos no son productivos ni aportan valor a la actividad.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 7, min. 00.49.

Imagen 14

En la segunda toma resaltamos la diferencia al encontrarse todos los materiales necesarios dentro del área normal de trabajo, justo al alcance de la alumna como se ve en la imagen 15, acortando el tiempo de la actividad y evitando movimientos innecesarios.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 7, min. 01.37

Imagen 15

Principio 12- Distribución del lugar de trabajo. (Encontrado en las cápsulas como Principio #8). “Siempre que sea posible deben usarse depósitos de suministros por gravedad, la evacuación del trabajo debe procurarse que se haga también por gravedad”

El tiempo necesario para ejecutar los dos therblig de transporte (alcanzar y mover), es proporcional a la distancia que las manos tienen que recorrer para realizarlos. Si

se utilizan depósitos con alimentación por gravedad las piezas o componentes pueden llevarse continuamente al área normal de trabajo, eliminando así los movimientos de alcance a gran distancia para traer nuevas piezas. Del mismo modo, la descarga por gravedad permite dejar dentro del área normal las piezas acabadas, eliminando así la necesidad de movimientos a gran distancia para retirar dichas piezas terminadas.

Para ejemplificar el principio en las cápsulas, nos enfocamos en el caso del estudiante al realizar la práctica de lijado en el laboratorio de metalografía física. Para esta práctica es necesario colocar agua sobre la lija para poder remover las partículas del material, por lo cual resaltamos las diferencias al hacer uso del principio 8 en esta actividad.

Primero mostramos los movimientos en la imagen 16 que el estudiante debe realizar al estar colocando agua constantemente, ya que debe de abandonar su actividad de lijado para sostener el envase con agua y derramarla sobre la lija, lo que provoca que se distraiga y pierda tiempo en la realización de su trabajo.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 8, min. 00.44.

Imagen 16

Para mostrar la aplicación de este principio se utilizó un mecanismo que permitiera la caída del agua por gravedad evitando así la interrupción en la actividad de lijado y permitiendo que las partículas del material se desplazaran gracias al flujo constante de agua; lo que provocó una disminución en los movimientos y mayor eficiencia en el trabajo. El mecanismo se muestra en la imagen 17.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 8, min. 01.04

Imagen 17

Por otro lado, se intenta ejemplificar el principio con actividades comunes, con el fin de mostrar que su aplicación puede ser en cualquier lugar y con diferentes actividades; tal es el caso de una tortillería ya que se utiliza un dispositivo para almacenar las tortillas, las cuáles son transportadas hasta el dispositivo por medio de una banda transportadora y una vez que llegan al final de la banda, por medio de la fuerza de gravedad se acumulan en dicho dispositivo, permitiendo así que el operario solo se encargue de recoger las tortillas cuando se acumule en el dispositivo una cantidad considerable de ellas, de esta manera el trabajador realiza solo un movimiento y además, evita quemarse.



**DEPÓSITO DE SUMINISTRO
POR GRAVEDAD**

Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 8, min. 01.37.

Imagen 18

Principio 5- Uso del cuerpo humano. (Encontrado en las cápsulas como Principio #9). “Son preferibles los movimientos continuos y sin esfuerzo a los movimientos en zigzag con cambios de dirección repentinos.”

Para llevar a cabo un cambio de dirección, la mano tiene que desacelerar, luego cambiar su dirección y volver a acelerarse hasta el momento de otra desaceleración antes de ejecutar el siguiente cambio de dirección. Por el contrario, los movimientos continuos en línea curva no requieren desaceleración y, por consiguiente, pueden ejecutarse con mayor rapidez por unidades de distancia.

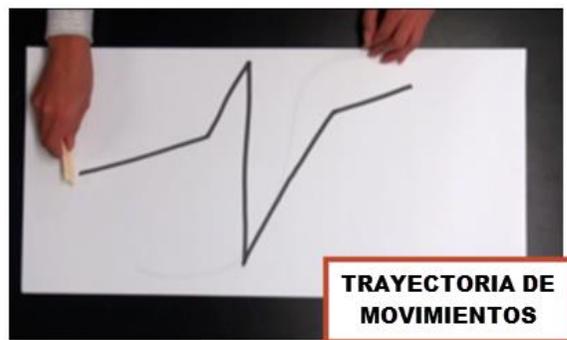
Para describir el siguiente principio, utilizamos el movimiento de rayar con un lápiz una hoja de papel, así como se muestra en la imagen 19. Durante el procedimiento se observan dos elementos, el primero rayado, y el segundo, cambiar de dirección al llegar al final de la línea trazada anteriormente. Estudios realizados, muestran que el 75% del tiempo se utiliza en el movimiento de la mano, mientras que el 25% restante en el cambio de dirección al llegar al final de la línea, es decir, el 25% del tiempo el lápiz se encuentra inmóvil.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 9, min. 00.34.

Imagen 19

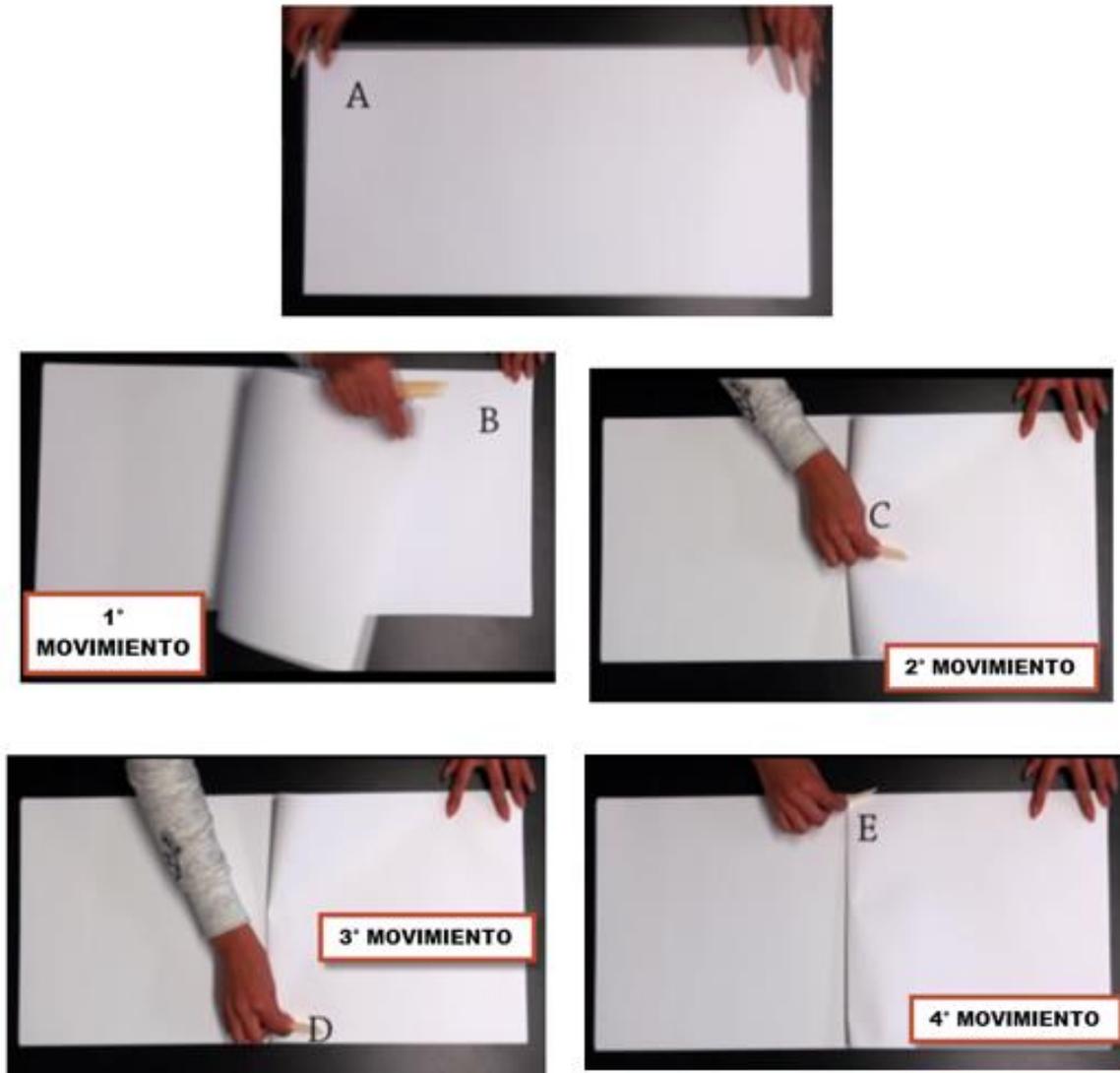
Por otro lado, como segundo ejemplo se muestra la trayectoria incorrecta en la imagen 20 de doblado de hojas de papel, se determina incorrecta debido a la gran



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 9, min. 02.21.

Imagen 20

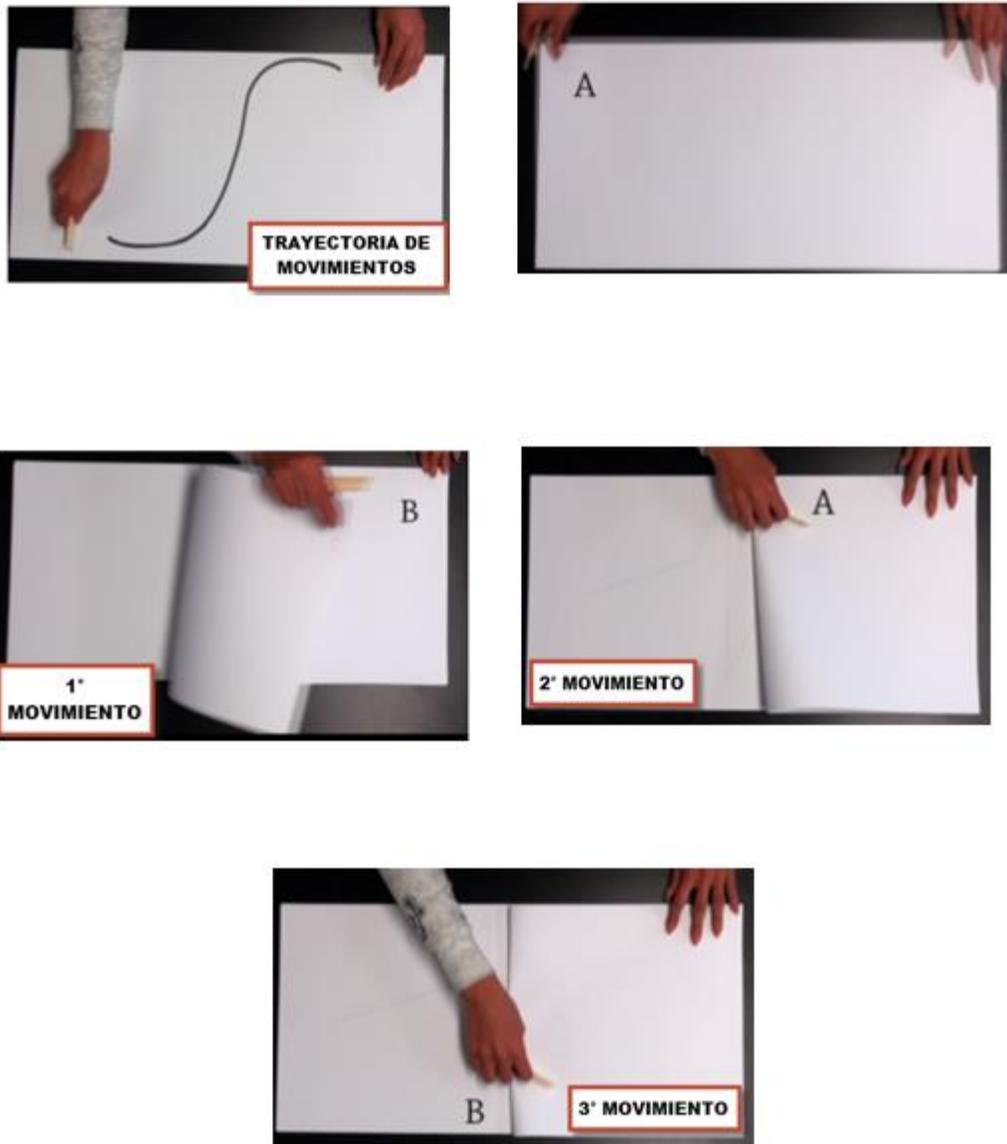
cantidad de cambios bruscos en la dirección de la mano cuando se realizan los dobleces en la hoja de papel. El procedimiento se muestra en la imagen 21, la operaria junta las esquinas inferiores de la hoja (esquina A y B), después mueve su mano derecha con la plegadera que le ayuda a marcar el doblez hasta el punto C, posteriormente sube su mano hasta el punto D, al terminar este doblez se presenta un cambio brusco de dirección ya que se baja la mano al punto E para terminar de doblar la hoja realizando un movimiento en línea recta, lo que conlleva a cambios violentos de dirección.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 9, min. 01.45.

Imagen 21

Para mejorar los movimientos se evitan cambios de dirección bruscos y se cambian por movimientos curvos, tal como se muestra en la imagen 22 la trayectoria de movimientos, haciendo un procedimiento similar al anterior, la empleada toma la esquina A y la coloca sobre B, juntando nuevamente ambas manos, ahora la mano derecha describe una línea curva comenzando a desplazar la plegadera ahora desde el punto A hasta el punto superior B, con esto se obtiene que todo el procedimiento de doblado se lleva con un solo movimiento a partir de líneas curvas.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 9, min. 02.35.

Imagen 22

Principio 17- Diseño de herramientas y equipos. (Encontrado en las cápsulas como Principio #10). *“Debe relevarse a las manos de todo trabajo de sostener la pieza siempre que pueda efectuarse mediante una plantilla, aparato de sujeción o un dispositivo accionado con el pie.”*

Las herramientas manuales mecanizadas no sólo pueden ejecutar trabajo más rápidamente que las de la mano simples, sino que reducen considerablemente también la fatiga del operario. Se consigue mayor uniformidad en el producto empleando tales medios de producción

La mano rara vez es un eficiente dispositivo de sujeción porque si se ocupa en sostener una pieza en trabajo, no podrá estar libre para realizar trabajo útil. Las partes que han de ser sostenidas en posición mientras se las trabaja deberán estar sostenidas por un dispositivo, dejando libres las manos para realizar movimientos productivos o eficaces. Los dispositivos no solo ahorran tiempo en el procesado de las piezas, sino que permiten obtener mejor calidad por la sujeción más exacta y firme de las partes.

Como ejemplo de este principio, se utiliza la actividad de remachado de una blusa, para este, se hace un comparativo de la actividad haciendo uso de un sacabocados y una remachadora contra el uso de una máquina perforadora.

En la primera toma se muestra que es lo que pasa cuando el trabajador realiza la operación de manera manual, así como se ve en la imagen 23; Para iniciar, el trabajador debe posicionar la blusa, después con ayuda del sacabocados debe realizar un orificio, se coloca el remache para posteriormente presionarlo con la remachadora. Con esto se muestra que es un trabajo laborioso he involucra demasiados movimientos, resultando ser muy agotador para las manos del operario.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas “Principios de Economía de Movimientos”, Principio 10, min.01.17.
Imagen 23

Por ello, en la segunda toma se propone aplicar el principio y sustituir la fuerza de las extremidades superiores por una máquina que funciona a partir de un pedal realizando el mismo funcionamiento de remachado; De este modo el trabajador solo

requiere posicionar el remache y pisar el pedal de manera suave y natural para generar el orificio y el remache simultáneamente, así como se muestra en la imagen 24.



Fuente: Captura de pantalla cápsulas "Principios de Economía de Movimientos", Principio 10, min.03.02.

Imagen 24

Se tiene un segundo ejemplo para este principio en el que se retoma la práctica de lijado en el laboratorio de metalografía física, nuevamente se realizan tomas comparativas mostrando las mejoras que produce la aplicación del principio.

En la primera toma captamos los movimientos manuales que el estudiante realiza para lijar su probeta, mostramos como con la mano izquierda sujeta la lija mientras que con la derecha toma la probeta y realiza movimientos de arriba hacia abajo pasando la probeta por la lija. Mostrando así el esfuerzo desperdiciado al estar sosteniendo la lija debido a que es una operación que no aporta valor a la actividad y produce desgaste para el estudiante impidiendo un resultado óptimo.

Para eliminar la acción de sostener se realiza un mecanismo el cuál sostiene la lija y ofrece la oportunidad de modificar la inclinación de este para mayor comodidad del alumno, obteniendo con esto mejores resultados al realizar el trabajo de lijado, reduciendo el tiempo y evitando el desgaste del alumno en operaciones que no aportan valor.

5. Conclusiones

- Al utilizar el vídeo didáctico dentro del aula permite presentar los Principios de Economía de Movimientos de una manera diferente a los alumnos, dándole a la clase un ambiente de aprendizaje dinámico.
- Con la realización de las cápsulas se logró transmitir desde diferentes entornos la aplicación de los principios de economía de movimientos, permitiendo que los alumnos comprendan que éstos pueden aplicarse con diferentes movimientos realizados en diversas operaciones, no importando la actividad ni el giro industrial. Esto se logró con la presentación de ejemplos sencillos, apegados a la vida real, propiciando que los alumnos se sientan identificados.
- Considerando que los docentes de la Facultad de Ingeniería afirman que el uso de las TIC's les facilita su actividad y les encuentran varias ventajas, se les proporcionó a los docentes que imparten el tema "Principios de Economía de Movimientos" un video útil que puede ser usado como herramienta de apoyo que les permita encaminar los objetivos propuestos en su proceso de enseñanza.
- Las cápsulas facilitarán el análisis del tema, al permitir pausar y retroceder la reproducción las veces que sean necesarias para su total comprensión, aunado a las diferentes ventajas que ofrecen los videos.
- Para poder realizar este trabajo, fue de suma importancia familiarizarme con los principios de la economía de movimientos, lo cual me permitió desarrollar la habilidad para detectar rápidamente las mejoras dirigidas a movimientos y operaciones en donde se pudieran aplicar los Principios de Economía de Movimientos. También logré adquirir experiencia en el diseño y dirección de medios audiovisuales.

6. Bibliografía

Funciones y objetivos del docente

- 1) Duarte Cristancho, (2007), FORMACIÓN PERMANENTE DE DOCENTES EN SERVICIO, Recuperado de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8931/2/AMBITOCONCEPTUALI.pdf?sequence=3> – Jemima, Pág. 32 y 33.
- 2) Silvia Sanz Blas, Carla Ruiz Mafé e Isabel Pérez Pérez, (2014), El Profesor universitario y su función docente, Recuperado de http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num5/El_Profesor_universitario_y_su_funcion_docente.php
- 3) Facultad de Ingeniería, Programa de Estudio, http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/Industrial/2016/asignaturas_industrial_2016.pdf
- 4) Facultad de Ingeniería, Mapa curricular 2016, http://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/licenciatura/industrial_plan2016.php

Material didáctico

- 5) Artur Parcerisa Aran, (2007), Materiales para el aprendizaje, más allá del libro de texto... y de la escuela, Recuperado de <http://aula.grao.com/revistas/aula/165-los-materiales-recurso-para-el-aprendizaje/materiales-para-el-aprendizaje-mas-alla-del-libro-de-texto--y-de-la-escuela>, REVISTA AULA. De Innovación Educativa - Universidad de Barcelona.

Clasificación del material didáctico

- 6) Isabella González, (2015), El recurso didáctico. Usos y recursos para el aprendizaje dentro del aula, Recuperado de http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=11816&id_libro=571, Programa Asistentes Académicos de la Facultad de Diseño y Comunicación de la Universidad de Palermo.

Uso de herramientas tecnológicas en la docencia

- 7) María Guadalupe Bautista Sánchez, Aldo Raudel Martínez Moreno y Reynaldo Hiracheta, (2014), El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC's) para mejorar el alcance académico, Recuperado de http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/14/CyT_14_11.pdf.
- 8) Juan Luis Bravo Ramos, (2004), LOS MEDIOS DE ENSEÑANZA: CLASIFICACIÓN, SELECCIÓN Y APLICACIÓN, Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/368/36802409.pdf>, Universidad Politécnica de Madrid, Pág. 114.

- 9) Ing. Irene Patricia Valdez y Alfaro, (2011), ENCUESTA PARA PROFESORES SOBRE EL USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN, TIC's, Datos tomados de http://dcb.fi-c.unam.mx/ProyectoTICS/contenidos/encuestaDCB_TICS-2012-1.pdf, Pág. 1, 5, 9, 13, y 20.

Uso de videos como recurso didáctico

- 10) <http://www.ice.upm.es/wps/jlbr/Documentacion/Libros/Videdu.pdf>, Juan Luis Bravo Ramos, El video educativo, Madrid enero, 2000.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S101029142014000100003, Uso institucional del video didáctico.
- 11) http://bvs.sld.cu/revistas/ems/vol21_2_07/ems06207.htm, El video como medio de enseñanza: Dr. Pedro Monteagudo Valdivia, Dr. Athos Sánchez Mansolo y Dra. Maylid Hernández Medina, Universidad Barrio Adentro. República Bolivariana de Venezuela.
<http://www.udgvirtual.udg.mx/encuentro/encuentro/anteriores/xxii/168-427-1-RV.htm>, El vídeo como recurso didáctico para reforzar el conocimiento. Luis Adiel Morales Ramos y Teresa Guzmán Flores.

Antecedentes de los Principios de Economía de Movimientos

- 12) http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Frank_and_Lillian_Gilbreth&prev=search, *New World Encyclopedia*, Creative Commons CC-by-sa 3.0 License.
- 13) http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historiagilbreth.html, Facultad de Ingeniería, División de Ingeniería Mecánica e Industrial.

Clasificación de los Principios de Economía de Movimientos

- 14) Motion Economy in Lean Manufacturing, Productivity in Workstation Design, http://www.strategosinc.com/motion_economy.htm
- 15) Ingeniería Industrial: Estudio de tiempos y movimientos, Benjamín W. Niebel: Editorial Representaciones de Ingeniería y servicios 8° edición 1980.

Aplicación de los Principios de Economía de Movimientos

- 16) Nathali Ynoquio, (2015), Tendencias Actuales de la Ingeniería, Recuperado de <https://es.scribd.com/document/72689417/Tendencias-Actuales-de-La-Ingenieria>.

Justificación y desarrollo de los principios seleccionados para las cápsulas.

- 17) Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Benjamín W. Niebel y Andris Freivalds; Editorial Alfaomega 12° edición.