



DISEÑO DE SISTEMA DE CORTE DE PLACAS EN OAW CON AVANCE SÍNCRONO

Victoriano Bravo Rangel

*Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital
vibra3674@gmail.com*

José Eduardo Flores Ortega

jefo_1964@yahoo.com.mx

Román Bravo Cadena

*Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital
romanbravoc@hotmail.com*

Gildardo García Acosta

*Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital
ggarcía@utvm.edu.mx*

Resumen

El presente trabajo contiene el diseño de un sistema de corte para placas metálicas, el corte se realizará usando el proceso de oxicorte mediante un soplete. Se diseña un conjunto de sub-ensambles iniciando con el porta soplete, el carro que permitirá el desplazamiento del soplete, un bastidor y un sistema de transmisión; se realizan los cálculos para el diseño de cada sub-ensamble. Cabe destacar que al sistema de transmisión se le ha agregado una sección semiautomatizada, utilizando un motor síncrono y un embrague magnético para el control de la velocidad angular.

Palabras clave: automatización, oxicorte, velocidad, par, arrastre

De los 121,295 habitantes económicamente activos del Valle del Mezquital, Hidalgo, México, el 32.5% de la población se encuentra en el sector manufacturero, de los cuales, el 17.5% se encuentran en el subsector de estructuras metálicas en los 387 talleres y casas de materiales existentes en la región (CEH-

2016). El 70% de estos talleres o casas, no cuentan con herramientas que faciliten y optimicen el corte de materiales mediante el proceso OAW, generando una demora del trabajo y dificultando la realización de actividades subsecuentes.



En los procesos de corte térmico más comunes en la industria Metalmeccánica destacan el oxicorte (Oxiacetilénico cuyas siglas en inglés son OAW), corte por plasma y por arco de carbono y aire (arcar). Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas, por lo que para seleccionar un proceso hay que tener en cuenta los costos relacionados con el volumen de corte, el equipo requerido y las capacidades que debe tener el operador, de ahí, la inquietud de manufacturar un herramental para corte de placas en el proceso OAW con avance síncrono, con el objetivo de dar solución a los problemas implícitos en este proceso, que garantice el aprovechamiento de insumos y mejore la calidad de los cortes rectos en placas, cuyo rango sea de $\frac{1}{4}$ in a 5in de espesor, que además sea capaz de controlar el avance, garantizando la homogeneidad de la superficie cortada, minimizando los gradientes transversales. El herramental dispondrá de tres grados de libertad (x, y, z); de fácil manejo y a un costo accesible.

Los procesos de corte por el proceso OAW, separan o eliminan metal mediante la reacción química del oxígeno con el metal a temperaturas superiores a 3000°C . En el caso de metales resistentes a la oxidación, la reacción se acelera mediante la utilización de fundentes o polvos metálicos introducidos al flujo de precalentamiento. La operación de corte, la realiza el oxígeno a presión.

Cuando el soplete se desplaza sobre la pieza de trabajo a una velocidad adecuada se obtiene una acción de corte continua, que por lo regular requiere de pericia manual y en algunos casos de un soporte mecanizado. La precisión del corte manual depende del operador, mientras que con un sistema mecanizado mejora se puede

mejorar la rapidez y por consecuencia el acabado.

Al aumentar el espesor del material a cortar, es necesario aumentar el flujo del oxígeno de corte y de los gases de precalentamiento. Se necesitan boquillas de corte más grandes para aumentar el flujo de gases; en consecuencia, el ancho del corte incrementa al aumentar el espesor del material cortado. Cuando se ajusta la velocidad del soplete de corte, de tal modo, que el flujo de oxígeno que entra por la parte superior y sale por la parte inferior, no se aparte del eje de la punta del soplete, el arrastre será cero. Si se aumenta la velocidad de corte, o se reduce el flujo de oxígeno, habrá menos oxígeno disponible en las regiones inferiores del corte, el resultado será, que la parte más lejana del chorro de corte se atrasa con respecto de la parte más cercana al soplete. La longitud de este retraso, medida a lo largo de la línea de corte, será arrastre.

Un aumento en la velocidad de corte, sin aumentar el flujo de oxígeno, por lo regular produce un arrastre mayor; lo cual, afectará la calidad de corte. El exceso de velocidad incide en la calidad del corte. Puede haber arrastre inverso, si el flujo de oxígeno es elevado o si la velocidad de avance es lenta, obteniendo cortes defectuosos. Las velocidades de corte por debajo de las recomendadas, producen irregularidades en el ancho del corte. Una flama de precalentamiento excesiva, puede producir fusiones indeseables y ensanchamiento en el corte en la c superior.

Con el objetivo de disminuir al mínimo el arrastre, se requiere de un buen control de la posición del soplete, de la iniciación del corte, de la velocidad del recorrido.

Establecimiento de Parametros

Determinación de la carga en N

Para conocer la fuerza ejercida en la pieza de trabajo, se tomarán las condiciones sugeridas en la tabla 1 (para espesores de placa de 5”); debido a que el prototipo en cuestión está diseñado para espesores de 1/4” a 5”.

Por lo tanto, el cálculo de la fuerza producto de la presión de los gases (O₂ y C₂O₂) y el área de corte se muestra en la ecuación 1.

$$F = P * A \quad (1)$$

Tabla 1. Tabla de presiones, consumo y velocidad de corte, utilizando gas Acetileno

Tabla de presiones para cortar con Oxiacetileno
BOQUILLAS SC-12

ESPESOR DEL METAL (mm)	TAMAJO DE LA BOQUILLA	PRESIÓN EN REGULADOR		CONSUMO		VELOCIDAD DE CORTE (mm/min)	BROCAS LIMPADORAS			
		Oxígeno (kg/cm ²)	Acetileno (kg/cm ²)	Oxígeno (m ³ /h)	Acetileno (m ³ /h)		ANCHO DE LA PAJARRA (mm)	OPCIÓN DE CORTE	OPCIÓN DE PRECALENTAMIENTO	
6.35	0	2.10	0.28	1.34	0.21	0.019	55.9	1.39	62	74
9.5	0	2.46	0.28	1.62	0.21	0.019	50.8	1.39	62	74
12.7	1	2.46	0.28	2.43	0.31	0.026	48.2	2.03	56	71
15.9	1	2.81	0.28	2.71	0.31	0.026	43.1	2.03	56	71
19.0	2	2.53	0.28	3.31	0.34	0.029	40.6	2.41	54	70
25.4	2	2.89	0.28	3.59	0.34	0.029	35.5	2.41	54	70
31.8	2	3.58	0.28	4.16	0.34	0.029	33.0	2.41	54	70
38.1	3	3.30	0.35	5.20	0.39	0.033	30.4	2.54	51	68
50.8	3	3.30	0.35	5.49	0.39	0.033	22.4	2.54	51	68
63.5	4	2.67	0.35	7.21	0.42	0.036	22.8	3.17	45	62
76.2	4	3.09	0.35	7.82	0.42	0.036	20.3	3.17	45	62
101.6	4	3.79	0.35	9.37	0.45	0.039	17.7	3.17	45	62
127.0	5	3.93	0.42	12.71	0.85	0.071	17.7	3.81	41	60
152.5	5	4.71	0.42	14.55	0.85	0.071	15.2	3.81	41	60
203.5	5	5.49	0.42	16.41	0.85	0.073	13.9	3.81	41	60
254	6	5.83	0.42	22.13	0.9	0.079	12.7	5.15	32	60
305	6	7.03	0.42	26.90	0.9	0.079	11.4	5.84	32	60
356	7	8.78	0.49	36.35	0.9	0.084	10.1	6.36	28	56

Sustituyendo los valores se tiene:

$$F = p * A = 206.414 N$$

Resultados

Diseño del Sub-ensamble Soporte Ajustable

Las reacciones A y B por las cargas en el soporte porta soplete, están representadas por la carga P₁ (gases de oxiacorte y elementos involucrados en el sub-ensamble) y la carga P₂ (soporte porta soplete). Véase figura 1.

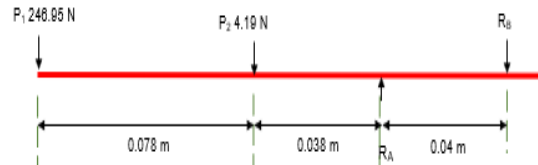


Figura 1. Diagrama de cuerpo libre para porta soplete

De la suma de momentos. Véase la ecuación 2, se tiene que R_A y R_B es:

$$\Sigma M_A = 0; \Sigma M_B = 0 \quad (2)$$

$$\therefore R_A + R_B = P_1 + P_2$$

$$251.14 N = 251.14 N$$

De ahí, se inicia con el diseño del sub-ensamble que sujetará el soplete ajustable, ver figura 2 y tabla 2.

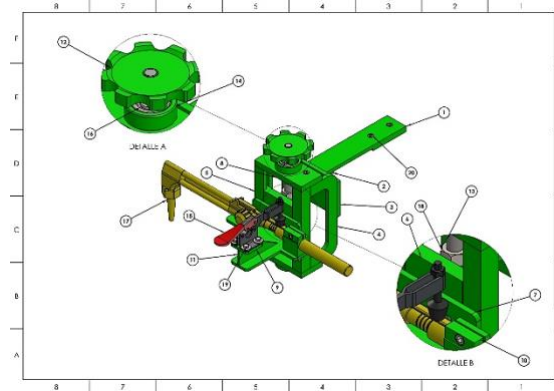


Figura 2. Sub-ensamble porta soplete ajustable

Tabla 2. Componentes del sub-ensamble porta soplete ajustable.

Componentes del Sub-ensamble porta soplete	
Núm.	Descripción
1	Soporte porta soplete
2	Cartabón base soporte para soplete
3	Base soporte
4	Soporte para guías
5	Guía de la base porta soplete
6	Base porta soplete
7	Porta soplete
8	Base para caja de rodamiento 6200
9	Base para clamp horizontal
10	Abrazadera para soplete de corte
11	Cartabón para soplete-base para clamp horizontal
12	Perilla para avance del soplete de corte
13	Tornillo sinfin Ø1/2"-13 UNC
14	Caja para rodamiento 6200

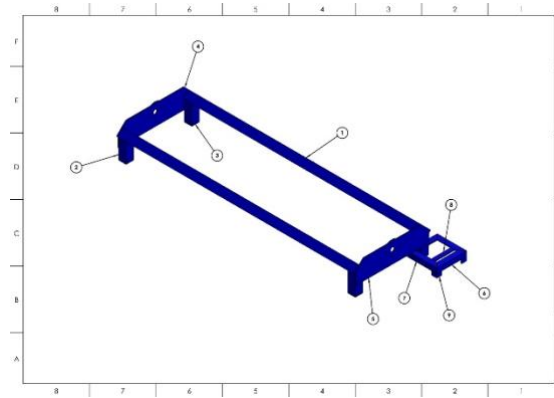


Figura 4 Sub-ensamble Bastidor

Diseño de Sub-ensamble Bastidor

Partiendo del Diagrama de cuerpo libre para porta soplete (figura 1), se calculan las reacciones para R_A y R_B , producto de la carga P_1 (carga resultante de O_2 y C_2H_2 , componentes del sub-ensamble porta soporte ajustable y algunos componentes del sub-ensamble carro porta soplete) y la carga P_2 (cargas restantes de los elementos del sub-ensamble carro porta soplete, ver figura 3).



Figura 3. Diagrama de cuerpo libre para el porta soplete.

La suma de momentos para R_A y R_B de acuerdo a la ecuación 2 es.

$$\Sigma M_A = 0; \Sigma M_B = 0$$

$$\therefore R_A + R_B = P_1 + P_2$$

$$302.26 \text{ N} = 302.26 \text{ N}$$

Tomando la carga de R_A por ser la mayor Se procede a diseñar el bastidor (véase figura 4 y tabla 3).

Tabla 3. Componentes del sub-ensamble para bastidor

Componentes del Sub-ensamble bastidor	
Núm.	Descripción
1	Guía longitud
2	Soporte vertical
3	Tapa para soporte vertical
4	Soporte para volante
5	Soporte para embrague
6	Soporte transversal para motor síncrono
7	Soporte longitudinal para motor síncrono
8	Soporte intermedio para motor síncrono
9	Soporte vertical para motor síncrono

Determinación del material de la guía longitudinal, con una carga máxima de 188.906 N.

Carrera Inicial y Final

A partir del diagrama de cuerpo libre para ambas condiciones de trabajo. Véase figura 5

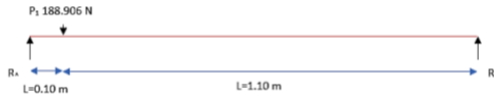


Figura 5. Diagrama de cuerpo libre para considerar carrera inicial y final

De acuerdo a la ecuación 2, se tienen las reacciones en R_A y R_B .

$$\Sigma M_A = 0; \Sigma M_B = 0$$

$$\therefore R_A + R_B = P_1$$

$$188.906 \text{ N} = 188.906 \text{ N}$$

Carrera intermedia

Para la carrera intermedia tomamos el diagrama de cuerpo libre de la figura 6; en donde L es 1.2m

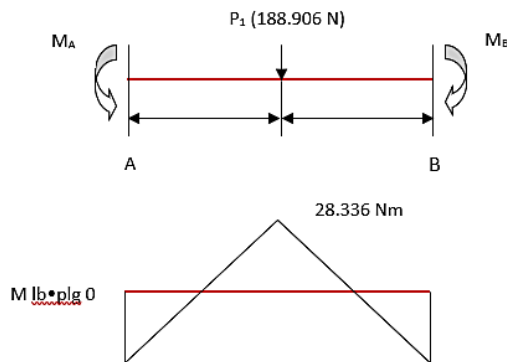


Figura 6. Diagrama de cuerpo libre para considerar carrera intermedia

De la ecuación 3, se tiene que ambas reacciones son iguales a la carga entre dos:

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} \quad (3)$$

$$\therefore R_A = R_B = \frac{P}{2} = 94.453 \text{ N}$$

Por lo que, los momentos en las reacciones A y B , se obtienen de la ecuación 4.

$$M_A = M_B = \frac{PL}{8} \quad (4)$$

$$M_A = M_B = \frac{PL}{8} = 28.336 \text{ Nm}$$

La deflexión máxima presente en la guía, partiendo de la ecuación 5 es:

$$y_r = \frac{-PL^3}{48EI} \quad (5)$$

En donde E es el módulo de elasticidad del acero e I el momento de inercia del perfil tubular cuadrado propuesto de 1-1/2" calibre 18.

$$y_r = \frac{-PL^3}{48EI} = 1.427 \text{ mm}$$

El esfuerzo máximo de acuerdo a la ecuación 6 es:

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{y_r}{L} = \frac{1.427 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} \quad (6)$$

$$\therefore y_{m\acute{a}x} = \frac{y_r}{L} = \frac{1.427 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} = 0.00237$$

Mientras que el esfuerzo de acuerdo a la ecuación 7 es:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (7)$$

$$\therefore \sigma = \frac{Mc}{I} = 19.546 \text{ MPa}$$

En donde c es el radio de giro del perfil del material.

Diseño de Sub-ensamble de transmisión

Para determinar la carga para elevar y descender (P_L y P_R respectivamente) se parte de la carga acumulada de 302.26 N, producto de

los sub-ensambles soporte ajustable y carro porta soplete, además de la carga de los gases (O_2 y C_2H_2).

Por lo tanto, la carga para elevar será de acuerdo a la ecuación 8.

$$P_R = \frac{F(\text{sen}\lambda + f\text{cos}\lambda)}{\text{cos}\lambda - f\text{sen}\lambda} \quad (8)$$

Donde λ ángulo de avance 14.5° y f coeficiente de fricción de 0.19

$$\therefore P_R = \frac{F(\text{sen}\lambda + f\text{cos}\lambda)}{\text{cos}\lambda - f\text{sen}\lambda} = 142.6 \text{ N}$$

Y la carga para descender de acuerdo a la ecuación 9 será.

$$P_L = \frac{F(f\text{cos}\lambda - \text{sen}\lambda)}{\text{cos}\lambda + f\text{sen}\lambda} \quad (9)$$

$$\therefore P_L = \frac{F(f\text{cos}\lambda - \text{sen}\lambda)}{\text{cos}\lambda + f\text{sen}\lambda} = 19.67 \text{ N}$$

Mientras que el Par torsional para elevar la carga de acuerdo a la ecuación 10 es.

$$T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} \quad (10)$$

Donde d_m es el diámetro de paso, l es el avance/revolución del tornillo, f_c y d_c coeficientes de fricción presentes en el diámetro del collarín.

$$\therefore T_R = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{l + \pi f d_m}{\pi d_m - f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} = 0.181 \text{ Nm}$$

Y el Par torsional para descender la carga será producto. Véase ecuación 11.

$$T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} \quad (11)$$

$$\therefore T_L = \frac{F d_m}{2} \left(\frac{\pi f d_m - l}{\pi d_m + f l} \right) + \frac{F f_c d_c}{2} = 0.064 \text{ Nm}$$

Con estos resultados se procede a realizar el diseño de elementos del sistema de transmisión (véase figura 7 y tabla 4 respectivamente).

Dicho sistema contiene un motor síncrono que es el alma del sistema, el cual a su vez frena con un embrague magnético, permitiendo un avance uniforme del soplete y por tanto un corte limpio y sin residuos excesivos.

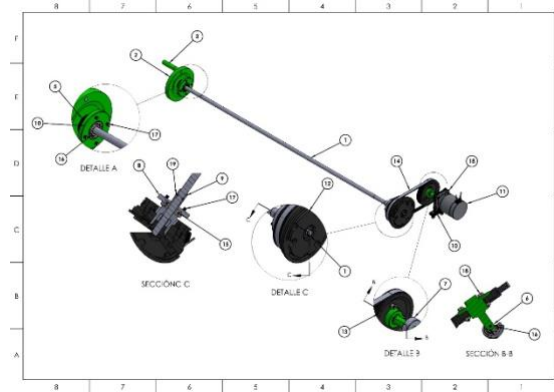


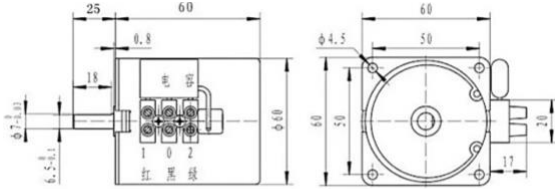
Figura 7. Sub-ensamble de transmisión

Tabla 4. Elementos del sub-ensamble de transmisión

Componentes del Sub-ensamble transmisión	
Núm.	Descripción
1	Tornillo sinfín Ø5/8" 8-ACME
2	Volante
3	Maneral para volante
4	Caja soporte para rodamiento 6003
5	Indicador 0.125 por revolución
6	Acoplamiento para polea-eje motriz
7	Caja soporte para rodamiento 6003
8	Caja soporte para rodamiento 6004
9	Acoplamiento tornillo sinfín-polea embrague
10	Soporte para motor síncrono
11	Motor síncrono Motor TYC-50, marca J-LOTOR, modelo KTYZ
12	Embrague magneto, DENSO. Parte: 5005441AA
13	Polea motriz, Marca Duratlast. Parte. 4027
14	Banda ACDelco 4 serpentina. Serie 5k345MX.
15	Rodamiento de bolas 6004.2ZR.
16	Rodamiento de bolas. Código 6003.2ZR.
17	Tornillo cabeza hueca allen Ø 1/4"-20 UNC x 5/8" longitud.
18	Tornillo cabeza hexagonal 1/4"-20 UNC x 25 mm

Como se puede ver en la figura 8, la selección del motor síncrono cumple con los

parámetros requeridos de velocidad angular y par torsional.



Technical Parameters of Synchronous Motor							
Voltage (V) 电压 (V)	Input Power (W) 输入功率 (W)	Input Current (mA) 输入电流 (mA)	Starting Voltage (V) 启动电压 (V)	Temperature Rise (K) 温升 (K)	Noise Level (dB) 噪音 (dB)	Rotation Direction 旋转方向	Dimension 外形尺寸D x H mm
100-120	≤14	≤110	(100-120) ±15%	≤60	≤45	CW/CCW	60 X 60
220-240	≤14	≤55	(220-240) ±15%	≤60	≤45	CW/CCW	60 X 60

Torque and Speed of Synchronous Motor													
Rated speed 转速(rpm)	1.2	2.5	5	8	10	15	20	25	30	40	50	60	80
Rated torque 力矩(kgf.com)	100	80	40	23	20	13	10	8	6.5	5	4	3	2.5
Rated speed 转速(rpm)	100	110											
Rated torque 力矩(kgf.com)	2.0	1.8											

Speed (rpm)	2.5rpm	5rpm	10rpm	15rpm	20rpm	30rpm	40rpm	50rpm	60rpm	80rpm	100rpm	110rpm
Torque (N.cm)	600	350	250	100	75	50	37.5	30	25	20	15	15

Figura 8. Parámetros técnicos (velocidad angular y torque) del motor síncrono TYC-50.

Ensamble final. Herramental para corte de oxiacetileno con avance síncrono

Una vez con todos los sub-ensambles terminados, se procede al ensamble final. El cual consta del sub-ensamble porta soplete, carro porta soplete, un bastidor y un sub-ensamble de transmisión. véase figura 8 y tabla 5.

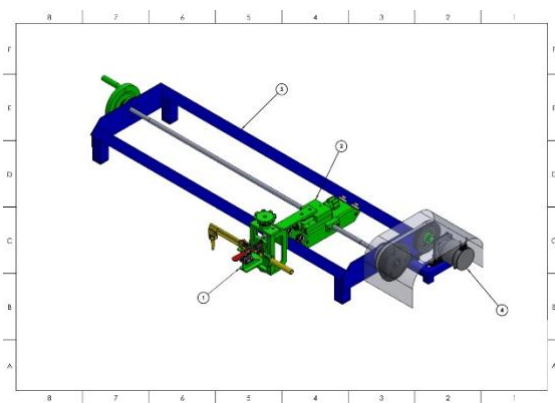


Figura 9. Herramental para corte utilizando el proceso OAW

Tabla 5. Sub-ensambles del herramental para Oxiacetileno con avance síncrono

Herramental para Oxiacetileno con avance síncrono	
Núm.	Descripción
1	Sub-ensamble porta soplete ajustable
2	Sub-ensamble carro porta soplete
3	Sub-ensamble bastidor
4	Sub-ensamble transmisión

Conclusiones

Se consiguió regular el arrastre, es decir el avance en el corte; tomando en cuenta las especificaciones para el cual está destinado dicho sistema de corte OAW (véase tabla 1).

De ahí, que el sub-ensamble transmisión, cobra mayor relevancia, puesto que en él no solo recae cubrir un adecuado arrastre, sino también una velocidad de corte controlada y al mismo tiempo variable, que pueda vencer un par torsional máximo, como lo muestra el resultado de la ecuación 10.

Por tal motivo, los principales elementos del estudio fueron:

La selección del tornillo sinfín Ø5/8” 8-ACME, el cual da cobertura a la velocidad de corte recomendada para el rango de espesores a cortar, así como los elementos involucrados: polea motriz y embrague magneto; y la elección del motor síncrono (véase figura 7 y tabla 4).

Por lo que, puede deducir que el motor síncrono seleccionado es correcto, puesto que su rango de trabajo mínimo de 20 rpm y un par torsional de 75 N-cm y un máximo de 80 rpm y 20 N-cm de par torsional, son ideales para controlar el arrastre. Con las características del herramental, en las piezas cortadas se tendrá



mayor calidad, ahorro de tiempo, reducción de retrabajos, y aprovechamiento de insumos.

Referencias

Beer, Ferdinand P., Johnston, Russell E., DeWolf, Jhon T. (2002) Mechanics of materials. McGraw-Hill. New York

Budynas, Richard G., Nisbett, Keith J. (2012) Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. McGraw-Hill. México.

Chase, Aquilano J. (2000) Administración de producción y operaciones. Manufactura y servicios. Mc Graw Hill. México.

Karger, Delma W., Bayha, Franklin H. (1966) Engineered Work Measurement. Industrial Press. ISBN (0-8311-)1170-4

López, Alejandro, López, Javier. (2015) Tecnología de la Fabricación Y Fabricación Industrial. Manual Oxícorte Teórico-Práctico. Ref web: https://w3.ual.es/~alm212/documentos/MANUAL_OXICORTE.pdf

Yao, He C., M. E. (2013) Medición de Tiempos y Métodos. Ref Web: <http://www.mtmingenieros.com>