

PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN - BALANCEO DE LINEAS

Aportado por: : Ing. Iván Escalona
Ingeniería Industrial
UPIICSA – IPN

e-mail: ivan_escalona@yahoo.com.mx
resnick_halliday@yahoo.com.mx

Estudios de Preparatoria: Centro Escolar Atoyac (Incorporado a la U.N.A.M.)
Estudios Universitarios: Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias sociales y Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.)
Ciudad de Origen: México, Distrito Federal

N TRABAJOS EN UNA MÁQUINA

- Determinar la secuencia óptima de procesar n trabajos en una máquina.
 - Todas las secuencias tienen el mismo *makespan*.
 - Minimizar el *mean flow time* es el criterio a satisfacer.
 - Representemos los tiempos de proceso de los trabajos i como p_i ($i = 1, n$).
 - La secuencia que minimiza el criterio es aquella en la que los trabajos se ordenan del menor tiempo al mayor.
 - Ésta secuencia también minimiza el tiempo promedio de espera y la tardanza promedio (mean lateness).
 - Cuando los trabajos tienen diferente prioridad o peso, el objetivo puede ser el de minimizar el tiempo de flujo promedio ponderado.
 - A mayor valor del índice, el trabajo es más importante.
 - La secuencia óptima sería ordenando los trabajos de menor p_i/w_i al mayor.
- Minimizar el promedio ponderado del tiempo de flujo.
La secuencia óptima es (2,5,3,6,1,4).

Trabajo	p_i	w_i	p_i/w_i
1	10	5	2.00
2	6	10	0.60
3	5	5	1.00
4	4	1	4.00
5	2	3	0.67

N TRABAJOS EN 2 MÁQUINAS

- Los n trabajos se procesan en 2 máquinas con el mismo orden. El criterio es el de minimizar el *makespan*.
- El procedimiento a utilizar es el de Johnson.

- Si p_{ij} es el tiempo de proceso del trabajo i en la máquina j , seleccione el mínimo y si éste corresponde a la máquina 1, asigne a la primera posición de la secuencia.
- Si corresponde a la máquina 2, el trabajo se asigna a la última posición de la secuencia.
- Elimine el trabajo asignado del set y repita el procedimiento con los trabajos no asignados.

Procedimiento de Jonson

- Determine la secuencia de proceso que minimice el makespan

Trabajos	Máquina 1	Máquina 2
1	4	3
2	1	2
3	5	4
4	2	3
5	5	6

La secuencia es (2,4,5,3,1).

n Trabajos con Ruta Diferente en 2 Máquinas

- Usar algoritmo de Jackson.
- Formar 4 sets de trabajos;
- $\{A\}$ = Los procesados solamente en la máquina 1.
- $\{B\}$ = Los procesados en máquina 2 solamente.
- $\{AB\}$ = Los procesados primero en máquina 1 y luego en la 2.
- $\{BA\}$ = Los procesados primero en máquina 2 y luego en la 1.
- Secuenciar los trabajos de $\{AB\}$ y $\{BA\}$, por separado, con algoritmo de Johnson.
- Defina secuencias arbitrarias para los trabajos $\{A\}$ y $\{B\}$.
- Combine las secuencias de la siguiente manera.
- Máquina 1: $\{AB\}$ antes de $\{A\}$ antes de $\{BA\}$.
- Máquina 2: $\{BA\}$ antes de $\{B\}$ antes de $\{AB\}$.

n Trabajos en 3 Máquinas

- Todos los trabajos tienen la misma secuencia de proceso.
 - Puede resolverse con el algoritmo de Johnson si:
 - $\min \{p_{i1}\} > \max \{p_{i2}\}$, o
 - $\min \{p_{i3}\} > \max \{p_{i2}\}$.
 - La máquina 2 es dominada completamente por la máquina 1 o 3.
 - Se aplica el procedimiento formando 2 máquinas dummy, $1'$ y $2'$, con tiempos de proceso:
 - $p_{i1'} = p_{i1} + p_{i2}$ y $p_{i2'} = p_{i2} + p_{i3}$.
 - El procedimiento proporciona una secuencia factible y "buena" aún cuando no se cumplan las condiciones
- Secuenciar los siguientes trabajos.

Trabajos	Máq 1	Máq 2	Máq 3
1	8	2	4
2	5	4	5
3	6	1	3
4	7	3	2

Trabajos	Máq 1´	Máq 2´
1	10	6
2	9	9
3	7	4
4	10	5

Secuencia óptima es {2,1,4,3}.

N TRABAJOS EN M MÁQUINAS

- No existe un método eficiente que proporcione una solución exacta.
- Se utilizan métodos heurísticos tales como las Reglas de Despacho.
- Éstas son reglas que determinan qué trabajo procesar al quedar éste disponible de manera secuencial en el tiempo, en lugar de suponer que todos los trabajos están disponibles.
- Se maneja el concepto de *prioridad* en los trabajos.

Secuenciación Dinámica de Trabajos

- Trabajos llegan a procesarse al azar durante un intervalo de tiempo.
- Su secuencia se determina mediante el uso de reglas de despacho que proporcionan prioridades a los mismos.
- Las reglas se derivan a través de análisis de líneas de espera, experimentación y simulación.
- La regla de secuenciación y despacho más importante es la del tiempo de proceso más corto (SPT).
- Otras reglas se derivan del SPT, así como del tamaño de las líneas de espera y la fecha prometida a los clientes.

Otras Reglas de Despacho

- Basadas en tiempo de proceso.
- Menor Trabajo Remanente (LWKR): Considera la suma de los tiempos de proceso para todas las operaciones por realizarse en el trabajo.
- Trabajo Total (TWK): Considera la suma de los tiempos de proceso de todas las operaciones del trabajo.
- Menor Cantidad de Operaciones por Realizarse (FOPR): Considera el número de operaciones a realizarse en el trabajo.
- Basadas en Fechas de Entrega:
- Fecha Prometida (DDATE): La prioridad se asigna en base a la fecha prometida.
- Tiempo de Holgura (SLACK): La prioridad se asigna en función del tiempo que falta para la fecha prometida menos el tiempo de proceso faltante.
- Holgura/ Operación Faltante (S/ROP): La prioridad se determina por el cociente entre el SLACK y el número de operaciones faltantes.

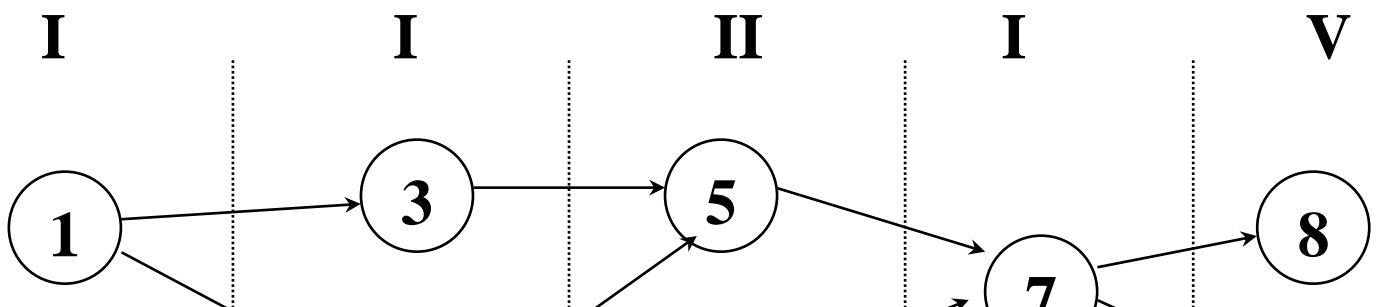
BALANCEO DE LÍNEAS DE ENSAMBLE APLICACIÓN PARA INGENIERÍA INDUSTRIAL

- Las líneas de ensamble se caracterizan por el movimiento de una pieza de trabajo de una estación de trabajo a otra.
 - Las tareas requeridas para completar un producto son divididas y asignadas a las estaciones de trabajo tal que cada estación ejecuta la misma operación en cada producto.
 - La pieza permanece en cada estación por un período de tiempo llamado tiempo de ciclo, el cual depende de la demanda.
 - Consiste en asignar las tareas a estaciones de trabajo tal que se optimice un indicador de desempeño determinado.
- El criterio para seleccionar una asignación de tareas determinada puede ser el tiempo de ocio total. Este se determina por:
 - $I = kc - \sum p_j$
 - Donde k es el número de estaciones de trabajo, c representa el tiempo de ciclo y $\sum p_j$ corresponde al tiempo total de operación.
 - El propósito es el de tener $I = 0$. Esto se dará si la asignación de tareas puede hacerse a una cantidad entera de estaciones.
 - Dos métodos heurísticos son proporcionados por Kilbridge & Wester y Helgeson & Birnie.

MÉTODO DE KILBRIDGE & WESTER

- Considera restricciones de precedencia entre las actividades, buscando minimizar el número de estaciones para un tiempo de ciclo dado.
- El método se ilustra con el ejemplo siguiente.

Tarea	Tiempos	Precedencias
1	5	-
2	3	-
3	6	1
4	8	1,2
5	10	3,4
6	7	4
7	1	5,6
8	5	7
9	3	7
Total	48	



- Definir el tiempo de ciclo, c , requerido para satisfacer la demanda e iniciar la asignación de tareas a estaciones respetando las precedencias y buscando minimizar el ocio en cada estación.
- Considerando un ciclo de 16, se estima que el mínimo número de estaciones sería de $48/16 = 3$.
- Observando el tiempo total de I y analizando las tareas de II, podemos ver que la tarea 4 pudiera reasignarse a I.

Estación	Tareas	Tiempos	Tiempo Total	Tiempo Acum.
I	1,2	5,3	8	8
II	3,4	6,8	14	22
III	5,6	10,7	17	39
IV	7	1	1	40
V	8,9	5,3	8	48

- Al reasignarse la tarea 4 a la estación I se cumple el tiempo de ciclo.
- Repetimos el proceso con la estación II. Podemos observar que la tarea 5, que se ubica en la estación III, se puede reasignar a la estación II.

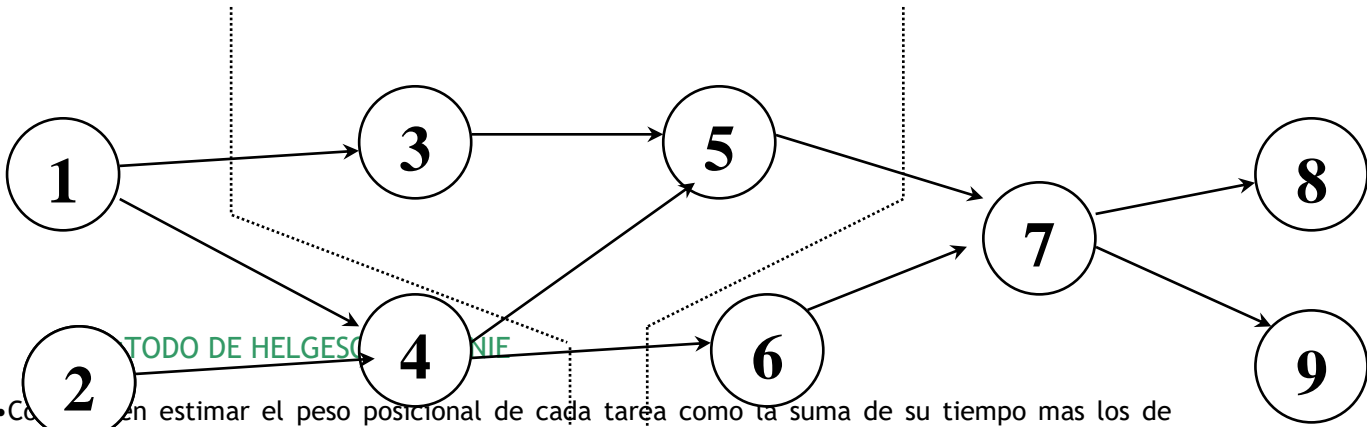
Estación	Tareas	Tiempos	Tiempo Total	Tiempo Acum.
I	1,2,4	5,3,8	16	16
II	3	6	6	22
III	5,6	10,7	17	39
IV	7	1	1	40
V	8,9	5,3	8	48

- La reasignación satisface el tiempo de ciclo.
- Repetimos el proceso y observamos que el resto de las tareas pueden reasignarse a la estación III.

Estación	Tareas	Tiempos	Tiempo Total	Tiempo Acum.
I	1,2,4	5,3,8	16	16
II	3,5	6,10	16	32
III	6	7	7	39
IV	7	1	1	40
V	8,9	5,3	8	48

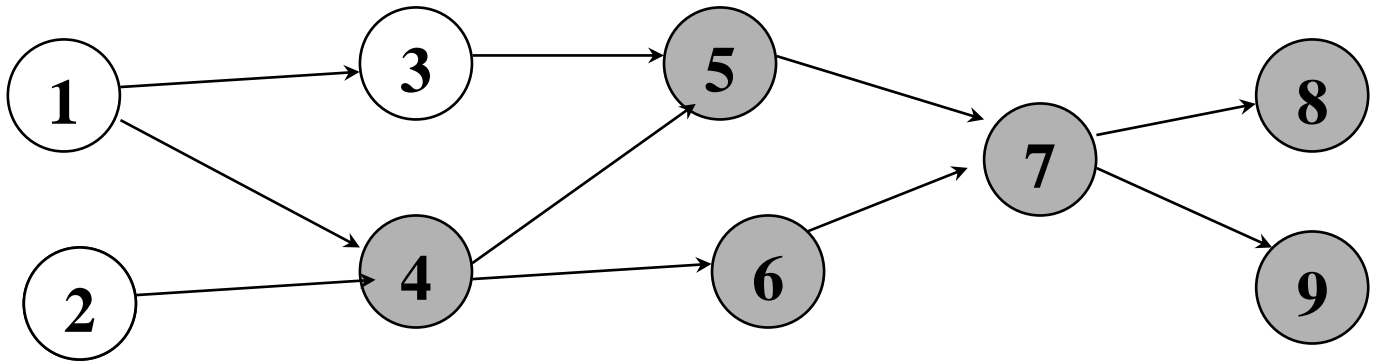
•La línea se balancea optimizando la cantidad de estaciones y con un ocio de cero.

Estación	Tareas	Tiempos	Tiempo Total	Tiempo Acum.
I	1,2,4	5,3,8	16	16
II	3,5	6,10	16	32
III	6,7,8,9	7,1,5,3	16	48

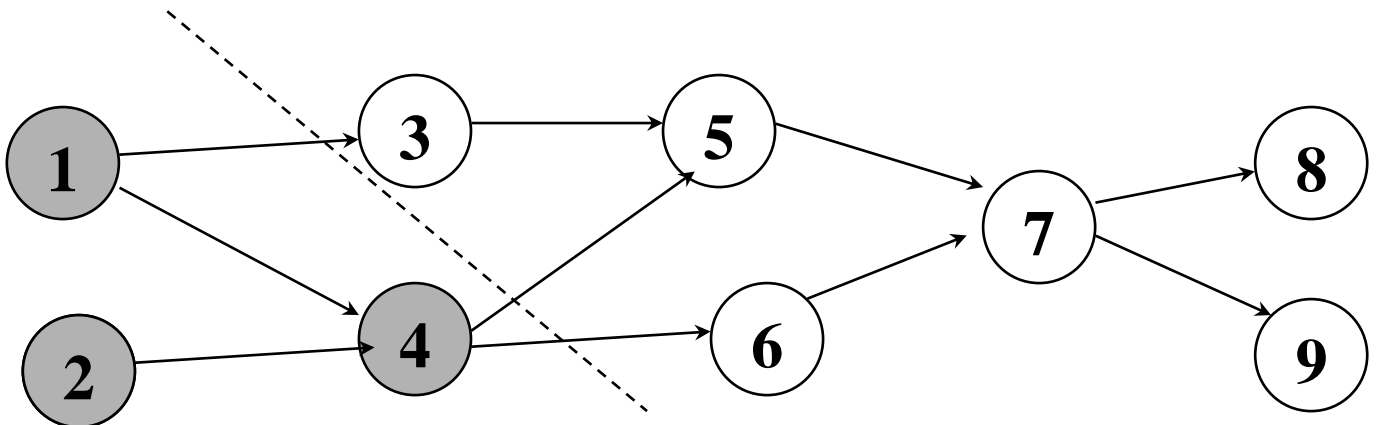


•Con ayuda de un software se pueden estimar el peso posicional de cada tarea como la suma de su tiempo mas los de aquellas que la siguen

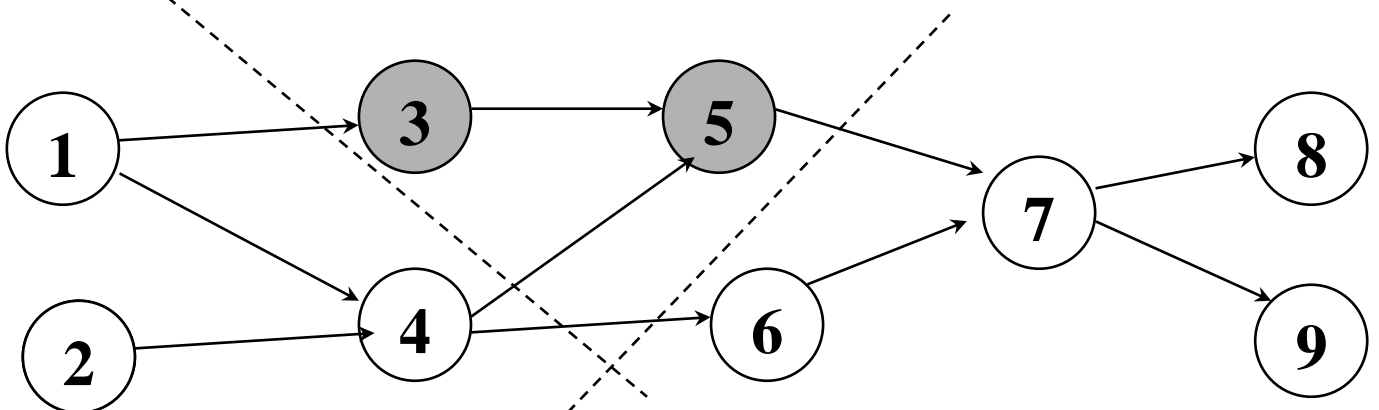
Tarea	1	2	4	3	5	6	7	8	9
Tiempo	5	3	8	6	10	7	1	5	3
Peso Pos.	45	37	34	25	19	16	9	5	3
Preced. Inmed.			1,2	1	3,4	4	5,6		



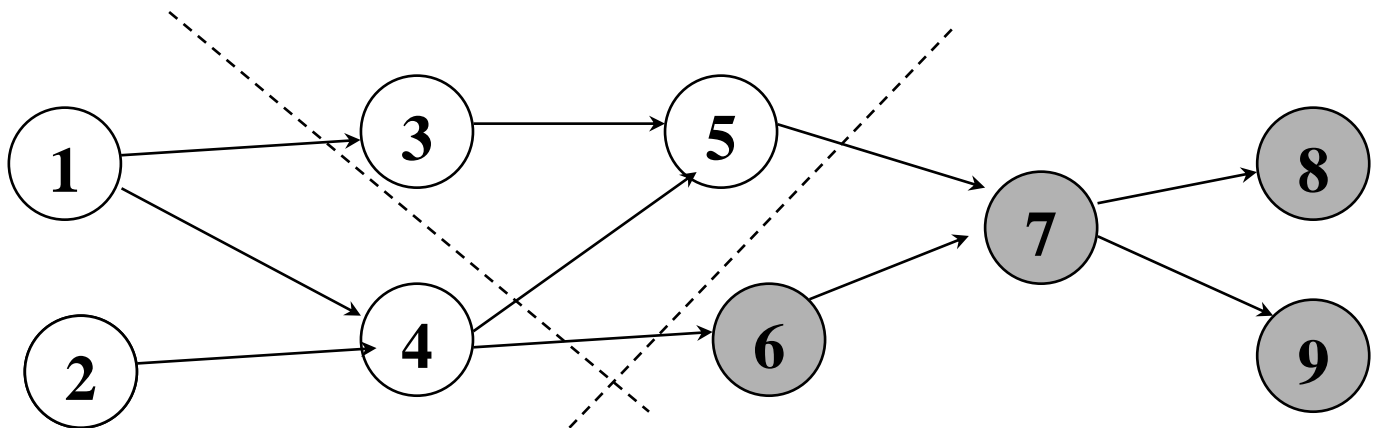
- Las tareas se asignan a las estaciones de acuerdo al peso posicional, cuidando no rebasar el tiempo de ciclo y violar las precedencias.
- La primera estación se formaría entonces de las tareas 1, 2 y 4 con pesos de 45, 37 y 34. El tiempo total es de 16 y no se violan precedencias.



- La siguiente asignación corresponde a las tareas 3 y 5 con pesos de 25 y 19.
- El tiempo total en la estación II es de 16.



- La última asignación incluye las tareas 6, 7, 8 y 9, con pesos de 16, 9, 5 y 3 respectivamente.
- El tiempo total de la estación III es de 16.



REFERENCIAS Y VINCULOS WEB:

Trabajo Publicados de Ingeniera Industrial (UPIICSA - IPN)

Ingeniería de Métodos del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemet/ingdemet.shtml>

Ingeniería de Medición del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/medtrab/medtrab.shtml>

Control de Calidad - Sus Orígenes

<http://www.monografias.com/trabajos11/primdep/primdep.shtml>

Investigación de Mercados

<http://www.monografias.com/trabajos11/invmerc/invmerc.shtml>

Ingeniería de Métodos - Análisis de la Producción

<http://www.monografias.com/trabajos12/andeprod/andeprod.shtml>

Ingeniería de Medicina - Aplicaciones del Tiempo Estándar

<http://www.monografias.com/trabajos12/ingdemeti/ingdemeti.shtml>

Química - Atomo

<http://www.monografias.com/trabajos12/atomo/atomo.shtml>

Distribución de Planta y Manejo de Materiales (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/distpla/distpla.shtml>

Física Universitaria - Mecánica Clásica

<http://www.monografias.com/trabajos12/henerg/henerg.shtml>

UPIICSA - Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos12/hlaunid/hlaunid.shtml>

Pruebas Mecánicas (Pruebas Destructivas)

<http://www.monografias.com/trabajos12/pruemec/pruemec.shtml>

Mecánica Clásica - Movimiento unidimensional

<http://www.monografias.com/trabajos12/moviunid/moviunid.shtml>

Control de Calidad - Gráficos de Control de Shewhart

<http://www.monografias.com/trabajos12/concalgra/concalgra.shtml>

Química - Curso de Fisicoquímica de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos12/fisico/fisico.shtml>

Ingeniería de Métodos - Muestreo del Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/immuestr/immuestr.shtml>

Biología e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos12/biolo/biolo.shtml>

Álgebra Lineal - Exámenes de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos12/exal/exal.shtml>

Prácticas de Laboratorio de Electricidad (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/label/label.shtml>

Prácticas del Laboratorio de Química de la UP

<http://www.monografias.com/trabajos12/prala/prala.shtml>

Problemas de Física de Resnick, Halliday, Krane (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos12/resni/resni.shtml>

Bioquímica

<http://www.monografias.com/trabajos12/bioqui/bioqui.shtml>

Teoría de la Empresa

<http://www.monografias.com/trabajos12/empre/empre.shtml>

Código de ética

<http://www.monografias.com/trabajos12/eticaplic/eticaplic.shtml>

Ingeniería de Métodos: Análisis Sistemático de la Producción 2

<http://www.monografias.com/trabajos12/igmanalis/igmanalis.shtml>

Física Universitaria - Oscilaciones y Movimiento Armónico

<http://www.monografias.com/trabajos13/fiuni/fiuni.shtml>

Producción Química - El mundo de los plásticos

<http://www.monografias.com/trabajos13/plasti/plasti.shtml>

Plásticos y Aplicaciones - Caso Práctico en la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos13/plapli/plapli.shtml>

Planeación y Control de la Producción (PCP - UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos13/placo/placo.shtml>

Investigación de Operaciones - Programación Lineal

<http://www.monografias.com/trabajos13/upicsa/upicsa.shtml>

Legislación y Mecanismos para la Promoción Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/legislac/legislac.shtml>

Investigación de Operaciones - Método Simplex

<http://www.monografias.com/trabajos13/icerodos/icerodos.shtml>

Trabajos Publicados de Neumática en Ingeniería Industrial

Aire comprimido de la UPIICSA

<http://www.monografias.com/trabajos13/compri/compri.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 1)

<http://www.monografias.com/trabajos13/genair/genair.shtml>

Neumática: Generación, Tratamiento y Distribución del Aire (Parte 2)

<http://www.monografias.com/trabajos13/geairdos/geairdos.shtml>

Neumática - Introducción a los Sistemas Hidráulicos

<http://www.monografias.com/trabajos13/intsihi/intsihi.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Neumática e Hidráulica - Generación de Energía en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/genenerg/genenerg.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 1

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvias/valvias.shtml>

Neumática - Válvulas Neumáticas (aplicaciones en Ingeniería Industrial) Parte 2

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvidos/valvidos.shtml>

Neumática e Hidráulica, Válvulas Hidráulicas en la Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/valhid/valhid.shtml>

Neumática - Válvulas Auxiliares Neumáticas (Aplicaciones en Ingeniería Industrial)

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvaux/valvaux.shtml>

Problemas de Ingeniería Industrial en Materia de la Neumática (UPIICSA)

<http://www.monografias.com/trabajos13/maneu/maneu.shtml>

Electroválvulas en Sistemas de Control

<http://www.monografias.com/trabajos13/valvu/valvu.shtml>

Neumática e Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/unointn/unointn.shtml>

Estructura de Circuitos Hidráulicos en Ingeniería Industrial

<http://www.monografias.com/trabajos13/estrcir/estrcir.shtml>

Ahorro de energía

<http://www.monografias.com/trabajos12/ahorener/ahorener.shtml>

Trabajo Publicados de Derecho del Centro Escolar Atoyac

Nociones de Derecho Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dnocmex/dnocmex.shtml>

Nociones de Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dernoc/dernoc.shtml>

Derecho de la Familia Civil

<http://www.monografias.com/trabajos12/derlafam/derlafam.shtml>

Juicio de amparo

<http://www.monografias.com/trabajos12/derjuic/derjuic.shtml>

Delitos patrimoniales y Responsabilidad Profesional

<http://www.monografias.com/trabajos12/derdeli/derdeli.shtml>

Contrato Individual de Trabajo

<http://www.monografias.com/trabajos12/contind/contind.shtml>

La Familia en El derecho Civil Mexicano

<http://www.monografias.com/trabajos12/dfamilien/dfamilien.shtml>

La Familia en el Derecho Positivo

<http://www.monografias.com/trabajos12/dlafamil/dlafamil.shtml>

Artículo 14 y 16 de la Constitución de México

<http://www.monografias.com/trabajos12/comex/comex.shtml>

Garantías Individuales

<http://www.monografias.com/trabajos12/garin/garin.shtml>

La Familia y el Derecho

<http://www.monografias.com/trabajos12/lafami/lafami.shtml>

Trabajo Publicados de Historia y Filosofa

Entender el Mundo de Hoy de Ricardo Yépez Stork

<http://www.monografias.com/trabajos12/entenmun/entenmun.shtml>

El Poder de la Autoestima

<http://www.monografias.com/trabajos12/elpoderde/elpoderde.shtml>

México de 1928 a 1934

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmentre/hmentre.shtml>

Etapa de la Independencia de Mexico

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmetapas/hmetapas.shtml>

Vicente Fox

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmelecc/hmelecc.shtml>

El Perfil del hombre y la Cultura en M^oxico

<http://www.monografias.com/trabajos12/perfhom/perfhom.shtml>

Las religiones y la moral

<http://www.monografias.com/trabajos12/mortest/mortest.shtml>

Moral - Salvifichi Doloris

<http://www.monografias.com/trabajos12/morsalvi/morsalvi.shtml>

El gobierno del general Manuel Gonz^alez

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmanuel/hmmanuel.shtml>

Jos^e L^opez Portillo

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmlopez/hmlopez.shtml>

Museo de las Culturas

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmuseo/hmmuseo.shtml>

Hombre y el Robot: A la bs^uqueda de la armon^a

<http://www.monografias.com/trabajos12/hommaq/hommaq.shtml>

Historia de M^oxico - Las Leyes de Reforma

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmleyes/hmleyes.shtml>

Historia de M^oxico - Inquisici^on en la Nueva Espa^a

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminqui/hminqui.shtml>

Historia de M^oxico - La Intervenci^on Francesa

<http://www.monografias.com/trabajos12/hminterv/hminterv.shtml>

Historia de M^oxico - Primer Gobierno Centralista

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmprimer/hmprimer.shtml>

Historia de M^oxico - El Maximato

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmmaximt/hmmaximt.shtml>

Historia de M^oxico - La Guerra con los Estados Unidos

<http://www.monografias.com/trabajos12/hmguerra/hmguerra.shtml>

México: ¿Adoptando Nueva Cultura?

<http://www.monografias.com/trabajos12/nucul/nucul.shtml>

Ranma Manga (Solo en Inglés)

<http://www.monografias.com/trabajos12/ranma/ranma.shtml>

Fraude del Siglo

<http://www.monografias.com/trabajos12/frasi/frasi.shtml>

Jean Michelle Basquiat

<http://www.monografias.com/trabajos12/bbasquiat/bbasquiat.shtml>

El Sentido del Humor en la Educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/filyepes/filyepes.shtml>

La enseñanza de la Ingeniería frente a la Privatización

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedense/pedense.shtml>

Proceso del aprendizaje

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedalpro/pedalpro.shtml>

Giovanni Sartori, Homo videns

<http://www.monografias.com/trabajos12/pdaspec/pdaspec.shtml>

La vida: Las cosas se conocen por sus operaciones

<http://www.monografias.com/trabajos12/lavida/lavida.shtml>

¿Qué es la Filosofía?

<http://www.monografias.com/trabajos12/quefilo/quefilo.shtml>

Conocimiento sensible

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedyantr/pedyantr.shtml>

Comparación de autores y escuelas

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedidact/pedidact.shtml>

Filosofía de la educación

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedfilo/pedfilo.shtml>

Análisis de la Psicopatología de la memoria

<http://www.monografias.com/trabajos12/pedpsic/pedpsic.shtml>

Empresa y familia

<http://www.monografias.com/trabajos12/teoempres/teoempres.shtml>

Antropología filosófica

<http://www.monografias.com/trabajos12/wantrop/wantrop.shtml>

Definición de Filosofía

<http://www.monografias.com/trabajos12/wfiloso/wfiloso.shtml>

Recensión del Libro Didáctica Magna

<http://www.monografias.com/trabajos12/wpedag/wpedag.shtml>

El hombre ante los problemas y límites de la Ciencia

<http://www.monografias.com/trabajos12/quienes/quienes.shtml>

Recensión del libro Froebel. La educación del hombre

<http://www.monografias.com/trabajos12/introped/introped.shtml>

Antropología Filosófica

<http://www.monografias.com/trabajos12/antrofil/antrofil.shtml>

Memoria técnica de cálculo

<http://www.monografias.com/trabajos12/electil/electil.shtml>

Memoria de cálculo

<http://www.monografias.com/trabajos12/elplane/elplane.shtml>