

28  
2010



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

METODO PARA EL CALCULO DE  
HORAS-HOMBRE DE FABRICACION  
EN HORNOS INDUSTRIALES

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO  
E L E C T R I C I S T A  
(AREA INDUSTRIAL)  
P R E S E N T A :  
RICARDO ZENDEJAS FUENTES

Asesor: Ing. Federique Jauregui Renaud

ARAGON, EDO. DE MEX.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

	Pag.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I METODOS PARA EL CALCULO DE HORAS-HOMBRE DE FABRICACION.	4
1.1 Estudio de tiempos.	4
1.1.1 Definición.	7
1.1.2 Objetivo.	7
1.1.3 Equipo para el estudio de tiempos.	9
1.2 Tiempo estándar o tiempo tipo.	9
1.2.1 Suplementos o tolerancias.	11
1.2.1.1 Tolerancias por descanso.	11
1.2.1.2 Tolerancias variables.	13
1.2.1.3 Retrazos inevitables.	13
1.2.2. Tolerancias especiales.	14
1.3 Tiempos predeterminados.	17
1.3.1 Definición.	18
1.4 Sistemas de movimientos y tiempos predeterminados.	20
1.4.1 Estudio de tiempos de movimientos Básicos (BMT).	20
1.4.2 Sistema Work-Factor.	22
1.4.3 Sistema Ready Work-Factor.	25
1.4.4 Sistema Brief Work-Factor.	25
1.4.5 Sistema Mento-Factor.	27

1.5	Medición de tiempos y métodos.	28
1.5.1	MTM - 2	35
1.5.2	MTM - 3	36
1.5.3	MTM - V	37
1.5.4	MTM - C	38
1.5.5	MTM - M	38
1.5.6	Otros sistemas MTM desarrollados.	38
1.5.7	Sistemas MTM en computadora.	39
1.6	Tiempos históricos.	41
<b>CAPITULO II</b>	<b>DISTRIBUCION DE PLANTA.</b>	<b>42</b>
2.1.	Objetivos de la distribución de planta.	42
2.2	Tipos de distribución de planta.	43
2.3	Ventajas en los diferentes tipos de distribución de planta.	44
2.4	Distribución de planta en la fabricación de hornos industriales.	47
<b>CAPITULO III</b>	<b>DIAGRAMAS DE OPERACION PARA LA FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES.</b>	<b>49</b>
3.1	Conceptos básicos.	49
3.2	Transmisión de calor.	52
3.3.	Pérdidas de calor.	53
3.4	Materiales y Equipo.	57
3.4.1	Aislamiento térmico.	57
3.4.2	Ventiladores.	58
3.4.3	Ductería	60
3.4.4	Unidad de calefacción.	60

3.4.5	Tren de válvulas.	61
3.4.6	Banco de resistencias.	61
3.4.7	Tablero de control.	61
3.5	Equipo de control del horno.	62
3.6	Clasificación de hornos.	63
3.6.1	Horno continuo o tipo túnel.	64
3.6.2	Horno tipo caja o batch.	65
3.7	Diagramas de operación para la fabricación de hornos.	70
<b>CAPITULO IV</b>	<b>EJEMPLOS DE COTIZACION DE HORNOS INDUSTRIALES</b>	<b>73</b>
4.1	Ejemplo de cotización de un horno de gas tipo caja.	73
4.1.1	Balace térmico.	74
4.1.2	Selección del quemador.	79
4.1.3	Selección de ventiladores.	81
4.1.4	Equipo.	84
4.1.5	Cálculo de materiales.	86
4.1.6	Costo de los materiales del horno	98
4.2	Ejemplo de cotización de un horno eléctrico.	101
4.2.1	Banco de resistencias.	101
4.2.2	Materiales para el banco de resistencias.	102
4.2.3	Materiales para la fabricación del horno.	102
4.2.4	Equipo y accesorios.	102
4.2.5	Costo del horno eléctrico.	104

<b>CAPITULO V</b>	<b>METODOS PARA OBTENER LAS HORAS-HOMBRE DE FABRICACION EN HORNOS INDUSTRIALES.</b>	<b>107</b>
5.1	Método No. 1	107
5.1.1	Aplicación al horno de gas.	108
5.1.2	Aplicación al horno eléctrico.	109
5.2	Método No. 2	110
<b>CAPITULO VI</b>	<b>METODO PROPUESTO PARA OBTENER LAS HORAS-HOMBRE DE FABRICACION EN HORNOS INDUSTRIALES.</b>	<b>113</b>
6.1	Tiempos estándar en la fabricación de hornos industriales.	114
6.2	Aplicación del método a un horno de gas.	119
6.3	Aplicación del método a un horno eléctrico.	127
6.4	Ruta Crítica	129
	Conclusiones y recomendaciones	134
	Bibliografía.	137

## Introducción

En la actualidad la industria nacional pasa por un momento en que solo las empresas que tengan una buena calidad en sus productos podrán estar en el mercado; esto es causa de la firma del Tratado de Libre Comercio (T.L.C).

Por esto, es necesario que las industrias mejoren las técnicas de producción y que el control de calidad sea más estricto en la fabricación de sus productos; con lo anterior se podría reducir en gran medida sus costos de fabricación y lograr una disminución de sus precios de venta y mantenerse en el mercado.

La mano de obra directa de fabricación, es el factor más importante en el proceso productivo y su costo puede reducirse mediante el control y la planeación de producción.

En procesos de producción continuo, los tiempos de fabricación utilizados en cada una de las operaciones que intervienen en la fabricación de los productos, se tienen bien controlados y registrados, porque de esto depende para que no existan fallas en la línea de producción y que los costos de fabricación sea lo más bajo posible para que el precio del producto no sea muy elevado.

En los procesos de producción intermitente, en la mayoría de los casos se desconocen los tiempos de fabricación, por la variedad de productos que se fabrican y son sobre pedido.

Tal es el caso de las empresas dedicadas a la fabricación de productos termo-industriales, como son: Hornos industriales con calefacción eléctrica, gas y diesel; Casetas de pintura y Líneas de Acabado.

En la fabricación de estos productos regularmente sobre pedido, los tiempos de fabricación son muy variados, y es necesario estimar las horas-hombre de fabricación en cotizaciones para poder dar un precio de venta al cliente. De lo anterior surge la idea de crear un método que ayude a estimar las horas-hombre de fabricación en productos intermitentes. Para lograrlo se enfocará el estudio a la fabricación de Hornos Industriales, tomando como referencia una empresa dedicada a la fabricación de estos productos.

Con el siguiente trabajo se pretende establecer un método con el cuál se pueda estimar las horas-hombre de fabricación en hornos industriales, para poder estimar el precio de venta más real y que no existan pérdidas económicas al momento de fabricarlos.

Para lograr el objetivo de este trabajo, es necesario primeramente, conocer los métodos existentes para calcular, los tiempos de fabricación, esto se muestra en el primer capítulo.

En el segundo capítulo, se describen los tipos de distribución de planta y se presenta el utilizado en la fabricación de hornos industriales, de la empresa tomada como referencia.

En el tercer capítulo, se muestran los diagramas de operación para la fabricación de los Hornos industriales que más comúnmente se fabrican.

En el cuarto capítulo, se muestran ejemplos de cotizaciones que se realizan previamente a la fabricación, con los cálculos que se llevan a cabo para la selección de equipo y materiales .

En el quinto capítulo, se presentan los métodos utilizados para obtener las horas-hombre de fabricación, en los Hornos Industriales.

Para el sexto capítulo se presenta el método propuesto para obtener las horas-hombre de fabricación y se presenta la Ruta Crítica para justificar los resultados obtenidos.

#### **Justificación:**

Es importante tener un método con el cual se pueda determinar las horas-hombre de fabricación, ya que en cotizaciones suelen presentarse Hornos, que nunca se han fabricado en la empresa y teniendo un método, ya sea teniendo los tiempos estándar de fabricación o cualquier otro, se pueda estimar el tiempo de fabricación sin ningún problema. Y esto es importante porque también agilizaría el tiempo de entrega en las cotizaciones.

Este trabajo está enfocado a un problema particular y es el de la empresa tomada como referencia y no un método general que pueda ser aplicado a cualquier producto; aunque cabe la posibilidad de que sirva como referencia para obtener otros métodos, para cualquier producto.

## CAPITULO I

### METODOS PARA EL CALCULO DE HORAS-HOMBRE DE FABRICACION

#### 1.1 ESTUDIO DE TIEMPOS

##### Antecedentes:

Los primeros estudios de tiempos que se realizaron, fue en Europa. En 1760, el francés Perronet, llevó a cabo amplios estudios de tiempos en la fabricación de alfileres, hasta llegar a un estándar de 494 pzas./hr., 60 años después el economista Inglés Charles Babbage hizo estudios de la fabricación de alfileres # 11, y como resultado determinó que una libra de alfileres (5546 pzas) debían fabricarse en 7.6892 hrs.

El estudio de tiempos comenzó a dársele más importancia con los estudios realizados por Frederick W. Taylor en el año de 1861, cuando laboraba en la Midvale Steel Company de Filadelfia. Después de 12 años desarrolló un sistema basado en el concepto de "tarea". Para la fijación de los tiempos, Taylor realizó una división del trabajo en diferentes porciones llamadas "elementos". Los tiempos de estos "elementos" se tomaban y la suma de estos era el tiempo total utilizado en la "tarea".

Taylor realizó un famoso artículo llamado "Shop Management" (Administración del Taller), en él expuso los fundamentos de la Administración Científica como se le llamaba en esa época, los fundamentos más importantes y enfocados al estudio de tiempos son los siguientes:

- El estudio de tiempos, junto con los implementos y métodos para llevarlo a cabo adecuadamente.

- La estandarización de todas las herramientas e implementos usados en la fábrica, así como los movimientos del obrero para cada clase de trabajo.

- La conveniencia de contactar con un grupo o departamento de planeación.

- Uso de equipos más modernos para ahorrar tiempo.
- Tarjetas de instrucciones para el trabajador.
- Clasificación de productos fabricados, así como las herramientas y equipos de fabricación.

Cabe señalar que para ser un buen estudio de tiempos y con los que se puede reducir tiempo de fabricación, es por medio del estudio de movimientos.

El estudio de movimientos fue realizado por Frank B. Gilbreth. Este estudio estuvo enfocado básicamente a los movimientos necesarios que hace un trabajador para realizar una operación determinada; considerando movimientos innecesarios y que eviten la fatiga y con los métodos más sencillos para realizar una operación.

Algunos otros contemporáneos de Taylor aportaron también elementos para el estudio de tiempos, tal es el caso de Carl G. Barth, un colaborador de Frederick W. Taylor, determinó los márgenes de tiempo. Investigó el número de pie-libras de trabajo que podía efectuar un hombre en un día.

En 1917, Henry Laurence Gantt ideó algunas representaciones gráficas sencillas que permitían medir la actuación en el trabajo real y mostraban a la vez claramente los programas proyectados (GRAFICAS DE GANTT).

También es conocido por su invención del sistema de tareas y bonificaciones o primas. Este sistema gratificaba al operario cuando su trabajo era superior al estándar.

El estudio de tiempos y movimientos recibió un gran impulso en la Segunda Guerra Mundial cuando Franklin D. Roosevelt, a través de la Secretaría del Trabajo, propuso el establecimiento de estándares, de los cuales resultó un incremento de la producción.

Con el estudio de tiempos y movimientos surgieron varias organizaciones enfocadas hacia la productividad de las empresas, como son las siguientes:

A.S.M.E. (American Society Mechanical Enginners) representa un papel muy importante en el desarrollo de la dirección científica de las empresas, de la organización industrial, del estudio de tiempos y movimientos y de actividades relacionadas.

**A.M.A. (American Management Association)** su trabajo está enfocado principalmente en el campo de la Administración Industrial y General.

**S.A.M. (Society for the Advancement of Management)** destaca principalmente la importancia del estudio de tiempos, los métodos y pago de salario. Cada año concede el premio denominado "Llave Taylor" y la medalla Gilbreth.

**I.I.E. (Institute of Industrial Engineers)** su función es fomentar un alto grado de integridad entre los miembros de esta profesión, ayudar a la investigación y educación, en área de Ingeniería Industrial.

Con el estudio anterior se muestra que con el estudio de tiempos y movimientos se pueden obtener resultados más favorables en la productividad y reducción en los costos de producción.

#### **1.1.1 Definición**

Es la técnica que se utiliza para establecer un tiempo estándar en la realización de una tarea determinada, considerando el método prescrito, los tiempos por fatiga y las demoras personales inevitables. (1)

#### **1.1.2 Objetivo**

El objetivo de los estudios de tiempos es el de establecer normas para cualquier trabajo directo e indirecto, para el manejo eficiente y eficaz de la operación.

1. Niebel, Ingeniería Industrial.

Con estándares de tiempo confiables, el trabajo se puede programar con el fin de maximizar la producción con el tiempo, lográndose una buena utilización de la mano de obra y el equipo.

Los tiempos estándar facilitan la Ingeniería de Métodos. Ya que el tiempo es una medida común para todos los trabajos, y con esto se puede comparar las diferentes medidas para hacer el mismo trabajo.

Los tiempos estándar sirven de base para los planes de pago de incentivos. También son un medio para garantizar la distribución eficiente del espacio disponible. Las normas de tiempo precisas son un medio para determinar la capacidad de la planta y equilibrar la mano de obra con el trabajo disponible. Son una base para adquirir nuevo equipo y mejorar el control de la producción.

Un objetivo más del establecimiento de estándares de tiempo confiables, sirven para determinar el costo antes de la producción.

Con esto también se puede mejorar el control de presupuesto, establecimiento de gratificaciones a supervisores y la garantía de que se mantendrán los requisitos de calidad.

### 1.1.3. Equipo para el estudio de tiempos

El equipo principalmente utilizado para el estudio de tiempos es el siguiente:

- Cronómetro
- Forma diseñada para el estudio del trabajo
- Calculadora electrónica

Existen otros medios más sofisticados que pueden ser:

- Equipo de videotape
- Cámara de video

En la actualidad son más fácil de utilizar, debido al acceso que se tiene para la adquisición de estos equipos.

### 1.2 TIEMPO ESTANDAR O TIEMPO TIPO.

El tiempo normal es el tiempo que necesitaría un obrero calificado para efectuar una operación, si trabajara a marcha normal. Pero no es posible que un trabajador este toda la jornada trabajando sin ninguna interrupción. El operario gastará cierto tiempo en sus necesidades personales, en descansar y por razones fuera de control.

Para poder obtener el tiempo estándar se debe considerar los diferentes suplementos que se involucran en la jornada diaria.

Para establecer un conjunto de suplementos exactos, que puedan aplicarse a cualquier tipo de trabajo, se deben tomar en cuenta los diferentes factores que pueden afectar a estos suplementos; tales factores son los siguientes:

### **1. Factores del Individuo.**

- **Condiciones básicas:** Es muy importante considerar al trabajador físicamente, ya que se ha demostrado que una persona delgada tiene un mayor rendimiento que una persona obesa, y su recuperación en los descansos es más rápido.

- **Nivel de Aprendizaje:** En cualquier trabajo o actividad existen personas con un nivel de aprendizaje más elevado y otras con mayor dificultad para captar la forma de trabajar.

- **Trabajo realizado:** Se debe considerar el tipo de trabajo ya que existe el trabajo ligero y trabajo pesado.

- **Alimentación:** Una persona mejor alimentada trabaja mejor que una persona mal alimentada.

### **2. Naturaleza del Trabajo.**

- **Tipo:** Puede ser ligero o pesado.

- **Cuidado del trabajo.**

- **Posición del trabajador al realizar sus labores.**

### **3. Medio Ambiente:**

- **Factores ambientales:** como calor, humedad, ruido, suciedad, vibraciones, intensidad de luz, polvo, etc.

### 1.2.1 Suplementos o tolerancias

Al realizar un estudio de tiempos, es necesario considerar suplementos o tolerancias de tiempo que intervienen en el tiempo estándar de operación. A continuación se muestran las más importantes.

#### 1.2.1.1 Tolerancias por descanso.

Es el tiempo que se le añade al tiempo básico, para que el trabajador se recupere de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución del trabajo en determinadas condiciones y para que puede atender a sus necesidades personales. Su valor depende de la naturaleza del trabajo. (2)

Las tolerancias por descanso deben calcularse de modo que este tiempo permita al trabajador reponerse por la fatiga. La fatiga se entiende como el cansancio físico y/o mental, real o imaginario, que reduce la capacidad de trabajo de quien lo siente.

Las tolerancias por descanso tiene 2 componentes principales: tolerancias fijas y tolerancias variables.

Las tolerancias fijas se dividen en dos tipos:

## 2. Estudio del trabajo (OIT)

### **1) Tolerancias por necesidades personales.**

Todo obrero necesita cierto tiempo para ir al baño y a beber agua, este tiempo oscila entre un 5% y 7% de la jornada. Este tiempo depende de las condiciones del trabajo: clase de trabajo, edad del trabajador, condición física y condiciones desfavorables del lugar de trabajo, tales como atmósferas cálidas y húmedas.

### **2) Tolerancias por fatiga**

Este suplemento es muy necesario ya que es el tiempo para que el trabajador recupere energías del trabajo realizado y para aliviar la monotonía.

La fatiga puede ser causada por 3 factores principales:

a) Ambiente general del trabajo: cantidad de luz, temperatura, la humedad relativa y frescura del aire.

b) Naturaleza del trabajo: grado de monotonía de los movimientos del cuerpo y esfuerzo físico.

c) Salud general del trabajador.

En la actualidad la fatiga física, esta disminuyendo gracias a la automatización y mecanización en el trabajo pesado. La mayoría de la fatiga es psicológica. En la mayoría de los casos no se puede tener un dato preciso del porcentaje del tiempo necesario para este fin y en la mayoría de las empresas se consideran tiempos de paro general de la producción a la mitad de la mañana y otro a la mitad de la tarde, estos tiempos varían de 5 a 15 minutos cada uno.

Los períodos de descanso resultan importantes por los siguientes motivos:

- Eliminan las variaciones de rendimiento del trabajador a lo largo del día y contribuyen a estabilizarlo más cerca del nivel óptimo;

- Rompen la monotonía de la jornada;

- Ofrecen al trabajador la posibilidad de reponerse de la fatiga y atender sus necesidades personales;

- Reducen las interrupciones del trabajo durante las horas de trabajo.

#### **1.2.1.2 Tolerancias variables**

Estos se aumentan cuando las condiciones de trabajo difieren mucho de las indicadas, por ejemplo cuando las condiciones ambientales son malas y no se pueden mejorar, cuando aumentan el esfuerzo y la tensión para ejecutar determinada tarea, etc.

#### **1.2.1.3 Retrasos Inevitables**

En una jornada de trabajo existen diferentes factores que interrumpen la continuidad del trabajo. Tales interrupciones implican un aumento en el tiempo estándar. Algunos de estos factores pueden ser:

- Interrupciones por el supervisor o personas de producción.
- Irregularidades en el material, ya que algunas veces el material por no cumplir con las especificaciones establecidas, origina una interrupción y por lo tanto un aumento en el tiempo.

### **1.2.2 Tolerancias especiales**

- **Tolerancia por comienzo:** Tiempo utilizado para los preparativos del inicio del trabajo, colocación de herramientas en su lugar, limpieza de las máquinas, etc.

- **Tolerancia por cierre:** Al igual que al comienzo, es el tiempo que el operario utiliza antes de retirarse.

- **Tolerancia por limpieza:** Es el tiempo que utiliza el operario en los momentos en que es necesario limpiar la máquina o área de trabajo.

- **Tolerancia por herramientas:** Este tiempo es necesario para tener las herramientas bien ajustadas y en buen estado.

El suplemento que se puede aplicar al tiempo estándar, es a criterio del tomador de tiempos y este se debe de dar en toda una jornada, para que el operario no se vea forzado en la realización de estas labores.

Algunos otros suplementos se asignan normalmente por lotes:

- **Tolerancia por montaje:** Tiempo necesario para preparar una máquina para la fabricación de un nuevo lote de artículos o piezas.

- **Tolerancia por desmontaje:** Cuando se termina la fabricación y se modifica la máquina o el proceso.

- **Tolerancia por cambios diversos:** Es el tiempo que se le da al obrero, que no esta en contacto directo con el montaje y desmontaje de la máquina, pero que espera al principio o al final del proceso para realizar algún trabajo. Es conveniente especificar si el suplemento es "por cambio de tarea" o por "cambio de lote".

- **Tolerancia por rechazo:** Es el tiempo que se debe considerar cuando los productos no cumplen con la calidad establecida.

- **Tolerancia por recargo de trabajo:** Se consideran si en dado caso aumentara el trabajo por modificaciones en el proceso.

- **Tolerancia por aprendizaje:** Es el tiempo que necesita un operario nuevo en aprender la técnica o forma de trabajo del departamento, generalmente este tiempo tiene que ir en forma decreciente hasta llegar a cero, al igual que el suplemento por formación.

- **Tolerancia por formación:** Es el tiempo que es utilizado por el operario que esta enseñando al nuevo integrante.

- **Tolerancia por implantación:** Es el tiempo que se le da a los trabajadores para que se acoplen a un nuevo procedimiento o método. Este tiempo es en forma decreciente, dando un período de 10 minutos el primer día, 9 el segundo, así hasta llegar a 0.

- **Tolerancia por pequeños lotes:** Este tiempo es considerado cuando a un trabajador se le encomienda la fabricación de algún lote de piezas, en este caso el trabajador decide como fabricarlo debido a la experiencia, por instrucciones dadas o por tanteos y luego por desempeño o repetición alcanzar un tiempo tipo.

Con el estudio realizado anteriormente nos damos cuenta de la cantidad de suplementos o tolerancias que se deben considerar al momento de realizar un estudio de tiempos para poder obtener un tiempo tipo o estándar de cada operación, y no considerar únicamente el tiempo que se lleva a cabo en la transformación del material.

### 1.3 TIEMPOS PREDETERMINADOS

La aplicación de este tipo de tiempos ha aumentado con el transcurso de los años, con la comprensión mejor de sus ventajas y limitaciones.

En el cuadro No. 1 se muestran los diferentes tipos de Tiempos Predeterminados que más se utilizan en cualquier trabajo manual.

Estos tiempos son importantes, porque teniendo un modelo de movimientos se pueden fijar los tiempos estándar de una tarea o actividad. Con la descripción del método y un dibujo del área de trabajo se puede determinar anticipadamente el tiempo estándar de alguna operación. También pueden ser aplicados para varias clases de máquinas e instalaciones, abriendo así la determinación de tiempos estándar de trabajo que se haga en dichas máquinas. Estos tiempos pueden servir para poder obtener un estudio de tiempos estándar mejor y más homogéneos.

La principal utilización de los Tiempos Predeterminados pueden dividirse en 2 clases:

- a) Evaluación del Método.
  - Mejora de los métodos existentes.
  - Evaluación de métodos propuestos, antes de su utilización.
  - Evaluación de proyectos de herramientas, plantillas e instalaciones.

- Ayuda para diseñar el producto.
  - Ayuda a la dirección para aprender a captar los movimientos.
- b) Fijación de Tiempos estándar
- Empleo directo de tiempos-predeterminados para fijar los tiempos estándar.
  - Compilación de datos y fórmulas para diversas clases de trabajo, a fin de fijar con mayor rapidez los tiempos-estándar.
  - Comparación de las normas establecidas por el estudio de tiempos.
  - Revisión de tiempos-tipo.

Para la consideración de Tiempos Predeterminados es necesario que sean establecidos por personal capacitado o que tengan gran experiencia en el ramo.

#### 1.3.1 Definición

Es la técnica de la medición del trabajo, en que se utilizan tiempos determinados para los movimientos humanos básicos a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma dada de ejecución. (3)

### 3. Estudio del trabajo (OIT)

Nombre del sistema	Fecha de su primera aplicación	Primera publicación en la que se describe el sistema	Publicaciones con información acerca del sistema	Forma de obtención de los datos originales	Sistemas desarrollados por
Análisis de tiempos de movimientos (MTA)	1924	No se han publicado datos, pero en Motion Time Analysis Bulletin, que es una publicación de A.B. Segur & Co., aparece información concerniente al MTA.	Motion - Time Analysis, de A.B. Segur, en Industrial Engineering Hand book, ed. dir. por H.B. --- Maynard, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, págs. 4.101 a 4-118, 1958	Féculas análisis - de micromovimientos, cinógrafa.	A.B. Segur.
Movimientos de los miembros del cuerpo	1938	Applied Time and Motion Study, por W. G. Holmes, Ronald Press Co., - Nueva York, 1938.	Applied Time and Motion Study, de W. G. Holmes, Ronald Press Co., Nueva York, 1938.	Se desconoce.	W. G. Holmes
Tiempos predeterminados para trabajos de montaje (conseguir y colocar).	1938	Motion and Time Study, 2da. ed., - por Ralph M. Barnes, John Wiley & Sons, Nueva York, 1940, caps. 22 y 23	Motion and Time Study, Ralph M. Barnes, 5a. Ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1963, cap. 31.	Estudio de tiempos, películas de operaciones fabriles, estudios de laboratorio	Harold Engstrom y Gepping, - de la fábrica de Bridport, de la General Electric Co
Sistema de Factores de trabajo.	1938	Motion Time Standards", de J.H. Quick, W. J. Shea y R. E. Koehler, Factory Management and Maintenance Vol. 103, núm. 5, págs. 97-108, mayo 1945.	Work - Factor Time Standards, de J. H. Quick, James H. Duncan y James A. Malcolm, Jr, McGraw-Hill Book Co. Nueva York, 1962.	Estudio de tiempos, películas de operaciones fabriles, estudio de movimientos con luz estroboscópica.	J. H. Quick W. J. Shea R. E. Koehler
Tiempos tipo elementos para trabajos manuales básicos.	1942	Establishing Time Values by Elementary Motion Analysis, de M. G. Schaefer, Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic, IMS, Chicago, págs. 21 - 27, noviembre 1946	Establishing Time Values by Elementary Motions, de M. G. Schaefer, Proceedings Tenth Time and Motion Study Clinic, IMS, Chicago, noviembre 1946. También Development and Use of Time Values for Elemental Motions, de M. G. Schaefer, Proceedings Secons Time Study and Methods Conference, SAM ASME, Nueva York, abril 1947.	Estudio con cinógrafo películas de operaciones industriales y estudios con registrador de tiempos eléctrico (medidos los tiempos hasta 0.0001 minuto).	Western Electric Co.
Medida del tiempo de los métodos (MTM)	1948	Methods-Time Measurement, de H. B. Maynard, G. J. Stegeman y J. L. Schnab, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1948.	Methods-Time Measurement, de H. B. Maynard, G. J. Stegeman y J. L. Schnab, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1948.	Estudio de tiempos y películas de operaciones fabriles.	H. B. Maynard G. J. Stegeman. J. L. Schnab
Tiempos de movimientos dimensionales (BMT)	1950	Manuales, de J. D. Woods & Gordon, Ltd., Toronto, Canadá, 1950.	Basic Motion Time Study, de G. B. Bailey y Ralph Praegre, McGraw-Hill Book Co., Nueva York, 1958.	Estudios de Laboratorio	Ralph Praegre-G. B. Bailey J. A. London
Tiempos de movimientos dimensionales (DMT)	1952	New Motion Time Method Defined de H. C. Geppinger, Iron Age, volumen 171, núm. 2, pág. 108-108, enero 1953	Dimensional Motion Times, por H. C. Geppinger, John Wiley and Sons New York, 1955.	Estudio de tiempos, películas, estudios de laboratorio.	H. C. Geppinger
Tiempos predeterminados de trabajo humano.	1952	A System of Predetermined Human Work Times, de Irwin P. Lazarus, Tesis para el grado de "Philosophia Doctor", Universidad de Purdue, 1952.	Synthesized Standards from Basic Motion Times", Handbook of Industrial Engineering and Management W. G. Ineson and E. L. Grant, 4da ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. págs. 373-378, 1955.	Películas de operaciones fabriles.	Irwin P. Lazarus.

## **1.4 SISTEMAS DE MOVIMIENTOS Y TIEMPOS PREDETERMINADOS**

### **SISTEMAS MANUALES**

#### **1.4.1 ESTUDIO DE TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS (Basic Motion Timestudy) BMT**

Este sistema fue creado en los años cincuenta por Gerald B. Bayley y Ralph Presgrave; los cuales escribieron un libro donde el sistema y sus reglas de aplicación se describen detalladamente, este libro se llama Basic Motion Timestudy.

Este sistema considera como base el "movimiento básico", que es el movimiento que realiza cualquier parte del cuerpo que comienza y termina en reposo. Esto se toma como unidad básica.

El sistema considera dos movimientos básicos: "alcanzar y mover", y se toma el tiempo necesario para recorrer una determinada longitud. La variable esencial es la longitud del movimiento.

**Control Muscular:** Este se divide en tres tipos fundamentales de movimientos:

**Movimientos clase A:** son los más simples y tienen los valores de tiempo más bajos. Ejemplos: golpear con un martillo y golpear con el puño; es decir que no se hace ningún esfuerzo en este tipo de movimientos.

**Movimientos clase B:** son originados cuando se hace un esfuerzo muscular, tal es el caso de levantar un martillo, arrojar un objeto, abrir una puerta o cajón.

**Movimientos clase C:** son los movimientos los cuales terminan haciendo contacto con un objeto o superficie. Este contacto consiste en una acción de colocar. Este tipo de movimientos son los más comunes en las actividades manuales. Ejemplos:

Extender el brazo para tomar la pluma o el teléfono, y en producción en tomar el taladro, la pieza que se trabaja, etc.

**Dirección visual :** En ciertos movimientos, la función de los ojos es la segunda variable.

Este punto se refiere a la posición de la vista a la hora de realizar el movimiento, puede influir en el tiempo si la vista no se puede dirigir hacia el objeto final del movimiento, y es necesario fijar la mirada hacia el punto inicial del movimiento, este se retrasa, y el tiempo para realizar este movimiento es más largo.

**Tolerancia por "Precisión" y "Aplicación de fuerzas" :** En ciertos movimientos se necesita un control más preciso del movimiento al finalizar una acción de colocar. Para esto es necesario dar una tolerancia por "presión" que aumenta con la longitud del movimiento.

También se dan tiempos adicionales para los casos en que es preciso aplicar fuerza, por ejemplo: Mover objetos pesados, apretar o aflojar.

**Movimientos simultáneos :** Este tipo de movimiento es cuando es necesario mover ambos brazos, en este caso solo se considera el tiempo para mover un brazo ya que los movimientos son idénticos. Por lo tanto, las tolerancias para movimientos simultáneos de los brazos tienen en cuenta la distancia de separación, o sea los puntos finales del movimiento. También la precisión que requiere la acción final.

#### **1.4.2 SISTEMA WORK - FACTOR (SISTEMA FACTOR DE TRABAJO)**

Este sistema fue desarrollado a partir de los estudios de tiempos de movimientos originales que se efectuaron utilizando cronómetros, fotocronómetros, películas e instantáneas con película rápida. La unidad de tiempo es 0.0001 min. como se muestra en la tabla No.1

El sistema se desarrolló bajo la dirección de Joseph H. Quick. La clasificación estuvo basada en la evaluación de la habilidad y esfuerzo de los trabajadores mientras eran estudiados.

Para su aplicación, primeramente se hace un análisis detallado de cada tarea, basado en la identificación de las 4 variables principales del trabajo y empleando factores de trabajo como unidad de medida; luego se aplica a cada movimiento el tiempo estándar, según la tabla de valores de los tiempos de movimientos.

Un movimiento básico es el movimiento que carga la menor cantidad de precisión para una combinación de miembros del cuerpo y de distancia dada.

Las cuatro variables principales que se mencionan anteriormente son:

**Miembro del cuerpo:** Aquí se reconocen seis miembros definidos del cuerpo, dando el tiempo de los movimientos de cada uno: dedo o mano, brazo, giro del antebrazo, tronco, pie y pierna.

**Distancia:** Todas las distancias, se miden según la recta definida por los puntos del comienzo y fin del área que el miembro del cuerpo describe durante su movimiento.

**Control manual:** La siguiente clasificación refleja las de Trabajo de Control Direccional (Gobierno o rumbo), Factor de Trabajo de Atención (Precaución) y Factor de Trabajo de cambio de Dirección.

\*Marca registrada ©1947, 1948, 1950, 1952 y 1959 por Work-Factor Co., Inc., ©1962, 1966 y 1967 por Wofac Corporation. ©1969 por Wofac Company, Division of Science Management Corporation.

TRASLADAR															
INSTANCIAS DE MOVIER (p/g)	FACTORES DE TRABAJO				INSTANCIAS DE MOVIER (p/g)	FACTORES DE TRABAJO									
	BASICO	1	2	3		4	BASICO	1	2	3	4				
(I) BRAZO: medida a los nudillos															
1	18	26	34	40	46	1	21	30	39	46	53				
2	20	29	37	44	50	2	23	32	42	51	58				
3	22	32	41	50	57	3	26	37	48	57	65				
4	26	38	48	58	66	4	30	43	55	66	76				
5	29	43	55	65	75	5	34	48	61	75	86				
6	32	47	60	72	83	6	37	54	69	84	97				
7	35	51	65	78	90	7	40	59	75	92	107				
8	38	54	70	84	96	8	43	63	80	98	115				
9	40	58	74	89	102	9	46	66	85	104	122				
10	42	61	78	93	107	10	48	70	89	109	129				
11	44	63	81	96	112	11	50	72	94	114	134				
12	46	65	84	100	117	12	52	75	97	117	138				
13	47	67	86	102	120	13	54	77	101	121	141				
14	49	69	90	106	123	14	56	80	103	123	144				
15	51	71	92	110	127	15	58	82	106	130	149				
16	52	73	94	112	130	16	60	84	108	133	153				
17	54	75	96	114	133	17	62	86	111	137	158				
18	55	76	98	120	140	18	63	88	113	139	161				
19	56	78	100	122	142	19	65	90	115	140	164				
20	58	80	102	124	144	20	67	92	117	142	166				
22	61	83	106	128	148	22	70	96	121	147	171				
24	63	86	109	131	152	24	73	99	126	151	175				
26	66	90	113	135	156	26	76	103	130	155	179				
28	68	93	116	139	159	28	78	107	134	159	183				
30	70	96	119	142	163	30	81	110	137	163	187				
35	76	103	128	151	171	35	87	118	147	173	193				
40	81	109	135	159	179	40	93	126	155	187	206				
Peso, libras	7	3	13	20	>20	Peso, libras	8	42	>42						
Hombre ...	7	3	13	20	>20	Hombre ...	8	42	>42						
Mujer ...	-1	3 1/2	-6%	10	>10	Mujer ...	4	21	>21						
(II) TRONCO: medida al hombro															
1	26	38	49	56	67	1	16	23	29	35	43				
2	29	42	53	64	77	2	17	25	32	38	46				
3	32	45	57	70	82	3	19	28	36	43	52				
4	36	51	70	84	96	4	23	33	42	50	59				
5	43	62	78	95	109										
6	47	66	87	105	120	Peso, libras	2/3	2%	4	>4					
7	51	74	95	114	130	Hombre ...	2/3	2%	4	>4					
8	54	78	101	121	138	Mujer ...	1/3	-1%	2	>2					
9	58	84	107	128	147										
10	61	88	113	135	155	(III) PIE: medida al extremo del dedo mayor									
12	66	94	123	147	169	1	20	29	37	46	55				
14	71	100	130	158	182	2	22	32	40	48	58				
16	75	103	136	167	193	3	24	35	45	55	65				
18	80	111	142	173	203	4	29	41	52	64	75				
20	84	116	148	179	209										
22	88	121	153	185	215	Peso, libras	5	22	>22						
24	92	125	158	190	220	Hombre ...	5	22	>22						
26	95	130	163	196	226	Mujer ...	-2%	-11	>11						
28	99	136	168	201	231	(IV) GIRO DEL ANTEBRAZO: medida a los nudillos									
30	102	139	173	206	236	45°	17	22	28	32	41				
						60°	23	30	37	43	49				
						115°	28	36	44	52	58				
						180°	31	40	49	57	65				
Peso, libras	-11	16	>18			(V) GIRO DE LA CABEZA: medida a la punta de la nariz									
Hombre ...	-11	16	>18			Curso	Distancia	Número de instancias de trabajo							
Mujer ...	-3%	2%	>2%			per gradus	en p/g	1	2	3	4				
(VI) MUEV. DE CAMINAR															
TIPO	PASOS POR MIN.														
	1	2	3	MAX. 100											
General	Análisis de 100				100	100	100	100	100	100					
especial	de 100				100	100	100	100	100	100					
Análisis de 100 para cada día de 120' a 140' a 160' a 180'															
Pasar hacia arriba 18 p/g al subir, 10 p/g en plano 125 p/g bajar															
Pasar hacia abajo 100 p/g															
>220-43	>2-4	30	51	58	66										
-90	-8	60	76	86	99										

TABLA No. 1 SISTEMA WORK - FACTOR

**Peso o resistencia:** El efecto del peso sobre el tiempo varía con: a) el miembro del cuerpo que se utilice; y b) sexo del operario.

#### **1.4.3 SISTEMA READY WORK-FACTOR (FACTOR DE TRABAJO FACIL)**

Este sistema se desarrolló al simplificar los valores de tiempo del Work Factor Detallado. La Unidad de tiempo es 0.001 min. La Tabla No. 2 indica el tiempo en minutos de diferentes elementos.

Es útil para medir operaciones medianas o largas, con ciclos de 0.15 min o más.

#### **1.4.4 SISTEMA BRIEF WORK - FACTOR (FACTOR DE TRABAJO ABREVIADO)**

Es una Técnica para determinar el tiempo aproximado que se necesita para efectuar una parte manual de un trabajo. Puede ser aplicado en operaciones de oficina, fábrica, del campo, etc. y para estimar los costos de la mano de obra en el avance de la producción real.

Es conveniente para estudiar opciones de muchos minutos u horas de duración.



#### 1.4.5. SISTEMA MENTO-FACTOR

Se usa cuando se necesita establecer estándares muy exactos principalmente por operaciones de contenido mental. Tales operaciones son por ejemplo; Corrección de pruebas tipográficas, inspección visual y resolución del problema. Trece procesos mentales fundamentales son la base de este Sistema.

- 1.- Movimientos oculares: Mover los ojos de un punto de fijación a otro.
- 2.- Ver : registrar estímulos visuales..ls1
- 3.- Conducción : Transmitir impulsos a través del Sistema nervioso.
- 4.- Discriminar : Distinguir entre 2 características similares.
- 5.- Abarcar : Organizar mentalmente grupos de caracteres
- 6.- Identificar : Determinar lo que se ha visto.
- 7.- Decidir : Determinar la acción apropiada a seguir con base en la identificación anterior.
- 8.- Convertir : Traducir de un conjunto de símbolos a otro
- 9.- Memorizar : Almacenar información.
- 10.- Recortar : Traer a la mente información previamente memorizada.
- 11.- Calcular : Hacer cálculos matemáticos.
- 12.- Sostener
- 13.- Transferir la atención.

**1.5 MEDICION DE TIEMPOS Y METODOS  
(METHODS-TIME MEASUREMENT, MTM-1, MTM)**

Se define como: "Un Procedimiento que analiza un método o una operación manual en los movimientos básicos requeridos para su realización y asigna a cada movimiento un estándar de tiempo predeterminado que se evalúa por la naturaleza del movimiento y en las condiciones en las que se lleva a cabo". (4)

En las Tablas No.3 a la No.5 se dan los tiempos de los movimientos para cada movimiento básico. La Unidad de tiempo empleada es la cienmilésima de hora ( 0.00001 Hora) y se designa por la notación TMU (Time-Measurement Unit). Una TMU equivale a 0.0006 minutos.

**Alcanzar:** Existen 5 casos distintos de alcanzar y cada uno requiere diferentes tiempos para una distancia dada.

**Caso "A":** Alcanzar un objeto en una situación fija, o uno en la otra mano o sobre el que descansa la otra mano.

**Caso "B":** Alcanzar un objeto en un lugar en el que puede variar ligeramente de un ciclo a otro.

**Caso "C":** Alcanzar un objeto mezclado con otros, en el cuál se realiza la búsqueda.

**Caso "D":** Alcanzar objetos muy pequeños, o que es necesario tomar con precisión.

4. Barnes Estudio de tiempos y movimientos.

**Caso "E":** Alcanzar un lugar indefinido, a fin de asegurar el equilibrio del cuerpo, para realizar el movimiento siguiente o para colocarlo en donde no estorbe.

La longitud de un movimiento es la verdadera trayectoria y no la Línea recta definida por sus puntos extremos.

Hay que considerar, 3 tipos de alcanzar:

- 1) La mano no está en movimiento al inicio ni al final del elemento.
- 2) La mano está en movimiento al comienzo o al final.
- 3) La mano está en movimiento, tanto al inicio como al final del elemento.

**Mover:** Existe cuando es necesario transportar un objeto a un lugar definido. Existen 3 clases de Mover:

- 1) Mover el objeto a la otra mano o contra un tope.
- 2) Mover el objeto a un lugar indefinido.
- 3) Mover el objeto a un sitio definido.

El tiempo de mover está afectado por las siguientes variables:

- a) Condición (Naturaleza del destino)
- b) Longitud del movimiento.
- c) Tipo de Mover.
- d) Factor peso, estático y dinámico.

**Girar:** Es el movimiento que se realiza con la mano con carga o vacía, mediante un movimiento de rotación de la mano, muñeca y antebrazo, alrededor del eje de éste. El tiempo de girar depende de las siguientes variables:

- a) grados de giro.
- d) peso

**Coger:** Es el elemento básico que se hace para controlar con la mano o con los dedos uno o más objetos, con fin de realizar el movimiento básico siguiente.

**Poner en posición:** Es el elemento básico que se utiliza para alinear, orientar y encajar un objeto con otro. El tiempo de este elemento depende de los siguientes puntos:

- a) Clase de ajuste.
- b) Simetría.
- c) Facilidad de Manejo.

**Dejar Carga:** Es el elemento básico en que los dedos o la mano abandonan el control de un objeto. Las 2 clasificaciones de este elemento son los siguientes:

- a) Dejar normal, mediante simple abertura de los dedos.
- b) Dejar contacto, comenzando esta y terminándose en el instante en que comienza el otro elemento.

**Desmontar:** Es el elemento básico para quitar el contacto de un objeto con otro. En el tiempo para desmontar influyen las siguientes variables:

- a) Clase de ajuste.
- b) Facilidad de Manejo.
- c) Manejo cuidadoso.

**Tiempos visuales:** Es el tiempo cuando los ojos dirigen realmente los movimientos de las manos o del cuerpo, se considera que existe un tiempo visual. Hay 2 tipos de tiempo visual, el de enfoque y el de desplazamiento de la mirada.

El tiempo de enfoque, es el tiempo utilizado por los ojos para enfocar un objeto y mirarlo el tiempo necesario para determinar sus características principales, dentro del Area en donde puede mirarse sin desplazar la mirada.

El tiempo de desplazamiento, en este tiempo influyen la distancia entre el punto inicial y el punto final de la trayectoria visual y la distancia del ojo a la trayectoria.

Después de haber desarrollado el MTM fueron creados otros métodos similares, basados en el original pero con modificaciones y otros alcances en el estudio de tiempos y movimientos. Algunos de estos nuevos métodos son los siguientes:

**TABLA I—ALCANZAR—R**

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Mano en movimiento		CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	D	E	A B	
% menor	2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	1.6	A Alcanzar al objeto en localización fija, o al objeto en otra mano o sobre el que descansa la otra mano
1	2.6	2.6	3.6	3.4	2.3	2.3	
2	4.0	4.0	6.9	3.8	3.5	2.7	B Alcanzar a un solo objeto en una localización que puede variar ligeramente de ciclo a ciclo.
3	5.3	5.3	7.3	5.3	4.5	3.6	
4	6.1	6.4	8.4	6.8	4.9	4.3	
5	6.5	7.8	9.4	7.4	6.3	6.0	C Alcanzar a objeto mezclado con otros en un grupo, de modo que ocurran los elementos buscar y seleccionar
6	7.0	8.6	10.1	8.0	6.7	6.7	
7	7.4	9.3	10.8	8.7	6.1	6.5	
8	7.9	10.1	11.5	9.3	6.5	7.2	
9	8.3	10.8	12.2	9.9	6.9	7.9	D Alcanzar a un objeto muy pequeño o donde se requiera un asentamiento exacto
10	8.7	11.5	12.9	10.5	7.3	8.6	
12	9.6	12.9	14.2	11.8	8.1	10.1	E Alcanzar a una localización indefinida para llevar la mano a una posición para el equilibrio del cuerpo, o e. movimiento siguiente, o fuera del camino.
14	10.5	14.4	15.6	13.0	8.9	11.6	
16	11.4	15.8	17.0	14.2	9.7	12.9	
18	12.3	17.2	18.4	15.5	10.5	14.4	
20	13.1	18.6	19.8	16.7	11.3	15.8	
22	14.0	20.1	21.2	18.0	12.1	17.3	
24	14.9	21.5	22.5	19.2	12.9	18.8	
26	15.8	22.9	23.9	20.4	13.7	20.2	
28	16.7	24.4	25.3	21.7	14.5	21.7	
30	17.5	25.8	26.7	22.9	15.3	23.2	

**TABLA II—MOVER—M**

Distancia de mover (plg)	Tiempo TMU				Margen por peso			CASO Y DESCRIPCION
	A	B	C	Mano en movimiento D	Peso (lb) hasta de	Factor	TMU constante	
% menor	2.0	2.0	2.0	1.7	2.5	0	0	A Mover el objeto a la otra mano o contra un tope
1	2.6	2.8	3.4	2.3	7.5	1.06	2.2	
2	3.6	4.6	5.2	2.9				
3	4.9	6.7	6.7	3.6				
4	6.1	6.9	8.0	4.3	12.5	1.11	3.3	B Mover el objeto a una localización aproximada o indefinida
5	7.3	8.0	9.2	5.0				
6	8.1	8.9	10.3	5.7	17.5	1.17	5.8	
7	8.9	9.7	11.1	6.5				
8	9.7	10.8	11.9	7.2	22.5	1.22	7.4	
9	10.5	11.6	12.7	7.9				
10	11.3	12.2	13.5	8.6	27.5	1.28	9.1	
12	12.9	13.3	15.2	10.0				
14	14.3	14.6	16.9	11.4	32.5	1.33	10.8	
16	15.0	15.8	18.7	12.8				
18	17.8	17.0	20.4	14.2	37.5	1.39	12.5	
20	19.2	18.2	22.1	15.6				
22	20.8	18.4	23.8	17.0	42.5	1.44	14.3	
24	22.4	20.6	25.5	18.4				
26	24.0	21.8	27.3	19.8	47.5	1.50	16.0	
28	25.5	23.1	29.0	21.2				
30	27.1	24.3	30.7	22.7				

**TABLA III—GIRAR Y APLICAR PRESION—T & AP**

Peso	Tiempo en TMU para ángulos (en °) girados										
	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Pequeño — 1 0 a 2 lb	2.8	3.6	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.6	0.1	8.7	9.4
Mediano — 2.1 a 10 lb	4.4	5.5	6.5	7.5	8.5	9.6	10.6	11.6	12.7	13.7	14.6
Grande — 10.1 a 35 lb	8.8	10.5	12.3	14.4	16.2	18.3	20.4	22.2	24.3	26.1	28.2

APLICAR PRESION, CASO 1—16.2 TMU. APLICAR PRESION, CASO 2—10.6 TMU

**TABLA No. 3 TIEMPOS DE MOVIMIENTOS BASICOS**

**TABLA IV—ASIR—G**

Caso	Tiempo (TMU)	DESCRIPCION
1A	2.0	Asir, para recoger—Objeto pequeño, mediano o grande, fácil de asir
1B	3.5	Objeto muy pequeño o uno puesto contra una superficie plano.
1C1	7.3	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro mayor que 1 1/2"
1C2	8.7	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro de 1 1/2" a 1 3/4"
1C3	10.8	Interferencia con asir por el fondo y un lado de un objeto casi cilíndrico. Diámetro menor que 1 1/4"
2	5.6	Recibir
3	5.6	Asir para trasladar
4A	7.3	Objeto moldeado con otras de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. Mayor que 1" x 1" x 1/2"
4B	9.1	Objeto moldeado con otras de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. De 1 1/4" x 1 1/2" x 1 1/8" a 1" x 1" x 1/2"
4C	12.9	Objeto moldeado con otras de modo que ocurren alcanzar y seleccionar. Menor que 1 1/4" x 1 1/2" x 1 1/8"
5	0	Asir de contacto, deslizamiento o con agarre en gancho.

**TABLA V—COLOCAR EN POSICION \*—P**

CLASE DE AJUSTE		Simetría	De fácil manejo	De difícil manejo
1—Holgado	No requiere presión	S	5.6	11.2
		SS	9.1	14.7
		NS	10.4	16.0
2—Estrecho	Requiere presión ligera	S	16.2	21.8
		SD	19.7	25.3
		NS	21.0	26.6
3—Exacto	Requiere presión intensa	S	43.0	48.5
		SS	46.5	52.1
		NS	47.8	53.4

\*Distancia de mover hasta el trabajo o enganche—1" o menos

**TABLA VI—SOLTAR—RL**

Caso	Tiempo (TMU)	DESCRIPCION
1	2.0	Soltar normal realizada abriendo los dedos como movimiento independiente.
2	0	Soltar de contacto

**TABLA VII—DESENGANCHE—D**

CLASE DE AJUSTE	De fácil manejo	De difícil manejo
1—Holgado—Esfuerzo muy ligero, se mueve con menor subsecuencia	4.0	5.7
2—Estrecho—Esfuerzo normal, operación ligera.	7.5	11.8
3—Apertado—Esfuerzo considerable, movimiento manual muy notable.	22.9	34.7

**TABLA VIII—TIEMPO DE DESPLAZAMIENTO DE OJO Y ENFOQUE OCULAR—ET & EF**

Tiempo de desplazamiento de ojo =  $15.2 \times T/D$  TMU, con un valor máximo de 20 TMU donde  $T$  = distancia entre los puntos límites de desplazamiento del ojo.  
 $D$  = distancia perpendicular del ojo a la línea de desplazamiento  $T$ .  
 Tiempo de enfoque ocular = 7.3 TMU



### 1.5.1 MTM-2

Es una de las ramas del MTM pero con otras aplicaciones, se define como: Un Sistema de datos MTM sintetizados y es el segundo nivel general de datos MTM. Se basa en el MTM y consiste en:

- 1) Movimientos MTM básicos sencillos.
- 2) Combinaciones de movimientos MTM básicos.

El sistema MTM-2 puede ser utilizado en asignaciones de trabajo en las que:

- 1) La parte del esfuerzo del ciclo de trabajo es de más de un minuto de duración.
- 2) El ciclo no es altamente repetitivo.
- 3) La parte manual del ciclo de trabajo no implica movimientos complejos o simultáneos.

Para el MTM-2 se consideran 11 (once) clases de acciones, que se denominan "CATEGORIAS" estas son las siguientes y sus símbolos:

GET (obtener)	G
PUT (poner)	P
GET WETGHT (Tomar peso)	GW
PUT WEIGHT (Poner peso)	PW
REGRASP (volver a asir)	R
APPLY PRESSURE (aplicar presión)	A

EYE ACTION (Acción de ojo)	E
FOOT ACTION (Acción Pie)	F
STEP (paso)	S
BEND & ARISE (doblar y subir)	B
CRANK (Acción Manivela)	C

### 1.5.2 MTM-3

Este nivel de MTM se elaboró como un complemento de los 2 anteriores MTM1 o MTM2. Está destinado donde es necesario ahorrar tiempo o expensas de algo de exactitud, es una mejor alternativa que los 2 anteriores.

El MTM-3 puede utilizarse eficazmente para estudiar y mejorar métodos, evaluar métodos en alternativa, desarrollar datos y fórmulas estándares y establecer estándares de actuación.

El Método consiste en 4 categorías de movimientos manuales:

1. Manejar: Una secuencia de movimientos para controlar un objeto con la mano o dedos y colocarlo en un nuevo sitio.
2. Transportar: Un movimiento con el fin de colocar un objeto de un lugar a un nuevo sitio.
3. Movimientos de Pasos y pies.
4. Flexionarse y levantarse.

### 1.5.3 MTM-V

Fue desarrollado por SVENSKA MTM GRUPPEN, la Asociación MTM de Suecia, para usarlo en operaciones de corte de Metal. Este método proporciona :

- 1) Llevar la pieza a la plantilla, sujetador o fijador, el trabajo de la máquina y colocarlos a un lado.
- 2) Operar la máquina.
- 3) Revisar el trabajo para asegurar la calidad.
- 4) Limpiar el área de la máquina donde se trabajo.

El MTM-V tiene 12 grupos de elementos. Estos elementos estan divididos en 2 categorias: Simples y Complejos.

#### ELEMENTOS

#### SIMBOLO

##### SIMPLES

Manipular objetos	HO
Manipular herramientas	HH
Tomar o devolver	HL
Rotación	SA
Inspección	GR
Operación	MA

##### COMPLEJOS

Fijar/soltar	SL
Medir	MT
Procesar	BE
Unir objetos	KP
Calibrar	KO
Marcar	MR

#### 1.5.4 MTM-C

Es un sistema que fue creado para obtener tiempos estándares en tareas de oficina. Se divide en 2 niveles de descripción, precisión y rapidez de análisis. Fue desarrollado por un consorcio de instituciones bancarias y de servicios.

#### 1.5.5 MTM-M

Este sistema fue desarrollado cuando el montaje se lleva a cabo bajo microscopios, estereoscopios (micromontaje). Este sistema fue desarrollado por el Consorcio de Miembros de las Industrias en colaboración con la Universidad de Michigan.

#### 1.5.6 OTROS SISTEMAS MTM DESARROLLADOS

a) MTM-TE : Este fue desarrollado para pruebas electrónicas. Esta dividido en dos niveles: El nivel 1 incluye los siguientes elementos: tomar, desplazar, movimientos del cuerpo, identificar, ajustar, etc. El nivel 2 incluye: tomar y colocar, leer e identificar, ajustar, movimientos del cuerpo y escribir.

b) MTM-MEK : Fue diseñado para medir una producción única y la de pequeños lotes. Puede desarrollar todas las actividades manuales siempre que cumplan con los siguientes requisitos:

- 1.- La operación no es muy repetitiva u organizada. El procedimiento puede variar de ciclo.
- 2.- El lugar de trabajo, herramientas y equipo son comunes.

3.- La tarea es compleja y los operarios necesitan entrenamiento.

C) MTM-VAS : Fue desarrollado para proporcionar una descripción del proceso, también para determinar los tiempos permitidos en una actividad relacionada con la producción en lotes o tandas.

Se aplica cuando se presentan las siguientes características de una producción en lotes o tandas.

- 1.- Tareas similares.
- 2.- Lugar de trabajo diseñado específicamente para la tarea.
- 3.- Buen nivel de organización de trabajo.
- 4.- Instrucciones detalladas.
- 5.- Operadores bien entrenados.

#### 1.5.7 SISTEMAS MTM EN COMPUTADORAS

Para los tiempos predeterminados del MTM se han desarrollado 2 programas para poder utilizarlos en computadoras, estos dos sistemas son : 4M DATA MOD. II y el ADAM.

1) 4M

Este sistema analiza y cálcula datos que el analista organiza en 4 archivos. Estos son:

- Archivo maestro de elementos.
- Archivo de detalles de análisis.
- Archivo maestro de operaciones parciales.
- Archivo de secuencias de elementos de operación.

Con estos archivos el sistema ejecuta las siguientes funciones:

- Cálculo de elementos.
- Calcular estándares.
- Actualización en masa.

Este programa después de darsele una lista ordenada de código de los elementos que requiere para hacer la operación, extrae los elementos del archivo, aplica tolerancias, calcula el estándar y lo imprime o lo muestra en la pantalla, mostrando el tiempo por ciclo, horas estándar por unidad, los minutos estándar por unidad y las unidades estándares por hora.

2) ADAM 2.0 (Automated Data Application and Maintenance).

Es un sistema completo para crear y mantener datos estándares, como estándares de mano de obra. Este sistema utiliza como base de datos al MTM-2 o al MTM-VAS. Algunas características de este sistema son las siguientes:

- 1.- Salidas en pantalla o impresora.
- 2.- Un programa de edición permite hacer correcciones rápidas.
- 3.- Acepta y aplica frecuencias compuestas de aparición u ocurrencia.
- 4.- Acepta ingresos de datos en formato libre.
- 5.- Acepta, almacena y evalúa fórmulas ingresadas en formato libre.
- 6.- Almacena y recaba elementos de datos estándares.
- 7.- Produce reportes "directos" y efectúa cálculos en masa.
- 8.- Utiliza información definida y cálculos resumidos.
- 9.- Proporciona un registro de actividades.

#### 1.6 TIEMPOS HISTORICOS

Los tiempos históricos o mejor conocidos como tiempos reales, son los tiempos que se consideran después de fabricar el producto; para este tipo de tiempos no se tienen dudas, ya que es el tiempo que en base a registros que se llevan en el momento de la fabricación se consideran.

Estos tiempos son utilizados comúnmente en equipos o productos que tienen en un sistema de producción intermitente, por lo regular en empresas donde fabriquen productos muy variados en dimensiones.

Como es el caso de la fabricación de hornos industriales, que es el caso que se esta considerando y analizando.

## CAPITULO II

### DISTRIBUCION DE PLANTA

La distribución de planta consiste en hacer un arreglo en las instalaciones más eficiente, con el fin de maximizar los recursos con los que se cuenta, para producir un artículo o servicio. Este arreglo puede aplicarse no solo a fábricas, sino también a oficinas, hospitales, aeropuertos, centros comerciales y todo tipo de instalación. Se podría denominar "distribución de las instalaciones"; pero tradicionalmente se le conoce como distribución de planta.

#### 2.1. OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCION DE PLANTA

Un objetivo general de la Distribución de Planta sería el siguiente:

Que los resultados de la Distribución de Planta permitan a una empresa maximizar las utilidades que obtiene por el servicio que presta.

Algunos objetivos particulares serían los siguientes:

- 1.- Minimizar los retrocesos de demoras y manejo.
- 2.- Conservar la flexibilidad.
- 3.- Utilizar eficazmente la mano de obra y el espacio.
- 4.- Estimular el ánimo del empleado.
- 5.- Procurar el buen manejo y facilitar el mantenimiento.

## **2.2 TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA**

Los Tipos de Distribución de Planta clásicos son tres:

### **1.- Distribución por posición fija.**

Este tipo de distribución consiste en que el material o componente principal permanece en lugar fijo; todas las herramientas, maquinaria, hombres y otras piezas de material se dirigen a ella. Todo el trabajo se hace en el componente principal estacionado en una misma posición.

### **2.- Distribución por Proceso o Distribución por Función.**

En esta distribución todas las operaciones del mismo proceso -o tipo de proceso- están agrupadas. Toda la soldadura esta en un área; todo el taladrado esta en otra, etc. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que lleva a cabo.

### **3.- Distribución en cadena, en línea o por producto.**

En esta distribución, un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija el material esta en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediata al lado de la siguiente. Es decir toda la maquinaria esta instalada de acuerdo con la secuencia de las operaciones.

### **2.3 VENTAJAS EN LOS DIFERENTES TIPOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA.**

En el trabajo de Distribución de Planta; al material pueden sucederle 3 cosas en la obtención del producto; puede ser cambiado de forma, tratado o montado.

- 1.- El cambio de forma se llama elaboración (o fabricación).
- 2.- El cambio de características se llama tratamiento.
- 3.- La adición de otros materiales a una primera pieza o material se llama montaje.

#### **a) Ventajas de la distribución por proceso para fabricación y tratamiento.**

1.- Mejor utilización de la maquinaria, con esto se reducen las inversiones en este sentido.

2.- Se adapta a una gran unidad de productos, variaciones en la secuencia de operaciones.

3.- Es adaptable a una demanda intermitente (Pueden variar los programas de producción).

4.- Eleva el nivel de producción.

5.- Es más fácil mantener la continuidad de la producción en los casos de :

- A) Avería en la máquina.
- B) Escases de material.
- C) Ausencia de Trabajadores.

b) **Ventajas de la "Producción en cadena" para la elaboración y tratamiento.**

1.- Reducción de manejo de material.

2.- Cantidades de material en proceso menor, permitiendo reducir el tiempo de producción (tiempo en proceso)

3.- Uso más efectivo de la mano de obra.

- A) Atraves de una mayor especialización
- B) Gracias a una mayor facilidad de entrenamientos (costo inferior, menos duración)
- C) Atraves de una mayor oferta de mano de obra más amplia.

4.- Mayor facilidad de control.

- A) De producción, reduce el papeleo.
- B) Sobre los trabajadores, que nos permitira una más fácil supervisión.
- C) Por reducir el número de problemas interdepartamentales.

5.- Reduce la congestión y el área de suelo ocupado, de otra forma, por pasillo y almacenamiento de materiales y piezas.

c) **Ventaja de una "Distribución por posición fija" en una planta de montaje.**

1.- Reducción del manejo de la pieza mayor.

2.- Permiten que los trabajadores terminen su trabajo en un solo punto, pero implica que estos se responsabilicen de la calidad del producto.

3.- Permiten cambios en el producto o diseño de productos y en el orden de las operaciones.

4.- Es adaptable a gran variedad de productos y a la demanda intermitente.

5.- Es más flexible, en cuanto a la Ingeniería y la continuidad de trabajo.

d) **Ventajas de la producción en cadena para el trabajo de montaje.**

1.- Producción del manejo de piezas hacia el punto de montaje, al igual que el espacio disponible y almacenamiento.

2.- Mano de obra más barata.

- A) A través de la especificación del trabajo.
- B) Gracias a la facilidad de aprendizaje.
- C) Mayor facilidad de conseguir mano de obra.

3.- Reducción de las cantidades de material en proceso.

4.- Supervisión más fácil, una vez planeada la distribución y organizados los controles.

5.- Poco movimiento del equipo especial de montaje.

#### **2.4. DISTRIBUCION DE PLANTA EN LA FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES.**

La distribución actual que se tiene en la empresa es la de Distribución por Posición Fija, aunque cabe señalar que algunas de las máquinas, como es el caso de cortadoras, dobladoras o prensas permanecen en lugar fijo y las piezas que se necesitan hacerles alguna transformación son llevadas a estas máquinas y luego al sitio donde se este haciendo la fabricación.

A continuación se muestra un LAY-OUT de la empresa dedicada a la Fabricación de Hornos tomada como referencia.

**MAQUINARIA  
PLANTA No. 1**

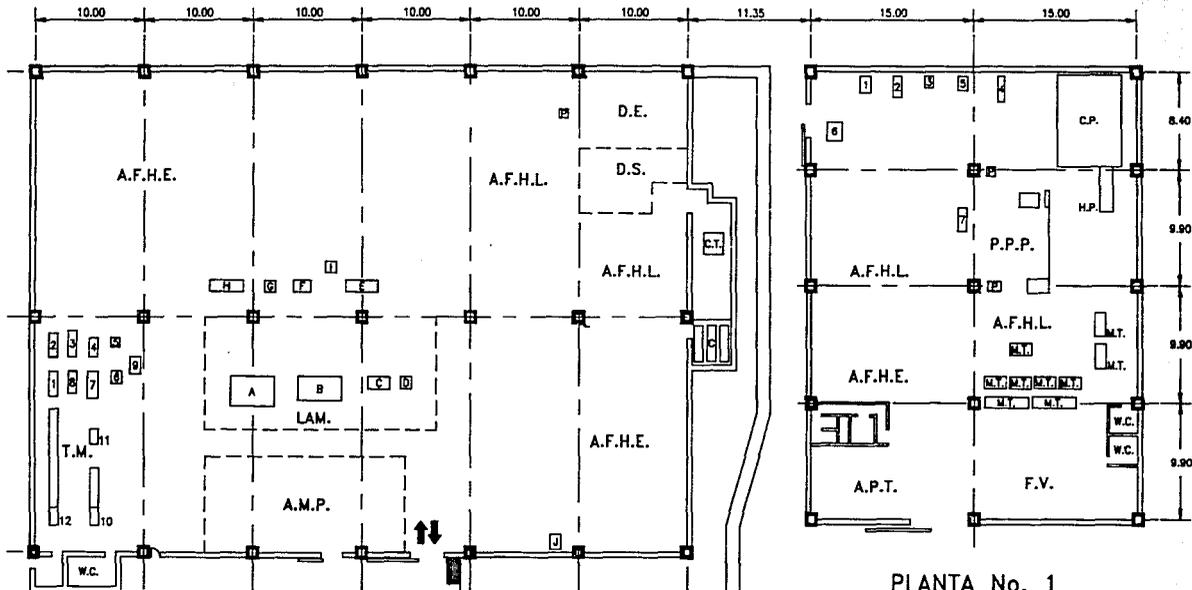
- 1 RECTIFICADORA
- 2 TORNO PARALELO No. 1
- 3 TORNO PARALELO No. 2
- 4 TORNO PARALELO No. 3
- 5 TALADRO No. 1
- 6 TALADRO No. 2
- 7 CEPILLO No. 1
- 8 CEPILLO No. 2
- 9 SIERRA
- 10 MAQUINA PARA FABRICAR RESISTENCIAS CON SU ALIMENTADOR
- 11 MAQUINA PARA FABRICAR RESISTENCIAS
- 12 TORNO REVOLVER
- A CORTADORA GIZALLA
- B DOBLADORA PRENSA BRAKER
- C DOBLADORA CHICAGO
- D SACABOCADOS
- E DOBLADORA
- F CORTADORA
- G TALADRO
- H DOBLADORA
- I SIERRA
- J TROQUEL

**MAQUINARIA  
PLANTA No. 2**

- 1 PRENSA No. 1
- 2 PRENSA No. 2
- 3 PRENSA No. 3
- 4 GUILLOTINA
- 5 DOBLADORA
- 6 CORTADORA
- 7 ROLADORA
- P PLUNTEADORES
- C COMPRESORAS
- C.T. CORTADORA DE TABIQUE
- C.P. CUARTO DE PINTURA
- H.P. HORNO DE PINTURA
- M.T. MESA DE TRABAJO

**AREAS DE TRABAJO  
PLANTA No. 1 y No.2**

- T.M. TALLER MECANICO  
 D.E. DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD  
 A.F.H.L. AREA DE FABRICACION DE HORNIOS DE LINEA  
 A.F.H.E. AREA DE FABRICACION DE HORNIOS ESPECIALES  
 D.S. DEPARTAMENTO DE SERVICIO  
 P.P.P. PREPARACION DE PIEZAS PARA PINTURA  
 F.V. FABRICACION DE VENTILADORES  
 A.M.P. ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS  
 A.P.T. ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO  
 LAM. LAMINACION



**PLANTA No. 2**

**AREA DE CARGA Y DESCARGA  
DE MATERIALES Y PRODUCTO  
TERMINADO**

**PLANTA No. 1**

REV: R. ZENDEJAS	<b>DISTRIBUCION DE PLANTA UNAM ENEP ARAGON</b>	ESCALA : SIN
DB: R. ZENDEJAS		ADOTACION : MILIMETROS
	FABRICACION DE HORNIOS INDUSTRIALES	FECHA:

## CAPITULO III

### DIAGRAMAS DE OPERACION PARA LA FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES

En la fabricación de cualquier producto, es necesario tener o desarrollar un diagrama de operaciones. Para poder llegar a este diagrama es importante conocer los elementos que componen un horno. A continuación se dará una breve definición de cada uno de estos elementos, con el fin de conocer un poco más de los hornos. Se darán algunos conceptos básicos para el diseño de hornos, se hablará de los aislamientos, componentes del sistema de combustión, y una explicación general de los componentes de los hornos.

#### 3.1 CONCEPTOS BASICOS

**HORNO:** Se define a un elemento productivo el cual es utilizado para transformar la carga en sus características físicas, por medio de calor.

Esta transformación se hace con diferentes fines:

- Conseguir el producto final con propiedades específicas previamente.
  
- Preparar la carga para facilitar su tratamiento en una etapa posterior.

- Mejora la productividad en alguna etapa posterior, proporcionando al material que se procesa de determinadas propiedades que lo hacen posible.

Dentro de horno los materiales sufren un conjunto de transformaciones muy complejas, que pueden resumirse en los siguientes puntos:

**Calor Sensible:**

Es una medida de la energía absorbida por una carga para elevar su temperatura, con la característica que en el transcurso del calentamiento no se hayan producido ni cambios de estado ni reacciones químicas. (4)

El calor sensible puede determinarse con la siguiente fórmula:

$$Q = m C_p (T_1 - T_2)$$

Donde:

Q = Calor sensible Btu/Hr.

C<sub>p</sub> = Calor específico Btu/Hr.

m = Peso de la carga (Lb).

T<sub>1</sub> = Temperatura de la Superficie más caliente. (°F)

T<sub>2</sub> = Temperatura de la superficie más Fría. (°F)

**Calor Específico:** Es el calor requerido para elevar la temperatura de un material a un rango determinado. Se expresa como BTU/Lb°F o caloría/grm°C. Para obtener el calor específico de cualquier material existen tablas, las cuales son utilizadas frecuentemente. Pero en muchos materiales este calor no es constante, ya que cambia de acuerdo a la temperatura y para tener un valor más exacto es necesario obtener un promedio.

**Calor Latente:** Es una medida de la energía absorbida (o cedida) por una carga cuando se produce un cambio de estado de la misma. (5)

Los cambios de estado pueden ser los siguientes:

- Vaporización (paso de líquido a vapor, total o parcial)
- Fusión (paso de sólido a líquido)
- Sublimación (paso de sólido a vapor o gas)
- Transformación cristalinas.

El calor latente se puede determinar aplicando la siguiente fórmula:

$$QL = m q_l$$

Donde:

QL = Calor latente (BTU)

m = Masa de la carga (Lb)

q<sub>l</sub> = Calor unitario asociado al cambio de estado (Btu/Lb)

### 3.2 TRANSMISION DE CALOR:

La transmisión de calor es el paso del calor de un punto a otro sin intervención de trabajo exterior siempre que exista una diferencia de temperaturas entre ambos, en este caso se dirige el calor del punto más caliente al más frío. La Transmisión de calor puede llevarse a cabo por medio de tres formas diferentes: La Conducción, La Convección y la Radiación.

#### 1. Conducción

Es la transferencia de calor de un punto a otro del sólido, causado por una diferencia de temperatura, sin que exista movimiento de partículas. (6)

## **2. Convección**

Es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido (aire caliente) por medio de mezcla. (7)

El movimiento del fluido puede producirse por la diferencia de densidades que se originan por la diferencia de temperatura (convección natural), o bien puede ser medios mecánicos que se denomina (convección forzada).

## **3. Radiación**

Es la transferencia de calor desde una fuente a un receptor. Cuando esto sucede parte de la energía es absorbida por el receptor y parte es reflejada por él. La radiación térmica se asocia una radiación electromagnética, con un intervalo de longitudes de onda entre 0.01 y 100 micras.

### **3.3 PERDIDAS DE CALOR**

Al estar trabajando un horno, no todo el calor que esta en el interior es aprovechado al 100% por la carga, sino que existe calor que es "desperdiciado", a este desperdicio de calor se le llama pérdidas de calor.

4,5,6 y 7 IDAE. Hornos Industriales.

Estas pérdidas de calor es debido a diferentes factores y se deben considerar al realizar un buen balance térmico, para obtener el consumo de combustible para el funcionamiento del horno.

Las pérdidas de calor a considerar son las siguientes:

#### 1. Pérdidas de Calor en Paredes

Es la cantidad de calor que pasa del interior del horno al exterior, estas pérdidas dependen de la conductividad térmica del material utilizado en el aislamiento de éstas paredes. Para evitar fugas de calor en paredes se utilizan diferentes tipos de aislantes, con el fin de mantener el calor en el interior.

Existe una fórmula con la cual se puede obtener dichas pérdidas, la cual se muestra a continuación:

$$Q = \frac{K A \Delta T}{L}$$

Donde:

Q = Cantidad de flujo de calor a través de la pared (btu/h)

K = Conductividad térmica de las paredes (aislamiento)  
(Btu in/Hr Ft<sup>2</sup> °F)

A = Area transversal de la pared, (Ft<sup>2</sup>)

ΔT = Diferencia de temperatura de la cara caliente a la cara fría (°F)

L = Espesor de la pared (in)

Este flujo de calor aumenta con la conductividad térmica del material y el aumento de temperatura, y se reduce con el espesor de la pared y con la selección de materiales con una conductividad térmica menor.

## 2. Pérdidas de Calor en Accesorios Fijos

Estas pérdidas, es el calor que se utiliza para calentar a la misma temperatura que el interior del horno al transportador ya sea fijo o movable que es utilizado para mover la carga a tratar.

La fórmula para obtener estas pérdidas es la siguiente:

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

Donde:

Q = Calor absorbido por el calor (Btu/h)

W = Peso del transportador (Lb)

C<sub>p</sub> = Calor específico del material del transportador (Btu/Lb°F).

T<sub>2</sub> = Temperatura al que llega el transportador (°F)

T<sub>1</sub> = Temperatura a la que entra al horno (°F)

### 3. Pérdidas por calor almacenado

Estas pérdidas son el calor necesario para que todo el interior del horno este a la temperatura de operación; por lo tanto, debemos considerar el tipo de aislamiento térmico ya que de este depende que se almacene mucho o poco calor.

La fórmula para obtener el calor almacenado es igual a las anteriores y es la siguiente:

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

Donde:

Q = Calor almacenado (Btu)

W = Peso del material (Lb)

C<sub>p</sub> = Calor específico del material (Btu/Lb°F).

T<sub>2</sub> = Temperatura del Horno (°F).

T<sub>1</sub> = Temperatura al inicial (°F).

En algunos casos estas pérdidas pueden obtenerse por medio de programas existentes de transferencia de calor en computadora, que solo dando las características del aislamiento, espesor y temperatura final e inicial se conocen las pérdidas en el aislamiento y el calor almacenado.

### **3.4 MATERIALES Y EQUIPO**

Los materiales más comunes para la fabricación de hornos son principalmente aceros comerciales en lámina y estructura como son: ángulos, canales y viguetas ya sea en Cold Rolled o Acero Inoxidable, dependiendo de la temperatura a la que se este trabajando. Lo anterior es con lo referente al cuerpo del horno, pero se debe considerar el aislamiento y los equipos que son utilizados para su funcionamiento. A continuación se muestra algunos de estos elementos que componen los hornos.

#### **3.4.1 Aislamientos Térmicos**

Los aislamientos térmicos son materiales que se instalan en las paredes del horno para evitar que el calor se disipe al medio ambiente y que la temperatura del horno se mantenga.

Para que este material sea un buen aislante es necesario que cumpla con dos factores importantes que son: baja conductividad térmica y poca capacidad de almacenamiento.

Los materiales con conductividades más bajas son aquellos que tienen una estructura celular porosa o fibrosa, en cuyo interior hay aire, lo cual hace que aumente su poder aislante.

Para que no disminuya su capacidad aislante es necesario que los espacios entre las fibras sean de muy pequeñas dimensiones.

El calor almacenado tiene importancia solo en hornos discontinuos, ya que en los continuos solo es importante en el arranque del horno; y en los discontinuos tiene un mayor número de arranques.

Los aislamientos térmicos más utilizados en la fabricación de hornos que se están considerando son los siguientes:

- Lana mineral en sus diferentes presentaciones.
- Fibra de vidrio.
- Fibra cerámica.
- Ladrillo refractario y concreto refractario.

#### 3.4.2 Ventiladores

En muchos de los hornos, una parte muy importante del calor transferido a la carga se efectúa por medio de una corriente de gases y su potencia esta limitada por el caudal que puede manejar.

Este flujo de gases es generado por ventiladores, normalmente centrífugos.

Los ventiladores hacen que se uniformice la temperatura en el interior del horno; principalmente son utilizados en hornos cuya temperatura máxima esta alrededor de 100-500°C, ya que para una mayor temperatura los materiales de construcción de los ventiladores no resisten esta temperatura, y para temperaturas muy altas, el calor es transferido por convección natural.

Para hacer una selección del ventilador a utilizar depende del volúmen de la cámara del horno y los cambios por minuto de aire que sean necesarios, como se muestra en la siguiente formula.

$$C.M. = \frac{P.C.M.}{Vol.}$$

Donde:

C.M. = Cambios por minuto de aire en el interior.

Vol = Volúmen de la cámara (Ft<sup>3</sup>)

P.C.M. = Pies cúbicos por minuto de aire.

### 3.4.3 Ductería

Al utilizar ventiladores para el manejo del aire caliente y uniformizar la temperatura en el interior del horno, es necesario considerar ductos donde fluya el aire para la distribución en el interior, colocado desde el equipo de calefacción hasta el interior del horno. Esta ductería es dividida en dos tipos: Distribución y de Recirculación incluyendo la chimenea. Para obtener las dimensiones del ducto es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

Q = Gasto del aire

V = Velocidad del aire (Ft<sup>3</sup>/min.)

A = Area transversal del ducto (Ft<sup>2</sup>)

### 3.4.4 Unidad de Calefacción

En los hornos existe un sitio donde se calienta el aire y se distribuye a la cámara del horno, este sitio es la unidad de calefacción. En esta unidad o cámara contiene al quemador o banco de resistencias y los ventiladores de distribución forzada del aire. En el quemador es común colocar un equipo para evitar que la flama sea absorbida por los ventiladores y no los dañe, este equipo es llamada cámara de combustión "cochina", fabricado principalmente en acero inoxidable.

#### **3.4.5 Tren de Válvula**

El tren de válvulas es el conjunto de equipo para hornos de gas, útil para que el quemador funcione correctamente. El tren de válvulas contiene válvulas automáticas, actuadores y reguladores de flujo que controlan el suministro de gas y aire. También contiene las válvulas y conexiones de tubo para el piloto, la bujía de ignición y el aire de combustión.

#### **3.4.6 Banco de resistencias**

El banco de resistencias es el lugar donde estarán instaladas las resistencias para el calentamiento del horno, principalmente esta fabricado de lámina con resistencias blindadas o de rizo, dependiendo del uso del horno.

#### **3.4.7 Tablero de Control**

El tablero de control es el lugar donde se lleva a cabo el control secuencial y analógico del horno en ellos se manejan todas las secuencias de operación y se reciben todas las señales de retroalimentación, el tablero cuenta con botones de arranque luces indicadoras, transformadores, fusibles y conexiones de cada uno de los equipos utilizados en los hornos.

### **3.5 EQUIPO DE CONTROL DEL HORNO**

Para el funcionamiento de hornos es necesario considerar cada uno de sus equipos principales y que se deben controlar por medio de botones. Como se indica a continuación:

#### **1. Temperatura**

Se debe de controlar la temperatura, este control es por medio de un termopar, conectado a un control de temperatura previamente programado a la temperatura que se requiera. Una vez que el termopar registra la temperatura a la que esta programado el control manda una señal a un actuador que controla el paso del combustible y el cual es cortado.

#### **2. Ventiladores**

Para el funcionamiento de los ventiladores existen controles contra falla de succión, los cuales al detectar que no existe una succión del aire caliente, este manda una señal y corta el paso del combustible.

#### **3. Flujo de Combustible y Aire**

En muchos de los hornos principalmente de gas, los quemadores que se utilizan necesitan una entrada de aire para la combustión, entonces es necesario que existan válvulas automáticas que al detectar que no esta pasando correctamente cualquiera de estos fluidos mandan señales y automáticamente cierran el paso del combustible, aunque muchas veces es factible poner alarmas cuando esto ocurra.

### 3.6 CLASIFICACION DE HORNOS

Para poder clasificar los hornos es necesario considerar diferentes factores que son los que delimitan cada uno de los hornos. Esta clasificación esta basada en la fabricación de hornos de la empresa que se esta analizando, ya que existe una gran variedad de hornos. A continuación se muestran diferentes formas de clasificación:

#### 1. Combustible

- Gases L.P. y natural
- Diesel
- Eléctricos
- Vapor

#### 2. Ciclo de trabajo

- Continuo (con transportador)
- Discontinuo o caja (batch)

#### 3. Temperaturas

- Baja ( $< 250^{\circ}\text{C}$ )
- Media ( $250^{\circ} < T \leq 400^{\circ}\text{C}$ )
- Alta ( $T > 400^{\circ}\text{C}$ )
- Variable según un ciclo previamente programado

#### 4. Tipo de convección

- Convección natural
- Convección forzada (ventiladores)

Los hornos que mas fabrican y son los que se toman como base son los hornos tipo caja o batch, de gas y eléctricos y en su mayoría con ventiladores, estos ventiladores cambian la posición o forma de trabajo dependiendo del tipo de horno que se trate. A continuación se explican dos tipos de hornos el horno continuo y el horno tipo batch o caja.

### **3.6.1 Horno continuo o tipo túnel**

Este tipo de hornos estan diseñados para trabajar cargas por medio de transportadores aéreos, de piso o con bandas. En estos, el aire caliente es suministrado uniformemente a través de ductos ranurados ajustables, y cuentan con sellos de aire a la entrada y salida del horno, que forman una cortina de aire, con el fin de evitar que salga el aire caliente. En este tipo de hornos se pueden manejar una gran variedad de productos hasta una temperatura máxima de 250°C y en altas producciones.

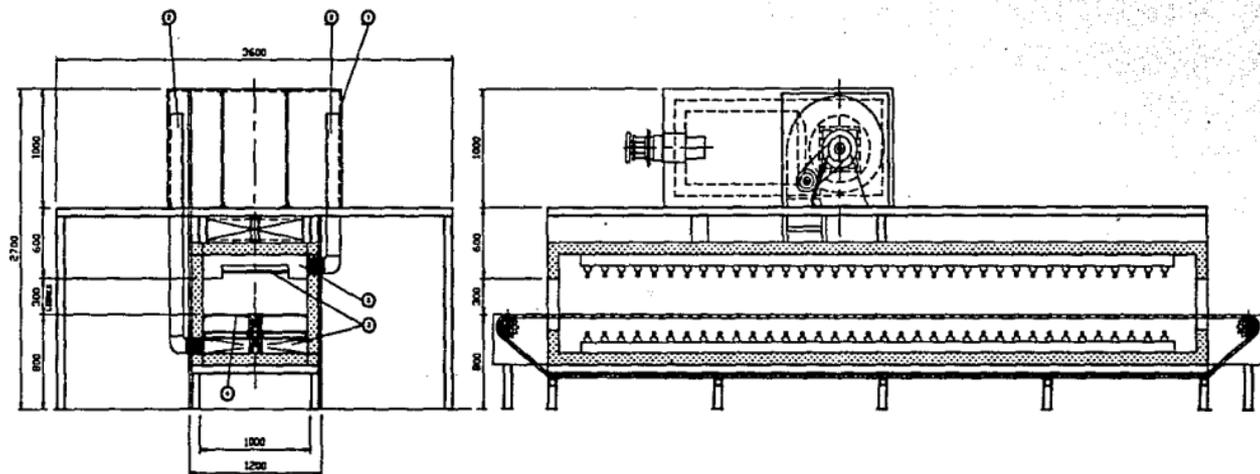
Son utilizados principalmente en empresas donde requieren de grandes producciones, o que tienen automatizada la producción. Pueden ser eléctricos, de gas L.P., natural o diesel. A continuación las figuras No. 1 y No. 2 muestran dibujos de hornos de este tipo.

### 3.6.2 Horno tipo caja o batch.

Este tipo de hornos son utilizados para tratamientos en cargas por lotes, estos hornos cuentan con unidades o cámaras de calefacción directa o indirecta, con diferentes diseños para la distribución de aire caliente, según se requiera para el tratamiento.

Funcionan con gas L.P., natural, diesel y electricidad.

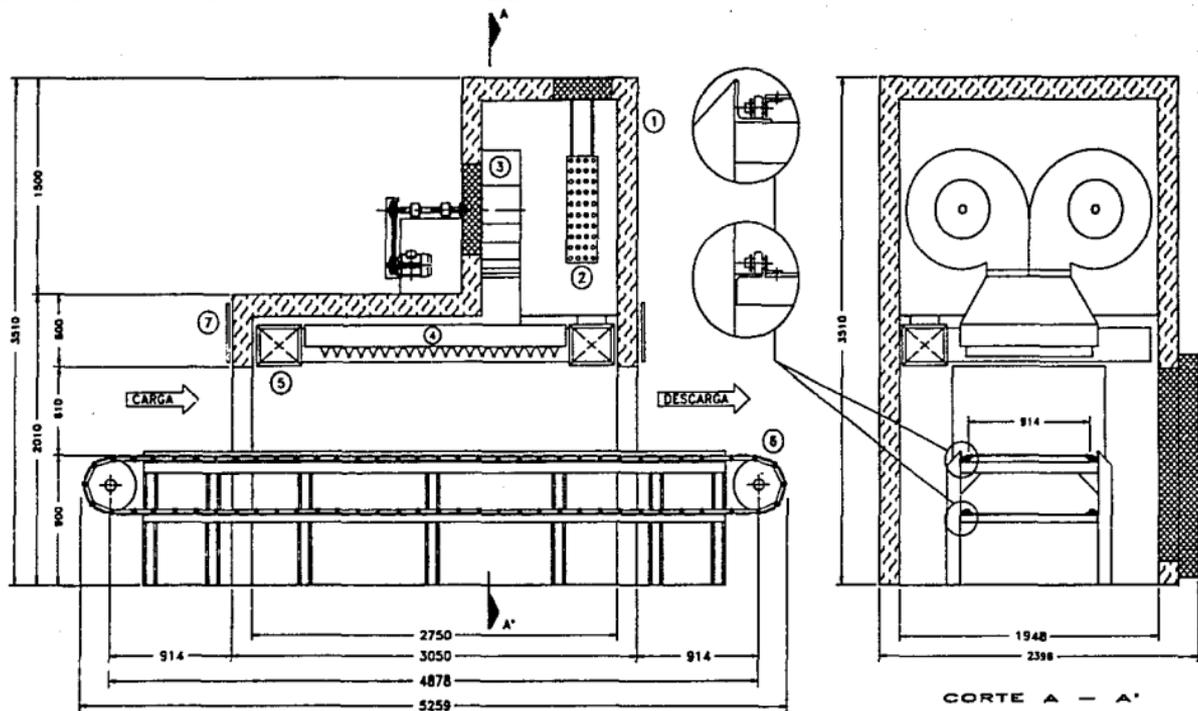
Estos pueden fabricarse para cargarse a mano, utilizando charolas para cargas de poco peso; hasta los que utilizan carros rack o carros plataforma, dependiendo el peso de la carga a tratar. Las figuras No. 3 y No. 4 muestran hornos de este tipo.



- ① UNIDAD DE CALEFACCION
- ② VENTILADORES DE DISTRIBUCION
- ③ DUCTOS DE DESCARGA
- ④ BANDA TRANSPORTADORA
- ⑤ DUCTO DE RECIRCULACION

FIG. No. 1

PROY: Ricardo Zumbado F.	BORNO CONTINIO CON BARRA CALIFICACION A 800	ESCALA: 500
DISE: Ricardo Zumbado F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACTUACION: M.A.

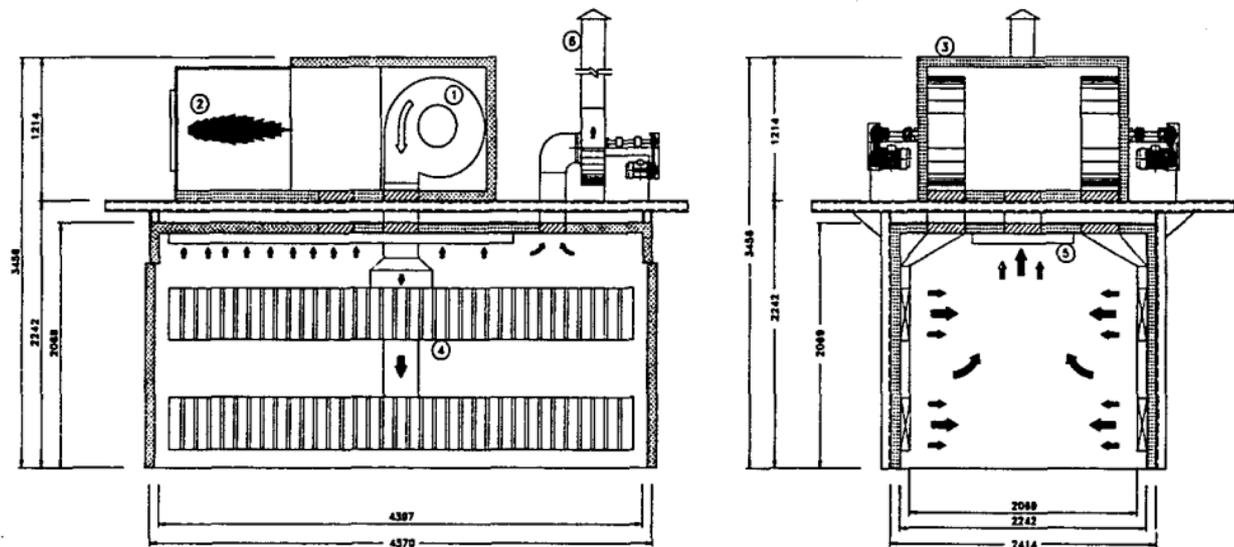


NOMENCLATURA

- 1 UNIDAD DE CALEFACCION
- 2 BANCO DE RESISTENCIAS
- 3 VENTILADOR DE DISTRIBUCION
- 4 DUCTO DE DESCARGA
- 5 DUCTO DE RECIRCULACION
- 6 BANDA TRANSPORTADORA
- 7 PUERTA AJUSTABLE

FIG. No. 2

PROY: Ricardo Zambrón F.	BORNO CORTADO CON BANDA DESCARGA INTERIO	ESCALA: 3/4"
DIB: Ricardo Zambrón F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ADAPTACION: M.C.



**NOMENCLATURA**

- 1 VENTILADOR DE DISTRIBUCION
- 2 QUEMADOR
- 3 UNIDAD DE CALEFACCION
- 4 DUCTERIA DE DISTRIBUCION
- 5 DUCTO DE PETORNO
- 6 CHIMENEA

FIG. No. 3

PROJ: Ricardo Zendejas F.	DISEÑO TIPO BRITCO O CAJA CALDERAS A GAS	ESCALA: 1:50
DIB: Ricardo Zendejas F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACOTACION: MIL.

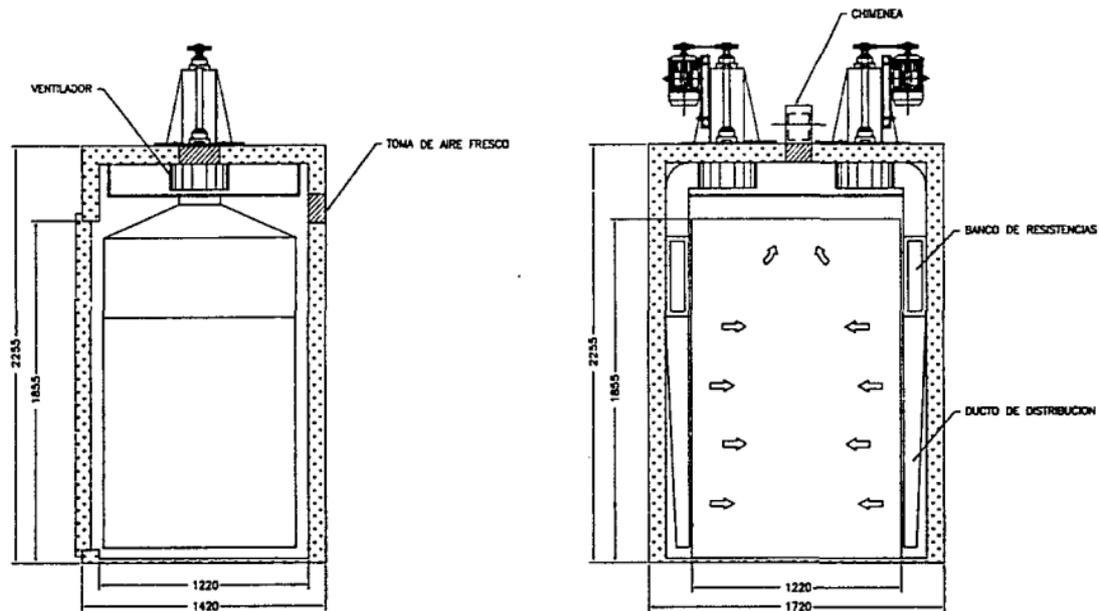


FIG. No. 4

### NOMENCLATURA

- 1 UNIDAD DE CALEFACCION
- 2 BANCO DE RESISTENCIAS
- 3 VENTILADOR DE DISTRIBUCION (CON MOTOR)
- 4 DUCTOS DE DISTRIBUCION
- 5 VENTILADOR DE EXTRACCION (CON MOTOR)
- 6 DUCTOS DE RECIRCULACION

FIRM: Ricardo Zambrón F.	BORDO TIPO BATES o GAMA CALEFACCION ELECTRICA	ESCALA: Sin
DIB: Ricardo Zambrón F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNO INDUSTRIALES	ACOTACION: Sin

### 3.7 DIAGRAMAS DE OPERACION PARA LA FABRICACION DE HORNOS

Con la explicación anterior de los componentes de los hornos, se llega a los diagramas de operación, los cuales muestran la secuencia de operaciones que se realizan para fabricar los hornos.

Las figuras No. 5 y No. 6 muestra los diagramas de operación de los 2 hornos típicos que se estan analizando.

La figura No. 5 muestra el diagrama de operación del horno de gas y la figura No. 6 el diagrama de operación del horno eléctrico.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES DE PROCESO**  
FABRICACION DE HORNO A GAS

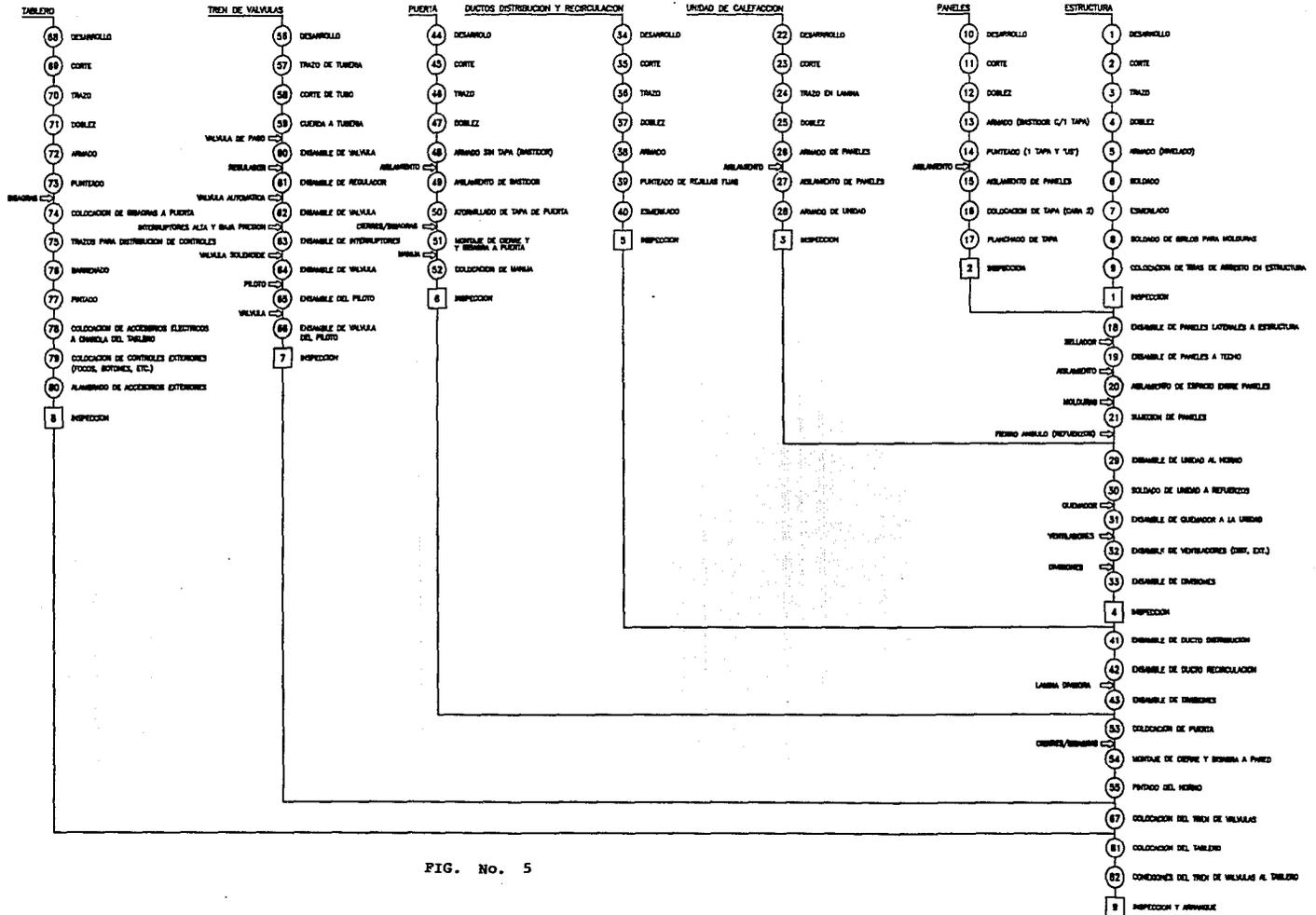


FIG. No. 5



## CAPITULO IV

### EJEMPLOS DE COTIZACION DE HORNOS INDUSTRIALES

En este capítulo se muestra como se realizan las cotizaciones de los hornos, desde los datos que ofrece el cliente hasta el cálculo de los materiales y equipo.

Para que se pueda entender la forma de cotización se mostrarán dos ejemplos de dos hornos más comúnmente fabricados, como son los hornos tipo caja de gas y hornos tipo caja eléctricos.

#### 4.1 EJEMPLO DE COTIZACION DE UN HORNO DE GAS TIPO CAJA

Antes de comenzar a trabajar es necesario considerar los datos que el cliente ofrece, de acuerdo a sus necesidades que requiere.

DATOS QUE OFRECE EL CLIENTE:

USO: Secado de humedad en transformadores

CALEFACCION: Gas L.P.

TEMPERATURA: 200°C

CAPACIDAD DE CARGA A TRATAR: 2000 kg.

VOLTAJE: 220 V.

#### DIMENSIONES REQUERIDAS:

Frente:	3 m.	-	9.84 Ft	-	10 Ft
Alto:	2.5 m.	-	8.2 Ft	-	8 Ft
Fondo:	3 m.	-	9.84 Ft	-	10 Ft

Con estos datos se comienza a trabajar en la cotización:

#### 4.1.1 Balance Térmico

Es el cálculo que se realiza para obtener la cantidad de calor necesario para que la carga llegue a la temperatura de tratamiento propuesto, involucrando los materiales que lleva el horno en su interior. Para su cálculo se utilizan las fórmulas vistas en el capítulo anterior.

##### 1. Calor Sensible

Es el calor que consume la carga para su tratamiento, dependiendo de la temperatura. Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q = w C_p ( T_2 - T_1 )$$

$$w = 2000 \text{ kg} = 4400 \text{ lb}$$

$$C_p = 0.12 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 392 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_1 = 70 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = (4400 \text{ lb}) (0.12 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}) (392^\circ\text{F} - 70^\circ\text{F})$$

$$Q = \underline{\underline{170'016 \text{ Btu's}}}$$

## 2. Pérdidas de calor en paredes del horno

Estas pérdidas son la cantidad de calor que puede transmitirse del interior del horno al exterior. Para que se reduzcan estas pérdidas es necesario utilizar un material aislante que sea menos conductor del calor.

A continuación se muestra una tabla con espesores y aislamientos más utilizados en la fabricación de hornos:

### AISLAMIENTOS

TIPO	TEMP. MAXIMA	ESPESOR
Fibra de vidrio (SR-26)	150°C	3"
Fibra de vidrio (SR-26)	200°C	4"
Fibra de vidrio (HT-23)	250°C	4"
Fibra de vidrio (HT-23)	300°C	6"
Fibra cerámica	450°C	4"

De acuerdo a la tabla anterior se consideran 4" de fibra de vidrio (SR-26).

Para obtener las pérdidas en paredes se utiliza la fórmula siguiente:

$$Q = \frac{K A \Delta T}{L}$$

K = Conductividad térmica del material  
a 200°C = 0.58 Btu in/Hr ft °F

Con las dimensiones que da el cliente se obtiene el modelo del horno. Para el modelo se consideran las dimensiones interiores en pies (Ft). Por lo tanto se obtiene el modelo siguiente:

G-10-8-10-Y-E

Donde:

G : Indica que es de Gas

10: Frente de la Cámara (Ft)

8 : Altura de la Cámara (Ft)

10: Fondo de la Cámara (Ft)

Y: Tipo de descarga del aire caliente

E: Extractor

Siguiendo con el cálculo se obtiene el área interior total:

Laterales:	10' x 8' x 2	= 160 Ft <sup>2</sup>
Techo:	10' x 10'	= 100 Ft <sup>2</sup>
Frente y fondo:	10' x 8' x 2	= 160 Ft <sup>2</sup>
Area total		= 420 Ft <sup>2</sup>

Diferencia de temperatura:  $392\text{ }^{\circ}\text{F} - 70\text{ }^{\circ}\text{F} = 322\text{ }^{\circ}\text{F}$

Espesor del aislamiento:  $L = 4\text{ in.}$

$$Q = \frac{(0.58\text{ Btu in/Hr Ft }^{\circ}\text{F})(420\text{ Ft}^2)(322\text{ }^{\circ}\text{F})}{4\text{ in}}$$

$$Q = 19'610\text{ Btu}$$

### 3. Calor almacenado

Es el calor que retiene el aislamiento utilizado en el horno, por lo tanto es necesario considerar materiales que no almacenen mucho calor. El calor almacenado se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$Q = W C_p (T_2 - T_1)$$

w = peso del aislamiento

Densidad del aislamiento: 1.09 Lb/Ft

w = vol. x densidad

vol. = 420 Ft<sup>2</sup> x (4"/12) Ft = 140 Ft<sup>3</sup>

w = 140 Ft x 1.09 Lb/Ft = 152.6 Lb.

C<sub>p</sub> = 0.2 Btu/Lb°F

T<sub>2</sub> - T<sub>1</sub> = 392 of - 70 of = 322°F

Q = (152.6 Lb.) (0.2 Btu/Lb°F) (322 °F)

Q = 9'827.5 Btu.

### 4. Pérdidas de calor por el aire fresco

Como ya se había mencionado en el capítulo anterior, en hornos de baja temperatura, en la mayoría de los casos se utilizan ventiladores para transmitir el calor de la unidad de calefacción a la cámara del horno y uniformizar la temperatura del interior. El aire consume una buena cantidad de calor.

En la práctica para obtener la cantidad de aire se utiliza la fórmula siguiente:

$$CFM = V \times C.M.$$

Donde:

V = Vol. del horno (Ft<sup>3</sup>)

C.M. = Cambios/min. de aire

CFM = Pies cúbicos por minuto (Ft<sup>3</sup>/min.)

En la mayoría de empresas dedicadas a la fabricación de hornos, tienen tablas en las que se indican la cantidad de aire necesario para determinado volumen de cámara.

Para un volumen como el que se está analizando se recomiendan, de 6 a 10 cambios/min. Considerando un promedio de esto se tiene:

8 Cambios/min.

$$PCM = 800 \text{ Ft}^3 \times 8 \text{ cambios/min.} = 6400 \text{ PCM.}$$

Con estos datos se obtiene el calor necesario para calentar el aire que entra al horno, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q A = PCM \times 0.3 \times 1.08 \times T$$

$$Q A = 6400 \text{ PCM} \times 0.3 \times 1.08 \times 322 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q A = 667'700 \text{ Btu/hr}$$

## 5. Calor total

La sumatoria de las pérdidas de calor y el calor sensible, es el calor total que se necesita para realizar el tratamiento.

$$Q_t = \Sigma Q_c + Q_p + Q_a + Q_{aire}$$

$$Q_t = 170'016 \text{ Btu} + 19'610 \text{ Btu} + 9'827.5 \text{ Btu} + 667'700 \text{ Btu}$$

$$Q_t = 867'153.5 + 10\% = 953'870 \text{ Btu}$$

El tiempo de levantamiento que se recomienda es de 1 hora esto implica lo siguiente:

$$Q_t = 953'870 \text{ Btu} / 1 \text{ Hora} = 953'870 \text{ Btu/hr.}$$

### 4.1.2 Selección del Quemador

Para la selección del quemador, es necesario saber el uso de los quemadores, ya que existen varios tipos y diferentes aplicaciones.

#### QUEMADORES

Atmosféricos  
De tiro abierto  
Sellados  
Duales gas/diesel  
Paquete

#### **Atmosféricos:**

Este tipo de quemadores se caracterizan por la succión de aire de la atmósfera que hace por medio de un orificio, para su combustión. Y por lo tanto no necesitan ventilador, son normalmente utilizados para aplicaciones de baja y media temperatura.

#### **Quemadores abiertos:**

En estos quemadores la mezcla aire-gas se suministra por sistema independiente. Usado en cámaras de combustión con presión balanceada o negativa. El suministro de aire secundario puede hacerse alrededor de la boquilla del quemador.

#### **Quemadores sellados:**

El aire de combustión y el gas se llevan por separado dentro del quemador pero al llegar a la nariz, los puertos de ésta están diseñados para proveer una mezcla rápida de los fluidos. En estos quemadores se alimentan, el gas por el tubo central y el aire por los orificios anulares alrededor del tubo o viceversa.

#### **Quemadores duales o combinados gas-diesel:**

Este tipo de quemadores tienen la ventaja de poder trabajar con gas o diesel, por lo regular se utilizan cuando el cliente lo necesita.

#### **Quemadores tipo paquete:**

Estos quemadores se suministran pre-alambrados y ensamblados. Cuando el gas y la corriente eléctrica se instalan, el quemador está listo para funcionar. Los sistemas de protección e ignición están en la unidad.

Este tipo de quemadores se recomiendan para el calentamiento de aire, sistemas de calentamiento en hornos, secadores, etc.

Considerando la información anterior se seleccionó un quemador para calentamiento de aire.

Entrando al catálogo de quemadores **ECLIPSE COMBUSTION**, o cualquier otro catálogo de quemadores; se seleccionó el siguiente quemador:

Quemador Mod. 80-RAH con una capacidad de 1'000,000 Btu/Hr. que es el Quemador que da la capacidad calculada.

#### **4.1.3 Selección de Ventiladores**

Para la selección de los ventiladores, los fabricantes dan tablas para su selección. Los ventiladores más utilizados para el manejo de aire en hornos son los tipo centrífugo.

Para entrar a las tablas es necesario tener los siguientes datos:

PCM del aire a manejar y presión estática.

PCM: Ft<sup>3</sup>/min.

En la fabricación de hornos se considera una presión estática de 3" W.C.

En la mayoría de los casos para no seleccionar un ventilador muy grande se divide el volumen de aire para dos ventiladores.

Del catálogo de ventiladores ARMBE-CHICAGO se seleccionó el siguiente ventilador:

$$6400 \text{ PCM} / 2 = 3200 \text{ PCM}$$

En ventiladores, se recomienda considerar la velocidad de salida ya que a mayor velocidad mayor es el ruido que genera, por lo tanto se debe considerar entre un rango de 2200 a 3200 ft/min.

Por lo tanto se seleccionaron

2 Ventiladores con las siguientes características:

MODELO 15

<u>PCM</u>	<u>VS</u>	<u>P.E.</u>	<u>RPM</u>	<u>BHP</u>	
3444	2800	3W.C.	984	3.04	= Motor 5 H.P.

Donde:

PCM = Ft<sup>3</sup>/min.

VS = Velocidad de salida (aire) (Ft/min.)

P.E. = Presión estática (W.C.)

RPM = Rev/min. (ventilador)

BHP = Horse Power del motor (H.P.)

#### 1. Selección de ventilador de extracción

La extracción tiene un papel importante en el trabajo de hornos, ya que es imprescindible que el horno tenga una chimenea para que salga una parte del aire caliente que circula en el interior del horno la cual es ayudada por un ventilador. El aire que sale a la atmósfera y que hay que renovar es aproximadamente de un 20 a 30% del total del volúmen de aire.

Si se tiene 3444 PCM/Ventilador x 2 = 6888 PCM

6888 PCM x 20 % = 1377 PCM es el aire que hay, que extrae -  
del horno.

La presión estática que se considera para los ventiladores de extracción es de 1" W.C. según los lineamientos de diseño de hornos.

Entrando al catálogo de ventiladores ARME-CHICAGO o cualquier otro, se seleccionó el siguiente ventilador:

MODELO 11

<u>PCM</u>	<u>VS</u>	<u>P.E.</u>	<u>RPM</u>	<u>BHP</u>	= Motor 1 H.P.
1452	2200	1"	871	0.52	

Donde:

PCM = Ft<sup>3</sup>/min.

VS = Velocidad de salida (aire)

P.E. = Presión estática

RPM = Rev/min. (ventilador)

BHP = Horse Power del motor.

#### 4.1.4 Equipo

Aquí se muestra el Equipo necesario para el funcionamiento del horno.

##### 1. Tren de Válvulas

El Tren de Válvulas es el Equipo de válvulas y accesorios para que el Quemador funcione correctamente el Equipo seleccionado es el equipo que se muestra en la figura No. 7.



## **2. Control de Temperatura**

Se debe seleccionar un Control de temperatura de acuerdo a las necesidades que el cliente requiera, ya que puede ser programable, registrador o simplemente indicador.

En este ejemplo se seleccionó un Control Digital Indicador de Temperatura, con Termopar y Funda de Cerámica.

## **3. Equipo adicional**

El equipo adicional se considera para que todo el equipo funcione correctamente aquí se involucra los motores para los ventiladores, accesorios para el quemador, lámparas indicadoras, equipo eléctrico, etc.

### **4.1.5 Cálculo de Materiales**

Aquí se muestra algunos de los materiales que se utilizan para la fabricación de hornos, y como se calcula. Para poder obtenerlos es necesario tener un dibujo de el horno que se este cotizando.

Este dibujo ayuda a visualizar el Horno, ubicando la unidad de calefacción en el lugar apropiado y poder hacer un arreglo general de las posiciones de los ventiladores, ductos de distribución del aire caliente y retorno, y ayuda a obtener las dimensiones totales del Horno a cotizar. La figura No. 8 muestra el horno a cotizar.

### 1. Materiales para paneles

Los paneles son tramos de pared aislada que se utilizan para formar los hornos.

Los calibres en láminas utilizadas para la fabricación de paneles son los siguientes:

TEMPERATURA	EXTERIOR	INTERIOR
200°C	# 20	# 20
300°C	# 16	# 18
> 300°C	# 14	# 14

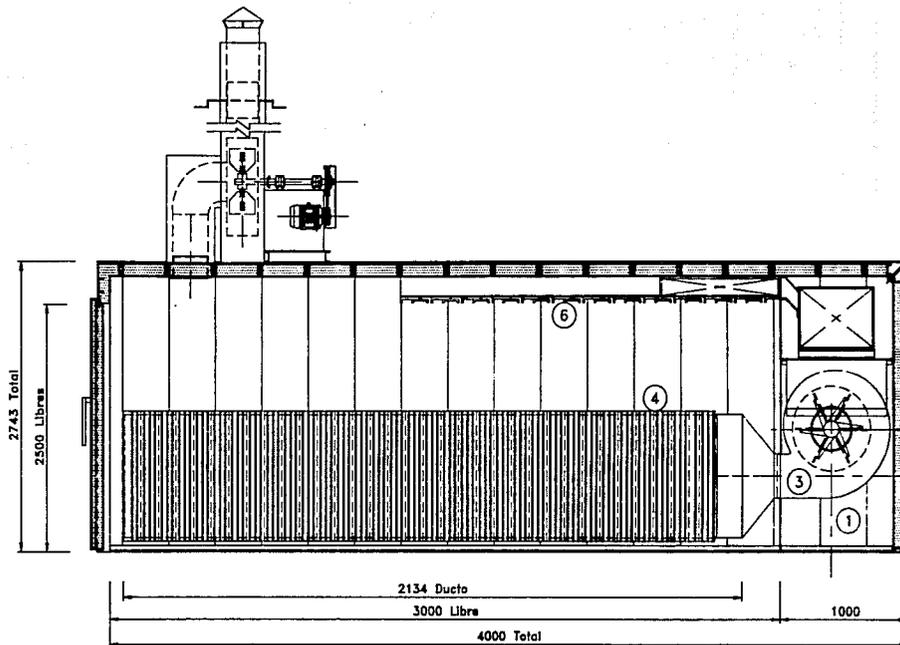
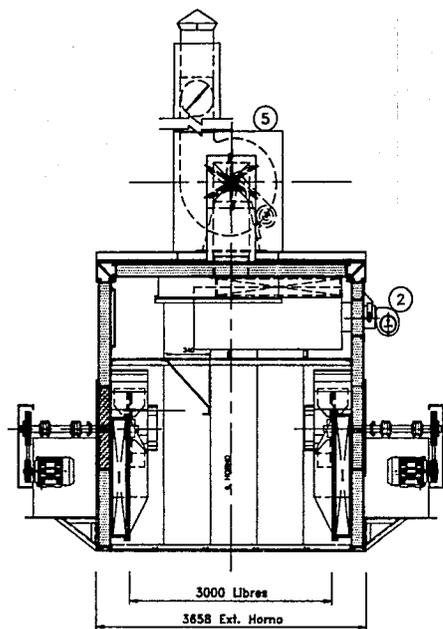
Las dimensiones de los paneles son las siguientes:

Ancho	1.25 Ft
Longitud	( lo que de la pared del horno )

### 2. Paneles laterales

Las dimensiones totales del horno son las siguientes:

Frente	12 Ft
Alto	9 Ft
Fondo	14 Ft



### NOMENCLATURA

- 1 UNIDAD DE CALEFACCION
- 2 QUEMADOR CON VENTILADOR DE COMBUSTION
- 3 VENTILADOR DE DISTRIBUCION (CON MOTOR)
- 4 DUCTOS DE DISTRIBUCION
- 5 VENTILADOR DE EXTRACCION (CON MOTOR)
- 6 DUCTOS DE RECIRCULACION

FIG. No. 8

PROY: Ricardo Zendejas F.	HORNO MODELO G-10-B-10-Y-E TEMP. MAX. DE OPERACION 800°C	ESCALA: SIM
DIB: Ricardo Zendejas F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACOTACION: ML.

Por lo tanto las dimensiones de los paneles son los siguientes:

Ancho	1.25 Ft
Altura	9 Ft
Espesor	4/12 Ft

Con estas dimensiones se obtiene lo siguientes:

$14 \text{ Ft} + 1.25 \text{ Ft} = 11.2 \text{ paneles / lado} \approx 12 \times 2 = 24 \text{ paneles}$

Interior:

$12 \text{ paneles de } 1.5\text{Ftx}9\text{Ft } 6 \text{ Lám. de } 3'\times 10'\times 2 = \underline{12 \text{ Láminas } \# 20}$

Exterior:

12 Láminas # 20 de 3 x 10

### 3. Uniones para Paneles (US)

Las uniones para paneles son canales formados de lámina, que son para cerrar el panel y sirven como unión entre los paneles.

Las dimensiones son 6" totales de las US, por la longitud del panel.

Son 24 paneles x 2 US de cada uno = 48 US

$(6/12 \text{ Ft}) \times 2 \text{ US de cada panel} \times 48\text{US} = 0.5\text{Ftx}9\text{Ftx}48 \text{ US}$

$= 24 \text{ Ft} \times 9 \text{ Ft} \quad \underline{6 \text{ Láminas } 4 \times 10 \# 20}$

#### 4. Aislamiento

Son 24 paneles con un espesor de 4" de aislamiento. El aislamiento que se considera es de fibra de vidrio SR-26.

Obteniendo el aislamiento de los paneles:

$$1.25' \times 9' \times (4/12)' = 3.75 \text{ Ft}^3 \text{ de aislamiento/panel}$$

$$3.75 \text{ Ft}^3 \times 24 \text{ paneles} = 90 \text{ Ft}^3$$

El aislamiento se vende en rollos de 1" y 2" de espesor x 24" x 600". Si obtenemos el volumen del rollo tenemos:

$$(2/12)' \times 2' \times 50' = 16.7 \text{ Ft}^3 \quad \text{Ft}^3 + 16.7 \text{ Ft}^3 = \underline{5.5 \text{ rollos.}}$$

#### 5. Paneles del techo

Siguiendo el mismo criterio que el cálculo anterior, las dimensiones de los paneles del techo son: 1.25' x 14'.

Obteniendo la cantidad de paneles para el techo se tiene:

$$12 + 1.25' = 9.6 \text{ paneles} \approx 10 \text{ paneles}$$

Interior: 10 Láminas 3' x 8' # 20

Exterior: 10 Láminas 3' x 8' # 20

#### 6. Uniones (US)

Son 10 paneles, y las US miden 0.5' x 2 US/panel y una longitud de 14'.

$$\text{Con esto se obtiene: } 20 \text{ US} \times 0.5' = 10' \\ 14 \times 10' \quad \underline{5 \text{ Lám. } 3' \times 10' \# 20}$$

### 7. Aislamiento

Se tienen 10 paneles de 4" de aislamiento entonces:

$$(4/12)' \times 1.25' \times 14' = 5.9 \text{ Ft}^3 \approx 6 \text{ Ft}^3$$

$6 \text{ Ft}^3 \times 10 \text{ paneles} = 60 \text{ Ft}^3$   $60 \text{ Ft}^3 + 16.7 \text{ Ft}^3 = 3.6 \text{ rollos} \approx 4$   
rollos de aislamiento.

### 8. Paneles del fondo

Las dimensiones de los paneles del fondo son 1.25' x 9'  
entonces:

$$12' \div 1.25 = 9.6 \text{ paneles} \approx 10 \text{ paneles}$$

Interior: 5 Láminas 3' x 10' # 20

Exterior: 5 Láminas 3' x 10' # 20

### 9. Uniones (US)

Las dimensiones de las US son: 0.5' x 9' y son 10 paneles,  
por lo tanto se necesitan:

$$\underline{3 \text{ Láminas } 3' \times 10' \# 20}$$

### 10. Aislamiento

Volúmen del panel =  $(4/12)' \times 1.25' \times 9' = 3.75 \text{ Ft}^3 \times 10$   
paneles = 37.5 Ft<sup>3</sup> por los paneles.

Por lo tanto:  $37.5 \text{ Ft}^3 + 16.7 \text{ Ft}^3 = \underline{2.25 \text{ rollos.}}$

### 11. Puerta

Para este horno se considera una puerta de dos hojas con 6" de aislamiento las dimensiones son:

Frente : 12'  
Altura : 9'  
Espesor: 0.5'

Por lo tanto se consideran:

Interior: 4 Láminas 4' x 10' # 18

Exterior: 4 Láminas 4' x 10' # 16

### 12. Aislamiento

Se considera el mismo material como aislamiento.

$12' \times 9' \times .5' = 54 \text{ Ft}^3 + 16.7 \text{ Ft}^3 = 3.25 \text{ Ft}^3$

Por lo tanto se necesitan 3.25 rollos.

### 13. Accesorios para la puerta

- 6 Bisagras tipo cañón
- 2 Cierres a prueba de explosión dobles
- 2 Jaladeras cromadas
- Empaque para sello de puerta

#### 14. Estructura del horno

La estructura del horno se fabrican con ángulos de lámina # 10 instalados en los vértices del horno, esta estructura refuerza al horno y sirve para sostener los paneles.

Los ángulos tienen las siguientes dimensiones 0.5' x 0.5' x longitud necesaria.

Las dimensiones exteriores del horno son:

Frente : 12'  
Altura : 9'  
Fondo : 14'

Por lo tanto se debe considerar el siguiente material:

Laterales : 4 ángulos de 14' x 1' 3 láminas 3' x 8' # 10

Frente y Fondo: 4 ángulos de 1' x 9' 1 lámina 4' x 10' # 10

#### 15. Molduras para sujetar los paneles

Estas molduras son utilizados para fijar los paneles en la estructura estas son de Lámina # 14.

Obteniendo la cantidad del material para este horno:

$$(4/12)' \times 14' = 0.34' \times 14' \times 2 = 9.52 \text{ Ft}^2$$

$$(4/12)' \times 12' = 0.34' \times 12' \times 2 = 8.16 \text{ Ft}^2$$

Por lo tanto se necesita: 1 lámina 3' x 6' # 14

#### 16. Unidad de calefacción

Como la Unidad de Calefacción esta integrada al horno en la parte posterior se debe cotizar únicamente las láminas divisorias entre la Unidad de Calefacción y la Cámara del Horno. Las dimensiones de esta división son las siguientes:

Frente : 12'  
Altura : 9'

Por lo tanto se necesitan 4 láminas 4' x 10' # 10

#### 17. División entre el quemador y ventiladores

Se considera 1 lámina 4' x 8' # 10

Se debe tener una estructura para sostener ambas divisiones para esto se utiliza:

Fe. ángulo 3/16" x 2" = 20 Mts.

#### 18. Paneles Escuadra Techo y Laterales

Las dimensiones de los paneles y de aislamiento son las siguientes 1' x 1' x longitud necesaria.

Techo:

Interior:  $12' \times (1' \times 1') = 12' \times 2' \quad \underline{2 \text{ Lam. } 3' \times 6' \# 18}$

Exterior:  $12' \times 2' = \quad \underline{2 \text{ Lám. } 3' \times 6' \# 10}$

Laterales:

Interior:  $9' \times 2' = \underline{2 \text{ Lám. } 3' \times 6' \# 18}$

Exterior:  $9' \times 2' = \underline{2 \text{ Lám. } 3' \times 6' \# 10}$

### 19. Ductería de Descarga

Para calcular la ductería es necesario considerar la siguiente fórmula:

$$Q = V.A$$

Donde:

Q = Gasto total del aire (Ft<sup>3</sup>/min)

V = Velocidad del aire a la salida  
del ducto (Ft/min.)

A = Area transversal del ducto (Ft<sup>2</sup>)

La velocidad del aire que se recomienda en la construcción de hornos esta en el rango de:

$$V = 2500-2800 \text{ Ft/min.}$$

Obteniendo un promedio de este rango tenemos:

$$V = 2650 \text{ Ft/min.}$$

Con los datos obtenidos para seleccionar los ventiladores se obtienen las dimensiones de los ductos.

$$Q = 6400 \text{ Ft}^3/\text{min.} + 2 \text{ ductos} = 3200 \text{ Ft}^3/\text{min.}$$

$$V = 2650 \text{ Ft}/\text{min.}$$

$$A = ?$$

$$A = Q/V = 3200\text{Ft}^3/\text{min.} + 2650\text{Ft}/\text{min.} = 1.2 \text{ Ft}^2$$

$$A = 0.5' \times V$$

$$b = A/0.5'$$

$$b = 1.2 \text{ Ft}^2 + 0.5\text{Ft} = 2.4'$$

Como se tiene un espacio libre de la cámara de 10' de longitud se sugiere una longitud de 8'.

Por lo tanto las dimensiones del ducto son las siguientes:

$$0.5' \times 2.4' \times 8'$$

Calculando el material se obtiene lo siguiente:

$$2 \text{ ductos } \cdot 2 \text{ lám. } 3' \times 10' / \text{ ducto} = \underline{4 \text{ Lám. } 3' \times 10' \# 20.}$$

## 20. Campanas de transformación

Para las campanas de transformación se consideran 2 Láminas de 3' x 10' # 20.

## 21. Ductería de Retorno

Considerando la fórmula anterior se obtiene lo siguiente:

La velocidad de recirculación del aire se recomienda según los fabricantes de hornos es de: 2000 Ft/min.

La cantidad de aire de recirculación se considera de un 70 a 80% del total de aire que hay en el interior del horno.

Para este ejemplo se considera de un 70%.

Calculando:  $6400 \times 0.7 = 4480 \text{ Ft}^3/\text{min.}$

$$A = Q/V = 4480 \text{ Ft}^3/\text{min.} + 2000 \text{ Ft}^3/\text{min.}$$

$$A = 2.24 \text{ Ft}^3$$

$$\begin{aligned} A &= 2.24 \text{ Ft}^3 \\ b &= 2.24 \text{ Ft}^3 + 0.5 \text{ Ft} \\ b &= 4.48 \text{ Ft} \end{aligned}$$

Por lo tanto las dimensiones del ducto son:

$$0.5' \times 4.48' \times 6'$$

Para fabricar este ducto se debe utilizar: 2 Lám. 3'x10' #20.

## 22. Accesorios para el Horno

En este punto se considera el soporte para el extractor y la escalera de servicio.

Para el soporte se consideran:

30m. de Fe. Canal de 4"

2 Lám. antiderrapantes de 3'x8'#12

Para la escalera:

30m. de tubo conduit de 1" de diámetro.

#### **4.1.6 Costo de los Materiales del Horno**

La figura No. 9 muestra la lista del costo de materiales; esta lista se anexa ya que es de gran importancia para poder obtener el precio de venta del horno cotizado.

LOCALIZACION	CANTIDAD	UN	DESCRIPCION	DOLARES	PLAZA	COSTO.SD	COSTO.CO
PANELES LAT. INTERIOR	246	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		649,440.00	649,440.00
PANELES LAT. EXTERIOR	204	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		538,560.00	538,560.00
US DE UNION	102	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		324,720.00	324,720.00
AISLAMIENTO	7	PIA	ROLLO F.V. SP-26 2'X24'X1600	119660		322,890.00	229,897.00
PANELES TECHO INTERIOR	165	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		435,600.00	435,600.00
PANELES TECHO EXTERIOR	140	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		369,600.00	369,600.00
US DE UNION	85	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		224,400.00	224,400.00
AISLAMIENTO	2	PIA	ROLLO F.V. SP-26 2'X24'X1600	119660		221,920.00	151,124.00
PANELES PARED INTERIOR	102.5	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		270,600.00	270,600.00
PANELES PARED EXTERIOR	85	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		224,400.00	224,400.00
US DE UNION	61.5	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		162,360.00	162,360.00
AISLAMIENTO	1.5	PIA	ROLLO F.V. SP-26 2'X24'X1600	110960		166,440.00	114,847.00
PUERTAS INTERIOR	180	165	LAMINA C.R. C/16 3 X 10	2640		480,480.00	480,480.00
PUERTAS EXTERIOR	146	165	LAMINA C.R. C/16 3 X 10	2640		385,440.00	385,440.00
AISLAMIENTO	1.5	PIA	ROLLO F.V. SP-26 2'X24'X1600	119660		166,440.00	114,847.00
	6	PIA	BISAGRA TIGERON 1 X 5	10000		60,000.00	63,500.00
	2	PIA	CIERRE DOBLE CAJAS	35000		70,000.00	70,000.00
	2	PIA	JALADERAS CRAMADAS A-1	6000		12,000.00	12,000.00
	20	MIS	CIANTA T. P.G.D. S.I.L.S 3000/M	29920		598,600.00	598,600.00
ANGULO ESTRUCTURALES	296.5	165	LAMINA C.R. C/10 3 X 10	2640		756,360.00	756,360.00
ANGULOS INTERIORES	25.5	165	LAMINA C.R. C/14 3 X 10	2640		67,320.00	67,320.00
UNIDAD DE CALEFACCION	490	165	LAMINA C.R. C/10 3 X 10	2640		1,295,600.00	1,295,600.00
ESTRUCTURA PAUNICADA	74	165	ANGULO FE. 7/16"X 2"	1870		138,300.00	138,300.00
REPUEBROS ESTRUCTURALES	134.5	165	FE. CANAL 3" 6.1000/M	1870		251,515.00	251,515.00
PANELES ESCUADRA INTERIOR	66	165	LAMINA C.R. C/18 3 X 10	2640		174,240.00	174,240.00
PANELES ESCUADRA EXTERIOR	184	165	LAMINA C.R. C/18 3 X 10	2640		485,760.00	485,760.00
AISLAMIENTO	1	PIA	ROLLO F.V. SP-26 2'X24'X1600	119660		110,960.00	76,552.00
DUCTERIA	164	165	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		432,960.00	432,960.00
BASE PIRETRACTOR	240	165	FE. CANAL 4" 8.0400/M	1870		448,800.00	448,800.00
PISO PANTENIMIENTO	96	165	LAMINA ANT. C/12 3 X 10	3156		302,876.00	302,876.00
ESCALERA DE SERVICIO	30	MIS	TUBO CONJUNT P/0 1"	8264		248,520.00	198,816.00
	1	PIA	PINTURA SOLDADURA TORILLERIA	2500000		2,500,000.00	2,500,000.00
	6	-	LISTA EQUIPOS Y CONTROLES	0		0	0
TREN DE VALVULAS	1	PIA	QUEMADOR MOD. 80 1/4 COMP.	3857000		3,857,000.00	2,892,750.00
	1	PIA	CONTROL PLANA MOD RA80F1760	662000		662,000.00	297,206.00
	1	PIA	BASE P/RA80 MOD. 827041024	146000		146,000.00	87,600.00
	1	PIA	VARILLA MOD.C700B4174	277000		277,000.00	166,200.00
	1	PIA	TRANSFORMADOR T/D 220/6000 U.	252000		252,000.00	154,100.00
LINER DE AIPE	1	PIA	VENT. MOD. P-506-374 40 V 800M	2285000		2,285,000.00	1,598,130.00
	1	PIA	MOTOR ASEA 374 HP 2P 7F	1269000		1,269,000.00	957,630.00
	1	PIA	CONTACTOR M2. LC10007	282000		282,000.00	50,580.00
	1	PIA	ELEVADOR M2. LR101070E	326000		326,000.00	110,640.00
	1	PIA	ESTACION BOTONES 180-884865	176900		176,900.00	46,240.00
LINER DE PILOTE	1	PIA	VALVULA WIPCESTER B. 1/2"	74200		74,200.00	67,514.00
	1	PIA	VALVULA SELEN. 821007 7/8"	741000		741,000.00	272,890.00
LINER DE GAS	2	PIA	VALVULA WIPCESTER B. 1 1/2"	207800		207,800.00	176,670.00
	1	PIA	SWITCH D147400E MOD. 44-78	504000		504,000.00	376,000.00

FIG. No. 9

CIA E.M.E.P. ARAGON U.N.A.M.  
 HORNO MOD 1 6-10-B-10-Y-E

DEPARTAMENTO DE COTIZACIONES  
 COTIZACIONES  
 REVISOR: RICARDO ZENDEJAS FUENTES

PAG. No 1 2

LOCALIZACION	CANTIDAD UNI	DESCRIPCION	DOLARES	PLISTA	COSTO ED	COSTO ED
	1 PZA	SWITCH DATAGAGE MOD. 44-18	545000		545,000.00	408,750.00
	1 PZA	VALVULA SEB. MOD 504 MV-15-3	361600		3,611,000.00	2,708,250.00
	1 PZA	VALVULA AUTOMATIZ. 4 EV-AR	234000		234,000.00	175,500.00
	1 PZA	ACTUADOR MOD. M7284A1094	1400000		1,409,000.00	840,700.00
	1 PZA	TRANSFORMADOR 120/240 VA	130000		130,000.00	94,500.00
CONTROL DE TEMPERATURA	1 PZA	MIC 2600 MOD. 2150000	2175000		2,175,000.00	1,412,750.00
	1 PZA	TERNERA J CAL. 14 15" LONG	26744		26,744.00	23,711.40
	1 PZA	FUNDA CERAMICA 19" C/NIFLE	151700		151,900.00	116,710.00
	1 PZA	RELEVADOR POTTER RL-315127	31000		31,000.00	21,000.00
	1 PZA	BASE DE 11 PINOS 111-P65	31000		31,000.00	21,000.00
	1 PZA	BOTON 564-FR11 RC20 10CM	27900		27,900.00	22,200.00
DISTRIBUCION DE AIRE	2 PZA	VENTILADOR CAISA VF-15	290144		5,800,288.00	5,600,288.00
	2 PZA	MOTOR TRIFASICO 5 HP 4P	2614000		4,028,000.00	1,611,200.00
	2 PZA	CONTACTOR MOD. LC1D173	430000		860,000.00	292,400.00
	2 PZA	RELEVADOR MOD. LR1016321	354300		708,600.00	240,720.00
	2 PZA	ESTACION BOTONES 182-BW845	174000		272,600.00	92,400.00
EXTRACCION DE AIRE	1 PZA	INTERRUPTOR MCA DRY-SYS 955-R	514000		514,000.00	462,600.00
	1 PZA	VENTILADOR CAISA VF-11	1778657		1,778,657.00	1,778,657.00
	1 PZA	MOTOR TRIFASICO 1 HP 4P	1185000		1,185,000.00	474,000.00
	1 PZA	CONTACTOR MOD. LC1D093	282000		282,000.00	95,880.00
	1 PZA	RELEVADOR MOD. LR1019108	326000		326,000.00	110,843.00
	1 PZA	ESTACION BOTONES 762-A3445	174500		174,500.00	44,740.00
ACCESORIOS	1 PZA	INTERRUPTOR CAT/TOL-115 15AMP.	38600		73,600.00	38,650.00
	1 PZA	ALARMA MCA.ESA MOD. A-1	166000		166,000.00	149,400.00
	1 PZA	SWITCH TOGGLE 1P. 1T. 2P.	5990		5,990.00	5,990.00
	1 PZA	RELEVADOR POTTER RL-315127	77500		13,500.00	13,500.00
	1 PZA	BASE DE 8 PINOS 108-P65	37500		13,500.00	13,500.00
	1 PZA	RELEVADOR POTTER RL-315127	31000		31,000.00	31,000.00
	1 PZA	BASE DE 11 PINOS 111-P65	31000		21,000.00	21,000.00
	8 PZA	LAMPARA JAUTI 220/5 P. V. A.	39000		712,000.00	249,600.00
	8 PZA	FOCO COSA FLTE-14 220/250	7500		60,000.00	48,000.00
	1 PZA	ACCESORIOS ELECTRICOS	1500000		1,500,000.00	1,500,000.00
		TOTAL	.00		649,981,424.00	618,522,400.00

## 4.2 EJEMPLO DE COTIZACION DE UN HORNO ELECTRICO

Para no obtener los mismos datos y cálculos, en este ejemplo se tomará el ejemplo anterior, únicamente se harán los cálculos necesarios para transformar el horno de gas, en horno eléctrico.

### 4.2.1 Banco de resistencias

La calefacción es la parte más importante del horno, y es la que indica de que tipo de horno se trata. Considerando el ejemplo anterior, la capacidad obtenida se toma como referencia y se enfoca a este ejemplo y se obtiene la capacidad en kilowatts.

El kilowattaje se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_e = \text{Btu/hr (GAS)} \times 0.4 + 3412$$

Sustituyendo con los valores obtenidos en el ejemplo anterior se tiene:

$$Q_e = 953'870 \text{ Btu/hr} \times 0.4 + 3412 = 112 \text{ kw.}$$

Por diseño se debe obtener el número de resistencias en multiples de 3 ya que las conexiones son trifásicas. Con esto se obtiene un total de 18 resistencias.

Para este ejemplo se considera resistencias blindadas tipo U, fabricadas en acero inoxidable clase 304, forrado con tubo de 7/16" de diámetro, con una capacidad de 6.5 kw., cada una, dando un total de 117 KW.

#### **4.2.2 Material para el banco de resistencias**

El banco para las resistencias se fabrica en un bastidor de Acero Inoxidable tipo 304.

#### **4.2.3 Materiales para la fabricación del horno**

Los materiales a considerar son los mismos que los del ejemplo anterior, ya que son iguales en dimensiones y construcción.

Solo se aumentará el material para los bancos de resistencias.

#### **4.2.4 Equipo y accesorios**

El equipo para este horno, cambia debido a que el horno anterior es de gas y este es eléctrico, por lo tanto se eliminará el tren de válvulas, que incluye el quemador y los equipos adicionales como son interruptores de presión, válvulas solenoides, etc., y para este caso se debe cotizar las resistencias y el equipo adicional para su funcionamiento. La Fig. No. 10 muestra un dibujo general del horno cotizado.

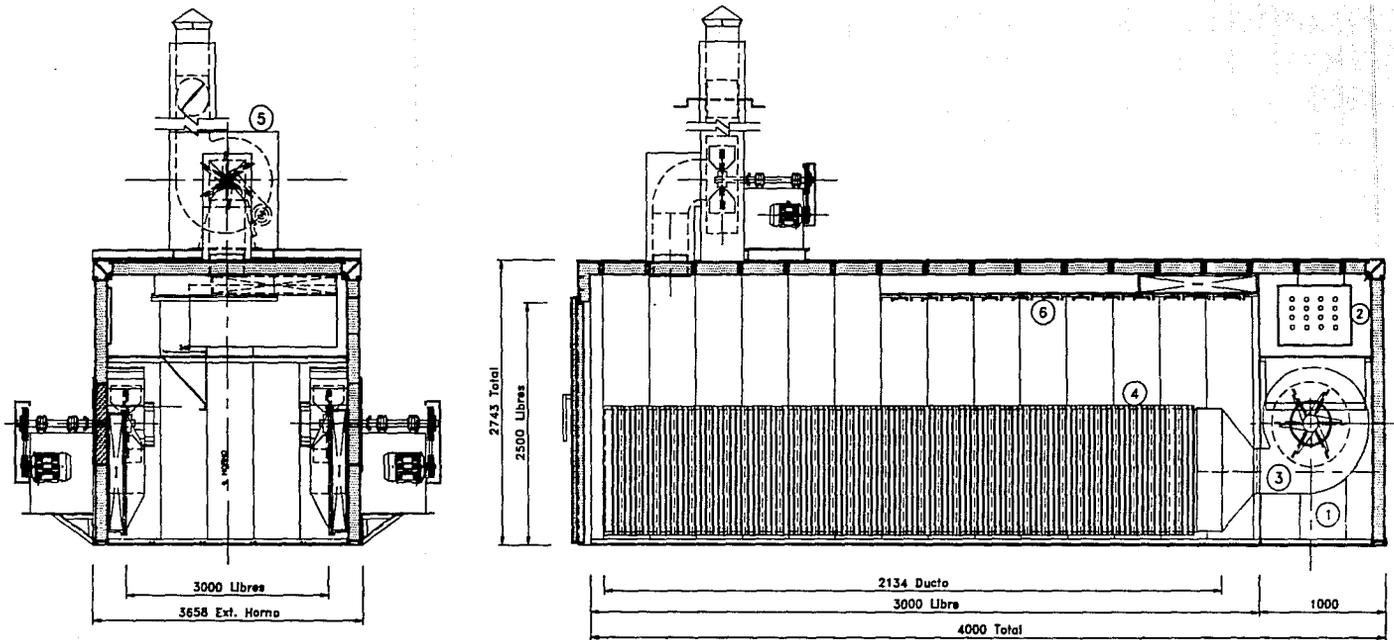


FIG. No. 10

### NOMENCLATURA

- 1 UNIDAD DE CALEFACCION
- 2 BANCO DE RESISTENCIAS
- 3 VENTILADOR DE DISTRIBUCION (CON MOTOR)
- 4 DUCTOS DE DISTRIBUCION
- 5 VENTILADOR DE EXTRACCION (CON MOTOR)
- 6 DUCTOS DE RECIRCULACION

PROY: Ricardo Zendejas F.	HORNO MODELO E-10-B-10-Y-E TEMP. MAX. DE OPERACION 2000C	ESCALA: SIN
DIB: Ricardo Zendejas F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACOTACION: MM.

#### **4.2.5 Costo del Horno Eléctrico**

La figura No. 11 muestra el costo del horno, esta hoja incluye únicamente el equipo y materiales. Se incluyen descuentos de los proveedores.

CIA + E.N.S.P. ARAGON U.N.A.M.  
 MODULO MOD 1 E-10-R-10-Y-E

DEPARTAMENTO DE COTIZACIONES  
 CODIGO : 31F  
 REVISO : ADARDO ZEADEAN FUENTES

1973.10.1

CANTIDAD	UNID.	DESCRIPCION	DOLARES	PLATA	COSTO 50	COSTO 60
246	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		649,440.00	649,440.00
204	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		538,560.00	538,560.00
123	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		324,720.00	324,720.00
1	PZA	ROLLO F.V. SR-26 2"X24"X1000	110960		332,880.00	229,687.00
145	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		435,600.00	435,600.00
145	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		369,600.00	369,600.00
35	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		224,400.00	224,400.00
2	PZA	ROLLO F.V. SR-26 2"X24"X1600	110960		221,920.00	153,124.80
102.5	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		270,600.00	270,600.00
85	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 10	2640		224,400.00	224,400.00
61.5	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		162,360.00	162,360.00
1.5	PZA	ROLLO F.V. SR-26 2"X24"X1600	110960		156,480.00	114,643.60
182	KGS	LAMINA C.R. C/16 3 X 10	2640		456,480.00	428,420.00
146	KGS	LAMINA C.R. C/18 3 X 10	2640		383,440.00	383,440.00
1.5	PZA	ROLLO F.V. SR-26 2"X24"X1600	110960		156,480.00	114,643.60
6	PZA	BISSAGRA TIGADORA 1 X 3	16000		60,000.00	60,000.00
2	PZA	CIERRE DOBLE CAISA	35000		70,000.00	70,000.00
2	PZA	JALADERAS CROMADAS A-1	6000		12,000.00	12,000.00
20	MTS	CINTA T. POLI. 5.41.5 3508/M	29930		598,600.00	598,600.00
285.5	KGT	LAMINA C.R. C/10 3 X 10	2640		756,360.00	756,360.00
25.5	KGS	LAMINA C.R. C/14 3 X 10	2640		67,320.00	67,320.00
499	KGS	LAMINA C.R. C/10 3 X 10	2640		1,293,600.00	1,293,600.00
4	KGS	ANGULO FE. 2"X6"X 2"	1870		178,380.00	178,380.00
114.5	KGS	FE. CANAL 2" 6.1088/M	1870		251,515.00	251,515.00
65	KGS	LAMINA C.R. C/18 3 X 10	2640		174,240.00	174,240.00
184	KGS	LAMINA C.R. C/10 3 X 10	2640		485,760.00	485,760.00
1	PZA	ROLLO F.V. SR-26 2"X24"X1600	110960		110,960.00	76,582.40
164	KGS	LAMINA C.R. C/20 3 X 8	2640		432,960.00	432,960.00
249	KGS	FE. CANAL 4" 8.0488/M	1870		448,690.00	448,690.00
96	KGS	LAMINA CNT. C/12 3 X 10	3156		302,976.00	302,976.00
36	MTS	TUBO CONDUI. P/D 1"	8284		148,520.00	198,616.00
1	PZA	PINTURA SOLDADURA TORNERERIA	2500000		2,500,000.00	2,500,000.00
0	-	LISTA EQUIPOS Y CONTROLES	0		0.00	0.00
18	PZA	RESIST. 6.5W 220V. 70CM T/U	115450		2,078,100.00	2,078,100.00
2	PZA	CONTACTOR MOD. LC1F843	5893000		11,386,000.00	1,871,240.00
1	PZA	REC 2000 MOD. 2110001	1952000		1,962,000.00	1,275,300.00
1	PZA	TERMOPAR 3 CAL. 14 18" LONG	26346		26,346.00	23,711.00
1	PZA	FUNDA CERAMICA 18" C/MIPLE	151900		151,900.00	156,710.00
1	PZA	RELEVADOR POTIER RL-R15127	31000		31,000.00	31,000.00
1	PZA	BASE DE 11 PINDS 111-P65	31000		31,000.00	31,000.00
1	PZA	BOICH 582-F301 ROJO 1CMC	27900		27,900.00	22,720.00
2	PZA	VENTILADOR CAISA VF-15	2990144		5,800,288.00	5,800,288.00
2	PZA	MODOR TRIFASICO 5 HP 4P	2014000		4,028,000.00	1,611,200.00
2	PZA	CONTACTOS MOD. LC1C177	470000		850,000.00	292,400.00
2	PZA	RELEVADOR MOD. LR1016321	254000		708,000.00	240,720.00
2	PZA	ESTACION BOTONES 182-888465	136000		272,000.00	97,480.00
1	PZA	INTERACTOR MOD GRV-SYS 955-R	514000		514,000.00	452,600.00

FIG. No. 11

CIP : E.M.E.F. JARSON U.N.A.M.  
 -CENS MDC : E-10-9-10-Y-E

DEPARTAMENTO DE COTIZACIONES  
 COTIZO : RZF  
 REVISO : RICARDO ZENDEJAS FUENTES

PAGINA : 2

LOCALIZACION	CANTIDAD	UNID	DESCRIPCION	DOBLARES	PLISTA	COSTO.SD	COSTO.CO
EXTRACCION DE AIRE	1	PZA	VENTILADOR CAISA VF-11	1778653		1,778,653.00	1,778,653.00
	1	PZA	MOTOR TRIFASICO 1 HP 4P	1185000		1,185,000.00	474,630.00
	1	PZA	CONTACTOR MOD. LC10093	282006		282,000.00	95,890.00
	1	PZA	RELEVADOR MOD. LR1009305	226000		226,000.00	110,840.00
	1	PZA	ESTACION BOTONES 182-RW845	126000		126,000.00	48,240.00
ACCESORIOS	1	PZA	INTERRUPTOR CAT/TOL-115 15AMP.	38670		38,670.00	38,605.00
	1	PZA	ALARMA MCA.ESA MOD.A-1	166000		166,000.00	149,470.00
	1	PZA	SWITCH TOGLE 1P. 1T. 2P.	5990		5,990.00	5,490.00
	1	PZA	RELEVADOR POTTER RL-215127	32500		32,500.00	32,500.00
	1	PZA	BASE DE 8 PINOS 100-P85	32500		32,500.00	32,500.00
	1	PZA	RELEVADOR POTTER RL-315127	31000		31,000.00	31,000.00
	1	PZA	BASE DE 11 PINOS 111-P65	31000		31,000.00	31,000.00
	8	PZA	LAMPARA JAUTZ 220/5 P. V. A.	39000		392,000.00	249,500.00
	8	PZA	FOCO COBA FLTYE-14 220/240	7500		60,000.00	48,300.00
	1	PZA	ACCESORIOS ELECTRICOS	1500000		1,500,000.00	1,500,000.00
TOTAL :				.00		\$46,701,048.00	\$32,141,261.00

## CAPITULO V

### METODOS PARA OBTENER LAS HORAS-HOMBRE DE FABRICACION EN HORNOS INDUSTRIALES

La mayoría de métodos que se utilizan en la estimación de horas-hombre de fabricación para productos intermitentes, es utilizando los tiempos históricos. En este capítulo se muestran los métodos más utilizados en la fabricación de hornos industriales.

#### 5.1 METODO # 1

Este primer método que se utiliza para obtener las horas-hombre de fabricación, utilizando los tiempos históricos, consiste en tomar como referencia algún horno ya fabricado con características de construcción similares al que se quiera determinar las horas de fabricación. Sin importar las dimensiones que tenga, para que las Horas-Hombre de fabricación que se obtengan sean más reales.

Este método consiste en lo siguiente:

Mediante cálculos matemáticos se obtienen las áreas interiores de los 2 hornos y utilizando la fórmula A en la que se involucran ambas áreas se obtiene un factor, el cual al multiplicar las Horas-Hombre del horno de referencia se obtiene la estimación de las Horas-Hombre para el horno analizado.

Fórmula A)

$$FAP = \sqrt{\frac{AN}{AR}} \quad *$$

Donde:

FAP = Factor de área de paredes interiores.

AN = Área de paredes interiores del Horno analizado (Ft<sup>2</sup>)

AR = Área de paredes interiores del Horno de referencia (Ft<sup>2</sup>)

### 5.1.1. Aplicación al Horno de Gas

Horno de referencia: G-6-6-10-Y-E

Área total en paredes interiores:

Laterales	:	6' x 10' x 2	= 120 Ft <sup>2</sup>
Techo	:	6' x 10'	= 60 Ft <sup>2</sup>
Fronte y Fondo:	:	6' x 6' x 2	= 72 Ft <sup>2</sup>

Área total: = 252 Ft<sup>2</sup>

Horas hombre de fabricación: 1490 H-H

Horno a analizar: G-10-8-10-Y-E

Área total en paredes interiores:

Laterales	:	8' x 10' x 2	= 160 Ft <sup>2</sup>
Techo	:	10' x 10'	= 100 Ft <sup>2</sup>
Fronte y Fondo:	:	10' x 8' x 2	= 160 Ft <sup>2</sup>

Área Total: = 420 Ft<sup>2</sup>

Considerando los datos anteriores y aplicando la fórmula se obtiene las horas-hombre de fabricación estimadas para el horno analizado.

Aplicando la fórmula en los ejemplos anteriores se tiene lo siguiente:

$$FAP = \sqrt{\frac{420 \text{ Ft}^2}{252 \text{ Ft}^2}} = 1.29 \text{ Factor de área de paredes interiores.}$$

Considerando las horas-hombre de fabricación se tiene lo siguiente:

Las horas-hombre de fabricación para el horno analizado, considerando el resultado obtenido es igual:

$$1490 \times 1.29 = 1922$$

1922 H-H. de fabricación.

\* LINDBERG. (Fabricación de hornos industriales).

### 5.1.2 Aplicación al Horno Eléctrico

Para el horno eléctrico, se sigue el mismo procedimiento que el anterior.

Horno de referencia: E-7-8-10-Y-E

Area interior total:

Laterales	:	8' x 10' x 2 = 160 Ft <sup>2</sup>
Techo	:	7' x 10' = 70 Ft <sup>2</sup>
Frente y Fondo:		7' x 8' x 2 = 112 Ft <sup>2</sup>

Area total: = 342 Ft<sup>2</sup>

Horas-hombre de fabricación: 1570 H-H

Horno eléctrico analizado: E-10-8-10-Y

Area interior total:

Laterales	:	8' x 10' x 2 = 160 Ft <sup>2</sup>
Techo	:	10' x 10' = 100 Ft <sup>2</sup>
Frente y Fondo:		10' x 8' x 2 = 160 Ft <sup>2</sup>

Area total: = 420 Ft<sup>2</sup>

Aplicando la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$FAP = \sqrt{\frac{420 \text{ Ft}^2}{342 \text{ Ft}^2}} = 1.1 \quad \text{Factor de área de paredes interiores.}$$

Por lo tanto, las horas-hombre de fabricación del horno es:

1570 H-H x 1.10 = 1727 H-H de fabricación.

## 5.2 METODO # 2

Este método es en relación al tipo de trabajo que se realiza, se considera pailería pesada y pailería ligera.

Para hornos donde exista mucho manejo de materiales pesados como es el caso de vigas, canales, fierro estructural, etc; en la mayoría de los casos son equipos muy grandes, se considera pailería pesada.

En hornos donde se fabriquen paneles, estructura del horno con lámina, soldadura; por lo regular no son equipos muy grandes y son los más comunes, se considera como pailería ligera.

En base a las características anteriores se han obtenido factores de horas-hombre en relación a los kilogramos de lámina que puede trabajar un obrero en una hora.

Para hornos con pailería pesada se considera alrededor de 10 a 12 Kgs. por Hora-Hombre .

Para hornos con pailería ligera se considera alrededor de 0.5 a 5 Kgs. por Hora-Hombre.

Considerando los datos anteriores se aplica al peso total de materiales, lámina y estructura que se haya calculado para la fabricación del Horno.

Con esto se obtiene el siguiente tiempo de fabricación:

- 1.- Obtener el peso total de los materiales cotizados para la fabricación del horno.
- 2.- Se multiplica el total de kilogramos obtenidos por el factor considerado, en relación al tipo de pailería.

Para los ejemplos se tiene lo siguiente:

- Horno de Gas.  
Total de Carga : 3,300 Kgs.

Se considera para la fabricación de este horno pailería ligera y se considera .6 Kgs por Hora-Hombre.

Por lo tanto:

$3,300 \text{ Kgs.} \times 0.6 \text{ Kgs. Hora-Hombre} = 1,980 \text{ Horas-Hombre.}$   
de fabricación para el horno de gas analizado.

Para el Horno Eléctrico se realiza de la misma forma, no existen diferencias ya que son iguales en construcción y se consideró el mismo material.

Por lo tanto :

$3,300 \text{ Kgs.} \times 0.6 \text{ Kgs. Hora-Hombre} = 1,980 \text{ Horas-Hombre.}$

Los dos Métodos anteriores son obtenidos en base a la experiencia y por lo tanto solo es aplicado por personal que tiene mucho tiempo trabajando en el medio, o en base a datos históricos, que son registrados por cada uno de los hornos fabricados.

## CAPITULO VI

### **METODO PROPUESTO PARA OBTENER LAS HORAS-HOMBRE DE FABRICACION EN HORNOS INDUSTRIALES.**

Como se ha mencionado anteriormente, en empresas con sistema de producción intermitente, no se lleva un control de los tiempos estándar como es el caso de los Sistemas de Producción continuo. A pesar de que no sea un sistema de producción continuo es importante conocer los tiempos estándar de cada una de las operaciones, ya que estos tiempos sirven para poder establecer nuevos métodos de producción o nuevos equipos para un trabajo más ágil, y estimar las horas-hombre de fabricación de los productos.

En la fabricación de hornos para obtener una estimación de horas-hombre de fabricación son utilizados los tiempos históricos, pero con este tiempo no se sabe si se trabajo correctamente o hubo mucho tiempo muerto, o cuellos de botella.

El método que se propone para la estimación de las horas-hombre de fabricación de los hornos es por medio de los tiempos estándar de las operaciones realizadas para la construcción de los hornos, debido a que las operaciones que se realizan son las mismas para cualquier horno sin importar el tamaño.

#### **6.1 TIEMPOS ESTANDAR EN LA FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES.**

El tiempo estándar en la fabricación de cualquier producto es muy importante, ya que de éste tiempo depende como se va a realizar la fabricación, números de personas, etc. para cumplir con el tiempo estimado o producir más y mejor con los recursos con que se cuenta a un menor costo de fabricación.

A continuación se muestran tablas de tiempos estándar obtenidos de las operaciones realizadas para la fabricación de los hornos.

OPERACIONES	TIEMPO (Hr.)
* TRAZO	0.05
* CORTE	0.008
* DOBLEZ	0.01
SOLDADURA CONTINUA	0.17 / m.
* PUNTOS CON SOLDADURA	0.005
PUNTEADO (PUNTEADORA)	0.4 / m.
TROQUELADO	0.025 / m.
PLANCHADO DE PANEL	0.03 / m.
PINTURA	0.3 / m <sup>2</sup>
AISLAMIENTO	0.6 / m <sup>2</sup>
SELLADOR	0.035 / m
* BARRENADO	0.05
CORTE CON SEGUETA (MANUAL)	0.27 / m
* CORTE CON SEGUETA (MECANICA)	0.03
* TORNILLERIA	0.035
CARTON ASBESTO	0.16 / m

\* Estos tiempos son unitarios

**TABLA No. 6 TIEMPOS ESTANDAR DE OPERACIONES GENERALES**

E L E M E N T O	T I E M P O (Hr)
* ESTRUCTURA	0.6 h/ m
* PANEL	2.5 h/ m <sup>2</sup>
* PUERTA	11 h/ m <sup>2</sup>
* MOLDURAS	0.25 h/m
* BIRLOS	0.25 h/m
ENSAMBLE DE MOLDURA EN BIRLOS	0.25 h/m
* DUCTERIA	3 h/m <sup>2</sup>
ANGULO DE SUJECION (PISO)	0.5 h/m
DISTR. DE EQUIPO EN TABLERO	15
CHIMENEA	1.5 h/m
VENTILADOR (MODELO 15)	6
MOTOR	2.5 hr.
BANCO DE RESIS. (TUBULAR) *	5 hr.

\* Incluye fabricación y ensamble.

**TABLA No. 7 TIEMPOS ESTANDAR DE LOS ELEMENTOS DEL HORNO.**

EQUIPO	TIEMPO (Hr.)
VALVULA ESFERICA	0.25
MANOMETRO	0.5
REGULADOR DE PRESION	0.6
INTERRUPTOR DE PRESION	0.35
VALVULA DE SEGURIDAD AUTOMATICA	1
ACTUADOR	0.85
VALVULA SOLENOIDE	0.5
QUEMADOR	3

**TABLA No. 8 TIEMPO ESTANDAR PARA ENSAMBLE DE EQUIPO DEL TREN DE VALVULAS**

EQUIPO	TIEMPO (Hr.)
MOTOR 5 H.P.	4
MOTOR 1 H.P.	3.5
MOTOR 3/4 H.P.	3.5
INTERRUPTOR DE PRECISION	3.5
INTERRUPTOR DE VOLTAJE	0.5
INTERRUPTOR DE TERMOMAGNETICO	2
TRANSFORMADOR DE VOLTAJE	0.7
DISYUNTOR MAGNETOTERMICO	1
MINICONTACTOR	1
VENTILADOR PARA TABLERO	0.5
BOTON PULSADOR	0.5
CONTROL DE TEMPERATURA	2
LAMPARA PILOTO	0.5
CONTROL CONTRA FALLA DE FLAMA	3
ALARMA	0.5
RELEVADOR	1

**TABLA No. 9 TIEMPO ESTANDAR DE CONEXION DEL EQUIPO ELECTRICO**

## **6.2 APLICACION DEL METODO A UN HORNO DE GAS.**

Para tener una mejor idea de como debe utilizarse estas tablas, se tomará como referencia el horno del ejemplo de la cotización, mostrado en el capítulo IV.

Con estos ejemplos se propone mostrar el tiempo real en que se debe construir un horno.

Para guía se tomará como base el dibujo del horno de la figura No. 12 el cual presenta el despiece general de un horno.

### **1. Construcción del Horno sin Equipo**

#### **A) Estructura**

Para la estructura del horno es necesario considerar el horno en sus dimensiones exteriores.

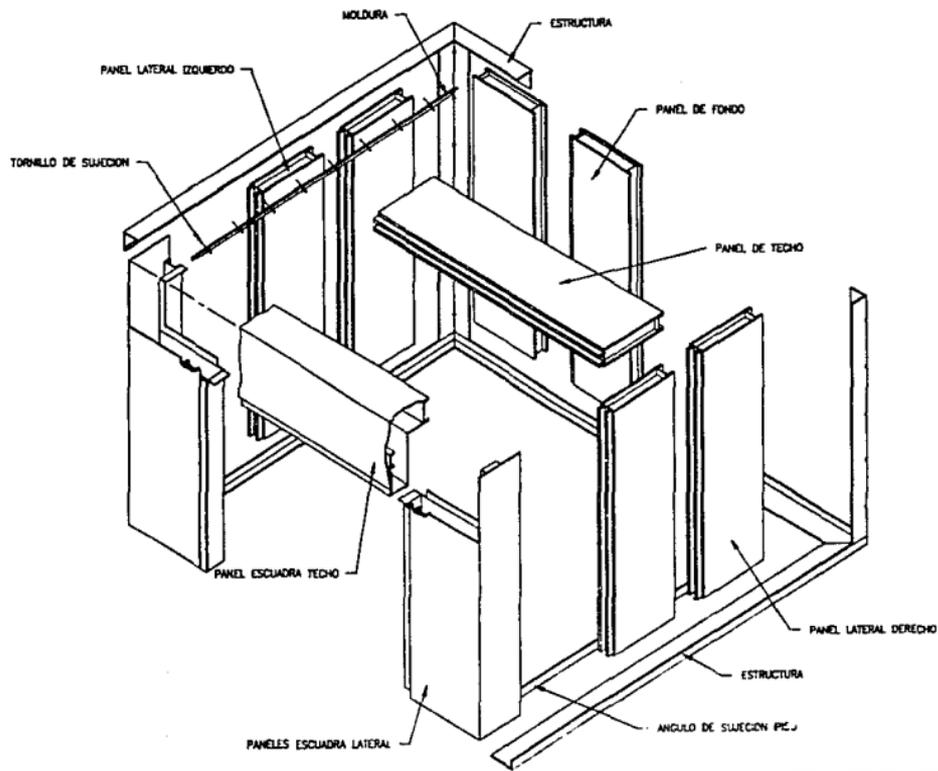


FIG. No. 12

PRO: Ricardo Zancajas F.	DETALLE PANELES Y ESTRUCTURA	ESCALA: SIN
DIB: Ricardo Zancajas F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACOTACION: MM.

**LAS DIMENSIONES DEL HORNO SON:**

Frente: 3.7 m  
Altura: 2.75 m  
Fondo : 4.27 m

Obteniendo las dimensiones del horno se tiene que son 39 m de estructura.

$$39 \text{ m} \times 0.6 \text{ hr/m} = \underline{23.4 \text{ Hrs}}$$

**B) Paneles**

Se debe considerar el área donde se lleve paneles Únicamente.

Paredes: 2.75 m x 4.27 m = 11.75 m<sup>2</sup> x 2 paredes = 23.5 m<sup>2</sup>  
Techo : 3.7 m x 4.27 m = 15.8 m<sup>2</sup>  
Fondo : 3.7 m x 2.75 m = 10.2 m<sup>2</sup>

$$\text{Area Total : } \underline{49.5 \text{ m}^2}$$

$$49.5 \text{ m}^2 \times 2.5 \text{ h/m}^2 = \underline{123.75 \text{ Hr.}}$$

**C) Elementos de Sujeción**

Birlos : 0.25 hr/m x 18 m = 4.5 Hr

Molduras: 0.25 hr/m x 18 m = 4.5 Hr

Ensamble: 0.25 hr/m x 18 m = 4.5 Hr

13.5 Hr

**D) Angulo de Sujeción del Piso**

0.5 hr/m x 15 M = 7.5 Hr.

**E) Ductería**

Las dimensiones de los ductos de descarga son:

2.45 m x 0.75 m = 1.85 m<sup>2</sup> x 2 = 3.6 m<sup>2</sup>

Ducto de retorno:

1.3 m x 1.85 m = 2.4 m<sup>2</sup>

7 m<sup>2</sup> x 3 hr/m<sup>2</sup> = 21 hr

**F) Puerta**

Dos hojas con dimensiones de 3 m x 2.4 m = 7.2 m<sup>2</sup>

$$7.2 \text{ m}^2 \times 11 \text{ hr/m}^2 = \underline{79.2 \text{ hr.}}$$

**G) Pintura**

$$49.5 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ hr/m}^2 = \underline{14.85 \text{ hr}}$$

**2. Ensamble de Equipo al Horno**

**A) 2 ventiladores modelo 15 con motor 5 H.P.**

$$6 \text{ hr/ventilador} \times 2 \text{ ventiladores} = 12 \text{ hr}$$

$$2 \text{ Motores} \quad 2.5 \text{ hr.} \times 2 \quad = \quad \underline{5 \text{ hr}}$$

17 hr

**B) Extractor**

Ventilador modelo 11 con motor de 1 H.P.     5 hrs

Motor     2.5 hrs

7.5 hrs.

### 3. Tren de Válvulas

3	Válvulas esféricas	3 x 0.25 hr = 0.75 hr.
3	Manómetros	3 x 0.5 hr = 1.5 hr.
2	Regulador de Presión	2 x 0.6 hr = 1.2 hr.
2	Interruptor de Presión	2 x 0.35 hr = 0.75 hr.
1	Válvula de seguridad automática.	1 x 1 hr = 1 hr.
1	Válvula de mariposa con actuador.	1 x 0.85 hr = 0.85 hr.
1	Válvula solenoide	1 x 0.5 hr = 0.5 hr.
1	Quemador	1 x 3 hr = 3 hr.
1	Motor de combustión	1 x 1 hr = 1 hr.

TIEMPO TOTAL: 10.55 Hr.

### 4. Tablero de Control

Tomando como referencia el plano de conexiones del tablero de control fig. No. 13. Se obtienen las Horas-Hombre utilizadas.



Considerando el número de elemento y el tiempo de conexión de cada uno, se obtiene los tiempos siguientes.

2 Motores 5 H.P. (Ventiladores de descarga)	8 hrs.
1 Motor 1 H.P. (Ventilador extractor)	3.5 hrs.
1 Motor 3/4 H.P. (Ventilador de combustión)	3.5 hrs.
1 Interruptor de presión	3.5 hrs.
1 Interruptor Termomagnético	0.5 hrs.
2 Transformador de voltaje	4 hrs.
5 Disyuntor magnetotérmico	3.5 hrs.
2 Contactor magnético	2 hrs.
2 Minicontactor	2 hrs.
1 Ventilador de enfriamiento (tablero)	0.5 hrs.
11 Botones pulsadores	5 hrs.
1 Control de Temperatura	2 hrs.
11 Lámparas indicadoras piloto	5 hrs.
1 Control contra falla de flama	3 hrs.
1 Alarma	0.5 hrs.
4 Relevadores	4 hrs.
Distribución del equipo en charola y tablero.	16 hrs.

**Tiempo Total = 66.5 hrs.**

## 5. Tiempo Total de Fabricación

El tiempo total obtenido es de:

384.8 hr.

Si se considera un 30 % de tolerancia, por imprevistos se obtiene:

500 Horas - Hombre de fabricación.

## 6.3 APLICACION DEL METODO A UN HORNO ELECTRICO.

Para obtener el tiempo de fabricación del horno eléctrico, únicamente hay que eliminar el tiempo del tren de válvulas, y aumentar el tiempo de ensamble del banco de resistencias, en el banco hay que considerar el tiempo de ensamble de las resistencias en el banco.

El tiempo de fabricación del banco y ensamble de resistencias es de 5 hrs/banco, como son necesarios dos bancos:

$$5 \text{ hrs/banco} \times 2 \text{ bancos} = \underline{10 \text{ hr}}$$

El tiempo de fabricación del  
horno eléctrico es 377.7 hr  $\approx$  378 hr.

Si se considera un 30 % de tolerancia, por imprevistos se obtiene:

493 Horas-Hombre de fabricación.

#### 6.4 Ruta Crítica

Para demostrar que el método obtenido es aplicable en la fabricación, se muestra la RUTA CRITICA para la fabricación de los hornos, presentando la matriz de secuencias y la red obtenida de esta matriz. Marcando la Ruta Crítica de la fabricación del horno de gas y el horno eléctrico.

Para la obtención del diagrama y la Ruta Crítica se utilizaron los tiempos obtenidos y mostrados en las tablas No. 6, No. 7, No. 8 y No. 9 de este capítulo.

La Figura No. 14 muestra la matriz de secuencias y la figura No. 15, presenta la red del proyecto en la cual se señala la Ruta Crítica, para el horno de gas.

Para el horno eléctrico también al igual que el de gas se presenta la matriz de secuencias (Fig. No. 16) y la red obtenida señalando la Ruta Crítica (Fig. No. 17.)

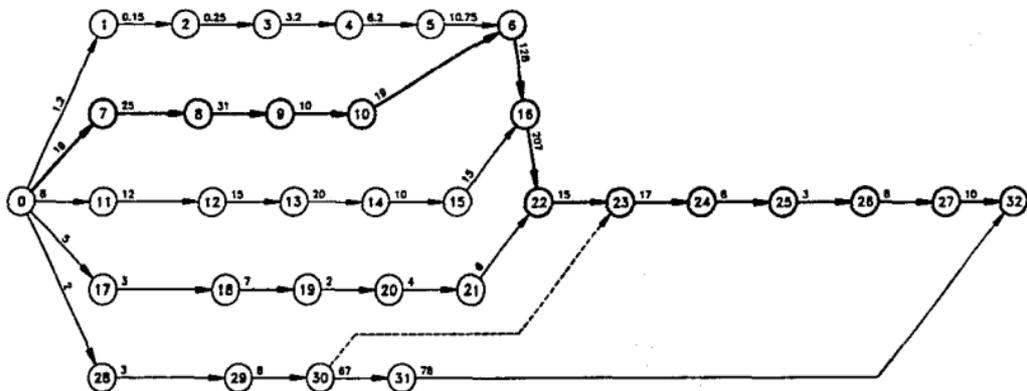
### MATRIZ DE SECUENCIAS

ACTIVIDADES	CODIGO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
ESTRUCTURA	A																					
PANELES	B																					
PUERTA	C																					
DUCTERIA	D																					
TABLERO	E																					
DESARROLLO	F																					
CORTE	G																					
DOBLES	H																					
UNION	I																					
SOLDADURA	J																					
ENGARGOLADO	K																					
ENSAMBLE DE ESTRUCTURAS Y PANELES	L																					
ENSAMBLE DE PUERTA/PANELES	M																					
ENSAMBLE DUCTERIA Y PANELES	N																					
PINTURA	O																					
CONEXIONES DE TABLERO	P																					
VENT. DISTRIBUCION	Q																					
VENT. EXTRACCION	R																					
QUEMADOR	S																					
TREN DE VALVULAS	T																					
ENSAMBLAJE DEL TABLERO	U																					

FIG. No. 14

# RUTA CRITICA

131



RUTA CRITICA →

TIEMPO : HRS.

TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO : 500 HRS.

FIG. No. 15

PROY: Ricardo Zendejas F.	RUTA CRITICA (CPM) HORNO DE GAS	ESCALA: SIN
DISE: Ricardo Zendejas F.	UNAM ENEP ARAGON	ADOTACION: MML
	FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	

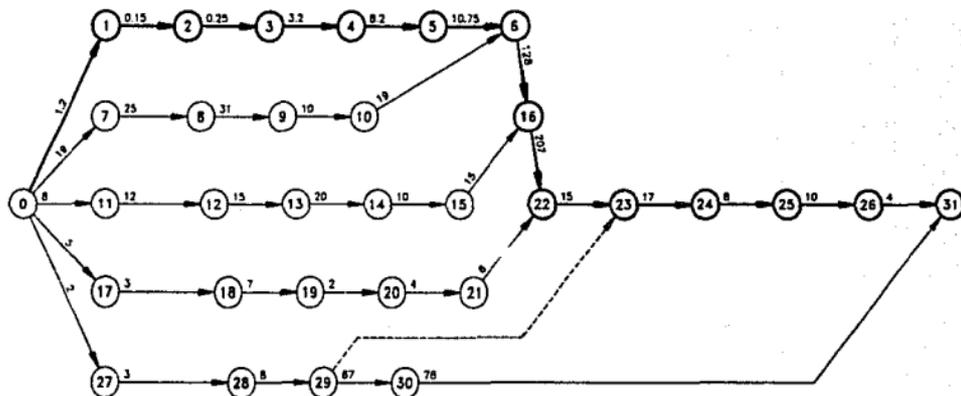
TESIS PROFESIONAL UNAM

### MATRIZ DE SECUENCIAS

ACTIVIDADES	CODIGO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
ESTRUCTURA	A						■															
PANELES	B						■															
PUERTA	C						■															
DUCTERIA	D						■															
TABLERO	E						■															
DESARROLLO	F						■															
CORTE	G						■															
DOBLES	H						■															
UNION	I						■															
SOLDADURA	J						■															
ENGARGOLADO	K						■															
ENSAMBLE DE ESTRUCTURA Y PANELES	L						■															
ENSAMBLE DE PUERTA/PANELES	M						■															
ENSAMBLE DUCTERIA Y PANELES	N						■															
PINTURA	O						■															
CONEXIONES DE TABLERO	P						■															
VENT. DISTRIBUCION	Q						■															
VENTA. EXTRACCION	R						■															
BANCO DE RESISTENCIAS	S						■															
ENSAMBLE DE BANCO DE RESISTENCIAS	T						■															
ENSAMBLE DEL TABLERO	U						■															

FIG. No. 16

# RUTA CRITICA



RUTA CRITICA

TIEMPO : HRS.

TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO : 493 HRS.

FIG. No. 17

PROY: Ricardo Zendejas F.	RUTA CRITICA (CPM) HORNO ELECTRICO	ESCALA: 5M
DIB: Ricardo Zendejas F.	<b>UNAM ENEP ARAGON</b> FABRICACION DE HORNOS INDUSTRIALES	ACOTACION: MM.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el estudio realizado de la fabricación de hornos, se observó que el estudio de tiempo es un punto muy importante para la fabricación. Para obtener el tiempo predeterminado, tiempo histórico y tiempo estándar.

Con esto se concluye que el tiempo estándar es el método más contable para poder estimar las horas-hombre de fabricación de cualquier producto. Utilizando los conceptos de Tiempo estándar se obtuvo un método, con el cual se puede estimar las horas-hombre de fabricación en los hornos industriales, conociendo las dimensiones del horno, ya que el método obtenido se basa en conjuntos de operaciones realizadas para fabricación de hornos, por metro cuadrado, lineal más el equipo.

Este método puede ser utilizado para cualquier tipo de horno ya que las operaciones son las mismas por su fabricación.

Para que este método sea de gran utilidad es necesario que exista una buena planeación y control de la producción, ya que como se observó en los ejemplos presentados, las horas-hombre de fabricación de un horno no deben ser muy elevadas, comparadas con las horas-hombre de los hornos tomados como referencia.

Aunque este método fue obtenido únicamente para la fabricación de hornos, puede ser tomado como referencia para la creación de otros métodos para productos con las mismas características de fabricación o para productos intermitentes como es el caso de los hornos.

Es importante que la industria metalmecánica tome conciencia de las horas-hombre, y que desarrolle mejores métodos de fabricación ya que esto ayudaría en gran medida a la reducción de sus costos de fabricación y pudiera en un momento dado bajar sus precios de venta y tener una mayor competencia en el mercado y una mejor utilidad neta.

### RECOMENDACIONES

- Creación de un departamento de Ingeniería Industrial, ya que la ingeniería industrial esta capacitada para resolver problemas de producción.
- Programación y control de la producción.
- Distribución del trabajo mas eficiente.
- Motivación del personal.
- Capacitación constante del personal.
- Control de calidad más estricta.
- Control de inventarios

### VENTAJAS

- Mayor utilización de la maquinaria y mano de obra.
- Aumento de producción.
- Mayor capacidad de producción.
- Disminución de los costos de fabricación.
- Aumento de las utilidades.
- Mayor competencia en el mercado.
- Reducción en los precios de venta.
- Aumento de la calidad del producto terminado.

## BIBLIOGRAFIA

Niebel W. Benjamín Ingeniería Industrial Métodos y Movimientos. Editorial Alfaomega. Tercera Edición. México 1990.

Oficina Internacional del Trabajo. Introducción al Estudio del Trabajo. Editorial Limusa. Tercera Edición. México 1980.

Chauvel Alain M., Tawfik Louis. Administración de la Producción. Editorial Iberoamericana. Primera Edición. México 1980.

Manuales Técnicos y de Instrucción para conservación de la Energía. Hornos Industriales. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía Editores (IDAE). Madrid 1987.

Metals Engineering-Institute. Heat Processing Technology. Ohio 1977.

Barnes Ralph M. Estudio de Movimientos y Tiempos. Editorial Aguilar. Quinta Edición. España 1979.

Salvendy Gavriel. Biblioteca del Ingeniero Industrial Vol. 4 Editorial Limusa. Primera Edición. México 1990.

Taha Handy A. Investigación de Operaciones, una Introducción. Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. Segunda Edición. México 1984.

C.A.I.S.A. Lineamientos de Diseño . México 1988.

Echavarry Gaytan Iran Zadok. Fundamentos de los Métodos CPM y PERT. Facultad de Ingeniería Sección de Ingeniería Industrial.