



UNEXPO

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"  
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CÁTEDRA: **INGENIERÍA DE MÉTODOS**



# Acondicionamiento del Proceso de Molienda de la Empresa Precast Refractories C.A.

**Profesor:**

Ing. Iván Turmero MSc

**Elaborado por:**

Carazas, Percy  
Faleni, Gabriel  
Ortega, María F  
Pereira, Daniel  
Ramos, Ricardo

Puerto Ordaz, Julio de 2006

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  | pp. |
|--|-----|
| INTRODUCCIÓN.....  | 6   |
| CAPÍTULO   |     |
| I GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....                                   | 8   |
| II EL PROBLEMA.....  | 9   |
| Antecedentes del Problema.....                                       | 9   |
| Planteamiento del Problema.....                                      | 10  |
| Objetivo General.....  | 10  |
| Objetivos Específicos.....   | 10  |
| Importancia.....   | 12  |
| III MARCO METODOLÓGICO.....  | 13  |
| Tipo de Estudio.....   | 13  |
| Población y Muestra.....   | 14  |
| Recursos de Recolección de Datos.....                                | 14  |
| Procedimiento.....   | 15  |
| IV MARCO TEÓRICO.....  | 17  |
| Técnicas de Interrogatorio.....                                      | 21  |
| Preguntas que sugiere la Organización Internacional del Trabajo..... | 23  |
| Análisis Operacional.....  | 36  |
| Estudio de Tiempos.....  | 43  |
| Reglas para Seleccionar Elementos.....                               | 49  |
| Toma de Tiempos.....   | 53  |
| Tiempo Estándar por Cronometraje.....                                | 56  |
| Método Estadístico.....  | 59  |
| Sistemas de Valoración.....  | 62  |
| V SITUACIÓN ACTUAL.....  | 67  |
| Seleccionar y Justificar.....  | 67  |

|  |     |
|--|-----|
| Método Actual.....   | 68  |
| Análisis General.....  | 72  |
| VI SITUACIÓN PROPUESTA.....  | 74  |
| Seleccionar y Justificar.....  | 74  |
| Técnicas de Interrogatorio.....                                      | 75  |
| Preguntas que sugiere la Organización Internacional del Trabajo..... | 80  |
| Análisis Operacional.....  | 93  |
| Método Propuesto.....  | 96  |
| Análisis General.....  | 101 |
| VII ESTUDIO DE TIEMPOS.....  | 103 |
| Tiempo Estándar.....   | 103 |
| Determinación de los Elementos.....                                  | 103 |
| Tamaño de la Muestra.....  | 104 |
| Determinación del Tiempo Estándar.....                               | 107 |
| Análisis de Tolerancias.....   | 113 |
| Análisis de Resultados.....  | 115 |
| Análisis General.....  | 116 |
| CONCLUSIONES.....  | 118 |
| RECOMENDACIONES.....   | 120 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 122 |
| ANEXO A. Molino de Martillo.....                                     | 124 |
| ANEXO B. Molino de Bolas.....  | 124 |
| ANEXO C. Área de Molienda.....                                       | 125 |
| ANEXO D. Filtro con Tolva de Salida.....                             | 125 |
| ANEXO E. Tabla Valores Críticos de la Distribución t de Student..... | 126 |
| ANEXO F. Tabla Concesiones por Fatiga.....                           | 127 |
| ANEXO G. Tablas del Sistema Westinghouse.....                        | 128 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  | pp. |
|--|-----|
| 1 Simbología utilizada en los Diagramas.....                         | 18  |
| 2 Información obtenida por Cronometraje de tiempo Vuelta a Cero..... | 104 |
| 3 Tiempo Total del Proceso expresado en minutos y segundos.....      | 105 |
| 4 Tiempo Total del Proceso expresado en minutos.....                 | 105 |
| 5. Calificación de la Velocidad del Operario.....                    | 108 |
| 6. Hoja de Concesiones por Fatiga.....                               | 112 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  | pp. |
|--|-----|
| 1 Diagrama del Proceso Molienda de Ladrillo Refractario.....             | 69  |
| 2 Diagrama de Flujo del Proceso de Molienda de Ladrillo Refractario..... | 71  |
| 3 Diagrama de Proceso Propuesto de la Fabricación de Chamota.....        | 98  |
| 4 Diagrama de Flujo Propuesto de la Fabricación de Chamota.....          | 100 |

## INTRODUCCIÓN

La empresa Precast Refractories C.A. está ubicada en la Zona Industrial Matanzas Sur, en Ciudad Guayana Estado Bolívar, fue fundada en el año 1998 y su actividad principal ha sido la fabricación de materiales refractarios a nivel industrial tales como pinturas, piezas cerámicas, morteros, entre otros, para comercializar a grandes empresas como SIDOR, ALCASA y VENALUM entre otras.

Esta empresa cuenta con diversas etapas que permiten la concepción de los productos que fabrica, entre éstas se encuentra el proceso de molienda, el cual se utiliza para obtener la materia prima necesaria en la producción de morteros refractarios. Este proceso genera un ruido excesivo, el cual aumenta la fatiga de todos los operarios de la empresa reduciendo de esta forma su productividad.

Este proceso de molienda fue incluido recientemente en la empresa, debido a la suspensión de la distribución de la materia prima, ladrillo refractario molido, para la fabricación de morteros refractarios, por parte de la empresa proveedora de dicho material. Por este motivo la empresa en estudio decide adquirir los equipos necesarios para obtener ladrillo refractario molido (chamota) y continuar en el mercado.

La introducción de este proceso de molienda trajo como consecuencia una serie de problemas entre los cuales se encuentran la ubicación física de los molinos de martillo y bola (ver anexo A y B respectivamente) dentro de la empresa, dificultades dentro del mismo proceso y el ruido producido por dichos equipos al operar.

Con este análisis se busca primeramente describir detalladamente el proceso de molienda de la empresa, analizar el entorno con respecto a variables como ruido, ventilación, temperatura e iluminación y elaborar diagramas de procesos y flujos o recorridos que permitan visualizar mejor el proceso y la distribución de la planta en general y la ubicación del equipo que lleva a cabo dicho proceso.

Posteriormente contando con la información del método actual se realiza un análisis operacional del proceso de molienda de la empresa, tomando en cuenta las variables del entorno, para elaborar diagramas de procesos y flujos o recorridos propuestos que permitan visualizar mejor el proceso y la ubicación de los equipos

Finalmente se realiza un estudio de tiempos del proceso de molienda de la empresa con el objeto de determinar el tiempo que debe asignarse a un operario promedio para llevar a cabo la actividad de molienda de ladrillo y así de esta forma al reducir los costos, planificar, determinar y controlar con exactitud los costos de mano de obra, establecer presupuestos y comparar los métodos, tomando en cuenta de igual manera las variables del entorno así como también los tiempos de ejecución de cada una de las actividades realizadas en el proceso.

El objetivo principal de este análisis es elaborar una propuesta de mejora al proceso de molienda realizado en la empresa, para dar recomendaciones y proponer mejoras de las condiciones de trabajo y aumentar la productividad de la empresa.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

Precast Refractories C.A. es una empresa ubicada en la Zona Industrial Matanzas Sur, en Ciudad Guayana Estado Bolívar, fundada el 6 de agosto de 1998 por Buenaventura Gamba. Actualmente se encuentra en proceso de obtención del certificado de calidad ISO 9000. Cuenta con siete (7) operarios en el área de producción y cuatro (4) empleados a nivel directivo. La actividad principal de la empresa es la fabricación de materiales refractarios a nivel industrial tales como pinturas, piezas cerámicas, morteros, entre otros.

Para la fabricación del mortero refractario es necesario como materia prima el uso de chamota, el cual se obtiene mediante un proceso de molienda de ladrillos refractarios que ha sido recientemente implementado en la empresa.

El ladrillo refractario llega a la empresa y es colocado en su área de recepción, luego es trasladado hasta el área de molienda (ver anexo C), donde se introduce en el molino por la parte superior, se procesa y se obtiene el producto terminado que es chamota, el cual es llevado al área de almacén de materia prima.



## **CAPÍTULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **Antecedentes del problema**

Anteriormente la empresa Precast Refractories C.A. compraba el ladrillo refractario ya molido (chamota), pero debido a que el proveedor empezó a producir mortero refractario éste decidió dejar de suministrar la materia prima. Por este motivo la empresa en estudio decide adquirir equipos de molienda para obtener chamota y continuar en el mercado.

La introducción de estos equipos en la empresa vino acompañada con una serie de problemas entre los cuales se encuentran la ubicación física dentro de la empresa, dificultades dentro del mismo proceso y el ruido producido por éste al operar.

## **Planteamiento del Problema**

El proceso de molienda implementado recientemente en la empresa Precast Refractories C.A. produce un ruido excesivo el cual aumenta la fatiga de todos los operarios de la empresa reduciendo de esta forma su productividad y generando riesgos en la salud de los mismos.

## **Objetivo General**

Elaborar una propuesta de mejora al proceso de molienda realizado en la empresa Precast Refractories C.A. a partir de un estudio de métodos de la situación actual para mejorar las condiciones de trabajo y aumentar la productividad de la empresa.

## **Objetivos Específicos**

1. Describir los elementos que causan fatiga en los operarios considerando primordialmente el ruido generado por el proceso de molienda y las altas temperaturas existentes en el área de producción.

2. Describir la ubicación actual de los equipos que conforman el área de molienda.
3. Diseñar los diagramas de proceso y de flujo o recorrido de material como actualmente se encuentran en la empresa.
4. Abordar los elementos que causan fatiga en los operarios considerando primordialmente el ruido generado por el proceso de molienda y las altas temperaturas existentes en el área de producción.
5. Reubicar los equipos que conforman el área de molienda de manera que se encuentren en una zona aislada para disminuir el impacto del ruido sobre los operarios.
6. Rediseñar los diagramas de proceso y de flujo o recorrido de material de manera que permitan obtener una eficiente distribución y disminuir el manejo de materiales por parte de los operarios.
7. Determinar el tamaño de la muestra para llevar a cabo el estudio de tiempos.
8. Determinar, a través del método de cronometraje vuelta a cero, los tiempos promedios seleccionados para el posterior cálculo del tiempo normal.
9. Establecer la calificación de velocidad y efectividad del operario para ajustarlos al tiempo requerido en la realización de la actividad a un ritmo normal, logrando así eficiencia en el trabajo.
10. Estimar las formas cualitativas y cuantitativas, a través del método Westinghouse, de los factores de fatiga que afectan el rendimiento laboral del operario para de esta manera determinar su clase, categoría y el porcentaje de evaluación de su desempeño.
11. Determinar el tiempo estándar para que un operario promedio plenamente calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo eficazmente la actividad del proceso de molienda de ladrillo refractario.

12. Dar conclusiones y recomendaciones para la mejora del proceso de molienda de la empresa para aumentar la productividad de la misma.

### **Importancia**

Se observa que en la empresa Precast Refractories C.A. los operarios del área de producción se fatigan debido al ruido generado por los molinos utilizados para la producción de chamota y por la falta de ventilación. Una mejora en el proceso de producción de chamota no solo va a representar a la empresa un aumento en la productividad sino también ayudar a disminuir la fatiga de los operarios.

Con este estudio que se concreta en una propuesta, se intenta determinar en primer lugar cuáles son las condiciones existentes en cuanto al proceso de molienda actual, estudiar las alternativas posibles, considerar las más factibles y aplicables a la empresa y, finalmente, dirigirlas a los directivos de la empresa.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **Tipo de Estudio**

La propuesta se basa en un tipo de estudio no experimental, descriptivo, de campo y evaluativo.

Es de tipo no experimental, pues no hay manipulación de las variables, razón por lo cual el proceso es observado tal y como se presenta en la realidad, para luego ser analizado.

Al mismo tiempo es descriptivo, ya que tiene como objetivo analizar la incidencia y los valores que manifiestan las variables estudiadas, vinculadas a aportar una mejora al proceso viable, que pueda constituir una solución al problema planteado.

Es de campo, ya que el estudio fue realizado observando los hechos en su ambiente natural, es decir, en el área de producción de la empresa.

Finalmente es evaluativo puesto que el objetivo del mismo es evaluar y criticar el método actual de trabajo de la empresa y evaluar y sincerar los tiempos obtenidos en el método actual a fin de corregir las deficiencias presentadas e introducir las mejoras necesarias, para aumentar la productividad de la empresa y disminuir la fatiga de los operarios.

## **Población y Muestra**

La población y la muestra del estudio realizado es en este caso la misma, siendo esta el molino de bolas, el molino de martillo y el filtro con tolva de salida (ver anexo D).

## **Recursos de Recolección de Datos**

Los medios empleados para obtener la información requerida, al fin del desarrollo del estudio, han sido:

1. Observación del Proceso: ésta puede ser de dos tipos, la primera llamada observación simple, y la segunda es la observación participante, donde el investigador tiene una interacción con su objeto de estudio, y recoge o extrae la información requerida teniendo contacto directo con el hecho que se está estudiando. En este caso la observación es de tipo participante.
2. Entrevista: esta ha sido realizada al jefe del área de almacén y producción para evaluar la situación laboral de los operarios de dicha área; así como también a los ingenieros de turno.
3. Manual: manual de la empresa Precast Refractories C.A. *Materiales Refractarios en la Industria del Aluminio* realizado por Ing. Ramón Charles.
4. Cronómetros: se utiliza el método vuelta a cero para la toma de tiempos.

5. Formatos de recolección de datos para la toma de tiempos.

### **Procedimiento**

Para la realización de la investigación se siguieron los siguientes pasos:

1. Se efectuó la visita a la empresa con el objeto de realizar la observación del proceso de molienda.
2. Se definió la actividad a estudiar en este caso el proceso de molienda.
3. El proceso comienza al encender el molino de martillo, luego se introduce el ladrillo refractario, se procesa y luego de una segunda molienda con el molino de bolas se obtiene el producto terminado que es chamota.
4. Se realizó el diagrama de proceso utilizado actualmente.
5. Se realizó el diagrama de flujo o recorrido utilizado actualmente.
6. Se efectúa un análisis general de la situación actual.
7. Se efectuó la visita a la empresa con el objeto de realizar la entrevista al personal que labora en el proceso y realizar la observación del proceso de molienda que se lleva a cabo en la misma.
8. Se llevó a cabo el examen crítico a través de:
  - 8.1. La técnica del interrogatorio.
  - 8.2. Las preguntas que plantea la OIT.
  - 8.3. El análisis operacional.
9. Se propusieron mejoras en la secuencia de trabajo a través de un métodos propuesto que incluye:
  - 9.1. Distribución de la planta.

- 9.2. Diagrama de proceso.
- 9.3. Diagrama de flujo o recorrido.
- 10. Se efectúa un análisis general de la situación propuesta.
- 11. Se efectuó la visita a la empresa con el objeto de realizar un estudio de tiempo al proceso.
- 12. Se tomó una muestra piloto  $n = 3$ .
- 13. Se realizó el cronometraje con el método vuelta a cero.
- 14. Se efectuó el análisis de factibilidad de la muestra.
  - 14.1. Desviación Estándar de la Muestra.
  - 14.2. El estadístico  $t$  de Student.
  - 14.3. Intervalo de confianza  $I$ .
  - 14.4. Intervalo de la muestra  $I_m$ .
  - 14.5. Aplicación del criterio de decisión.
- 15. Se vació la información en el formato.
- 16. Se determinó el Tiempo Promedio Seleccionado.
- 17. Se realizó la evaluación al operario utilizado el método Westinghouse.
- 18. Determinación del Tiempo Normal.
- 19. Definición del Tiempo de Tolerancias.
- 20. Cálculo del tiempo de fatiga a través del método sistemático.
- 21. Cálculo del tiempo estándar de la operación.
- 22. Una vez hecho el estudio se realizó un análisis de los resultados obtenidos para dar recomendaciones y conclusiones.



## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO TEÓRICO**

La ingeniería de métodos se basa en un conjunto de métodos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo o indirecto a un concienzudo escrutinio, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo, en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad. Su finalidad es incrementar la utilidad de la empresa.








Importancia de la Ingeniería de Métodos:

1. Mejora la eficiencia al eliminar el trabajo innecesario, las demoras evitables y otras formas de desperdicios.
2. Técnica más recomendada para incrementar la productividad de la empresa; sus aplicaciones incluyen tanto el diseño, la creación de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos y habilidades para fabricar un producto.
3. Determinación del tiempo estándar que se requiere para la fabricación del producto.
4. Cumplimiento de normas o estándares establecidos.
5. Retribución al trabajador por su rendimiento.

La Ingeniería de Métodos busca eliminar todos los elementos que no sirvan o perturben un proceso.

A efectos de análisis y para facilitar la eliminación de las definiciones es conveniente agrupar, las acciones que tienen lugar durante un proceso dado en cinco símbolos. Estos se conocen, como: operación, inspección, demora, transporte y almacenamiento. Las definiciones que a continuación se dan abarcan el significado de estos símbolos en la confección de los diagramas de proceso:

Tabla 1. *Simbología Utilizada en los Diagramas.*

| Evento     | Símbolo   | Características  |
|------------|---|--|
| Operación  |    | Se agrega valor al producto (cortar, pintar, soldar) Modificación intencional que se le hace a un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas.          |
| Inspección |    | Verificación de la cantidad y/o calidad de la parte a través de observación o instrumentos.  |
| Transporte |    | Indica movimiento de los trabajadores, materiales o equipos de un lugar a otro. Recorridos inversos (ida y vuelta) se realizan por el mismo lugar.                         |
| Demora     |    | Ocurre cuando las condiciones no permiten la inmediata realización de la acción planeada. (Inevitable-Proceso) (Evitable-Individuo).                                       |
| Almacenaje |    | Tiene lugar cuando un objeto se mantiene y protege contra un traslado no autorizado (temporal o permanente)<br>Temporal: Prod. en Proceso;<br>Permanente: Prod. Terminada. |
| Conectores |   | En una hoja donde no quepa el diagrama se termina con un conector y un número y donde exista otro con igual número se continúa.  |

El diagrama del proceso (ver figura 1), es una representación gráfica de los acontecimientos que se producen durante una serie de acciones u operaciones y de la información concerniente a los mismos. Este tipo de

diagrama o esquema también puede referirse, solamente a las operaciones e inspecciones, en cuyo caso sería un diagrama de operaciones, siendo de particular utilidad cuando se trata de tener una idea de los trabajos realizados sobre un conjunto de piezas o componentes que constituyen un montaje, grupo o producto.

La utilidad de esta clase de diagramas es la de construir un examen previo y sintetizado de los procesos de trabajo, que puede servir como base a estudios posteriores más amplios y detallados. Mediante este examen se pueden precisar los hechos de mayor relevancia; por ejemplo, si se puede eliminar una operación, situar las inspecciones en el momento y lugar adecuado, racionalizar los movimientos de materiales y piezas, y eliminar o disminuir las demoras. Los diagramas de proceso pueden representarse sobre hojas, sobretodo cuando se trata de describir acontecimientos que atañen a más de una pieza o bien las actividades de más de una persona. Cuando se está habituado a utilizarlos regularmente, es preferible adoptar impresos previamente preparados.

El diagrama de flujo o recorrido (ver figura 2), es una representación gráfica sobre el plano del área en el cual se desarrolla la actividad, con las ubicaciones de los puestos de trabajo y el traslado de los movimientos de los hombres y/o de los materiales.

Este tipo de diagrama se utiliza cuando los recorridos que siguen los materiales y piezas son largos, en general cuando por una u otra causa se debe tener en cuenta de manera especial o hacer resaltar este factor por la importancia que pueda tener en el estudio. Otra modalidad es el diagrama planimétrico (layout), que se realiza trasladando sobre él las actividades registradas en el diagrama de recorrido con sus correspondientes símbolos e idéntica numeración a la utilizada, caso de haber elaborado previamente dicho diagrama de recorrido.

Entre algunas definiciones utilizadas en la descripción del proceso de molienda se encuentran:

1. *Ladrillo Refractario*: son productos refractarios cocidos o no, de forma geométrica regular o estandarizada; pueden tener recubrimiento metálico externo y en algunos casos refuerzos mecánicos internos.
2. *Proceso de Molienda*: proceso realizado en la empresa Precast Refractories C.A. mediante el cual se reduce el tamaño del material mineralizado para obtener chamota.
3. *Chamota*: Materiales cerámicos que han sido cocidos, molidos y reducidos a granos de varios grosores y se utiliza como desengrasante. En la empresa sirve como materia prima para la producción del mortero refractario.
4. *Molino de martillo*: se utiliza para procesar el material y hacerlo más fino, está constituido por un tambor cilíndrico donde se fijan una serie de palancas giratorias que golpean al material. Se utiliza para obtener la primera molienda del proceso de fabricación de chamota en la empresa.
5. *Molino de bolas*: cilindro metálico cuyas paredes están reforzadas con material fabricado en aleaciones de acero al manganeso. Estas molduras van apernadas al casco del molino y se sustituyen cuando se gastan. El molino gira y la molienda se realiza por efecto de la bolas de acero al cromo o manganeso que, al girar con el molino, son retenidas por las ondulaciones de las molduras a una altura determinada, desde donde caen pulverizando por efecto del impacto el material mineralizado. Se utiliza en la empresa para moler la chamota de primera molienda para después de procesada obtener el producto terminado, la chamota.
6. *Mortero Refractario*: Material finamente pulverizado que se hace plástico y trabajable al estar mezclado con agua y que es adecuado para instalar y unir ladrillos y piezas refractarias. Los morteros refractarios pueden ser de fraguado al aire o de fraguado al fuego

dependiendo de la temperatura a la cual desarrollan sus propiedades mecánicas.

## **Técnicas de Interrogatorio**

### *Fase I*

- Propósito:
  1. ¿Qué se hace?
  2. ¿Por qué se hace?
  3. ¿Qué otra cosa podría hacerse?
  4. ¿Qué debería hacerse?
- Lugar:
  1. ¿Dónde se hace?
  2. ¿Por qué se hace allí?
  3. ¿En qué otro lugar podría hacerse?
  4. ¿Dónde debería hacerse?
- Sucesión:
  1. ¿Cuándo se hace?
  2. ¿Por qué se hace entonces?
  3. ¿Cuándo podría hacerse?
  4. ¿Cuándo debería hacerse?
- Personas:
  1. ¿Quién lo hace?
  2. ¿Por qué lo hace esa persona?
  3. ¿Qué otra persona podría hacerlo?
  4. ¿Quién debería hacerlo?
- Medios:
  1. ¿Cómo se hace?
  2. ¿Por qué se hace de ese modo?
  3. ¿De qué otro modo podría hacerse?

## 4. ¿Cómo debería hacerse?

*Fase II*

- Material:
  1. ¿Puede hacerse en la empresa?
  2. ¿Puede sustituirse por otro mejor, más barato o menos escaso?
  3. ¿Se han reducido los desperdicios?
  4. ¿Pueden usarse los desperdicios?
- Maquinarias y Herramientas:
  1. ¿Están en buenas condiciones?
  2. ¿Son las adecuadas?
  3. ¿Están colocadas convenientemente?
  4. ¿Se puede aprovechar el tiempo libre de operadores o máquinas?
- Distribución y Condiciones del Lugar:
  1. ¿Se han reducido al mínimo los transportes?
  2. ¿Está limpio y ordenado el lugar?
  3. ¿Se usa el espacio disponible?
  4. ¿Se usa el espacio destinado a producción para almacenaje o desperdicios?
- Seguridad:
  1. ¿Es el método más seguro y fácil?
  2. ¿Entiende el operario las reglas de seguridad?
  3. ¿Qué requisitos o aptitudes debe reunir el trabajador, agudeza visual, etc.?
  4. ¿Cuenta con el equipo de seguridad necesario?
- Diseño:
  1. ¿Puede variar la calidad cambiándolo?
  2. ¿Son necesarias y apropiadas las tolerancias?
  3. ¿Se reduce el tiempo y materiales combinándolo?
  4. ¿Es más fácil su manejo?

## Preguntas que sugiere la Organización Internacional del Trabajo

Existe una lista indicativa de preguntas utilizables al aplicar el interrogatorio previsto en el estudio de métodos que sugiere la Organización Internacional del Trabajo. Están agrupadas bajo los siguientes epígrafes:

- A. Operaciones.
- B. Modelo.
- C. Condiciones exigidas por la inspección.
- D. Manipulación de materiales.
- E. Análisis del proceso.
- F. Materiales.
- G. Organización del trabajo.
- H. Herramientas y equipo.
- I. Condiciones del trabajo.
- J. Enriquecimiento de la tarea de cada puesto.

### A. Operaciones.

1. ¿Qué propósito tiene la operación?
2. ¿Es necesario el resultado que se obtiene con ella? En caso afirmativo, ¿a qué se debe que sea necesario?
3. ¿Es necesaria la operación porque la anterior no se ejecutó debidamente?
4. ¿Se previó originalmente para rectificar algo que ya se rectificó de otra manera?
5. Si se efectúa para mejorar el aspecto exterior del producto, ¿el costo suplementario que representa mejora las posibilidades de venta?
6. ¿El propósito de la operación puede lograrse de otra manera?
7. ¿No podría el proveedor de material efectuarla en forma más económica?

8. ¿La operación se efectúa para responder a las necesidades de todos los que utilizan el producto?; ¿O se implantó para atender a las exigencias de uno o dos clientes nada más?
9. ¿Hay alguna operación posterior que elimine la necesidad de efectuar la que se estudia ahora?
10. ¿La operación se efectúa por la fuerza de la costumbre?
11. ¿Se implantó para reducir el costo de una operación anterior?; ¿o de una operación posterior?
12. ¿Fue añadida por el departamento de ventas como suplemento fuera de serie?
13. ¿Puede comprarse la pieza a menor costo?
14. Si se añadiera una operación, ¿se facilitarían la ejecución de otras?
15. ¿La operación se puede efectuar de otro modo con el mismo resultado?
16. Si la operación se implantó para rectificar una dificultad que surge posteriormente, ¿es posible que la operación sea más costosa que la dificultad?
17. ¿No cambiaron las circunstancias desde que se añadió la operación al proceso?
18. ¿Podría combinarse la operación con una operación anterior o posterior?

B. Modelo.

1. ¿Puede modificarse el modelo para simplificar o eliminar la operación?
2. ¿Permite el modelo de la pieza seguir una buena práctica de fabricación?
3. ¿Pueden obtenerse resultados equivalentes cambiando el modelo de modo que se reduzcan los costos?
4. ¿No puede utilizarse una pieza de serie en vez de ésta?
5. ¿Cambiando el modelo se facilitarían la venta?; ¿se amplía el



mercado?

6. ¿No podría convertirse una pieza de serie para reemplazar a ésta?
7. ¿Puede mejorarse el aspecto del artículo sin perjuicio para su utilidad?
8. ¿El costo suplementario que supondría mejorar el aspecto y la utilidad del producto que darla compensado por un mayor volumen de negocios?
9. ¿El aspecto y la utilidad del producto son los mejores que se puedan presentar en plaza por el mismo precio?
10. ¿Se utilizó el análisis del valor?

C. Condiciones exigidas por la inspección.

1. ¿Qué condiciones de inspección debe llenar esta operación?
2. ¿Todos los interesados conocen esas condiciones?
3. ¿Qué condiciones se exigen en las operaciones anteriores y posteriores?
4. Si se modifican las condiciones exigidas a esta operación, ¿será más fácil de efectuar?
5. Si se modifican las condiciones exigidas a la operación anterior. ¿Esta será más fácil de efectuar?
6. ¿Son realmente necesarias las normas de tolerancia, variación, acabado y demás?
7. ¿Se podrían elevar las normas para mejorar la calidad sin aumentar innecesariamente los costos?
8. ¿Se reducirían apreciablemente los costos si se rebajaran las normas?
9. ¿Existe alguna forma de dar al producto acabado una calidad superior a la actual?
10. ¿Las normas aplicadas a este producto (u operación) son superiores, inferiores o iguales a las de productos (u operaciones) similares?
11. ¿Puede mejorarse la calidad empleando nuevos procesos?

12. ¿Se necesitan las mismas normas para todos los clientes?
13. Si se cambiaran las normas y las condiciones de inspección, ¿aumentarían o disminuiría las mermas, desperdicios y gastos de la operación, del taller o del sector?
14. ¿Las tolerancias aplicadas en la práctica son las mismas que las indicadas en el plano?
15. ¿Concuerdan todos los interesados en lo que es la calidad aceptable?
16. ¿Cuáles son las principales causas de que se rechace esta pieza?
17. ¿La norma de calidad está precisamente definida o es cuestión de apreciación personal?

**D. Manipulación de materiales.**

1. ¿Se invierte mucho tiempo en llevar y traer el material del puesto de trabajo en proporción con el tiempo invertido en manipularlo en dicho puesto?
2. En caso contrario, ¿podrían encargarse de la manipulación los operarios de máquinas para que el cambio de ocupación les sirva de distracción?
3. ¿Deberían utilizarse carretillas de mano, eléctricas o elevadoras de horquilla?
4. ¿Deberían idearse plataformas, bandejas, contenedores o paletas especiales para manipular el material con facilidad y sin daños?
5. ¿En qué lugar de la zona de trabajo deberían colocarse los materiales que llegan o que salen?
6. ¿Se justifica un transportador? Y en caso afirmativo, ¿qué tipo sería más apropiado para el uso previsto?
7. ¿Es posible aproximar entre ellos los puntos donde se efectúan las sucesivas fases de la operación y resolver el problema de la manipulación aprovechando la fuerza de gravedad?
8. ¿Se puede empujar el material de un operario a otro a lo largo del

banco?

9. ¿Se puede despachar el material desde un punto central con un transportador?
10. ¿El tamaño del recipiente o contenedor corresponde a la cantidad de material que se va a trasladar?
11. ¿Puede el material llevarse hasta un punto central de inspección con un transportador?
12. ¿Podría el operario inspeccionar su propio trabajo?
13. ¿Puede idearse un recipiente que permita alcanzar el material más fácilmente?
14. ¿Podría colocarse un recipiente en el puesto de trabajo sin quitar el material?
15. ¿Podría utilizarse con provecho un chigre eléctrico o neumático o cualquier otro dispositivo para izar?
16. Si se utiliza una grúa de puente. ¿Funciona con rapidez y precisión?
17. ¿Puede utilizarse un tractor con remolque? ¿Podría reemplazarse el transportador por ese tractor o por un ferrocarril de empresa industrial?
18. ¿Se podría aprovechar la fuerza de gravedad empezando la primera operación a un nivel más alto?
19. ¿Se podrían usar canaletas para recoger el material y hacerlo bajar hasta unos contenedores?
20. ¿Se resolvería más fácilmente el problema del curso y manipulación de los materiales trazando un cursograma analítico?
21. ¿Está el almacén en un lugar cómodo?
22. ¿Están los puntos de carga y descarga de los camiones en lugares céntricos?
23. ¿Pueden utilizarse transportadores de un piso a otro?
24. ¿Se podrían utilizar en los puestos de trabajo recipientes de materiales portátiles cuya altura llegue a la cintura?

25. ¿Es fácil despachar las piezas a medida que se acaban?
26. ¿Se evitaría con una placa giratoria la necesidad de desplazarse?
27. ¿La materia prima que llega se podría descargar en el primer puesto de trabajo para evitar la doble manipulación?
28. ¿Podrían combinarse operaciones en un solo puesto de trabajo para evitar la doble manipulación?
29. ¿Se podría evitar la necesidad de pesar las piezas si se utilizaran recipientes estandarizado?
30. ¿Se eliminarían las operaciones con grúa empleando un montacargas hidráulico?
31. ¿Podría el operario entregar las piezas que acaba al puesto de trabajo siguiente?
32. ¿Los recipientes son uniformes para poderlos apilar y evitar que ocupen demasiado espacio en el suelo?
33. ¿Se pueden comprar los materiales en tamaños más fáciles de manipular?
34. ¿Se ahorrarían demoras si hubiera señales (lucos, timbres, etc.) que avisaran cuando se necesite más material?
35. ¿Se evitarían los atropellos con una mejor programación de las etapas?
36. ¿Se evitarían las esperas de la grúa con una mejor planificación?
37. ¿Pueden cambiarse de lugar los almacenes y las pilas de materiales para reducir la manipulación y el transporte?

E. Análisis del proceso.

1. ¿La operación que se analiza puede combinarse con otra? ¿No se puede eliminar?
2. ¿Se podría descomponer la operación para añadir sus diversos elementos a otras operaciones?
3. ¿Podría algún elemento efectuarse con mejor resultado como

operación aparte?

4. ¿La sucesión de operaciones es la mejor posible? ¿O mejoraría si se le modificara el orden?
5. ¿Podría efectuarse la misma operación en otro departamento para evitar los costos de manipulación?
6. ¿No sería conveniente hacer un estudio conciso de la operación estableciendo su cursograma analítico?
7. Si se modificara la operación, ¿qué efecto tendría el cambio sobre las demás operaciones?; ¿y sobre el producto acabado?
8. Si se puede utilizar otro método para producir la pieza, ¿se justificaría el trabajo y el despliegue de actividad que acarrearía el cambio?
9. ¿Podrían combinarse la operación y la inspección?
10. ¿El trabajo se inspecciona en el momento decisivo o cuando está acabado?
11. Si hubiera giras de inspección, ¿se eliminarían los desperdicios, mermas y gastos injustificados?
12. ¿Podrían fabricarse otras piezas similares utilizando el mismo método, las mismas herramientas y la misma forma de organización?

#### F. Materiales.

1. ¿El material que se utiliza es realmente adecuado?
2. ¿No podría reemplazarse por otro más barato que igualmente sirviera?
3. ¿No se podría utilizar un material más ligero?
4. ¿El material se compra ya acondicionado para el uso?
5. ¿Podría el abastecedor introducir reformas en la elaboración del material para mejorar su uso y disminuir los desperdicios?
6. ¿El material es entregado suficientemente limpio?
7. ¿Se compra en cantidades y dimensiones que lo hagan cundir al máximo y reduzcan la merma y los retazos y cabos inprovechables?

8. ¿Se saca el máximo partido posible del material al cortarlo?; ¿y al elaborado?
9. ¿Son adecuados los demás materiales utilizados en la elaboración: aceites, agua, ácidos, pintura, aire comprimido, electricidad? ¿Se controla su uso y se trata de economizarlos?
10. ¿Es razonable la proporción entre los costos de material y los de mano de obra?
11. ¿No se podría modificar el método para eliminar el exceso de mermas y desperdicios?
12. ¿Se reducida el número de materiales utilizados si se estandarizara la producción?
13. ¿No se podría hacer la pieza con sobrantes de material o retazos inaprovechables?
14. ¿Se podrían utilizar materiales nuevos: plástico, fibra prensada, etc.?
15. ¿El proveedor de material lo somete a operaciones que no son necesarias para el proceso estudiado?
16. ¿Se podrían utilizar materiales extruidos?
17. Si el material fuera de una calidad más constante, ¿podría regularse mejor el proceso?
18. ¿No se podría reemplazar la pieza de fundición por una pieza fabricada, para ahorrar en los costos de matrices y moldeado?
19. ¿Sobra suficiente capacidad de producción para justificar esa fabricación adicional?
20. ¿El material es entregado sin bordes filosos ni rebabas?
21. ¿Se altera el material con el almacenamiento?
22. ¿Se podrían evitar algunas de las dificultades que surgen en el taller si se inspeccionara más cuidadosamente el material cuando es entregado?
23. ¿Se podrían reducir los costos y demoras de inspección efectuando la inspección por muestreo y clasificando a los proveedores según su

fiabilidad?"

24. ¿Se podría hacer la pieza de manera más económica con retazos de material de otra calidad?

G. Organización del trabajo.

1. ¿Cómo se atribuye la tarea al operario?
2. ¿Están las actividades tan bien reguladas que el operario siempre tiene algo que hacer?
3. ¿Cómo se dan las instrucciones al operario?
4. ¿Cómo se consiguen los materiales?
5. ¿Cómo se entregan los planos y herramientas?
6. ¿Hay control de la hora? En caso afirmativo, ¿cómo se verifican la hora de comienzo y de fin de la tarea?
7. ¿Hay muchas posibilidades de retrasarse en la oficina de planos, el almacén de herramientas, el de materiales y en la teneduría de libros del taller?
8. ¿La disposición de la zona de trabajo da buen resultado o podría mejorarse?
9. ¿Los materiales están bien situados?
10. ¿Si la operación se efectúa constantemente, ¿cuánto tiempo se pierde al principio y al final del turno en operaciones preliminares y puesta en orden?
11. ¿Cómo se mide la cantidad de material acabado?
12. ¿Existe un control preciso entre las piezas registradas y las pagadas?
13. ¿Se podrían utilizar contadores automáticos?
14. ¿Qué clase de anotaciones deben hacer los operarios para llenar las tarjetas de tiempo, los bonos de almacén y demás fichas?
15. ¿Qué se hace con el trabajo defectuoso?
16. ¿Cómo está organizada la entrega y mantenimiento de las herramientas?

17. ¿Se llevan registros adecuados del desempeño de los operarios?
18. ¿Se hace conocer debidamente a los nuevos obreros los locales donde trabajarán y se les dan suficientes explicaciones?
19. ¿Cuando los trabajadores no alcanzan cierta norma de desempeño, ¿se averiguan las razones?
20. ¿Se estimula a los trabajadores a presentar ideas?
21. ¿Los trabajadores entienden de veras el sistema de salarios por rendimiento según el cual trabajan?

#### H. Disposición del lugar de trabajo.

1. ¿Facilita la disposición de la fábrica la eficaz manipulación de los materiales?
2. ¿Permite la disposición de la fábrica un mantenimiento eficaz?
3. ¿Proporciona la disposición de la fábrica una seguridad adecuada?
4. ¿Permite la disposición de la fábrica realizar cómodamente el montaje?
5. ¿Facilita la disposición de la fábrica las relaciones sociales entre los trabajadores?
6. ¿Están los materiales bien situados en el lugar de trabajo?
7. ¿Están las herramientas colocadas de manera que se puedan asir sin reflexión previa y sin la consiguiente demora?
8. ¿Existen superficies adecuadas de trabajo para las operaciones secundarias, como la inspección y el desbarbado?
9. ¿Existen instalaciones para eliminar y almacenar las virutas y desechos?
10. ¿Se han tomado suficientes medidas para dar comodidad al operario, previendo, por ejemplo, ventiladores, sillas, enrejados de madera para los pisos mojados, etc.?
11. ¿La luz existente corresponde a la tarea de que se trate?
12. ¿Se ha previsto un lugar para el almacenamiento de herramientas y



calibradores?

13. ¿Existen armarios para que los operarios puedan guardar sus efectos personales?

I. Herramientas y equipo.

1. ¿Podría idearse una plantilla que sirviera para varias tareas?
2. ¿Es suficiente el volumen de producción para justificar herramientas y dispositivos muy perfeccionados y especializados?
3. ¿Podría utilizarse un dispositivo de alimentación o carga automática?
4. ¿La plantilla no se podría hacer con material más liviano o ser de un modelo que lleve menos material y se maneje más fácilmente?
5. ¿Existen otros dispositivos que puedan adaptarse para esta tarea?
6. ¿El modelo de la plantilla es el más adecuado?
7. ¿Disminuida la calidad si se empleara un herramental más barato?
8. ¿Tiene la plantilla un modelo que favorezca al máximo la economía de movimientos?
9. ¿La pieza puede ponerse y quitarse rápidamente de la plantilla?
10. ¿Sería útil un mecanismo instantáneo mandado por leva para ajustar la plantilla, la grapa o la tuerca?
11. ¿No se podrían instalar eyectores en el soporte para que la pieza se soltara automáticamente cuando se abriera el soporte?
12. ¿Se suministran las mismas herramientas a todos los operarios?
13. ¿Si el trabajo tiene que ser exacto, ¿se dan a los operarios calibradores y demás instrumentos de medida adecuados?
14. ¿El equipo de madera está en buen estado y los bancos no tienen astillas levantadas?
15. ¿Se reducida la fatiga con un banco o pupitre especial que evitara la necesidad de encorvarse, doblarse y estirarse?
16. ¿Es posible el montaje previo?
17. ¿Puede utilizarse un herramental universal?

18. ¿Puede reducirse el tiempo de montaje?
19. ¿Las herramientas están en posiciones calculadas para el uso a fin de evitar la demora de la reflexión?
20. ¿Cómo se reponen los materiales utilizados?
21. ¿Sería posible y provechoso proporcionar al operario un chorro de aire accionado con la mano o con pedal?
22. ¿Se podría utilizar plantillas?
23. ¿Se podrían utilizar guías o chavetas de punta chata para sostener la pieza?
24. ¿Qué hay que hacer para terminar la operación y guardar las herramientas y accesorios?

J. Condiciones de trabajo.

1. ¿La luz es uniforme y suficiente en todo momento?
2. ¿Se ha eliminado el resplandor de todo el lugar de trabajo?
3. ¿Se proporciona en todo momento la temperatura más agradable?; y en caso contrario ¿no se podrían utilizar ventiladores o estufas?
4. ¿Se justificaría la instalación de aparatos de aire acondicionado?
5. ¿Se pueden reducir los niveles de ruido?
6. ¿Se pueden eliminar los vapores, el humo y el polvo con sistemas de evacuación?
7. Si los pisos son de hormigón. ¿Se podrían poner enrejados de madera o esteras, para que fuera más agradable estar de pie en ellos?
8. ¿Se puede proporcionar una silla?
9. ¿Se han colocado grifos de agua fresca en lugares cercanos del trabajo?
10. ¿Se han tenido debidamente en cuenta los factores de seguridad?
11. ¿Es el piso seguro y liso, pero no resbaladizo?
12. ¿Se enseñó al trabajador a evitar los accidentes?
13. ¿Su ropa es adecuada para prevenir riesgos?

14. ¿Da la fábrica en todo momento impresión de orden y pulcritud?
15. ¿Con cuánta minucia se limpia el lugar de trabajo?
16. ¿Hace en la fábrica demasiado frío en invierno o falta el aire en verano, sobre todo al principio de la primera jornada de la semana?
17. ¿Están los procesos peligrosos adecuadamente protegidos?

K. Enriquecimiento de la tarea de cada puesto.

1. ¿Es la tarea aburrida o monótona?
2. ¿Puede hacerse la operación más interesante?
3. ¿Puede combinarse la operación con operaciones precedentes o posteriores a fin de ampliarla?
4. ¿Cuál es el tiempo del ciclo?
5. ¿Puede el operario efectuar el montaje de su propio equipo?
6. ¿Puede el operario realizar la inspección de su propio trabajo?
7. ¿Puede el operario desbarbar su propio trabajo?
8. ¿Puede el operario efectuar el mantenimiento de sus propias herramientas?
9. ¿Se puede dar al operario un conjunto de tareas y dejarle que programe el trabajo a su manera?
10. ¿Puede el operario hacer la pieza completa?
11. ¿Es posible y deseable la rotación entre puestos de trabajo?
12. ¿Se puede aplicar la distribución del trabajo organizada por grupos?
13. ¿Es posible y deseable el horario flexible?
14. ¿El ritmo de la operación está determinado por el de la máquina?
15. ¿Se pueden prever existencias reguladoras para permitir variaciones en el ritmo de trabajo?
16. ¿Recibe el operario regularmente información sobre su rendimiento?

## **Análisis Operacional**

Cuando se usan los nueve enfoques primarios de análisis al estudiar cada operación, la atención se centra en las partes que tienen más oportunidad de producir mejoras. El método de análisis recomendado es tomar cada paso del método actual y analizarlo, tomando en cuenta todos los puntos clave, con un enfoque claro y específico en las mejoras. Se sigue este mismo procedimiento en las subsecuentes operaciones, inspecciones, movimientos, almacenamientos, etc. Una vez analizado cada elemento, se estudia el producto completo y se consideran de nuevo todos los puntos de análisis en busca de todas las posibilidades de mejora. Con el fin de lograr los ahorros máximos, deben estudiarse con cuidado las operaciones individuales y colectivas.

### **1. Propósito De La Operación**

Este quizás sea el más importante de los nueve puntos del análisis de la operación. La mejor manera de simplificar una operación es formular una manera de obtener los mismos resultados, o mejores, sin costo adicional. La regla elemental de un analista es tratar de eliminar o combinar una operación antes de intentar mejorarla.

En muchos casos, la tarea o el proceso no deben simplificarse o mejorarse, sino eliminarse por completo. Al eliminar una operación se ahorra el costo de la instalación de un método mejorado y no hay interrupciones o retrasos, pues no se desarrolla, prueba e instala ese método mejorado. No tiene que capacitarse a los operarios y la resistencia al cambio se minimiza cuando se elimina una tarea o actividad innecesaria. Respecto a la documentación, antes de desarrollar una forma de transferencia de información, el analista debe preguntarse “¿en realidad se necesita la forma?” Con el avance de los sistemas controlados por computadora actuales debe reducirse la producción de formas y documentos.

Con frecuencia, las operaciones innecesarias son el resultado de una planeación inadecuada al establecer el trabajo. Una vez determinada la rutina estándar, es difícil cambiarla, aun cuando el cambio elimine una parte del trabajo y lo haga más sencillo. Al planear nuevos trabajos, el personal de planeación puede incluir una operación adicional si existe la posibilidad de rechazo del producto sin ese trabajo adicional.

Las operaciones innecesarias surgen a menudo por un desempeño inadecuado de la operación anterior. Debe realizarse una segunda operación para corregir o dejar aceptable el trabajo de la primera.

Para eliminar una operación el analista debe considerar la siguiente pregunta: "¿puede un proveedor externo realizar la operación a menor costo?".

Es necesario establecer el propósito de cada operación antes de intentar mejorarla. Una vez establecido que la operación es necesaria, los otros pasos del análisis operacional deben ayudar a determinar como mejorarla.

## 2. Diseño de Partes

Comúnmente se piensa que una vez aceptado el diseño, el único recurso disponible es planear su manufactura económica. Aun cuando puede ser difícil introducir incluso un pequeño cambio en el diseño, se debe revisar todos los diseños en busca de mejoras posibles. Los diseños se pueden cambiar, y si el resultado es una mejora y la actividad del trabajo del trabajo es significativa, entonces el cambio debe realizarse.

Para mejorar el diseño, deben tomarse en cuenta las siguientes bases para obtener diseños de menor costo para cada componente y subensamble:

- Simplificar los diseños para reducir el número de partes.
- Reducir el número de operaciones y las distancias recorridas en la fabricación, ensamblando mejor las partes y facilitando el maquinado.
- Utiliza mejores materiales.

- Liberar tolerancias y apoyar la exactitud en las operaciones claves, en lugar de aplicar una serie de límites estrechos.
- Diseñar para la fabricación y el ensamble.

Criterios a aplicar en el desarrollo de formas:

- Mantener la sencillez en su diseño, minimizando la cantidad de información.
- Proporcionar espacio suficiente para cada dato que permite distintos métodos para asentarlos.
- La secuencia de información de entrada debe tener un patrón lógico.
- Codificar con colores la forma para facilitar la distribución y las rutas.
- Proporcionar márgenes adecuados para ajustarse a procedimiento e instalaciones de archivo estándar.
- Limitar las formas de computadora a una hoja.

### 3. Tolerancias y Especificaciones

Es común que este punto se considere al revisar el diseño. Sin embargo, generalmente esto no es adecuado y conviene considerar el asunto de las tolerancias especificaciones independientemente de los otros enfoques en el análisis de la operación.

Actualmente la "representación geométrica de dimensionamiento y fijación de tolerancias" es un lenguaje grafotécnico es ampliamente utilizado en las industrias manufactureras y organismos gubernamentales, como un medio para especificar la configuración geométrica o forma de una pieza en un dibujo en ingeniería, Esta técnica también proporciona información acerca de cómo debe inspeccionarse dicha parte a fin de asegurar el propósito del diseño.

Por consiguiente, las tolerancias geométricas proporcionan la tolerancia de las once características geométricas básicas: rectitud, planicie, perpendicularidad, angularidad, redondez, cillindricidad, perfil, paralelismo, concentricidad, orientación localizadora y posición real.

Es importante señalar que los diseñadores tienen una tendencia natural a establecer especificaciones más rigurosas de lo necesario cuando desarrollan un producto. Generalmente se hace por dos razones (1) una falta de comprensión de los elementos de costo y (2) la creencia de que es necesario especificar tolerancias y especificaciones más estrechas de lo realmente es necesario para hacer que los departamentos de fabricación se apeguen al intervalo de tolerancias requerido.

Mediante la investigación de tolerancias y especificaciones y la implantación de medidas correctivas en casos necesarios, se reducen los costos de inspección, se disminuye al mínimo el desperdicio, se abaten los costos de reparaciones y se mantiene una alta calidad.

#### 4. Material

Se deben tener en mente seis consideraciones relativas a los materiales directos e indirectos utilizados en un proceso:

- Buscar un material menos costoso.
- Encontrar materiales más fáciles de procesar.
- Emplear materiales en forma más económica.
- Utilizar materiales de desecho.
- Usar más económicamente los suministros y herramientas.
- Estandarizar los materiales.
- Buscar el mejor proveedor desde el punto de vista del precio y surtido disponible.

#### 5. Procesos de Manufactura

Para el mejoramiento de los procesos de manufactura hay que efectuar una investigación de cuatro aspectos:

- Al cambio de una operación, considerar los posibles efectos sobre otras operaciones.

- Mecanización de las operaciones manuales.
- Utilización de mejores máquinas y herramientas en las operaciones mecánicas.
- Operación más eficiente de los dispositivos e instalaciones mecánicas.
- Automatización por medio de robots.

#### 6. Preparación y Herramental

El elemento más importante a considerar en todos los tipos de herramienta y preparación es el económico. La cantidad de herramental más ventajosa depende de:

- La cantidad de piezas a producir.
- La posibilidad de repetición del pedido.
- La mano de obra que se requiere.
- Las condiciones de entrega.
- El capital necesario.

#### 7. Condiciones de Trabajo

Está comprobado que establecimientos que mantienen buenas condiciones de trabajo sobrepasan en producción a los que carecen de ellas. Por lo que hay un beneficio económico que se obtiene de la inversión en mantener buenas condiciones de trabajo.

Algunas consideraciones para lograr mejores condiciones de trabajo:

- Mejoramiento del alumbrado.
- Control de la temperatura.
- Ventilación adecuada.
- Control del ruido.
- Promoción del orden, la limpieza y el cuidado de los locales.
- Eliminación de elementos irritantes y nocivos como polvo, humo, vapores, gases y nieblas.



- Protección en los puntos de peligro como sitios de corte y de transmisión de movimiento.
- Dotación del equipo necesario de protección personal.
- Organizar y hacer cumplir un programa adecuado de primeros auxilios.

## 7. Manejo de Materiales

Los analistas siempre deben buscar la manera de eliminar el manejo ineficiente de los materiales, sin sacrificar la seguridad. Para ayudarlos en esta tarea, el Materials Handlings Institute (1998) desarrolló 10 principios de manejo de materiales. Éstos son:

- *Principio de planeación.* Todo el manejo de materiales debe ser el resultado de un plan deliberado en el que se definen por completo necesidades, objetivos de desempeño y especificaciones funcionales de los métodos propuestos.
- *Principio de estandarización.* Métodos, equipo, controles y software para el manejo de materiales debe estandarizarse dentro de los límites que logran los objetivos globales de desempeño y sin sacrificar flexibilidad, modularidad y producción.
- *Principio del trabajo.* El trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel de servicio requerido de la operación.
- *Principio de ergonomía.* Debe reconocerse y respetarse la capacidad y las limitaciones humanas al diseñar las tareas y equipo de manejo de materiales, para asegurar operaciones seguras y efectivas.
- *Principio de carga unitaria.* Las cargas unitarias deben ser del tamaño adecuado y configurarse de manera que logren el flujo del material y los objetivos de inventarios en cada etapa de la cadena de proveedores.
- *Principio de utilización del espacio.* Debe hacerse uso efectivo y eficiente de todo el espacio disponible.

- *Principio de sistema.* Las actividades de movimiento y almacenaje de materiales deben estar integradas por completo para formar un sistema operativo que abarca recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamble, empaque, unificación, selección de órdenes, envíos, transporte y manejo de reclamaciones.
- *Principio de automatización.* Las operaciones de manejo de materiales deben mecanizarse y/o automatizarse cuando sea posible, para mejorar la eficiencia operativa, incrementar las respuestas, mejorar la consistencia y predictibilidad, disminuir los costos operativos y eliminar la mano de obra repetitiva o potencialmente insegura.
- *Principio ambiental.* El impacto ambiental y el consumo de energía son criterios a considerar al diseñar o seleccionar el equipo y los sistemas alternativos para el manejo de materiales.
- *Principio del costo del ciclo de vida.* Un análisis económico exhaustivo debe tomar en cuenta todo el ciclo de vida del equipo de manejo de materiales y los sistemas que resulten.

El principio predominante es que cuanto menos se maneje el material, mejor es su manejo.

#### 8. Distribución del equipo en planta

El objetivo principal de la distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos deseado, con la calidad también deseada y al menor costo posible. Básicamente se tiene dos tipos de distribuciones de planta: en línea recta o por producto y el funcional o por proceso.

Sin importar el tipo de distribución, se deben en cuenta las siguientes consideraciones:

- Producción en serie: el material que se acumule al lado de una estación de trabajo, debe estar en condiciones de entrar a la siguiente operación.

- Producción diversificada: Se debe permitir traslados cortos, el material debe estar al alcance del operario.
- El operario debe tener fácil acceso visual a las estaciones de trabajo, principalmente en las secciones que requieren control.
- Diseño de la estación, el operario debe poder cambiar de posición regularmente.
- Operaciones en máquinas múltiples: El equipo se debe agrupar alrededor del operario.
- Almacenamiento eficiente de productos: Se deben tener el almacenamiento de forma que se aminoren la búsqueda y el doble manejo.
- Mayor eficiencia del obrero: Los sitios de servicios deben estar cerca de las áreas de producción.
- En las oficinas, se debe tener una separación entre empleados de al menos 1.5 m.

### **Estudio de Tiempos**

Esta actividad implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Existen varios tipos de técnicas que se utilizan para establecer un estándar, cada una acomodada para diferentes usos y cada uso con diferentes exactitudes y costos. Algunos de los métodos de medición de trabajo son:

1. Estudio del tiempo
2. Datos predeterminados del tiempo.
3. Datos estándar.

#### 4. Datos históricos.

##### *Objetivos del Estudio de Tiempos*

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos
- Conservar los recursos y minimizan los costos
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad del estudio de movimientos
- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes

##### *Estudio de Tiempos con Cronómetros*

Antes de realizar un estudio con cronómetro, se debe saber:

1. Identificar el estudio:
  - Número de estudio
  - Número de hojas
  - Nombre del tomador de Datos
  - Fecha del estudio
  - Quien aprueba el estudio
2. Información que permita identificar:
  - El producto pieza
  - Nombre del producto
  - Número de pieza
  - Número de plano del producto

3. Información para identificar:

- Nombre
- Número
- Categoría

4. Duración del Estudio:

- Inicio
- Término
- Duración o tiempo transcurrido
- Dato Medido
- Dato Estándar

5. Condiciones de Trabajo:

- Croquis o plano del lugar de trabajo.
- Iluminación, ventilación, ruido, temperatura, etc.
- Espacios de trabajo, herramientas, etc.

*Cronómetros.*

1. Cronómetro decimal de minutos (de 0.01 min)
2. Cronómetro decimal de minutos (de 0.001 min)
3. Cronómetro decimal de horas (de 0.0001 de hora)
4. Cronómetro electrónico.
5. Cronómetros electrónicos auxiliados por computadora.

*El cronómetro decimal de minutos (de 0.01)* Tiene su carátula con 100 divisiones y cada una de ellas corresponde a 0.01 de minuto. Por lo tanto, una vuelta completa de la manecilla mayor requerirá un minuto. El cuadrante pequeño del instrumento tiene 30 divisiones, correspondiendo cada una a un

minuto. Por cada revolución de la manecilla mayor, la manecilla menor se desplazará una división, o sea, un minuto.

*El cronómetro decimal de minutos de 0.001 min*, es parecido al cronómetro decimal de minutos de 0.01 min. En el primero cada división de la manecilla mayor corresponde a un milésimo de minuto. De este modo, la manecilla mayor o rápida tarda 0.10 min., en dar una vuelta completa en la carátula, en vez de un minuto como en el cronómetro decimal de minutos de 0.01 min. Se usa este aparato sobre todo para tomar el tiempo de elementos muy breves a fin de obtener datos estándares. En general, el cronómetro de 0.001 min., no tiene corredera lateral de arranques sino que se pone en movimiento, se detiene y se vuelve a cero oprimiendo sucesivamente la corona. La adaptación especial de cronómetro decimal de minutos cuyo uso juzgan conveniente muchos de los analistas de tiempos. Las manecillas largas dan una vuelta completa en 0.01 de minuto. El cuadrante pequeño está graduado en minutos y una vuelta completa de su aguja marca 30 min.

Para arrancar este cronómetro se oprime la corona y ambas manecillas rápidas parten de cero simultáneamente. Al terminar el primer momento se oprime el botón lateral, lo cual detendrá únicamente la manecilla rápida inferior. El análisis de tiempos puede observar entonces el tiempo en que transcurrió el elemento sin tener la dificultad de leer una aguja o manecilla en movimiento. A continuación se oprime el botón lateral y la manecilla inferior se une a la superior, la cual ha seguido moviéndose ininterrumpidamente. Al finalizar el segundo elemento se vuelve a oprimir el botón lateral y se repite el procedimiento.

*El cronómetro decimal de hora*, tiene la carátula mayor dividida en 100 partes, pero cada división representa un diezmilésimo (0.0001) de hora. Una vuelta completa de la manecilla mayor de este cronómetro marcará, por lo tanto, un centésimo (0.01) de hora, o sea 0.6 min. La manecilla pequeña registra cada vuelta de la mayor, y una revolución completa de la aguja menor marcará 18 min., o sea 0.30 de hora. En el cronómetro decimal de

horas las manecillas se ponen en movimiento, se detienen y se regresan a cero de la misma manera que en el cronómetro decimal de minuto de 0.01 min.

Todos los cronómetros deben ser revisados periódicamente para verificar que no están proporcionando lecturas “fuera de tolerancia”. Para asegurar que haya una exactitud continua en las lecturas, es esencial que los cronómetros tengan un mantenimiento apropiado. Deben estar protegidos contra humedad, polvo y cambios bruscos de temperatura. Se les debe proporcionar limpieza y lubricación regulares (una vez por año es adecuado). Si tales aparatos no se emplean regularmente, se les debe dar cuerda y dejarlos marchar hasta que se les acabe una y otra vez.

Se dispone actualmente de cronómetros totalmente electrónicos y éstos proporcionan una resolución de un centésimo de segundo y una exactitud de 0.002%. Cuando el instrumento está en el modo de regreso rápido, pulsando el botón de lectura se registra el tiempo para el evento y automáticamente regresa a cero y comienza a acumular el tiempo para el siguiente, cuyo tiempo se exhibe apretando el botón de lectura al término del suceso.

Para el estudio de tiempos se utilizan generalmente dos tipos de cronómetro:

*Cronómetro ordinario o continuo (modo acumulativo):* el reloj muestra el tiempo total transcurrido desde el inicio del primer elemento.

*Ventajas:*

- Los elementos regulares y los extraños, pueden seguirse etapa por etapa, todo el tiempo puede ser tomado en consideración.
- Se puede comprobar la exactitud del cronometraje, es decir; que el tiempo transcurrido en el estudio debe ser igual al tiempo cronometrado para el último elemento del ciclo registrado.

*Desventaja:*

- El gran número de restas que hay que hacer para determinar los tiempos de cada elemento, lo que prolonga muchísimo las últimas etapas del estudio.

*Cronometro vuelta a cero:* el reloj muestra el tiempo de cada elemento y automáticamente vuelve a cero para el inicio de cada elemento.

Algunos relojes de representación numérica o digitales los construyen integrados en el tablero de apoyo, con dos pantallas: la de tiempo para cada evento (modo vuelta a cero) y la del tiempo total (modo acumulativo).

*Ventajas:*

- Se obtiene directamente el tiempo empleado en ejecutar cada elemento.
- El analista puede comprobar la estabilidad o inestabilidad del operario en la ejecución de su trabajo.

*Desventajas:*

- Se pierde algún tiempo entre la reacción mental y el movimiento de los dedos al pulsar el botón que vuelve a cero las manecillas.
- No son registrados los elementos extraños que influyen en el ciclo de trabajo y por consiguiente no se hace mas nada por eliminarlos.

Es difícil tener en cuenta el tiempo total empleado en relación con el tiempo concedido.



### *Herramientas del Estudio de Tiempos por Cronómetro*

Es deseable que el tiempo sea exacto, comprensible y verificable. Algunas de las herramientas esenciales necesarias para el analista de tiempo en la realización de un buen estudio de tiempo incluyen:

1. Reloj para estudio de tiempo con pantalla digital (electrónico) o cronometro manual (mecánico).
2. Tablero de apoyo con sujetador: para sujetar los formatos para el estudio de tiempo.
3. Formato para el estudio de tiempos: repetitivo y no repetitivo, permiten apuntar los detalles escritos que deben incluirse en el estudio.
4. Lápiz.
5. Cinta métrica, regla o micrómetro, según sean las distancias involucradas y la precisión con que se necesiten medir.
6. Calculadora o computadora personal (PC), para hacer los cálculos aritméticos que intervienen en el estudio de tiempo.

### **Reglas para Seleccionar Elementos**

Los elementos deberán ser de fácil identificación, con inicio y termino claramente definido. El comienzo o fin puede ser reconocido por medio de un sonido, por ejemplo, cuando se enciende la luz, se inicia o termina un movimiento básico.

Los elementos deben ser todo lo breves posible. Se ha de separar los elementos manuales de los de máquina, durante los manuales es el operario el que puede reducir el tiempo de ejecución según el interés y la habilidad que tenga, puesto que dependen de las velocidades, avances, etc. Que se hayan señalado.

### *Clase de Elementos*

*Elementos regulares y repetitivos:* Son los que aparecen una vez en cada ciclo de trabajo. Ejemplo: el poner y quitar piezas en la máquina.

*Elementos casuales o irregulares:* Son los que no aparecen en cada ciclo del trabajo, sino a intervalos tanto regulares como irregulares. Ejemplo: recibir instrucciones del supervisor, abastecer piezas en bandejas para alimentar una máquina.

*Elementos extraños:* Son los elementos ajenos al ciclo de trabajo y en general indeseables, que se consideran para tratar de eliminarlos. Ejemplo: las averías en las maquinas.

*Elementos manuales:* Son los que realiza el operario y puede ser:

- Manuales sin máquina: Con independencia de toda máquina. Se denomina también libre, porque su duración depende de la actividad del operario.
- Manuales con máquina:
  1. Con máquina parada, como el quitar o poner una pieza.
  2. Con la máquina en marcha, que se efectúa el operario mientras trabaja la máquina automáticamente. Aunque no intervienen en la duración del ciclo, interesa considerarlos porque forman parte de la saturación del operario.

*Elementos de máquina:* Son los que realiza la maquina. Pueden ser:

1. De máquina con automático y, por lo tanto, sin manipulación del operario.
2. De máquina con avance manual, en cuyo caso la máquina trabaja controlada por el operario.

*Elementos constantes:* Son aquellos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual; ejemplo, encender la luz, verificar la pieza, atornillar y apretar una tuerca; colocar la broca en el mandril.

*Elementos variables:* Son los elementos cuyo tiempo depende de una o varias variables como dimensiones, peso, calidad, etc. ejemplo, aserrar madera a mano, llevar una carretilla con piezas a otro departamento.

Una vez que tenemos registrada toda la información general y la referente al método normalizado de trabajo, la siguiente fase consiste en hacer la medición del tiempo de la operación. A esta tarea se le llama comúnmente cronometraje.

#### *División de la Operación en Elementos*

Para facilitar la medición, la operación se divide en grupos de therbligs conocidos como "elementos". A fin de descomponer la operación en sus elementos, el analista debe observar al trabajador durante varios ciclos. Sin embargo, si el ciclo es relativamente largo (más de 30 min), el observador debe escribir los elementos mientras realiza el estudio. De ser posible, los elementos en los que se va a dividir la operación deben determinarse antes de comenzar el estudio. Los elementos deben dividirse en partes lo más pequeñas posibles, pero no tan finas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Divisiones elementales de aproximadamente 0.04 min (2.4 seg.) son las más pequeñas susceptibles de ser leídas consistentemente por un analista de tiempos experimentado. Sin embargo, se puede registrar con facilidad un elemento tan corto como de 0.02 min.

Para identificar el principio y el final de los elementos y desarrollar consistencia en las lecturas cronométricas de un ciclo a otro, deberá tenerse en consideración tanto el sentido auditivo como el visual. De este modo los

puntos terminales de los elementos pueden asociarse a los sonidos producidos, como cuando una pieza terminada en fundición, cuando una broca irrumpe en la pieza que se taladra y cuando un par de micrómetros se dejan en el banco o mesa del trabajo. Cada elemento debe registrarse en su orden o secuencia apropiados e incluir una división básica del trabajo que termine con un sonido o movimientos distintivos.

Los analistas de tiempos de una misma compañía adoptan frecuentemente una división estándar de elementos para determinadas clases de máquina, con objeto de asegurar uniformidad al establecer puntos terminales. El tener elementos estándares como base para la división de una operación es de especial importancia en el establecimiento de datos estándares.

Las reglas principales para efectuar la división en elementos son:

1. Asegúrese de que son necesarios todos los elementos que se efectúan. Si se descubre que algunos son innecesarios, el estudio de tiempos debería interrumpirse y llevar a cabo un estudio de métodos para obtener el método apropiado.
2. Conservar siempre por separado los tiempos de máquina y los correspondientes a ejecución manual.
3. No combinar constantes con variables.
4. Seleccionar elementos de manera que sea posible identificar los puntos terminales por algún sonido característico.
5. Seleccionar los elementos de modo que puedan ser cronometrados con facilidad y exactitud.

Al dividir un trabajo en elementos, el analista debe conservar por separado el tiempo de máquina o de corte, del tiempo de esfuerzo o manipulación. Del mismo modo, los elementos constantes (o sea, aquellos elementos cuyos tiempos no varían dentro de un intervalo de trabajo

específico) deberían mantenerse separados de los elementos variables (aquellos cuyos tiempos varían en un intervalo especificado).

Una vez que se realiza la adecuada separación de todos los elementos que constituyen una operación, será necesario que se describa cada elemento con toda exactitud. El final o terminación de un elemento es, automáticamente, el comienzo del que le sigue y suele llamarse punto terminal. La descripción de este punto terminal debe ser tal que pueda ser reconocido fácilmente por el observador. Esto es especialmente importante cuando el elemento no incluye sonido alguno en su terminación. Tratándose de elementos de operaciones de corte, la alimentación, la velocidad, la profundidad y la longitud del corte deben anotarse inmediatamente después de la descripción del elemento.

Cuando el elemento se repite, no es preciso describirlo por segunda vez, sino únicamente indicar en el espacio en que debería ir la descripción, el número con que se designó al aparecer por primera vez.

### **Toma de Tiempos**

Existen dos técnicas para anotar los tiempos elementales durante un estudio. En el método continuo se deja correr el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En el método continuo se leen las manecillas detenidas cuando se usa un cronómetro de doble acción.

En la técnica de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento las manecillas parten de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y las manecillas se regresan a cero otra vez. Este procedimiento se sigue durante todo el estudio.

### *Lecturas de Regreso Vuelta a Cero*

Esta técnica tiempo atrás tiene ciertas ventajas e inconvenientes en comparación con la técnica continua. Esto debe entenderse claramente antes de estandarizar una forma de registrar valores. De hecho, algunos analistas prefieren usar ambos métodos considerando que los estudios en que predominan elementos largos, se adaptan mejor al método de regresos a cero, mientras que estudios de ciclos cortos se realizan mejor con el procedimiento de lectura continua.

Dado que los valores elementales de tiempo transcurrido son leídos directamente en el método de regreso a cero, no es preciso, cuando se emplea este método, hacer trabajo de oficina adicional para efectuar las restas sucesivas, como en el otro procedimiento. Además los elementos ejecutados fuera de orden por el operario, pueden registrarse fácilmente sin recurrir a notaciones especiales. Los propugnadores del método de regresos a cero exponen también el hecho de que con este procedimiento no es necesario anotar los retrasos, y que como los valores elementales pueden compararse de un ciclo al siguiente, es posible tomar una decisión acerca del número de ciclos a estudiar. En realidad, es erróneo usar observaciones de algunos ciclos anteriores para decidir cuántos ciclos adicionales deberán ser estudiados. Esta práctica puede conducir a estudiar una muestra demasiado pequeña.

En resumen, la técnica de regresos a cero tiene las siguientes desventajas:

1. Se pierde tiempo al regresar a cero la manecilla; por lo tanto, se introduce un error acumulativo en el estudio. Esto puede evitarse usando cronómetros electrónicos.
2. Es difícil tomar el tiempo de elementos cortos (de 0.06 min o menos).
3. No siempre se obtiene un registro completo de un estudio en el que no se hayan tenido en cuenta los retrasos y los elementos extraños.

4. No se puede verificar el tiempo total sumando los tiempos de las lecturas elementales.

#### *Lecturas Continuas.*

Esta técnica para registrar valores elementales de tiempo es recomendable por varios motivos. La razón más significativa de todas es, probablemente, la de que este tipo presenta un registro completo de todo el periodo de observación y, por tanto, resulta del agrado del operario y sus representantes. El trabajador puede ver que no se ha dejado ningún tiempo fuera del estudio, y que los retrasos y elementos extraños han sido tomados en cuenta. Es más fácil explicar y lograr la aceptación de esta técnica de registro de tiempos, al exponer claramente todos los hechos.

El método de lecturas continuas se adapta mejor también para registrar elementos muy cortos. No perdiéndose tiempos al regresar la manecilla a cero, puede obtenerse valores exactos de elementos sucesivos de 0.04 min, y de elementos de 0.02 min cuando van seguidos de un elemento relativamente largo. Con la práctica, un buen analista de tiempos que emplee el método continuo, será capaz de apreciar exactamente tres elementos cortos sucesivos (de menos de 0.04 min), si van seguidos de un elemento de aproximadamente 0.15 min o más largo. Se logra esto recordando las lecturas cronométricas de los puntos terminales de los tres elementos cortos, anotándolas luego mientras transcurre el elemento más largo.

Por supuesto, como se mencionó antes, esta técnica necesita más trabajo de oficina para evaluar el estudio. Como el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas del cronómetro continúan moviéndose, es necesario efectuar restas sucesivas de las lecturas consecutivas para determinar los tiempos elementales transcurridos. Por ejemplo, si las siguientes lecturas representan los puntos terminales de un

estudio de diez elementos: 4, 14, 19, 121, 25, 52, 61, 76, 211, 16, entonces los valores elementales de este ciclo serían 4, 10, 5, 102, 4, 27, 9, 15, 35 y 5.

## **Tiempo Estándar por Cronometraje**

### *Definición de tiempo estándar.*

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación.

Tres de las técnicas más importantes para determinar el tiempo estándar son:

1. Cronometraje.
2. Datos estándar.
3. Muestreo de trabajo.

Por momento se profundizará en el estudio por cronometraje, los incisos restantes se desarrollarán en otros capítulos del programa analítico.

### *Cronometraje*

Esta técnica se divide en dos partes: La primera determinación del número de ciclos a cronometrar y la segunda cálculo del tiempo estándar. Para efectuar la primera parte, inicialmente se selecciona el trabajo o actividad a analizar y se definen los elementos en que se divide la misma.

Habiendo definido los elementos de la actividad, se procede a efectuar un cronometraje preliminar de al menos 5 ciclos de cada uno de los elementos; este cronometraje puede ser de dos tipos: vuelta a cero o acumulativo.



A partir de los datos obtenidos en el cronometraje preliminar, se determina el número de ciclos necesarios a ser cronometrados.

Finalmente, efectuado el cronometraje de los ciclos obtenidos en la primera parte, se determina el tiempo estándar de cada uno de los elementos en que se ha dividido la actividad.

El tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, usando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida para el trabajo, desarrollando una velocidad normal que pueda mantener día tras día sin mostrar síntomas de fatiga.

En la actualidad las aplicaciones que pueden darse al Tiempo Estándar son múltiples y entre ellas podemos citar las siguientes:

- Para determinar el salario devengable por esa tarea específica; para ello solo es necesario convertir el tiempo a valor monetario.
- Ayuda a la planificación de la producción .Los problemas de producción y de ventas podrán basarse en los tiempos estándar después de haber aplicado la medición del Trabajo a los procesos respectivos, eliminando una planeación defectuosa basada en puras conjeturas o adivinanzas.
- Facilita la supervisión. Para un supervisor o un mayordomo cuyo trabajo está relacionado con hombres, materiales, máquinas, herramientas y métodos, los tiempos de producción le servirán para lograr la coordinación de todos estos elementos, sirviéndole como un patrón para medir la eficiencia productiva de su departamento.
- Es una herramienta que ayuda a establecer estándares de producción precisos y justos, que además de indicar lo que puede producirse en un día normal de trabajo ayuda a mejorar los estándares de calidad.
- Ayuda a establecer las cargas de trabajo que facilitan la coordinación entre los obreros y las máquinas y proporcionan a la

gerencia bases para inversiones futuras en maquinaria y equipo en casos de expansión.

- Ayuda a formular un sistema de costos estándar. El tiempo estándar al ser multiplicado por la cuota por hora fijada nos proporciona el costo de mano de obra directa por pieza.
- Proporciona costos estimados. Los tiempos estándar de mano de obra, servirán para presupuestar el costo de artículos que se planea producir y cuyas operaciones sean semejantes a las actuales.
- Proporciona bases sólidas para establecer sistemas de incentivos. Se eliminan conjeturas sobre la cantidad de producción y pueden establecerse políticas firmes sobre incentivos que ayudarán a los obreros a incrementar sus salarios, mejorando su nivel de vida y la empresa estará en mejor situación dentro de la competencia, pues se encontrará en posibilidad de aumentar su producción reduciendo los costos unitarios.
- Ayuda a entrenar nuevos trabajadores. Los tiempos estándar servirán como índices que mostrarán a los supervisores la forma en que los nuevos trabajadores van aumentando su habilidad en los métodos de trabajo.

Las ventajas que saltan a la vista de las aplicaciones anteriores, cuando los tiempos estándar se aplican correctamente son:

- Una reducción de los costos; puesto que al descartar el trabajo improductivo y los tiempos ociosos, la razón de rapidez de producción es mayor, esto es, se produce mayor número de unidades en el mismo tiempo.
- Mejora las condiciones obreras porque los tiempos estándar permiten establecer sistemas de pago de salarios con incentivos en los cuales los obreros al producir un número de unidades superior

a la cantidad obtenida a velocidad normal, perciben una remuneración extra.

### *Número de Ciclos a Cronometrar*

Un ciclo de trabajo es la secuencia de elementos que constituyen el trabajo o serie de tareas en observaciones. El número de ciclos en el trabajo que debe cronometrarse depende del grado de exactitud deseado y de la variabilidad de los tiempos observados en el estudio preliminar.

Es posible determinar matemáticamente el número de ciclos que deberán ser estudiados como objeto de asegurar la existencia de una muestra confiable, y tal valor, moderado aplicando un buen criterio, dará al analista una útil guía para poder decidir la duración de la observación.

### **Método Estadístico**

Los métodos estadísticos pueden servir de guía para determinar el número de ciclos a estudiar. Se sabe que los promedios de las muestras ( $\bar{X}$ ) tomados de una distribución normal de observaciones, están normalmente distribuidos con respecto a la medida de la población  $\mu$ . La variable de  $\bar{X}$  con respecto a la medida de población  $\mu$  es igual a  $\sigma^2 / n$  donde  $n$  es el tamaño de la muestra y  $\sigma^2$  la varianza de la población.

Número de observaciones requeridas:

1. Definir el coeficiente de confianza  $c$ .
2. Definir el Intervalo de confianza  $I$ .

Donde:

$$I = \bar{X} \pm \frac{tc \times S}{\sqrt{n}}$$

$$\bar{X} = TPS = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

3. Determinar la Desviación Estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum Ti^2 + \frac{\sum Ti^2}{n}}{n-1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar de la serie de desviaciones para el elemento de trabajo.

n = Número de observaciones preliminares realizadas.

Ti = Tiempo registrado para cada elemento de trabajo i.

4. Determinar el Intervalo de la muestra:

$$Im = \frac{2 \times tc \times S}{\sqrt{n}}$$

5. Establecer el criterio de decisión:

$$\text{Si} \begin{cases} Im \leq I \rightarrow \text{Se Acepta} \\ Im > I \rightarrow \text{Se Rechaza} \therefore \text{Calcular N}' \end{cases}$$

6. Si las observaciones tomadas no son suficientes hay que recalcular la muestra de la siguiente manera:

$$N' = \frac{4 \times t_c^2 \times S^2}{I^2}$$

Donde:

N' = Número de observaciones requeridas

t<sub>c</sub> = Estadístico t de Student

S = Desviación Estándar.

I = Intervalo Predefinido.

### *Definición del Factor de Valoración*

Dado que la habilidad, esfuerzo y consistencia de cada persona al desarrollar un trabajo es inherente a él mismo, es lógico pensar que la productividad de cada uno también será diferente. Si a esto le agregamos condiciones de trabajo no iguales, entonces los resultados de producción obtenidos serán variables. Así pues, el tiempo cronometrado para un elemento cualquiera tendrá diferencias si diferentes son los operadores que lo hacen, lo cual no nos permitiría encontrar un tiempo estándar. En vista de esta situación, nos es indispensable ajustar estos datos con respecto al trabajador del operario.

Existen actualmente muchas formas de calificar la actuación del operario, entre ellas podemos mencionar:

- Calificación según habilidad y esfuerzo.
- Sistema Westinghouse de calificación.
- Calificación Sintética.
- Calificación Objetiva.
- Calificación por medio de películas.
- Otros sistemas.

Los sistemas para efectuar la calificación de velocidad se ven influenciados por muchos factores cualitativos que hacen algo subjetivo esta evaluación; por lo cual se necesita un entrenamiento de los analistas para que logren calificar la actuación de la manera más exacta posible.

## **Sistemas de Valoración**

### *Sistema de Westinghouse (calificación de la actuación)*

La calificación de la actuación es el paso más importante del procedimiento de medición de trabajo, ésta, es una técnica para determinar con equidad el tiempo requerido para que el operario normal ejecute una tarea después de haber registrado los valores observados de la operación en estudio. No hay ningún método universalmente aceptado para calificar actuaciones, aún cuando la mayoría de las técnicas se basan primordialmente en el criterio o buen juicio del analista de tiempos. Uno de los sistemas de calificación más, antiguos y de los utilizados más ampliamente, es el desarrollado por la Westinghouse Electric Company, en donde se consideran cuatro factores al evaluar la actuación del operario, que son: habilidad, esfuerzo o empeño, condiciones y consistencia

La habilidad se define como la pericia en seguir un método dado, el cual se determina por la experiencia y aptitudes del operario, así como su coordinación.

El esfuerzo o empeño se define como una demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia. Este es representativo de la rapidez con la que se aplica la habilidad, y puede ser controlado en alto grado por el operario.

En cuanto a lo que se refiere a condiciones, se enfoca al procedimiento de calificación que afecta al operario y no a la operación. En la mayoría de los casos, las condiciones serán calificadas como normales o promedio

cuando las condiciones se evalúan en comparación con la forma en que se hallan generalmente en la estación de trabajo.

La consistencia se refiere a las actitudes del operario con relación a su tarea. Los valores elementales de tiempo que se repiten constantemente indican, desde luego, consistencia perfecta.

Para calificar la actuación de acuerdo al sistema Westinghouse se puede apreciar en la tabla los porcentajes relacionados con la calificación de la actuación, en donde el buen juicio del analista es el punto más importante para calificar de acuerdo a este método.

#### *Determinación de Tolerancias*

Después de haber calculado el tiempo normal (tiempo elemental \* calificación de la actuación), llamado muchas veces el tiempo “calificado”, hay que dar un paso más para llegar al verdadero tiempo estándar. Este último paso consiste en añadir ciertas tolerancias que tomen en cuenta las numerosas interrupciones, retrasos y detenciones producidas por la fatiga inherente a todo trabajo.

En general hay que aplicar, las tolerancias, en tres áreas generales. Estas son: retrasos personales, fatiga y retrasos inevitables.

#### *Necesidades personales*

En este renglón deberán situarse todas aquellas interrupciones en el trabajo necesarias para el bienestar del empleado. Deberán incluirse visitas a la fuente de agua o a los baños. Estudios detallados de producción demuestran la tolerancia de un %, por retrasos personales, o sea aproximadamente 24 minutos en 8 horas, es apropiada para las condiciones típicas de la empresa.

## *Fatiga*

Ya sea física o mental, la fatiga tiene como efecto: deficiencia en el trabajo. Son bien conocidos los factores más importantes que afectan la fatiga. Algunos de ellos son:

### Condiciones de trabajo:

- Luz
- Temperatura
- Humedad
- Frescura del aire
- Color del cuarto y alrededores
- Ruido

### Repetición del trabajo:

- Monotonía de movimientos semejantes del cuerpo.
- Cansancio muscular debido al esfuerzo de algunos músculos.

### Salud general del trabajador, física y mental:

- Estatura física
- Dieta
- Descanso
- Estabilidad emotiva
- Condiciones familiares

Ya que la fatiga no puede eliminarse, hay que fijar tolerancias adecuadas a las condiciones de trabajo y a la monótona repetición en el mismo, que tanta influencia tienen en el grado de fatiga. Ha sido demostrada, por medio



de experimentos, que la fatiga debe trazarse como una curva y no como una recta.

La Oficina Internacional del Trabajo (O.I.T) ha tabulado el efecto de las condiciones de trabajo, a fin de llegar a un factor de tolerancias por necesidades personales y fatiga. Al aplicarse esta tabla, el analista debe determinar un valor de tolerancia por cada elemento del estudio.

### *Retrasos*

- Retrasos Inevitables: Es aplicable únicamente a elementos de esfuerzo físico, e incluye hechos como: interrupciones de parte del capataz, del despachador, del analista de tiempos, irregularidades en los materiales, dificultades en el mantenimiento de tolerancias y especificaciones, interrupciones por interferencia en donde se asignan trabajos en máquinas múltiples.
- Retrasos Evitables: Incluyen visitas a otros operarios por razones sociales, prestar ayuda a paros de máquinas sin ser llamados y tiempo ocioso que no sea para descansar de la fatiga. No es costumbre el incorporar alguna tolerancia por estos retrasos. Estos retrasos se llevan a cabo por el operario a costa de su productividad.
- Valores típicos de las tolerancias.

El cálculo del tiempo estándar se puede resumir de la siguiente manera:

1. Calcular el tiempo elemental ( $TE$ ) del total de lecturas que satisfacen las especificaciones.
2. Calificar la actuación en cada elemento.
3. Determinar el tiempo normal ( $TN$ ):  $TN = TE * \text{Factor de la actuación}$ .
4. Establecer tolerancias para cada elemento.

5. Calcular el tiempo estándar.

$$T.Est. = \frac{100}{100 - \sum Tol}$$

### *Empleo de Datos Estándares*

Para facilidad de referencia, los elementos de datos estándares constantes se tabulan y archivan según la máquina o el proceso. Los datos variables pueden tabularse o expresarse en función de una gráfica o de una ecuación, archivándose también de acuerdo con la clase de máquina o de operación.

Cuando los datos estándares se dividen para comprender lo relativo a una máquina y una clase de operación dada, es posible combinar constantes con variables y tabular el resultado, lo cual permite tener datos de referencia rápida que expresen el tiempo asignado para efectuar una operación por completo.

## **CAPÍTULO V**

### **SITUACIÓN ACTUAL**

#### **Seleccionar y Justificar**

El seguimiento se le hace a los equipos, el molino de bola, molino de martillo y al filtro con tolva de salida, los cuales son adquiridos por la empresa para solucionar el problema de la falta de suministro de materia prima (Chamota) para el proceso de producción de mortero refractario.

La introducción del proceso de molienda en la empresa trajo como consecuencia una serie de problemas entre los cuales se encuentran el ruido producido por el equipo al operar, la distribución del área de molienda dentro de la empresa y dificultades en el proceso en general.

## **Método Actual**

El análisis del método actual se hizo a partir de la observación directa de una demostración del proceso de molienda realizado por parte de los operarios de la empresa Precast Refractories C.A. Esta demostración fue hecha con una cantidad mínima de ladrillo refractario por tanto no se tomaron los tiempos de las operaciones realizadas con los equipos. Se tomó en consideración principalmente el ruido generado por los molinos, la distribución de los equipos y método utilizado descrito a continuación:

El ladrillo refractario llega a la empresa en un camión por el portón número 2, es descargado en el área de recepción y almacenado de ladrillos refractarios para su posterior uso. Cuando la empresa requiere de chamota para la fabricación de morteros refractarios, el operario enciende el molino industrial de martillo, lleva el ladrillo refractario a moler al área destinada para tal fin, ubicada a un (1) metro del área de recepción y almacenaje, en donde el operario lanza uno a uno los ladrillos refractarios a la tolva de entrada del molino de martillo. Una vez finalizada la primera molienda, el operario apaga el molino de martillo, realiza el cambio del tubo de succión de material molido hacia el molino de bolas ubicado a dos (2) metros, y enciende dicho molino. Luego se dirige hacia el filtro con tolva de salida del material molido ubicada a seis (6) metros, toma la chamota de la primera molienda y la lleva a la tolva de entrada del molino de bolas ubicada a tres (3) metros, donde es depositada en su totalidad para la realización de la segunda molienda. Al finalizar esta última molienda el operario apaga el molino de bolas, se regresa al filtro con tolva de salida de material molido, recoge la chamota terminada y la lleva al área de materia prima.

## Diagrama de Proceso

### Diagrama de Proceso.

**Proceso:** Molienda de Ladrillo Refractario para la Producción de Chamota.

**Inicio:** Encender Molino de Martillo.

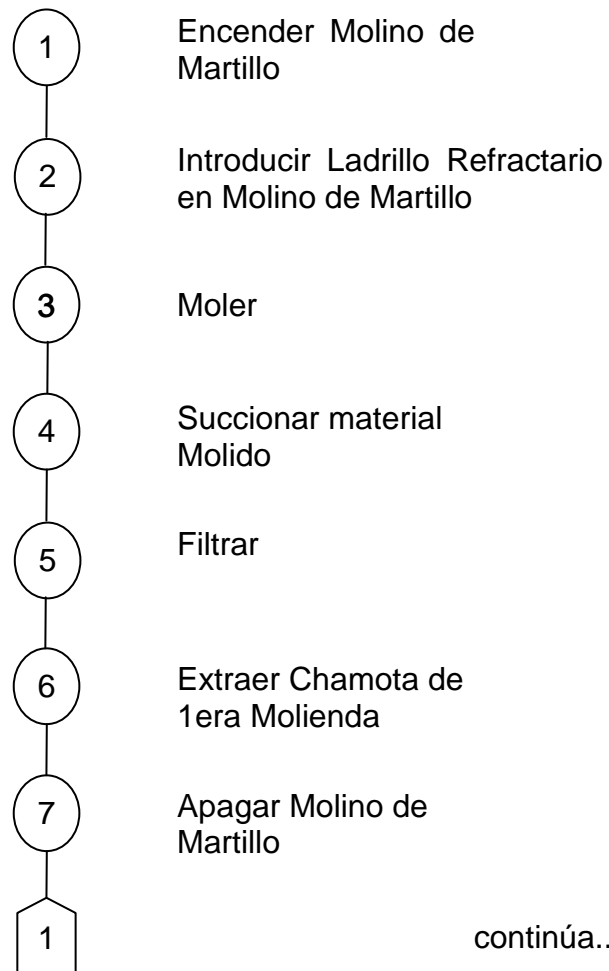
**Fin:** Apagar Molino de Bolas.

**Fecha:** 16 de mayo de 2006.

**Seguimiento:** Equipo.

**Método:** Actual.

| Evento       | Cantidad  |
|--------------|-----------|
| ○            | 15        |
| □            | 1         |
| →            | 0         |
| D            | 0         |
| ▽            | 0         |
| <b>Total</b> | <b>16</b> |



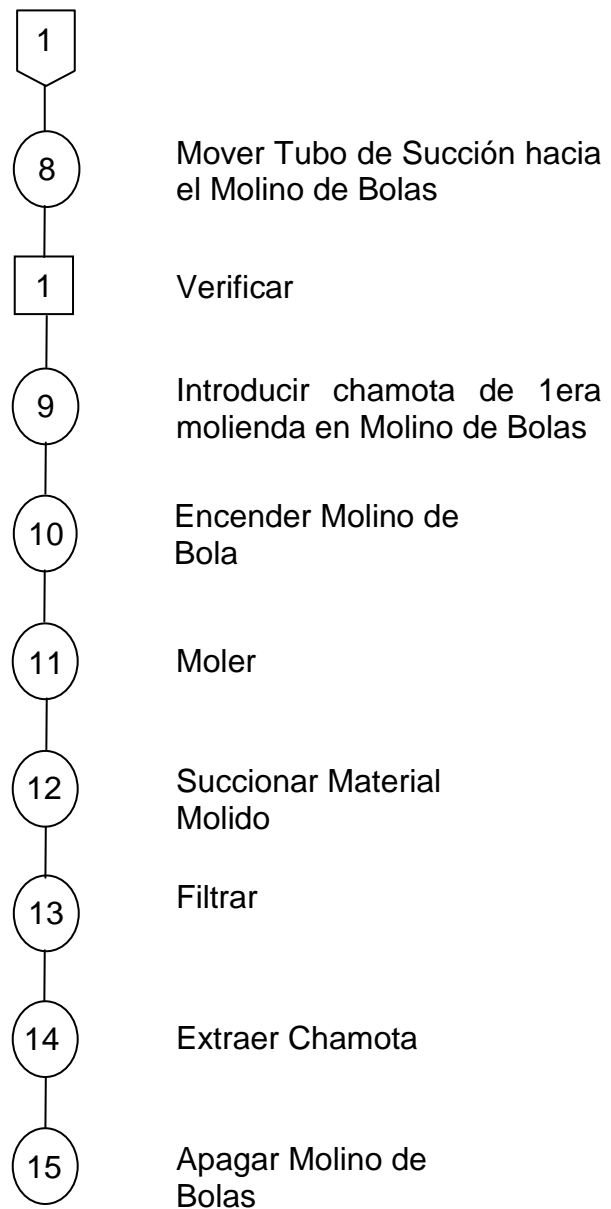


Figura 1. Diagrama del Proceso Molienda de Ladrillo Refractario

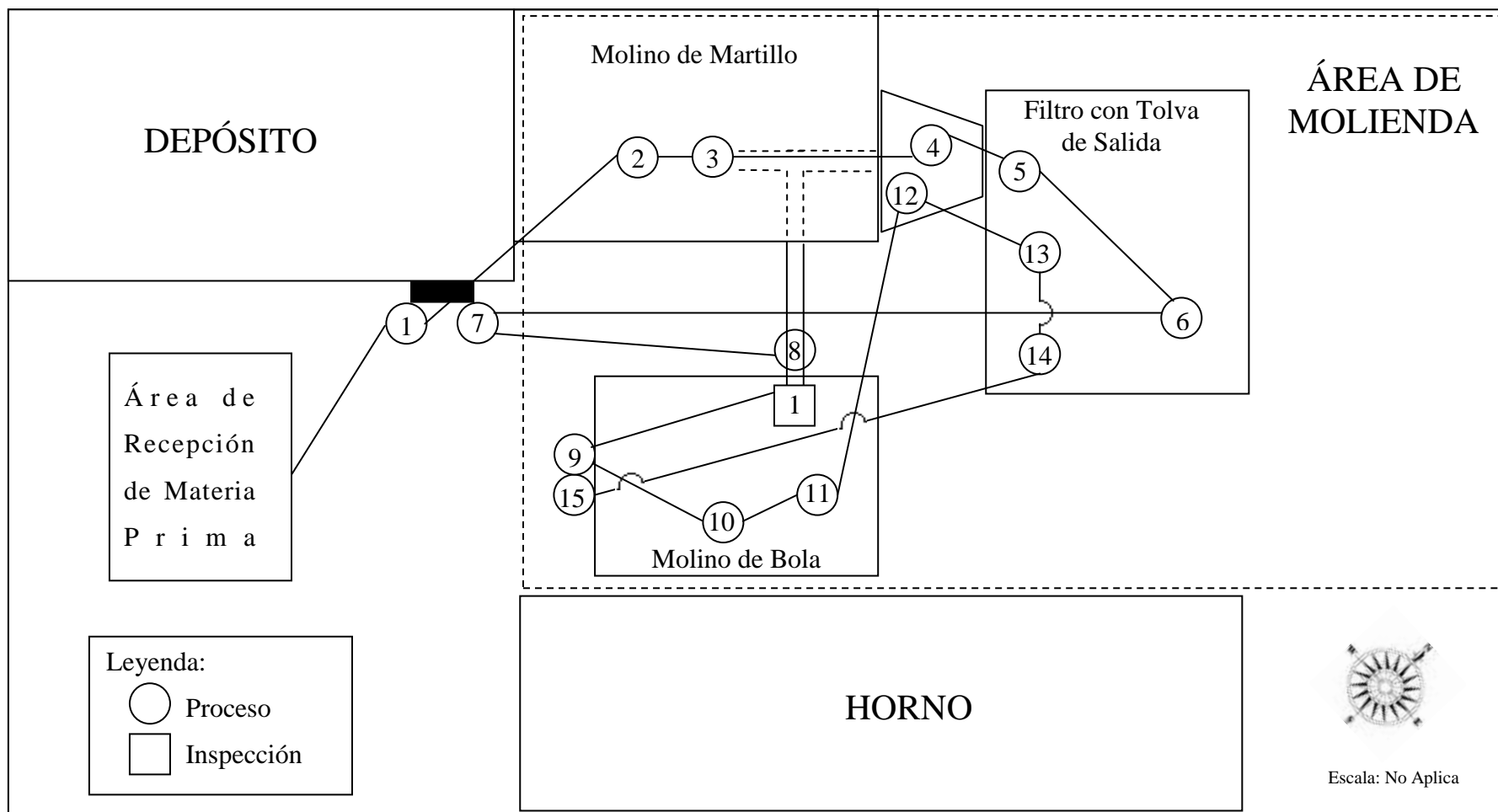


Figura 2. Diagrama de Flujo del Proceso de Molienda de Ladrillo Refractario

## Análisis General

El proceso de molienda recientemente implementado en la empresa Precast Refractories C.A. vino acompañado con una serie de problemas que afectan directamente a los operarios y con esto a la productividad de la empresa. El principal problema al cual le debe prestar atención la empresa es el ruido generado por el proceso de molienda, ya que esto es lo que ocasiona mayor fatiga a los operarios y surge la necesidad de parar el proceso de molienda a mitad de la jornada laboral, reduciendo de esta manera la utilidad de la empresa y pudiendo causar enfermedades ocupacionales a los operarios, como lo es la pérdida de la audición.

De manera similar en cuanto a la fatiga causada a los operarios se pueden describir dos causas adicionales. La primera, es la dificultad para introducir el ladrillo refractario al molino de martillo (ver anexo A), ya que el operario se ve en la necesidad de lanzarlos uno a uno, siendo esto un procedimiento lento y agotador para el operario, tomando en cuenta la cantidad de material necesaria para la fabricación del mortero refractario; la segunda, es la elevada temperatura en el entorno productivo ya que hay hornos presentes que la aumentan y la ventilación existente es mínima, esto se debe a que en la concepción del galpón no se tomó en cuenta que, en algún momento, nuevas edificaciones circundantes podrían bloquear la brisa y hasta el momento no se han instalado dispositivos de ventilación adecuados para solventar el problema.

La distribución del área de molienda es otro de los problemas que se pueden divisar ya que el molino de bolas bloquea la total apertura del horno de tratamiento térmico que se encuentra frente a este (ver anexo B), ocasionando inconvenientes al momento de introducir piezas grandes en el horno o al trabajar simultáneamente en ambas áreas.



Por último, durante el proceso de succión de la chamota de primera molienda, que debe dirigirse al filtro, parte de ésta cae en el suelo (ver anexo C), lo cual trae como consecuencia que el operario deba recoger dicho material con palas, para luego introducirlo en el molino de bolas.

## **CAPÍTULO VI**

### **SITUACIÓN PROPUESTA**

#### **Seleccionar y Justificar**

La introducción del proceso de molienda en la empresa Precast Refractories C.A. para solucionar el problema de la falta de suministro de materia prima (Chamota) para el proceso de producción de mortero refractario trajo como consecuencia una serie de problemas entre los cuales se encuentran el ruido producido por el equipo al operar, la distribución del área de molienda dentro de la empresa y dificultades en el proceso en general. Debido a las causas explicadas anteriormente, la etapa más crítica del proceso de fabricación mortero refractario es la molienda del ladrillo refractario. Por esta razón surge la necesidad de realizar un estudio de métodos aplicando específicamente las técnicas de interrogatorio, las preguntas de la OIT y el análisis operacional.

## Técnicas de Interrogatorio

### Fase I

- Propósito:
  1. ¿Qué se hace?  
Se muele el ladrillo refractario a través de un proceso de molienda en la empresa.
  2. ¿Por qué se hace?  
Para la fabricación de chamota la cual es materia prima del mortero refractario.
  3. ¿Qué otra cosa podría hacerse?  
Se podría comprar chamota en otras ciudades.
  4. ¿Qué debería hacerse?  
Moler el ladrillo refractario a través de un proceso de molienda en la empresa.
- Lugar:
  1. ¿Dónde se hace?  
En el área de molienda la cual ocupa parte del área de tratamiento térmico.
  2. ¿Por qué se hace allí?  
Debido a que los molinos fueron instalados en dicha área sin haber realizado un estudio previo de la distribución.
  3. ¿En qué otro lugar podría hacerse?  
En un área destinada exclusivamente para el proceso de molienda.
  4. ¿Dónde debería hacerse?  
En un área destinada exclusivamente para el proceso de molienda.

- Sucesión:
  1. ¿Cuándo se hace?  
Cuando se necesita chamota y en un horario restringido de medio turno.
  2. ¿Por qué se hace entonces?  
Porque se requiere chamota para la fabricación de mortero refractario y en dicho periodo de tiempo debido al excesivo ruido generado por el proceso de molienda.
  3. ¿Cuándo podría hacerse?  
Cuando se requiera de chamota y durante la jornada laboral completa.
  4. ¿Cuándo debería hacerse?  
Cuando se requiera de chamota y durante la jornada laboral completa.
- Personas:
  1. ¿Quién lo hace?  
El operario encargado del área de molienda.
  2. ¿Por qué lo hace esa persona?  
Debido a que dicho operario tenía tiempo disponible durante la jornada laboral y fue entrenado para ejecutar la tarea.
  3. ¿Qué otra persona podría hacerlo?  
Actualmente no existe ningún otro operario disponible.
  4. ¿Quién debería hacerlo?  
El operario encargado del área de molienda.
- Medios:
  1. ¿Cómo se hace?  
El operario introduce manualmente los ladrillos refractarios en el molino de martillo, seguidamente recoge la chamota de primera molienda y la deposita manualmente en el molino de bola para finalmente almacenar la chamota en el área destinada a su fin.

2. ¿Por qué se hace de ese modo?

Debido a que el diseño de los equipos y la disposición de los mismos en la empresa han hecho de este método el más factible actualmente.

3. ¿De qué otro modo podría hacerse?

Instalar una cinta transportadora para automatizar el proceso de introducción de ladrillo refractario al molino de martillo y un plano inclinado desde la tolva de salida del filtro hasta la tolva de entrada del molino de bolas.

4. ¿Cómo debería hacerse?

Instalar una cinta transportadora para automatizar el proceso de introducción de ladrillo refractario al molino de martillo y un plano inclinado desde la tolva de salida del filtro hasta la tolva de entrada del molino de bolas.

### *Fase II*

- Material:

1. ¿Puede hacerse en la empresa?

Sí, pero en la implantación del proceso de fabricación de ladrillos refractarios se incurren en mayores gastos para la empresa.

2. ¿Puede sustituirse por otro mejor, más barato o menos escaso?

No, debido a que el ladrillo refractario comprado es desecho de otra empresa y es el más económico.

3. ¿Se han reducido los desperdicios?

No, existe una pequeña pérdida de material a la salida del molino de martillo.

4. ¿Pueden usarse los desperdicios?

Sí, se recolectan y se introducen en el molino de bolas.

- Maquinarias y Herramientas:
  1. ¿Están en buenas condiciones?  
Sí, la implementación del proceso de molienda es reciente, por lo tanto las máquinas son nuevas.
  2. ¿Son las adecuadas?  
Sí, ya que satisfacen los requerimientos operativos de la empresa.
  3. ¿Están colocadas convenientemente?  
No, debido a que el molino de bolas ocupa parte del área de tratamiento térmico.
  4. ¿Se puede aprovechar el tiempo libre de operadores o máquinas?  
El tiempo libre del operario es aprovechado a plenitud, sin embargo, la máquina es forzada a entrar en tiempo de ocio después de media jornada debido al ruido producida por esta al operar.
  
- Distribución y Condiciones del Lugar:
  1. ¿Se han reducido al mínimo los transportes?  
No, debido a que si se realiza una mejor distribución del molino de bolas disminuye la distancia recorrida.
  2. ¿Está limpio y ordenado el lugar?  
Sí, se realizan jornadas de limpieza al final del día.
  3. ¿Se usa el espacio disponible?  
No, debido a que es posible aprovechar la parte posterior del área en vez de utilizar parte del área de tratamiento térmico.
  4. ¿Se usa el espacio destinado a producción para almacenaje o desperdicios?  
Sí, ya que los desperdicios caen directamente desde la boca de salida del molino de martillo.

- Seguridad:

1. ¿Es el método más seguro y fácil?

No es seguro, debido al ruido excesivo generado por el proceso y por el método utilizado para introducir el ladrillo refractario en la tolva de entrada del molino de martillo, lo cual tampoco hace fácil la tarea.

2. ¿Entiende el operario las reglas de seguridad?

Sí, ya que están obligados a utilizar equipos de seguridad industrial tales como botas de seguridad, guantes, mascarilla, tapones auditivos, casco y lentes.

3. ¿Qué requisitos o aptitudes debe reunir el trabajador, agudeza visual, etc.?

La tarea no requiere de mayores exigencias físicas ni destrezas, por lo tanto operario promedio está capacitado para hacer la tarea.

4. ¿Cuenta con el equipo de seguridad necesario?

Sí, la empresa dota a los empleados de equipos de seguridad necesarios y los reemplaza cuando su vida útil.

- Diseño:

1. ¿Son necesarias y apropiadas las tolerancias?

Sí, debido a que se requiere que el material tenga una granulometría de 100% malla -100, 15% malla -200, y es por esto que se realiza el proceso de molienda con dos molinos distintos.

## Preguntas de la Organización Internacional del Trabajo

### A. Operaciones.

1. ¿Qué propósito tiene la operación?

Moler el ladrillo refractario traído a la empresa Precast Refractories C.A. para producir chamota.

2. ¿Es necesario el resultado que se obtiene con ella? En caso afirmativo, ¿a qué se debe que sea necesario?

Si, ya que el resultado es el material que se quiere fabricar.

3. ¿El propósito de la operación puede lograrse de otra manera?

No.

4. ¿No podría el proveedor de material efectuarla en forma más económica?

No, debido a que el ladrillo refractario comprado es desecho de otra empresa y es el más económico.

5. ¿Puede comprarse la pieza a menor costo?

No, ya que el proveedor que anteriormente suministraba la chamota, decidió detener la venta de este producto.

### B. Condiciones exigidas por la inspección.

1. ¿Qué condiciones de inspección debe llenar esta operación?

Deben de hacerse inspecciones periódicas.



2. Si se modifican las condiciones exigidas a esta operación, ¿será más fácil de efectuar?

No, ya que las inspecciones realizadas tienen poca relevancia en el desempeño del proceso.

3. ¿Son realmente necesarias las normas de tolerancia, variación, acabado y demás?

Solo en cuanto a normas de tolerancias se refiere, debido a que la chamota debe tener una granulometría específica.

4. ¿Se reducirían apreciablemente los costos si se rebajaran las normas?

No, ya que son pocas las inspecciones realizadas y no influyen de manera significativa en los costos.

5. ¿Existe alguna forma de dar al producto acabado una calidad superior a la actual?

No, la chamota ya posee la calidad requerida.

6. ¿Puede mejorarse la calidad empleando nuevos procesos?

No es necesario porque la chamota posee la calidad requerida para producir mortero refractario.

7. ¿Cuáles son las principales causas de que se rechace esta pieza?

Granulometría no adecuada.

8. ¿La norma de calidad está precisamente definida o es cuestión de apreciación personal?

Esta definida por el proceso mediante el paso a través de los dos molinos.

C. Manipulación de materiales.

1. ¿Se invierte mucho tiempo en llevar y traer el material del puesto de trabajo en proporción con el tiempo invertido en manipularlo en dicho puesto?

No, ya que la ubicación del almacenaje del ladrillo refractario se encuentra próxima al área de molienda.

2. ¿Deberían utilizarse carretillas de mano, eléctricas o elevadoras de horquilla?

Si, se debería considerar la instalación de una correa transportadora para introducir el ladrillo refractario en la tolva de entrada del molino de martillo.

3. ¿En qué lugar de la zona de trabajo deberían colocarse los materiales que llegan o que salen?

En el lugar utilizado actualmente.

4. ¿Se justifica un transportador? Y en caso afirmativo, ¿qué tipo sería más apropiado para el uso previsto?

Si, la utilización de la cinta transportadora para introducir el material haría más fácil la ejecución de la tarea disminuyendo la fatiga del operario.

5. ¿Es posible aproximar entre ellos los puntos donde se efectúan las sucesivas fases de la operación y resolver el problema de la manipulación aprovechando la fuerza de gravedad?

Si, instalando un plano inclinado que comunique la tolva de salida de chamota de primera molienda con el molino de bolas, evitando así la manipulación del material de un sitio a otro.

6. ¿Se puede empujar el material de un operario a otro a lo largo del banco?  
No.
7. ¿Se puede despachar el material desde un punto central con un transportador?  
Si, ya se aplica.
8. ¿El tamaño del recipiente o contenedor corresponde a la cantidad de material que se va a trasladar?  
Si, ya la empresa tiene establecida la cantidad de material a moler.
9. ¿Podría el operario inspeccionar su propio trabajo?  
Si, ya lo aplica.
10. ¿Puede idearse un recipiente que permita alcanzar el material más fácilmente?  
Si, pero no es factible ya que obstruiría la entrada al depósito.
11. ¿Podría utilizarse con provecho un chigre eléctrico o neumático o cualquier otro dispositivo para izar?  
No.
12. ¿Puede utilizarse un tractor con remolque? ¿Podría reemplazarse el transportador por ese tractor o por un ferrocarril de empresa industrial?  
No, la distancia que recorre el material no justifica el uso de un tractor o ferrocarril.

13. ¿Se podría aprovechar la fuerza de gravedad empezando la primera operación a un nivel más alto?

No, la primera operación ya está bastante elevada.

14. ¿Se podrían usar canaletas para recoger el material y hacerlo bajar hasta unos contenedores?

Si, instalando un plano inclinado que comunique la tolva de salida de chamota de primera molienda con el molino de bolas, evitando así la manipulación del material de un sitio a otro.

15. ¿Se resolvería más fácilmente el problema del curso y manipulación de los materiales trazando un cursograma analítico?

Si, ya que se visualiza de mejor manera el traslado de materiales y el tiempo que tarda el operario en ejecutar dichos traslados.

16. ¿Está el almacén en un lugar cómodo?

Si, ya que se encuentra cerca del área de molienda.

17. ¿Se podrían utilizar en los puestos de trabajo recipientes de materiales portátiles cuya altura llegue a la cintura?

No, debido a que no es factible por cuestiones de distribución de espacio en planta.

18. ¿Es fácil despachar las piezas a medida que se acaban?

Si.

19. ¿Se evitaría con una placa giratoria la necesidad de desplazarse?

No es factible la utilización de una placa giratoria.

20. ¿Los recipientes son uniformes para poderlos apilar y evitar que ocupen demasiado espacio en el suelo?

Si, se utilizan sacos para tal fin.

21. ¿Se pueden comprar los materiales en tamaños más fáciles de manipular?

No, ya el tamaño en que viene el material es adecuado.

22. ¿Se ahorrarían demoras si hubiera señales (luces, timbres, etc.) que avisaran cuando se necesite más material?

No, ya que no se utiliza un método de producción continua.

23. ¿Pueden cambiarse de lugar los almacenes y las pilas de materiales para reducir la manipulación y el transporte?

No, ya están ubicados de manera conveniente para su manejo.

D. Análisis del proceso.

1. ¿La sucesión de operaciones es la mejor posible? ¿O mejoraría si se le modificara el orden?

No, el orden es invariante.

2. ¿Podría efectuarse la misma operación en otro departamento para evitar los costos de manipulación?

No, el proceso requiere llevarse a cabo en el área determinada a tal fin.

3. ¿No sería conveniente hacer un estudio conciso de la operación estableciendo su cursograma analítico?

Si, ya que se visualiza de mejor manera el traslado de materiales y el tiempo que tarda el operario en ejecutar dichos traslados.

4. ¿El trabajo se inspecciona en el momento decisivo o cuando está acabado?

El trabajo se inspecciona al momento de estar acabado.

5. Si hubiera giras de inspección, ¿se eliminarían los desperdicios, mermas y gastos injustificados?

Sí, es por esto que se realiza un inspección periódica.

#### E. Materiales.

1. ¿El material que se utiliza es realmente adecuado?

Sí, es el requerido para la fabricación de chamota.

2. ¿No podría reemplazarse por otro más barato que igualmente sirviera?

No, este es el más económico ya que se utiliza material de desecho de otra empresa.

3. ¿No se podría utilizar un material más ligero?

No, éste es el material requerido para la chamota.

4. ¿El material se compra ya acondicionado para el uso?

Sí, ya que el ladrillo refractario no requiere de modificaciones adicionales.

5. ¿Podría el abastecedor introducir reformas en la elaboración del material para mejorar su uso y disminuir los desperdicios?

No, ya que el material es desecho del abastecedor.

6. ¿El material es entregado suficientemente limpio?

Sí.

7. ¿Se compra en cantidades y dimensiones que lo hagan cundir al máximo y reduzcan la merma y los retazos y cabos inaprovechables?  
Sí, ya que el proceso es de molienda.
8. ¿Se saca el máximo partido posible del material al cortarlo?; ¿y al elaborado?  
Sí, el material es molido y aprovechado a plenitud.
9. ¿Son adecuados los demás materiales utilizados en la elaboración: aceites, agua, ácidos, pintura, aire comprimido, electricidad? ¿Se controla su uso y se trata de economizarlos?  
Sí, solo aplica la electricidad y es utilizada únicamente al operar los molinos.
10. ¿No se podría modificar el método para eliminar el exceso de mermas y desperdicios?  
Sí, a través de la implementación de una bandeja recolectora en la parte inferior del molino de martillo.
11. ¿El proveedor de material lo somete a operaciones que no son necesarias para el proceso estudiado?  
No, el material es desecho del proveedor y cumple con las especificaciones requeridas por la empresa.
12. ¿El material es entregado sin bordes filosos ni rebabas?  
Sí, generalmente cumple con las especificaciones requeridas por la empresa.
13. ¿Se altera el material con el almacenamiento?  
No, el material no se altera ya que el almacenamiento es bajo techo.

14. ¿Se podría hacer la pieza de manera más económica con retazos de material de otra calidad?

No, el material obtenido es desecho de otra empresa y cumple con la calidad requerida por la empresa.

F. Organización del trabajo.

1. ¿Están las actividades tan bien reguladas que el operario siempre tiene algo que hacer?

Sí, una vez que es colocado en marcha el proceso el operario se dispone a trabajar en otro.

2. ¿Cómo se dan las instrucciones al operario?

Las instrucciones al operario se le dan de manera verbal.

3. ¿Cómo se consiguen los materiales?

Por pedidos realizados al proveedor.

4. ¿Hay control de la hora? En caso afirmativo, ¿cómo se verifican la hora de comienzo y de fin de la tarea?

No existe control de hora.

5. ¿La disposición de la zona de trabajo da buen resultado o podría mejorarse?

No da buen resultado y debe mejorarse.

6. ¿Los materiales están bien situados?

Si, el material se encuentra al lado del área de molienda y no requiere de búsqueda.



7. ¿Cómo se mide la cantidad de material acabado?  
Una vez obtenido el producto terminado éste es pesado.
8. ¿Se llevan registros adecuados del desempeño de los operarios?  
No, no se mantiene registro del desempeño.
9. ¿Se hace conocer debidamente a los nuevos obreros los locales donde trabajarán y se les dan suficientes explicaciones?  
Sí, cada obrero nuevo pasa por un curso de iniciación.
10. ¿Cuando los trabajadores no alcanzan cierta norma de desempeño, ¿se averiguan las razones?  
Sí.
11. ¿Se estimula a los trabajadores a presentar ideas?  
Sí, existe un ingeniero encargado de la parte innovadora de la empresa.

G. Disposición del lugar de trabajo.

1. ¿Facilita la disposición de la fábrica la eficaz manipulación de los materiales?  
No, existe una obstrucción entre el área de molienda y de tratamiento térmico.
2. ¿Permite la disposición de la fábrica un mantenimiento eficaz?  
Sí, el mantenimiento es posible fácilmente según la disposición actual de la fábrica.
3. ¿Proporciona la disposición de la fábrica una seguridad adecuada?  
Sí, la seguridad es adecuada.

4. ¿Están los materiales bien situados en el lugar de trabajo?  
Sí, están ubicados de forma conveniente.
  
5. ¿Existen instalaciones para eliminar y almacenar las virutas y desechos?  
No, no existen zonas de almacenamiento de desechos.
  
6. ¿La luz existente corresponde a la tarea de que se trate?  
Sí, la luz que se posee en el área es la adecuada.
  
7. ¿Se ha previsto un lugar para el almacenamiento de herramientas y calibradores?  
Si, existe un área destinada a tal fin.
  
8. ¿Existen armarios para que los operarios puedan guardar sus efectos personales?  
No, la empresa no posee armarios.

#### H. Herramientas y equipo.

1. ¿Podría utilizarse un dispositivo de alimentación o carga automática?  
Si, la utilización de la cinta transportadora para introducir el material haría más fácil la ejecución de la tarea disminuyendo la fatiga del operario.
  
2. ¿Disminuiría la calidad si se empleara un herramental más barato?  
No se emplean herramientas en el proceso.
  
3. ¿Se reduciría la fatiga con un banco o pupitre especial que evitara la necesidad de encorvarse, doblarse y estirarse?  
La instalación de un banco no es factible por el trabajo que se realiza.

4. ¿Se podría utilizar plantillas?  
No, no es factible el uso de plantillas.

I. Condiciones de trabajo.

1. ¿La luz es uniforme y suficiente en todo momento?  
Sí, la luz que se posee en el área es la adecuada.
2. ¿Se ha eliminado el resplandor de todo el lugar de trabajo?  
Sí, no existe resplandor en el área de trabajo.
3. ¿Se proporciona en todo momento la temperatura más agradable?; y en caso contrario ¿no se podrían utilizar ventiladores o estufas?  
No, la temperatura en el área de trabajo es bastante elevada y no posee ventiladores que refresquen el área.
4. ¿Se justificaría la instalación de aparatos de aire acondicionado?  
No, la instalación es un galpón por lo que la instalación de un aire acondicionado no es factible.
5. ¿Se pueden reducir los niveles de ruido?  
Sí, esto es necesario, se puede hacer a través de la construcción de un cuarto aislado que contenga el área de molienda para de ésta forma mitigar una proporción del ruido producido por el proceso.
6. ¿Se pueden eliminar los vapores, el humo y el polvo con sistemas de evacuación?  
Sí, con la construcción del cuarto descrito anteriormente se elimina el polvo que libera el proceso.

7. ¿Se puede proporcionar una silla?

No en el área de trabajo.

8. ¿Se han colocado grifos de agua fresca en lugares cercanos del trabajo?

Sí, los operarios tienen filtros de agua en el área de trabajo.

9. ¿Se han tenido debidamente en cuenta los factores de seguridad?

Sí, la empresa ha dotado a los operarios de instrumentos de seguridad, pero aunque los operarios cuentan con los tapones auditivos aún el ruido es muy elevado.

10. ¿Es el piso seguro y liso, pero no resbaladizo?

Si, el piso cumple con la condiciones de seguridad.

11. ¿Su ropa es adecuada para prevenir riesgos?

Sí, poseen de ropa adecuada de seguridad.

12. ¿Da la fábrica en todo momento impresión de orden y pulcritud?

Sí, la empresa da impresión de orden y pulcritud.

13. ¿Con cuánta minucia se limpia el lugar de trabajo?

El lugar de trabajo se limpia con la minucia necesaria en una empresa.

14. ¿Están los procesos peligrosos adecuadamente protegidos?

Sí, los procesos peligrosos constan de la protección adecuada.

J. Enriquecimiento de la tarea de cada puesto.

1. ¿Es la tarea aburrida o monótona?

No, la tarea no es monótona.

2. ¿Puede el operario realizar la inspección de su propio trabajo?  
Sí, el operario inspecciona su propio trabajo y existe una inspección periódica por parte de otro operario.
3. ¿Puede el operario hacer el material completo?  
Sí, el material es fabricado en su totalidad por un solo operario.
4. ¿Es posible y deseable la rotación entre puestos de trabajo?  
No, el proceso es fácilmente realizado por un solo operario.
5. ¿Es posible y deseable el horario flexible?  
Sí, los operarios poseen un horario flexible.
6. ¿El ritmo de la operación está determinado por el de la máquina?  
Sí, ya que el operario no puede comenzar la siguiente operación si la primera no ha terminado,

## **Análisis Operacional**

### *Enfoques Primarios:*

- Propósitos de la Operación:  
El objetivo fundamental es moler el ladrillo refractario el cual es introducido manualmente y pasa por dos etapas de molienda, la primera con un molino de martillo y la segunda con molino de bolas para obtener chamota. Es necesario evaluar la posibilidad de sustituir el trabajo manual por uno mecanizado.

- Diseño de la Parte:

El diseño de la chamota es relativamente sencillo de forma granular.

- Tolerancia y/o Especificaciones:

El diseño de la chamota exige ciertas medidas de granulometría, ésta tiene que cumplir con 100% malla -100 y 15% malla -200, esto quiere decir que el 100% de los granos tiene que pasar a través de la malla 100 y que como máximo el 15% de los granos pasen por la malla -200. Sin embargo los molinos están estandarizados con respecto a esta tolerancia por lo que el operario no necesita tomar medidas constantemente sino de forma periódica para constatar que el material cumpla con las especificaciones requeridas.

- Proceso de Manufactura:

La entrada de ladrillo refractario en el molino de martillo es laboriosa, ya que el operario debe lanzarlos a la tolva de entrada por lo tanto es conveniente evaluar la posibilidad de automatizar la entrada de material por medio de una cinta transportadora.

Con respecto a la entrada de la chamota de primera molienda al molino de bolas, la cual también es laboriosa, es necesario estudiar la posibilidad de la instalación de un plano inclinado, aprovechando la gravedad, que vaya desde la tolva de salida del filtro hasta la boca de entrada del molino de bolas.

- Materiales:

En éste caso se usa ladrillo refractario, el cual es desperdicio de un proceso de fabricación utilizado en otra empresa por lo tanto la sustitución de este material por otro más barato no es viable.

- Manejo de Materiales:

Con la instalación de la cinta transportadora y el plano inclinado el manejo del material sería prácticamente nulo, debido a la automatización del proceso. El operario viene a tener contacto con el material solo al momento de colocar el ladrillo refractario en la cinta y al retirar la chamota.

- Preparación y Herramental:

En este caso el operario debe prever el tiempo que tarda la máquina en estar operable después que ésta es encendida. También es importante que el operario al finalizar el proceso de molienda almacene la chamota producida y ordene el área para la siguiente jornada de trabajo.

- Condiciones de Trabajo:

En cuanto al ruido producido por el proceso de molienda es recomendable que la empresa estudie la posibilidad de la construcción de un cuarto aislado que rodee el área de molienda con lo cual disminuiría el impacto del ruido así como también el polvo liberado en el proceso. Con lo que respecta a la temperatura, la empresa debe evaluar la posibilidad de la instalación de dispositivos de ventilación debido a las altas temperaturas presentadas tanto por los hornos como por el ambiente.

- Distribución de la Planta y Equipo:

En este caso se puede observar que el área de molienda ocupa parte del área de tratamiento térmico imposibilitando el uso de ambas simultáneamente, por lo cual la empresa debe de realizar un estudio de factibilidad para la reubicación de los equipos, tomando en consideración la propuesta de la construcción del cuarto que rodee el área de molienda para la reducción del polvo y del ruido. Una posibilidad de la reubicación de los equipos dentro del área de molienda puede ser vista en la Figura 2.

## Método Propuesto

El método propuesto se hace a partir de la necesidad de una mejora en el proceso de molienda de la empresa Precast Refractories C.A. considerando principalmente el ruido generado por los molinos, la distribución de los equipos y el método utilizado.

El ladrillo refractario llega a la empresa en un camión por el portón número 2, es descargado en el área de recepción y almacenado de ladrillos refractarios para su posterior uso en el área de molienda. Dicha área está rodeada de paredes de bloque y techado, ambas con protección antirruído (anime). El techo posee una compuerta de entrada de material, a donde llega la correa transportadora, ubicada sobre la tolva de entrada del molino de martillo. Cuando la empresa requiere de chamota para la fabricación de morteros refractarios, el operario enciende el molino industrial de martillo, lleva el ladrillo refractario a moler al área destinada para tal fin, ubicada a un (1) metro del área de recepción y almacenaje, en donde el operario coloca los ladrillos refractarios en una cinta transportadora que los conduce a la tolva de entrada del molino de martillo. Una vez finalizada la primera molienda, el operario apaga el molino de martillo y entra en el cuarto en donde se encuentran los molinos para realizar el cambio del tubo de succión de material molido hacia el molino de bolas, ubicado a seis (6) metros, se dirige hacia el filtro con tolva de salida del material molido, ubicada a un (1) metro, abre la compuerta de la salida de material y deja que este caiga por efecto de la gravedad por el plano inclinado que desemboca en la tolva de entrada del molino de bolas, ubicada a un (1) metro. El operario a continuación sale del cuarto y enciende dicho molino para la realización de la segunda molienda. Al finalizar esta última molienda el operario apaga el molino de bolas, entra nuevamente al cuarto de molienda y se dirige al filtro



con tolva de salida de material molido, separa el plano inclinado, recoge la chamota terminada y la lleva al área de materia prima.

## Diagrama de Proceso

### Diagrama de Proceso.

**Proceso:** Molienda de Ladrillo Refractario para la Producción de Chamota.

**Inicio:** Encender Molino de Martillo.

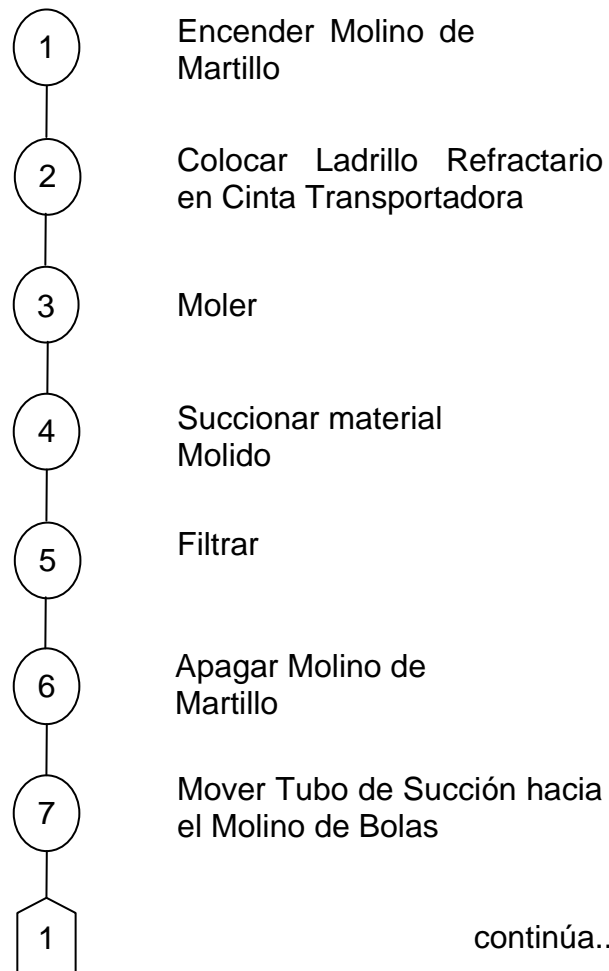
**Fin:** Extraer Chamota.

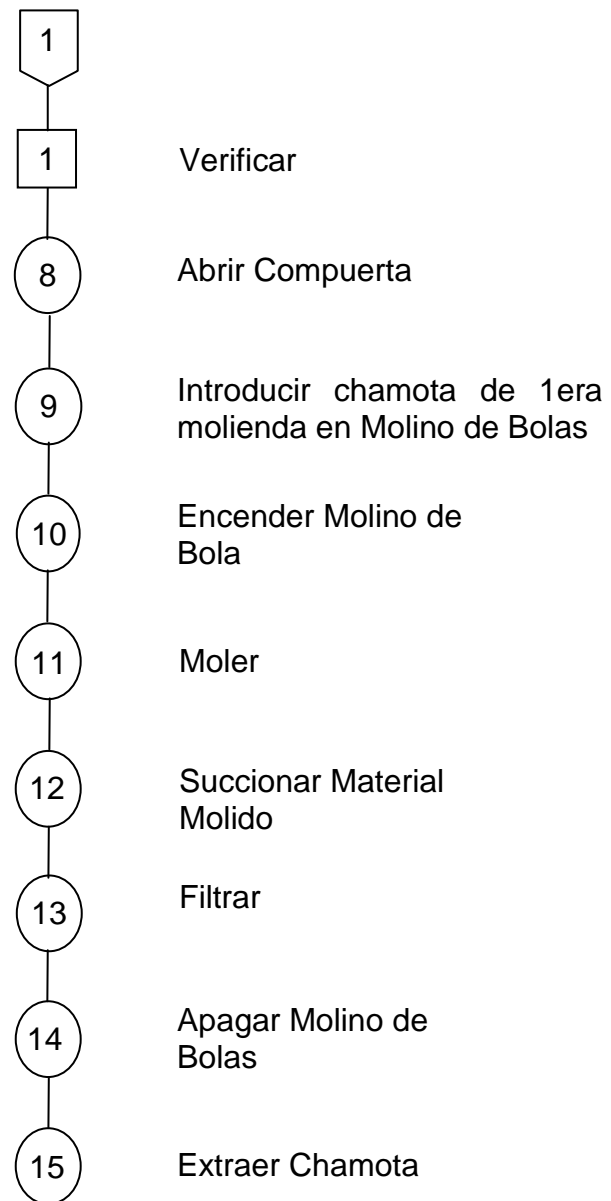
**Fecha:** 26 de junio de 2006.

**Seguimiento:** Equipo.

**Método:** Propuesto.

| Evento | Cantidad |
|--------|----------|
|        | 15       |
| ○      | 1        |
| □      | 0        |
| →      | 0        |
| D      | 0        |
| ∇      | 16       |





*Figura 3.* Diagrama de Proceso Propuesto de la Fabricación de Chamota

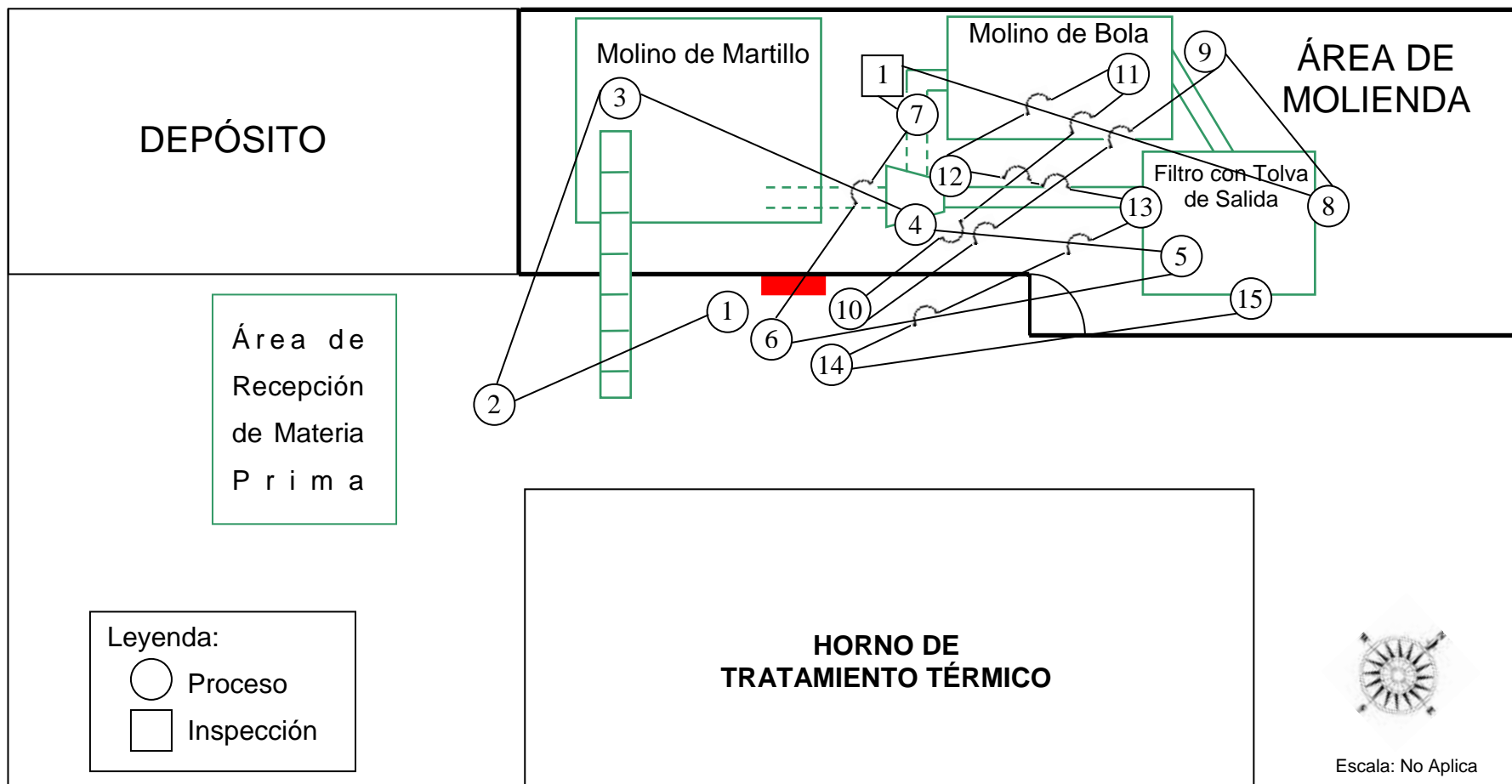


Figura 4. Diagrama de Flujo Propuesto de la Fabricación de Chamota.

## Análisis General

El proceso de molienda recientemente implementado en la empresa Precast Refractories C.A. vino acompañado con una serie de problemas que afectan directamente a los operarios y con esto a la productividad de la empresa. La aplicación del método propuesto asegura la solución a la problemática del ruido a través de una disminución considerable del mismo, además de simplificar el proceso de molienda, teniendo relación directa en un aumento de la productividad.

- El método propuesto sugiere la prioridad de la distribución del área de molienda de manera que se encuentren en una zona aislada para disminuir el impacto del ruido sobre los operarios. En éste sentido se sugiere la construcción de un cuarto aislado que rodee los equipos que integran el proceso de molienda.
- Este método también sugiere la instalación de una cinta transportadora y el plano inclinado, ya que con esto, el manejo del material sería prácticamente nulo, debido a la automatización del proceso, el operario tendrá contacto con el material solo al momento de colocar el ladrillo refractario en la cinta y al retirar la chamota. Reduciendo de esta manera costos, tiempo, recorridos y aumentando la producción.
- En lo que respecta a las condiciones de trabajo en el área de producción el método propuesto sugiere la instalación de dispositivos de ventilación debido a las altas temperaturas presentadas tanto por los hornos como por el ambiente.
- El método propuesto sugiere la implementación de una bandeja recolectora en la parte inferior del molino de martillo, en la cual el

operario pueda recoger la chamota procesada e introducirla en el molino de bola para su posterior proceso.

En el mejor de los casos, en que la empresa Precast Refractories C.A. decida la aprobación del método propuesto, ésta se verá beneficiada en cuanto a la disminución de la fatiga de los operarios y la seguridad de éstos por los efectos producidos por el ruido. De la misma manera percibirá una reducción de sus costos de producción, aumento de la productividad, reducción de desperdicios y ahorro de tiempo y recorridos en el proceso de molienda.

## **CAPÍTULO VII**

### **ESTUDIO DE TIEMPOS**

#### **Tiempo Estándar**

Para calcular el tiempo estándar es necesario determinar ciertos valores, tales como:

#### **Determinación de los Elementos**

En la aplicación de la técnica de cronometraje es necesario definir primeramente los elementos a los cuales se divide el proceso de molienda y a los cuales se les va a realizar la medición del tiempo. Esta selección de los elementos se realiza de manera arbitraria teniendo en cuenta las operaciones relacionadas entre sí respetando la precedencia y quedan definidos de la siguiente manera:

1. *Elemento 1*: este elemento incluye las siguientes operaciones: Introducir ladrillo refractario en molino de martillo, moler, succionar y filtrar.

2. *Elemento 2:* elemento incluye las siguientes operaciones: Extraer chamota de primera molienda, apagar el molino de martillo, mover tubo, verificar, introducir chamota de primera molienda en molino de bolas.
3. *Elemento 3:* elemento incluye las siguientes operaciones: Encender el molino de bolas, moler, succionar, filtrar.
4. *Elemento 4:* elemento incluye las siguientes operaciones: Extraer chamota y apagar molino de bolas.

### Tamaño de la Muestra

Una vez conocido el tiempo de duración del proceso se define un número de muestras igual a 3 ya que el proceso de molienda tiene una duración de aproximadamente 59 minutos. Los valores obtenidos en cada uno de los elementos seleccionados se muestran en la Tabla 2, estos datos están todos expresados en minutos.

Tabla 2. Información obtenida por Cronometraje de tiempo Vuelta a Cero.

| CICLO      |   | 1            | 2            | 3            | TPS          |
|------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Elemento 1 | T | 3,50         | 4,80         | 4,58         | 4,29         |
|            | L | <b>3,50</b>  | <b>4,80</b>  | <b>4,58</b>  |              |
| Elemento 2 | T | 12,55        | 14,46        | 13,56        | 13,52        |
|            | L | <b>16,05</b> | <b>19,26</b> | <b>18,14</b> |              |
| Elemento 3 | T | 34,36        | 38,59        | 40,40        | 37,78        |
|            | L | <b>50,41</b> | <b>57,85</b> | <b>58,54</b> |              |
| Elemento 4 | T | 4,58         | 3,10         | 5,47         | 4,38         |
|            | L | <b>54,99</b> | <b>60,95</b> | <b>64,01</b> |              |
|            |   |              |              | <b>TOTAL</b> | <b>59,98</b> |

En el estudio de tiempo se toma en cuenta el proceso completo de molienda para la fabricación de ladrillo refractario molido, obteniendo como



resultado del cronometraje los siguientes valores los cuales son expresados en minutos y segundos para efecto de dicho estudio:

Tabla 3. *Tiempo Total del Proceso expresado en minutos y segundos.*

| Ciclo     | 1       | 2       | 3       |
|-----------|---------|---------|---------|
| Operación | 54' 59" | 60' 57" | 64' 01" |

Dichos tiempos expresados en minutos quedan:

Tabla 4. *Tiempo Total del Proceso expresado en minutos.*

| Ciclo     | 1     | 2     | 3     |
|-----------|-------|-------|-------|
| Operación | 54,99 | 60,95 | 64,01 |

- Cálculo de la Desviación Estándar de la muestra.

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - \frac{\sum T}{n}}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{10836,0827 - 10794,0008}{2}}$$

$$S = 4,5870$$

- Determinación de la confiabilidad del estudio.

El nivel de confianza seleccionada para la muestra de  $n = 3$ , en estudio es  $c = 90\%$  y la Desviación Estándar  $S = 4,5870$ .

- Cálculo del tiempo promedio seleccionado (TPS).

$$TPS = \frac{\sum Ti}{n} = \frac{179,95}{3} = 59,98$$

- Cálculo del intervalo de confianza o límite de control máximo (LCM)

$$I = LCM = TPS \pm \frac{T_c \times S}{\sqrt{n}}$$

Si  $T_c = 1,886$  este valor se obtuvo de la tabla de valores de criterios de la distribución t.

$$T_c = t(\alpha, n-1)$$

Donde:

$n - 1 =$  grados de libertad

$$n - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\alpha = 1 - c$$

$$\alpha = 1 - 0,90$$

$$\alpha = 0,1$$

Por tanto  $t_c = t(0,1; 2)$ . Por tabla, (Ver Anexo E) se tiene que  $t_c = 1,886$ .

El intervalo de confianza para el proceso de molienda se halla a través de la ecuación:

$$I = LCM = 59,98 \pm \frac{1,886 \times 4,5870}{\sqrt{3}}$$

$$LCS = 64,97 \text{ min} \quad Y \quad LCI = 54,98 \text{ min}$$

- Cálculo del intervalo de la muestra

$$I_m = \frac{2 \times T_c \times S}{\sqrt{n}}$$

$$I_m = \frac{2 \times 1,886 \times 4,5870}{\sqrt{3}}$$

$$I_m = 9,98 \text{ min.}$$

- Criterio de decisión

$$\text{Si } \begin{cases} I_m \leq I \rightarrow \text{Se Acepta} \\ I_m > I \rightarrow \text{Se Rechaza } \therefore \text{Calcular } N' \end{cases}$$

$$9,98 < 64,97 \Rightarrow I_m < I$$

El tamaño de la muestra es aceptable, por lo tanto no es necesario realizar observaciones adicionales.

### **Determinación del Tiempo Estándar.**

- Cálculo del factor de Calificación del Operario.

El factor de calificación del operario se realizó a través del método Westinghouse, que permitió realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa de la manera de actuar del operario al llevar a cabo el proceso de molienda utilizando la tabla de porcentajes de calificación de la actuación del Sistema Westinghouse. (Ver Anexo G).

*Habilidad:* Excelente B1 = + 0,11

Se otorga esta calificación debido al alto grado de destreza que debe tener el operario al introducir el ladrillo refractario en la tolva de entrada del molino de martillo.

*Esfuerzo:* Excelente B2 = + 0,08

Se le asigna esta calificación debido a que el esfuerzo requerido en la realización del trabajo tiene un grado elevado de exigencia física para el operario.

*Condiciones de trabajo:* Deficiente F = - 0,07

Las condiciones de trabajo en el área de molienda son bastante desfavorables para la ejecución del trabajo por parte del operador, debido a que en esta área se presentan altas temperaturas y ruidos repetitivos molestos. Por lo cual se le otorga dicha calificación.

*Consistencia:* Buena C = + 0,01

Ya que el operario trabaja por ciclos, y este depende del tiempo que tarda la máquina en procesar el ladrillo refractario, la calificación es de buena.

En resumen:

Tabla 5. *Calificación de la Velocidad del Operario.*

| <b>FACTOR</b>       | <b>CLASE</b> | <b>CATEGORIA</b> | <b>PORCENTAJE (%)</b> |
|---------------------|--------------|------------------|-----------------------|
| <b>HABILIDAD</b>    | B1           | Excelente        | + 0,11                |
| <b>ESFUERZO</b>     | B2           | Excelente        | + 0,08                |
| <b>CONDICIONES</b>  | F            | Deficiente       | - 0,07                |
| <b>CONSISTENCIA</b> | C            | Buena            | + 0,01                |
| <b>TOTAL (C):</b>   |              |                  | <b>+ 0,13</b>         |

La calificación es igual a:

$$Cv = 1 \pm C$$

$$Cv = 1 + 0,13$$

$$Cv = 1,13$$

Este valor representa que el operario trabaja un 13% por encima del operario promedio.

- Cálculo del Tiempo Normal.

El cálculo del tiempo requerido por el operario en la ejecución del proceso de molienda llevado a cabo en la empresa Precast Refractories C.A. se realiza de la siguiente manera:

$$TN = TPS \times Cv$$

$$TN = 59,98 \times 1,13$$

$$TN = 67,77 \text{ min}$$

- Cálculo de la Jornada de Trabajo.

La jornada de trabajo en la empresa Precast Refractories C.A., es de 7:00 AM a 12:00 PM y de 1:00 PM a 4:00 PM, lo que significa que la jornada de trabajo es de 8 horas al día discontinua.

- Cálculo de Tolerancias por Fatiga.

En el cálculo de las tolerancias por fatiga, se determina el total de puntos de la hoja de concesiones dando como resultado 295. (Ver Anexo F).

Describiendo los factores de donde se obtuvo dicho valor se tiene:

*Condiciones de trabajo:*

Temperatura: Grado 4, es un ambiente sin circulación de aire, con una temperatura > 32°C.

Ventilación: Grado 3, es un ambiente cerrado sin movimiento de aire el cual debido al proceso presenta gran cantidad de polvo.

Humedad: Grado 2, ambiente seco, menos del 30% de humedad relativa.

Nivel de Ruido: Grado 4, ambiente que presenta ruidos de alta frecuencia, repetitivos y otras características molestas producido por los molinos al operar.

Iluminación: Grado 1, el ambiente en donde se encuentra el área de molienda tiene iluminación natural suficiente y además esta dispuesta de focos en caso de ser necesario.

*Repetitividad y Esfuerzo aplicado:*

Duración del trabajo: Grado 2, el proceso de molienda en un carga de máquina se completa en menos de 15 minutos.

Repetición del Ciclo: Grado 4, el trabajo realizado por el operador se repite de forma constante durante toda la jornada de trabajo con un nivel de repetitividad mayor a 10 veces por día.

Esfuerzo Físico: Grado 1, se realiza un esfuerzo manual al momento de llevar la chamota de primera molienda al molino de bolas y el esfuerzo

requerido al momento de introducir los ladrillos refractarios en la tolva de entrada del molino de martillo.

Esfuerzo Mental o Visual: Grado 2, atención mental y visual frecuente en donde el operador debe esperar que cada uno de los molinos complete el ciclo para pasar a la siguiente operación.

*Posición de Trabajo:*

Parado, sentado, moviéndose, altura de trabajo: Grado 3, el proceso obliga al operario agacharse e inclinarse para recoger los ladrillos y lanzarlos uno hacia la tolva de entrada del molino de martillo.

*Concesión:*

El puntaje obtenido es de 295 puntos. Este puntaje se ubica en la tabla de concesiones por fatiga en la clase E1, entre los rangos de 290 a 296, otorgando un porcentaje de concesión del 21% a una jornada de trabajo de 480 minutos. Con estos datos se determina que los minutos concedidos por fatiga son 83,31 minutos.

Tabla 6. Hoja de Concesiones por Fatiga.

|   |                            |   |  |  |  |
|---|----------------------------|---|--|--|--|
|  | <b>HOJA DE CONCESIONES</b> |   | NÚMERO:                                |  |  |
|   |                            |   | VIGENCIA:                              |  |  |
|   |                            |   | FECHA:                                 | 13/07/06                               |  |
| CÓDIGO DE CARGO:  | CONCESIONES:               | FECHA: <input checked="" type="checkbox"/> EFECTIVA |  |  |  |
| ÁREA: Molienda  | GERENCIA O DIVISIÓN:       | PREPARADO POR: El Grupo                             |  |  |  |
| PROYECTO:   | DEPARTAMENTO:              | REVISADO POR: Iván Turmero                          |  |  |  |
| PROCESO: Fabricación de Chamota.  | TÍTULO DEL CARGO:          | APROBADO POR:                                       |  |  |  |
| FACTOR DE FATIGA  |                            | PUNTOS POR GRADOS DE FACTORES                       |  |  |  |
|   |                            | 1er.  | 2do.                                   | 3er.                                   | 4to.                                   |
| <b>CONDICIONES DE TRABAJO:</b>  |                            |   |  |  |  |
| 1 TEMPERATURA   |                            | 5 <input type="checkbox"/>                          | 10 <input type="checkbox"/>            | 15 <input type="checkbox"/>            | 40 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 VENTILACIÓN   |                            | 5 <input type="checkbox"/>                          | 10 <input type="checkbox"/>            | 20 <input checked="" type="checkbox"/> | 30 <input type="checkbox"/>            |
| 3 HUMEDAD   |                            | 5 <input type="checkbox"/>                          | 10 <input checked="" type="checkbox"/> | 15 <input type="checkbox"/>            | 20 <input type="checkbox"/>            |
| 4 NIVEL DE RUIDO  |                            | 5 <input type="checkbox"/>                          | 10 <input type="checkbox"/>            | 20 <input type="checkbox"/>            | 30 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 ILUMUNACIÓN   |                            | 5 <input checked="" type="checkbox"/>               | 10 <input type="checkbox"/>            | 15 <input type="checkbox"/>            | 20 <input type="checkbox"/>            |
| <b>REPETITIVIDAD:</b>   |                            |   |  |  |  |
| 6 DURACIÓN DEL TRABAJO  |                            | 20 <input type="checkbox"/>                         | 40 <input checked="" type="checkbox"/> | 60 <input type="checkbox"/>            | 80 <input type="checkbox"/>            |
| 7 REPETICIÓN DEL CICLO  |                            | 20 <input type="checkbox"/>                         | 40 <input type="checkbox"/>            | 60 <input type="checkbox"/>            | 80 <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 ESFUERZO FÍSICO   |                            | 20 <input checked="" type="checkbox"/>              | 40 <input type="checkbox"/>            | 60 <input type="checkbox"/>            | 80 <input type="checkbox"/>            |
| 9 ESFUERZO VISUAL O MENTAL  |                            | 10 <input type="checkbox"/>                         | 20 <input checked="" type="checkbox"/> | 30 <input type="checkbox"/>            | 50 <input type="checkbox"/>            |
| <b>POSICIÓN:</b>  |                            |   |  |  |  |
| DE PIE, MOVIÉNDOSE, SENTADO, ALTURA   |                            | 10 <input type="checkbox"/>                         | 20 <input type="checkbox"/>            | 30 <input checked="" type="checkbox"/> | 40 <input type="checkbox"/>            |
| TOTAL PUNTOS  |                            | 295   |  |  |  |
| CONCESIONES POR FATIGA  |                            | 83,31 min   |  |  |  |
| <b>OTRAS CONCESIONES (MINUTOS)</b>  |                            |   |  |  |  |
| TIEMPO PERSONAL   |                            | 20  |  |  |  |
| DEMORAS INEVITABLES   |                            | 38,2 min  |  |  |  |
| TOTAL CONCESIONES   |                            | 141,51  |  |  |  |
| <b>CARGA DE TRABAJO ESTÁNDAR:</b>   |                            |   |  |  |  |

$$\text{Fatiga} = \frac{\text{Concesión\%} \times \text{JE}}{1 + \text{Concesión\%}}$$

$$\text{Fatiga} = \frac{0,21 \times 480}{1 + 0,21} = 83,31 \text{ min}$$



## **Análisis de Tolerancias.**

*Almuerzo:* Debido a que la jornada de trabajo es discontinua, no se dan concesiones de tiempo por este concepto, ya que el operario posee una hora para almorzar.

*Merienda:* La empresa no otorga concesiones por motivo de merienda.

*Tiempo de Preparación Inicial:* 5 minutos, en este tiempo se enciende el molino de martillo y se deja calentar para su funcionamiento efectivo.

*Tiempo de Preparación Final:* 30 minutos, en este tiempo se extrae la chamota, se recoge el material sobrante y se barre y ordena el área de trabajo.

*Fatiga:* La fatiga en el operario es elevada y constante, debido a que en la empresa existe un alto nivel de ruido, temperatura y periodicidad. El operario trabaja en cualquiera de los procesos de producción y por lo tanto su tiempo de descanso es mínimo.

*Necesidades Personales:* este tiempo se le otorga a los operarios para atender sus necesidades personales básicas, siempre y cuando no influyan de manera directa en las operaciones de trabajo. La empresa ha establecido una duración promedio de 20 minutos.

*Demoras Inevitables:* este tiempo de 3,2 minutos es otorgado para la espera de que el polvo levantado por el molino de martillos se disipe ya que este molino levanta tal cantidad de polvo que los operarios se ven en la obligación de parar el proceso y esperar por un aire más limpio.

- Determinación de la Jornada Efectiva de Trabajo

Para el cálculo de la JET, se aplica lo siguiente:

JET: Jornada de Trabajo -  $\Sigma$  Tolerancias fijas

JET:  $480 - (5 + 30 + 3,2)$

JET: 441,8 min.

Con este valor se procede a normalizar las tolerancias (variables), se debe tener en cuenta los 83 minutos de tolerancia por fatiga y los 20 minutos por necesidades personales:

$$\begin{array}{ccc} \text{JET} - (\text{Fatiga} + \text{NP}) & \longrightarrow & (\text{Fatiga} + \text{NP}) \\ \text{TN} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} 441,8 - (83,31 + 20) & \longrightarrow & (83,31 + 20) \\ 67,77 & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = 20,68 \text{ min.}$$

Finalmente el tiempo estándar de la operación de prensado viene dado por:

TE:  $\text{TN} + \Sigma$  Tolerancias

TE:  $67,77 + 20,68$

TE: 88,45 min.

## Análisis de Resultados

Luego de realizar el estudio de tiempo para el proceso de molienda de chamota refractaria de la empresa Precast Refractories C.A. se obtuvieron los siguientes resultados:

1. De acuerdo a las mediciones de tiempo realizadas en el área de trabajo se puede concluir que el TPS es de 59,98 minutos.
2. El tiempo normal que emplea el operario para realizar el proceso de molienda de ladrillo refractario es de 67,77 minutos, el cual representa el tiempo necesario por el operario promedio para ejecutar el proceso de molienda, sin ninguna demora por necesidades personales ni retrasos inevitables.
3. Aplicando el método sistemático, se asignan las tolerancia por fatiga, se suman a las necesidades personales, lo cual conduce a la atribución de concesiones por concepto de tolerancias variables de 20,68 minutos, este valor varia poco en comparación con el tiempo normal utilizado por el operario para llevar a cabo el proceso de molienda de ladrillo refractario.
4. El cálculo del tiempo estándar del proceso de molienda en la empresa Precast Refractories, C.A., es de 88,45 minutos.

## Análisis General

El proceso de molienda recientemente implementado en la empresa Precast Refractories C.A. vino acompañado con una serie de problemas que afectan directamente a los operarios y con esto a la productividad de la empresa. La aplicación del método del Estudio de Tiempos permite sincerar los tiempos de operación de cada uno de los elementos involucrados en el proceso de molienda sirviendo como herramienta útil para corregir deficiencias y establecer una estandarización de la duración de las actividades realizadas por los operarios y máquinas, con el fin de aumentar la productividad, reducir costos, disminuir la fatiga de los operarios, entre otros.

- El estudio de tiempos indica que la fatiga experimentada por los operarios representa un porcentaje elevado del tiempo estándar, lo cual revela que el trabajo es muy laborioso.
- Uno de los factores que hacen que el proceso sea laborioso es el Nivel de Ruido, ya que el operador se encuentra en presencia de ruidos de alta frecuencia de manera intermitente, los cuales inciden en todas las áreas de trabajo en la empresa.
- Otro factor importante es la temperatura, debido a que existe un ambiente sin circulación de aire y con temperaturas por encima de 32°C, los cuales influyen de manera directa en el desempeño del operario.
- El estudio de tiempos también indica que las condiciones ambientales son inadecuadas, ya que existe mucho polvo el cual frena el proceso con una demora inevitable debido a acondicionamiento del área por medio de extracción de aire.

Gracias a la aplicación de este estudio la empresa Precast Refractories C.A. se verá beneficiada en cuanto a la disminución de la fatiga de los

operarios y la seguridad de éstos por los efectos producidos tanto por el ruido, la temperatura, el esfuerzo físico, las condiciones ambientales, pero una de los aspectos más importantes es el de sincerar los tiempos de operación del proceso de molienda para así aumentar la productividad disminuyendo los costos inherentes al proceso y mejorar las condiciones laborales de los operarios.

## CONCLUSIONES

Una vez analizado el estudio del proceso de molienda se llega a las siguientes conclusiones:

1. El principal problema que presenta la empresa Precast Refractories C.A. en el área de molienda es el ruido excesivo originado por los molinos cuando están en funcionamiento, debido a que causan fatiga en los operarios de la empresa.
2. Existe una mala distribución de los molinos y del filtro del área de molienda, debido a que existe un horno, cercano al molino de bolas, el cual es obstruido constantemente por ésta área.
3. El proceso de molienda es desarrollado de forma dificultosa para los operarios, ya que estos deben lanzar la materia prima (ladrillo refractario) hacia la tolva de entrada del molino de martillo para que sea molida, debido a que no existe un método adecuado para la introducción del material.
4. La temperatura del medio ambiente en el área de molienda y en el resto del entorno productivo son elevadas, debido a que la empresa no cuenta con ventiladores que permitan refrescar un poco originando de esta forma una mayor fatiga a los operarios.
5. La chamota de primera molienda que cae en el suelo tiene que ser recogida por el operario con palas, aumentando la fatiga de éste.
6. El trabajo realizado por el operario se caracteriza por requerir de poco esfuerzo físico, sin embargo es repetitivo, en cuanto al esfuerzo mental o visual requiere atención frecuente, por otro lado, el proceso

obliga al operario a que su posición del trabajo sea inclinándose y agachándose para introducir los ladrillos refractarios al molino de martillo, lo que conlleva a un porcentaje representativo del tiempo de concesiones por fatiga.

7. En la fabricación de chamota en el proceso de molienda se requiere de ciertas tolerancias para el tiempo de preparación inicial y final del área de trabajo y cumplir con las exigencias de calidad.
8. Existen insuficiencias en las condiciones del trabajo; la temperatura es muy elevada, hay poca ventilación y el ruido es muy molesto, de alta frecuencia y repetitivo.
9. El polvo generado en la molienda realizada por el molino de martillo afecta directamente el tiempo de duración del proceso ya que, existe una demora inevitable esperando a que éste se disipe.

## RECOMENDACIONES

Tras el estudio realizado con respecto al proceso de molienda de la empresa Precast Refractories C.A. se le hacen las siguientes recomendaciones a la empresa:

1. El ruido que ejercen los molinos en el proceso de molienda no es una falla del equipo con respecto a su fabricación, sino que el proceso en sí es ruidoso. Debido a esto se le recomienda a la empresa que estudie la posibilidad de encerrar el área de molienda, construyendo un cuarto con barreras de sonido, lo cual disminuirá tanto el ruido generado por el proceso como el polvo que se produce al moler el material, lo que finalmente disminuirá la fatiga de los operarios y a la vez solventará el problema de la distribución de espacio.
2. La instalación de una correa transportadora para evitar tener que lanzar el ladrillo refractario a la tolva de entrada del molino de martillo.
3. La instalación de varios ventiladores ubicados de forma estratégica en el área de producción para así tener un ambiente más fresco.
4. La implementación de una bandeja recolectora en la parte inferior del molino de martillo, en la cual el operario pueda recoger la chamota procesada e introducirla en el molino de bola para su posterior proceso para reducir así la fatiga causada al operario al no tener que recoger la chamota con palas.
5. La instalación de un plano inclinado que vaya desde la tolva de salida del filtro hasta la tolva de entrada del molino de bolas, aprovechando



la fuerza de gravedad para introducir la chamota de primera molienda en el molino de bolas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Charles, R. (2.001). *Materiales Refractarios en la Industria del Aluminio*. Venezuela.
- Escuela de Educación de la Universidad Católica Andrés Bello – Guayana. (2.004). *Normas Para la Elaboración de Trabajos Escritos*.
- Hernández – Sampier, R., Fernández – Collado, C., & Batista – Lucio, P (2.004). *Metodología de la Investigación*. Chile: McGraw Hill.
- Niebel, B. Freivalds, A. (2.004) *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (11<sup>a</sup> Ed.). Mexico D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Santalla, Z. (2.005). *Guía para la Elaboración Formal de Reportes de Investigación*. Caracas: Editorial Texto C.A.

**ANEXOS**

**ANEXO A. Molino de Martillo**



**ANEXO B. Molino de Bolas**



**ANEXO C. Área de Molienda****ANEXO D. Filtro con Tolva de Salida**

### ANEXO E. Tabla Valores Críticos de la Distribución t de Student

#### LA DISTRIBUCION $t$

Si  $X$  tiene  $\nu$  grados de libertad, entonces  $Pr.(X \leq x) = P$ .

| $\nu$    | P=0.90 | P=0.95 | 0.975  | 0.990  | 0.995  | 0.999   | 0.9995  |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 1        | 3.078  | 6.314  | 12.706 | 31.821 | 63.657 | 318.302 | 636.619 |
| 2        | 1.886  | 2.920  | 4.303  | 6.965  | 9.925  | 22.327  | 31.598  |
| 3        | 1.638  | 2.353  | 3.182  | 4.541  | 5.841  | 10.215  | 12.941  |
| 4        | 1.533  | 2.132  | 2.776  | 3.747  | 4.604  | 7.173   | 8.610   |
| 5        | 1.476  | 2.015  | 2.571  | 3.365  | 4.032  | 5.894   | 6.859   |
| 6        | 1.440  | 1.943  | 2.447  | 3.143  | 3.707  | 5.208   | 5.959   |
| 7        | 1.415  | 1.895  | 2.365  | 2.998  | 3.499  | 4.785   | 5.405   |
| 8        | 1.397  | 1.860  | 2.306  | 2.896  | 3.355  | 4.501   | 5.041   |
| 9        | 1.383  | 1.833  | 2.262  | 2.821  | 3.250  | 4.297   | 4.781   |
| 10       | 1.372  | 1.812  | 2.228  | 2.764  | 3.169  | 4.144   | 4.587   |
| 11       | 1.363  | 1.796  | 2.201  | 2.718  | 3.106  | 4.025   | 4.437   |
| 12       | 1.356  | 1.782  | 2.179  | 2.681  | 3.055  | 3.930   | 4.318   |
| 13       | 1.350  | 1.771  | 2.160  | 2.650  | 3.012  | 3.852   | 4.221   |
| 14       | 1.345  | 1.761  | 2.145  | 2.624  | 2.977  | 3.787   | 4.140   |
| 15       | 1.341  | 1.753  | 2.131  | 2.602  | 2.947  | 3.733   | 4.073   |
| 16       | 1.337  | 1.746  | 2.120  | 2.583  | 2.921  | 3.686   | 4.015   |
| 17       | 1.333  | 1.740  | 2.110  | 2.567  | 2.898  | 3.646   | 3.965   |
| 18       | 1.330  | 1.734  | 2.101  | 2.552  | 2.878  | 3.611   | 3.922   |
| 19       | 1.328  | 1.729  | 2.093  | 2.539  | 2.861  | 3.579   | 3.883   |
| 20       | 1.325  | 1.725  | 2.086  | 2.528  | 2.845  | 3.552   | 3.850   |
| 24       | 1.318  | 1.711  | 2.064  | 2.492  | 2.797  | 3.467   | 3.745   |
| 30       | 1.310  | 1.697  | 2.042  | 2.457  | 2.750  | 3.385   | 3.646   |
| 40       | 1.303  | 1.684  | 2.021  | 2.423  | 2.704  | 3.307   | 3.551   |
| 50       | 1.299  | 1.676  | 2.009  | 2.403  | 2.678  | 3.261   | 3.496   |
| 60       | 1.296  | 1.671  | 2.000  | 2.390  | 2.660  | 3.232   | 3.460   |
| 80       | 1.292  | 1.664  | 1.990  | 2.374  | 2.639  | 3.195   | 3.416   |
| 100      | 1.290  | 1.660  | 1.984  | 2.364  | 2.626  | 3.174   | 3.391   |
| 200      | 1.286  | 1.653  | 1.972  | 2.345  | 2.601  | 3.131   | 3.340   |
| $\infty$ | 1.282  | 1.645  | 1.960  | 2.326  | 2.576  | 3.090   | 3.291   |

## ANEXO F. Tabla Concesiones por Fatiga

|                        |                     |   |
|------------------------|---------------------|---|
| CONCESIONES POR FATIGA | MINUTOS CONCEDIDOS= | $\frac{\text{CONCESIÓN\% X JORNADA EFECTIVA}}{1 + \text{CONCESIÓN \%}}$ |
|                        |                     |   |

| CLASE | LÍMITES DE CLASE |          | CONCESIÓN(%) POR FATIGA | JORNADA EFECTIVA (MINUTOS)    |     |     |     |
|-------|------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|-----|-----|-----|
|       | INFERIOR         | SUPERIOR |                         | 510                           | 480 | 450 | 420 |
|       |                  |          |                         | MINUTOS CONCEDIDOS POR FATIGA |     |     |     |
| A1    | 0                | 156      | 1                       | 5                             | 5   | 4   | 4   |
| A2    | 157              | 163      | 2                       | 10                            | 10  | 9   | 8   |
| A3    | 164              | 170      | 3                       | 15                            | 14  | 13  | 12  |
| A4    | 171              | 177      | 4                       | 20                            | 18  | 17  | 16  |
| A5    | 178              | 184      | 5                       | 24                            | 23  | 21  | 20  |
| B1    | 185              | 191      | 6                       | 29                            | 27  | 25  | 24  |
| B2    | 192              | 198      | 7                       | 33                            | 31  | 29  | 27  |
| B3    | 199              | 205      | 8                       | 38                            | 36  | 33  | 31  |
| B4    | 206              | 212      | 9                       | 42                            | 40  | 37  | 35  |
| B5    | 213              | 219      | 10                      | 46                            | 44  | 41  | 38  |
| C1    | 220              | 226      | 11                      | 51                            | 48  | 45  | 42  |
| C2    | 227              | 233      | 12                      | 55                            | 51  | 48  | 45  |
| C3    | 234              | 240      | 13                      | 59                            | 55  | 52  | 48  |
| C4    | 241              | 247      | 14                      | 63                            | 59  | 55  | 51  |
| C5    | 248              | 254      | 15                      | 67                            | 63  | 59  | 55  |
| D1    | 255              | 261      | 16                      | 70                            | 66  | 62  | 58  |
| D2    | 262              | 268      | 17                      | 74                            | 70  | 65  | 61  |
| D3    | 269              | 275      | 18                      | 78                            | 73  | 69  | 64  |
| D4    | 276              | 282      | 19                      | 81                            | 77  | 72  | 67  |
| D5    | 283              | 289      | 20                      | 85                            | 80  | 75  | 70  |
| E1    | 290              | 296      | 21                      | 89                            | 83  | 78  | 73  |
| E2    | 297              | 303      | 22                      | 92                            | 86  | 81  | 76  |
| E3    | 304              | 310      | 23                      | 95                            | 90  | 84  | 79  |
| E4    | 311              | 317      | 24                      | 99                            | 93  | 87  | 81  |
| E5    | 318              | 324      | 25                      | 102                           | 96  | 90  | 84  |
| F1    | 325              | 331      | 26                      | 105                           | 99  | 93  | 87  |
| F2    | 332              | 338      | 27                      | 108                           | 102 | 96  | 89  |
| F3    | 339              | 345      | 28                      | 112                           | 105 | 98  | 92  |
| F4    | 346              | 349      | 29                      | 115                           | 108 | 101 | 94  |
| F5    | 350              | Y MÁS    | 30                      | 118                           | 111 | 104 | 97  |

### ANEXO G. Tablas del Sistema Westinghouse

| DESTREZA O HABILIDAD |    |            |
|----------------------|----|------------|
| 0.15                 | A1 | EXTREMA    |
| 0.13                 | A2 | EXTREMA    |
| 0.11                 | B1 | EXCELENTE  |
| 0.08                 | B2 | EXCELENTE  |
| 0.06                 | C1 | BUENA      |
| 0.03                 | C2 | BUENA      |
| 0                    | D  | REGULAR    |
| -0.05                | E1 | ACEPTABLE  |
| -0.1                 | E2 | ACEPTABLE  |
| -0.16                | F1 | DEFICIENTE |
| -0.22                | F2 | DEFICIENTE |

| ESFUERZO O EMPENO |    |            |
|-------------------|----|------------|
| 0.13              | A1 | EXCESIVO   |
| 0.12              | A2 | EXCESIVO   |
| 0.1               | B1 | EXCELENTE  |
| 0.08              | B2 | EXCELENTE  |
| 0.05              | C1 | BUENO      |
| 0.02              | C2 | BUENO      |
| 0                 | D  | REGULAR    |
| -0.4              | E1 | ACEPTABLE  |
| -0.8              | E2 | ACEPTABLE  |
| -0.12             | F1 | DEFICIENTE |
| -0.17             | F2 | DEFICIENTE |

| CONDICIONES |   |             |
|-------------|---|-------------|
| 0.06        | A | IDEALES     |
| 0.04        | B | EXCELENTES  |
| 0.02        | C | BUENAS      |
| 0           | D | REGULARES   |
| -0.03       | E | ACEPTABLES  |
| -0.07       | F | DEFICIENTES |

| CONSISTENCIA |   |             |
|--------------|---|-------------|
| 0.06         | A | IDEALES     |
| 0.04         | B | EXCELENTES  |
| 0.02         | C | BUENAS      |
| 0            | D | REGULARES   |
| -0.03        | E | ACEPTABLES  |
| -0.07        | F | DEFICIENTES |