



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA  
DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO  
DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA  
CENTROAMERICANA, S.A.**

**Mario Israel Argueta Dardón**  
Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, septiembre de 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA  
DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO  
DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA  
CENTROAMERICANA, S.A.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**MARIO ISRAEL ARGUETA DARDÓN**

**ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

**GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO:     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos      |
| VOCAL I:    | Inga. Glenda Patricia García Soria   |
| VOCAL II:   | Inga. Alba Maritza Guerrero de López |
| VOCAL III:  | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón    |
| VOCAL IV:   | Bach. Kenneth Issur Estrada Ruiz     |
| SECRETARIA: | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |                                      |
|-------------|--------------------------------------|
| DECANO:     | Ing. Sydney Alexander Samuels Milson |
| EXAMINADOR: | Ing. Norma Ileana Sarmiento          |
| EXAMINADOR: | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |
| EXAMINADOR: | Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma   |
| SECRETARIO: | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco   |

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración mi trabajo de graduación titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA  
DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO  
DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA  
CENTROAMERICANA, S.A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha 19 de julio de 2005.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mario Israel Argueta Dardón', with a stylized flourish at the end.

Mario Israel Argueta Dardón.



Guatemala, 17 de agosto de 2007

Ingeniero  
Francisco Gómez Rivera  
Director de Escuela de Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

De mi consideración:

Al referirme, muy atentamente, al nombramiento que se me hiciera por parte de la Dirección a su cargo, con fecha 19 de julio de 2005, con relación al trabajo de tesis titulado "IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA CENTROAMERICANA, S.A.", desarrollado por el estudiante universitario Mario Israel Argueta Dardón, me permito informarle que dicho trabajo fue realizado bajo mi dirección, cumpliendo con los preceptos y normas académicas de nuestra casa de estudios.

Al concluirse satisfactoriamente el trabajo realizado por el señor Argueta, y habiendo efectuado la revisión correspondiente, no me resta más que dar mi aprobación al referido trabajo para los efectos de graduación profesional en el campo de la Ingeniería Mecánica Industrial.

Sin otro particular, soy de usted, con las muestras de mi consideración más distinguida,

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Colegiado 3071

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

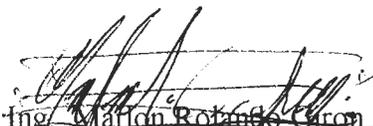


**FACULTAD DE INGENIERIA**

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Mario Israel Argueta Dardón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**MARLON ROLANDO GIRON AVALOS**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 6668

  
**Ing. Marlon Rolando Giron Avalos**  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2007

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Mario Israel Argueta Dardón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
**Ing. José Francisco Gómez Rivera**  
**DIRECTOR**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, septiembre de 2007.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA DE LA LÍNEA DE ESTUFAS DEL MODELO 2G4SE EN EL DEPARTAMENTO DE METÁLICO DE LA EMPRESA INDUSTRIA METALÚRGICA CENTROAMERICANA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Mario Israel Argueta Dardón**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, septiembre de 2007.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- DIOS** Por brindarme la vida, el amor y la sabiduría, e iluminarme en el camino hacia el éxito.
- VIRGEN MARÍA** Porque como Madre ha guiado mis pasos.
- MIS PADRES** José Israel Argueta y Celeste Angélica Dardón, por su amor, apoyo y comprensión incondicional.
- MI ESPOSA** Michell Noemí Lemus de Argueta, porque con su amor, compartimos el trabajo en equipo hacia el logro de nuestras metas.
- MIS HERMANOS** Celia Cristina Argueta y Manuel Antonio Argueta, por su cariño y apoyo.
- MIS TÍOS** Danilo y Amparito de Dardón, Víctor e Irene de Dardón, por sus sabios consejos.
- MIS PRIMOS** Byron Manuel, Danilo Roberto, Gustavo Adolfo y especialmente Maridol González, por instarme a seguir siempre hacia adelante.

**MIS COMPAÑEROS**

**Y AMIGOS**

Especialmente a Sergio Yanes, Luis Gómez, Lázaro García y al Ingeniero Carlos Pérez, por sus sabios consejos y apoyo fraterno.

**LA USAC**

Por ayudarme a descubrir mi vocación de servicio.

## ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>                 | <b>VII</b>  |
| <b>GLOSARIO</b>                                | <b>XIII</b> |
| <b>RESUMEN</b>                                 | <b>XV</b>   |
| <b>OBJETIVOS</b>                               | <b>XVII</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                            | <b>XIX</b>  |
| <br>   |             |
| <b>1 ANTECEDENTES GENERALES</b>                |             |
| 1.1 Ubicación de la planta                     | 01          |
| 1.2 Tipo de empresa                            | 01          |
| 1.2.1 Fundación de la empresa                  | 01          |
| 1.2.2 Estructura organizacional                | 02          |
| 1.3 Tipo de edificio                           | 04          |
| 1.3.1 Primera categoría                        | 04          |
| 1.3.2 Segunda categoría                        | 05          |
| 1.3.3 Tercera categoría                        | 06          |
| 1.4 Distribución de planta                     | 06          |
| 1.4.1 Distribución por posición fija           | 07          |
| 1.4.2 Distribución por proceso                 | 07          |
| 1.4.3 Distribución por línea o producto        | 07          |
| 1.5 Maquinaria y equipo del proceso de estufas | 08          |
| 1.5.1 Departamento de Metálico                 | 08          |
| 1.5.1.1 Guillotinas                            | 08          |
| 1.5.1.2 Perforadoras                           | 09          |
| 1.5.1.3 Dobladoras                             | 09          |
| 1.5.1.4 Troqueladoras menores                  | 09          |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| 1.5.1.5   | Prensas mayores                               | 10 |
| 1.5.1.6   | Punteadoras                                   | 10 |
| 1.5.1.7   | Turbinas manuales de aire Mototul             | 11 |
| 1.5.2     | Área de capado                                | 11 |
| 1.5.2.1   | Tanques desengrasantes                        | 12 |
| 1.5.2.2   | Secador                                       | 12 |
| 1.5.2.3   | Horno ferro                                   | 12 |
| 1.5.3     | Área de acrílico                              | 13 |
| 1.5.3.1   | Horno Kaysa                                   | 14 |
| 1.5.3.2   | Equipo pintura acrílica                       | 14 |
| 1.5.3.2.1 | Tanque presurizado                            | 15 |
| 1.5.3.2.2 | Mangueras para alta presión                   | 15 |
| 1.5.3.2.3 | Pistoleta pulverizadora electrostática        | 15 |
| 1.5.3.2.4 | Regulador de presión                          | 15 |
| 1.5.3.2.5 | Manómetros                                    | 15 |
| 1.5.3.2.6 | Copa Zanz núm. 2                              | 15 |
| 1.5.3.2.7 | Elcómetro                                     | 16 |
| 1.5.3.2.8 | Termómetro                                    | 16 |
| 1.5.3.2.9 | Cabina de aplicación con extractor de nieblas | 16 |
| 1.5.3.3   | Compresores                                   | 16 |
| 1.5.4     | Área de ensamble                              | 17 |
| 1.5.4.1   | Pistoletas manuales de armado                 | 17 |
| 1.6       | Troquelería                                   | 18 |
| 1.6.1     | Torno   | 18 |
| 1.6.2     | Rectificadora                                 | 18 |
| 1.6.3     | Polipasto                                     | 19 |
| 1.6.4     | Cepillo                                       | 19 |

|       |              |    |
|-------|--------------|----|
| 1.6.5 | Horno temple | 19 |
| 1.6.6 | Fresadora    | 20 |

## **2 SITUACIÓN ACTUAL**

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.1     | Diagnóstico de la empresa, técnica FODA                 | 23 |
| 2.1.1   | Fortalezas  | 23 |
| 2.1.2   | Oportunidades   | 24 |
| 2.1.3   | Debilidades   | 24 |
| 2.1.4   | Amenazas  | 24 |
| 2.2     | Misión  | 25 |
| 2.3     | Visión  | 25 |
| 2.4     | Objetivos   | 25 |
| 2.5     | Departamento de Metálico                                | 26 |
| 2.5.1   | Explosión de materiales de estufa 2G4SE                 | 26 |
| 2.5.1.1 | Descripción de 6 pzs. que componen la estufa            | 32 |
| 2.5.2   | Diagrama de flujo de proceso, 6 pzs.                    | 34 |
| 2.5.3   | Diagrama de operaciones, 6 pzs.                         | 49 |
| 2.5.4   | Diagrama de recorrido, 6 pzs.                           | 62 |
| 2.6     | Distribución de maquinaria del Departamento de Metálico |    |
| 2.6.1   | Distribución por posición fija                          | 76 |
| 2.6.2   | Distribución por proceso                                | 76 |
| 2.6.3   | Distribución en línea                                   | 76 |
| 2.7     | Modelos de estufas que se fabrican                      |    |
| 2.7.1   | 2G4SE   | 76 |
| 2.7.2   | 2G4VI   | 77 |
| 2.7.3   | 3G5VI   | 77 |

### **3 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA**

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.1     | Descripción                                | 79  |
| 3.2     | Requerimientos del proyecto                | 80  |
| 3.2.1   | Maquinaria                                 | 80  |
| 3.2.2   | Recurso humano                             | 80  |
| 3.3     | Análisis del costo                         | 81  |
| 3.3.1   | Costo                                      |     |
| 3.3.1.1 | Definición                                 | 81  |
| 3.3.1.2 | Descripción del costo aproximado           | 82  |
| 3.4     | Seguridad e higiene industrial             | 85  |
| 3.4.1   | Conceptos                                  | 86  |
| 3.4.2   | Señalización cromática                     | 87  |
| 3.4.3   | Enfermedades ocupacionales y profesionales | 88  |
| 3.4.3.1 | Áreas de riesgo                            | 89  |
| 3.4.4   | Análisis del ruido                         | 90  |
| 3.5     | Riesgo de incendio                         | 92  |
| 3.5.1   | Tipos                                      | 93  |
| 3.5.2   | Extintores                                 | 94  |
| 3.6     | Programa de seguridad industrial           | 95  |
| 3.7     | Análisis de la iluminación                 | 102 |

### **4 IMPLEMENTACIÓN**

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 4.1     | Descripción                                | 103 |
| 4.2     | Distribución de maquinaria propuesta       | 103 |
| 4.3     | Diagrama de recorrido propuesta, seis pzs. | 106 |
| 4.4     | Normas                                     | 120 |
| 4.4.1   | Del proceso                                | 120 |
| 4.4.1.1 | De lámina                                  | 120 |
| 4.4.1.2 | Esmaltes                                   | 122 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| 4.4.2    | De distribución                                | 123 |
| 4.5      | Cimentación                                    | 124 |
| 4.5.1    | Concepto                                       | 124 |
| 4.5.2    | Ejemplo de aplicación                          | 126 |
| 4.6      | Análisis de vibraciones                        | 132 |
| 4.7      | Cronograma de actividades de la implementación | 134 |
| 4.7.1    | Programa Administración de proyectos           | 134 |
| <br>     |  |     |
| <b>5</b> | <b>SEGUIMIENTO</b>                             |     |
| 5.1      | Inspección                                     | 137 |
| 5.2      | Cotización de maquinaria nueva y usada         | 137 |
| 5.3      | Mantenimiento                                  |     |
| 5.3.1    | Concepto                                       | 138 |
| 5.3.2    | Tipos de mantenimiento                         | 139 |
| 5.3.3    | Fichas de seguimiento                          | 141 |
| 5.4      | Marco Comparativo                              |     |
| 5.4.1    | Concepto                                       | 143 |
| 5.4.2    | Tipos  | 143 |
| 5.4.3    | Aplicación                                     | 144 |
| <br>     |  |     |
|          | <b>CONCLUSIONES</b>                            | 147 |
|          | <b>RECOMENDACIONES</b>                         | 149 |
|          | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                            | 151 |
|          | <b>ANEXOS</b>                                  | 153 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1  | Organigrama general IMCA, S.A.   | 03 |
| 2  | Explosión de materiales parte frontal estufa 2G4SE                               | 27 |
| 3  | Explosión de materiales parte superior estufa 2G4SE                              | 29 |
| 4  | Explosión de materiales horno y accesorios estufa 2G4SE                          | 31 |
| 5  | Diagrama de flujo del proceso<br>de cubierta superior de la estufa 2G4SE         | 36 |
| 6  | Diagrama de flujo del proceso<br>de panel lateral mini de la estufa 2G4SE        | 38 |
| 7  | Diagrama de flujo del proceso<br>de la cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE | 40 |
| 8  | Diagrama de flujo del proceso<br>de panel trasero de la estufa 2G4SE             | 42 |
| 9  | Diagrama de flujo del proceso<br>de canal base de la estufa 2G4SE                | 44 |
| 10 | Diagrama de flujo del proceso<br>de la cubierta protectora de la estufa 2G4SE    | 46 |
| 11 | Diagrama de flujo del proceso<br>del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE   | 48 |
| 12 | Diagrama de operaciones<br>de cubierta superior de la estufa 2G4SE               | 50 |
| 13 | Diagrama de operaciones<br>de panel lateral mini de la estufa 2G4SE              | 52 |
| 14 | Diagrama de operaciones  |    |

|    |  |     |
|----|--|-----|
|    | de la cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE  | 54  |
| 15 | Diagrama de operaciones<br>de panel trasero de la estufa 2G4SE   | 56  |
| 16 | Diagrama de operaciones<br>de canal base de la estufa 2G4SE  | 58  |
| 17 | Diagrama de operaciones<br>de la cubierta protectora y pocillo de ventilación<br>de la estufa 2G4SE                        | 60  |
| 18 | Diagrama de recorrido actual<br>de cubierta superior de la estufa 2G4SE  | 63  |
| 19 | Diagrama de recorrido actual<br>de panel lateral mini de la estufa 2G4SE   | 65  |
| 20 | Diagrama de recorrido actual<br>de la cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE  | 67  |
| 21 | Diagrama de recorrido actual<br>de panel trasero de la estufa 2G4SE  | 69  |
| 22 | Diagrama de recorrido actual<br>de canal base de la estufa 2G4SE   | 71  |
| 23 | Diagrama de recorrido actual<br>de la cubierta protectora de la estufa 2G4SE   | 73  |
| 24 | Diagrama de recorrido actual<br>del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE  | 75  |
| 25 | Proceso de capacitación para personal de primer<br>ingreso a nivel operativo del Departamento de Metálico<br>de IMCA, S.A. | 101 |
| 26 | Redistribución de la planta de producción del<br>departamento de peltre de IMCA, S.A. Fase 1                               | 104 |
| 27 | Redistribución de la planta de producción del<br>Departamento de Metálico de IMCA, S.A. Fase 2                             | 105 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 28 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de cubierta superior de la estufa 2G4SE         | 107 |
| 29 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de panel lateral mini de la estufa 2G4SE        | 109 |
| 30 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de la cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE | 111 |
| 31 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de panel trasero de la estufa 2G4SE             | 113 |
| 32 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de canal base de la estufa 2G4SE                | 115 |
| 33 | Diagrama de recorrido propuesto<br>de la cubierta protectora de la estufa 2G4SE    | 117 |
| 34 | Diagrama de recorrido propuesto<br>del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE   | 119 |
| 35 | Base de cimentación profunda, planta   | 127 |
| 36 | Base de cimentación profunda, losa de cimentación<br>inferior                      | 128 |
| 37 | Base de cimentación profunda, losa de cimentación<br>superior                      | 129 |
| 38 | Base de cimentación profunda, corte A-A  | 130 |
| 39 | Base de cimentación profunda, corte B-B  | 131 |
| 40 | Base de cimentación poco profunda, vista de planta y<br>corte A-A                  | 132 |
| 41 | Máquina CNC  | 137 |
| 42 | Ficha de seguimiento de una máquina  | 142 |
| 43 | Ejemplo de Marco Comparativo   | 146 |

## TABLAS

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| I     | Resumen de maquinaria del Departamento de Metálico  | 21  |
| II    | Componentes de un análisis FODA   | 23  |
| III   | Parte frontal de la estufa 2G4SE  | 28  |
| IV    | Parte superior de la estufa 2G4SE   | 30  |
| V     | Parte del horno y accesorios de la estufa 2G4SE   | 32  |
| VI    | Proyección de costos del proyecto. Fase I   | 83  |
| VII   | Proyección de costos del proyecto. Fase II  | 84  |
| VIII  | Identificación de colores   | 87  |
| IX    | Clasificación de pérdidas auditivas   | 92  |
| X     | Tipos de incendios  | 93  |
| XI    | Clases de incendios y los agentes extintores  | 95  |
| XII   | Programa de seguridad industrial del Departamento de Metálico de IMCA, S.A.                 | 96  |
| XIII  | Presupuesto para implementación del programa de seguridad industrial                        | 97  |
| XIV   | Tabla comparativa del diagrama de recorrido de cubierta superior de la estufa 2G4SE         | 106 |
| XV    | Tabla comparativa del diagrama de recorrido de panel lateral mini de la estufa 2G4SE        | 108 |
| XVI   | Tabla comparativa del diagrama de recorrido de la cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE | 110 |
| XVII  | Tabla comparativa del diagrama de recorrido de panel trasero de la estufa 2G4SE             | 112 |
| XVIII | Tabla comparativa del diagrama de recorrido de canal base de la estufa 2G4SE                | 114 |
| XIX   | Tabla comparativa del diagrama de recorrido   |     |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
|        | de la cubierta protectora de la estufa 2G4SE   | 116 |
| XX     | Tabla comparativa del diagrama de recorrido<br>del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE | 118 |
| XXI    | Clasificación de chapas y flejes de acero  | 121 |
| XXII   | Clasificación de revenido  | 121 |
| XXIII  | Clasificación por acabado  | 122 |
| XXIV   | Clasificación de normas para la elaboración<br>de estufas 2G4SE                              | 122 |
| XXV    | Cuadro de resumen de normas de control   | 123 |
| XXVI   | Cronograma de actividades. Fase I  | 135 |
| XXVII  | Cronograma de actividades. Fase II   | 135 |
| XXVIII | Características de la máquina CNC  | 138 |



## GLOSARIO

- Calibre:** es el grosor de lámina. Mientras más grande es el número de calibre, menor es el grosor.
- Cimentar:** construir o poner una base sólida sobre la que descansará la máquina.
- Costo:** parte de la inversión que se desembolsa, con el fin de recuperarla más adelante y obtener una ganancia.
- Elíptica:** forma geométrica de elipse.
- Embutido:** darle forma a una pieza a cierta profundidad con un troquel.
- Estampar:** procedimiento de impacto de dos placas de troquel -macho y hembra- colocando una lámina dando la forma del troquel.
- Holgura:** espacio suficiente para que pase, quepa o se mueva dentro de algo.
- Perforado:** agujerar piezas de lámina en diferentes formas.
- Proceso:** secuencia lógica de operaciones desde un inicio hasta un fin.
- Ranura:** agujero que se le hace a una pieza de lámina con un perforador de forma elíptica.

**Troquel:** estructura de acero que consta de dos partes, un macho, arriba, y una hembra, abajo, que da la forma a una lámina a una gran presión de trabajo (95 psi).

## RESUMEN

El departamento de Producción de la empresa IMCA, S.A. se divide en 4 áreas, el Departamento de Metálico, el de porcelana, el de pintura acrílica y el de ensamble. De las áreas anteriores se analizará el área de Metálico. En este departamento es donde se inician las operaciones de la fabricación de estufas 2G4SE. El tipo de lámina recomendado a utilizar en el proceso de fabricación es, el de rolado en frío con norma JIS G3141 para embutido profundo y adherencia de esmalte. Por otra parte, se clasifica el edificio como de segunda categoría.

Dentro del diagnóstico de la empresa se realizó un análisis FODA, así también se describen la misión, visión y objetivos de la organización. La empresa inició sus labores productivas como una pequeña empresa, sin embargo, fueron creciendo sus volúmenes de venta según la demanda. La distribución de maquinaria se encuentra un poco desordenada, y en cierta manera entorpece el buen desempeño de la productividad. Es por eso que el trabajo está enfocado en la redistribución de la maquinaria con el objetivo de mejorar el proceso productivo, disminuyendo las distancias y tiempos de transporte.

Una redistribución de maquinaria implica: costos de mano de obra, renta de equipo, materiales de instalaciones mecánicas y eléctricas, y materiales para una buena cimentación, profunda y poco profunda.

Además, se hace referencia acerca de la importancia de la seguridad e higiene industrial dentro de las actividades de la planta, se definen las

enfermedades ocupacionales y profesionales, así como las principales áreas de riesgo. Por otra parte, se menciona la definición y tipos de mantenimiento de las máquinas.

Por último, es importante que después de llevar a cabo el proyecto, se trate de implementar un proceso de mejoramiento continuo, como ejemplo, puede utilizarse el Marco Comparativo en cualquiera de sus tres tipos.

La programación del proyecto fue elaborado en el programa de Administración de Proyectos, en el cual refleja una duración de 115 días a un costo aproximado de Q.148,000.00.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer una mejora en la distribución de maquinaria de la línea de estufas del modelo 2G4SE, en el Departamento de Metálico de la empresa IMCA, S.A., mediante el estudio de criterios de tipo cuantitativo y cualitativo.

### **Específicos**

1. Incrementar la productividad mediante una buena distribución de maquinaria.
2. Establecer el tipo de producción del Departamento de Metálico de IMCA, S.A.
3. Reducir los costos de operación, en base a la optimización del uso de los materiales.
4. Reducir las distancias que recorrerán los empleados entre áreas.
5. Mejorar la planificación del departamento para cumplir con los volúmenes de producción que exige el mercado.
6. Establecer si es necesario comprar más maquinaria para optimizar el proceso.
7. Mejorar el ambiente de trabajo que se da entre los empleados del Departamento de Metálico de IMCA, S.A.



## INTRODUCCIÓN

Una buena distribución de la maquinaria en una planta industrial, es un aspecto importante que favorece en gran manera la productividad y eficiencia de sus operaciones.

En el presente trabajo de graduación, se realizó un análisis con base a la maquinaria de la línea de estufas del modelo 2G4SE en el Departamento de Metálico de la Industria Metalúrgica Centroamericana, S.A. El primer capítulo contiene la información general de la industria, haciendo referencia a su ubicación, antecedentes históricos, su estructura organizacional, el tipo de empresa y edificio, la distribución de la planta, la maquinaria y el equipo utilizado en el proceso de producción. En el segundo capítulo se hace un análisis del actual proceso de fabricación de la estufa; a través de diagramas de flujo, de operaciones y de recorrido, logrando establecer que este proceso implica mucho tiempo de transporte. En el capítulo tres se desarrolla una propuesta de distribución de maquinaria, la cual se plantea desarrollar en dos fases; este capítulo incluye los requerimientos del proyecto, el costo, un análisis de riesgos y un programa de seguridad industrial; todo con el objetivo de disminuir las distancias y por consiguiente el tiempo de recorrido de las piezas, logrando así mayor eficiencia en el proceso de producción. En el capítulo cuatro se hace la descripción de los cambios en la distribución de la maquinaria, con la ayuda de nuevos diagramas de recorrido por cada pieza, las normas del proceso y de distribución, la cimentación de las máquinas y un cronograma de actividades. Por último, el capítulo cinco detalla el seguimiento que se le dará al proyecto después de implementarlo.

Este trabajo es una propuesta, por lo que la ejecución de este proyecto dependerá, exclusivamente, de la decisión que tome la Asamblea de Accionistas de la empresa.

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 Ubicación de la planta**

Está localizada a 28 kilómetros al sur de la ciudad capital, en el municipio de Amatitlán, su planta de producción tiene un área de 14,500 metros cuadrados, con una capacidad instalada de 225,000 unidades anuales, en la actualidad está dando empleo a 300 laborantes.

### **1.2 Tipo de empresa**

Industria Metalúrgica Centroamericana, S.A. es una empresa fabricante de estufas de gas, estufas de mesa, vajillas de peltre, cámaras de refrigeración, y hieleras.

#### **1.2.1 Fundación de la empresa**

Constituida el 12 de diciembre de 1965 inicio operaciones en el mes de marzo de 1966 produciendo inicialmente baterías de cocina en acero totalmente porcelanizadas, y cocinas de mesa de gas corriente kerosén, con un total de 110 trabajadores.

En septiembre de 1969 Amatitlán sufrió una fuerte inundación a causa del invierno, por lo que la planta de producción IMCA, S.A., también sufrió este embate y la misma quedó parcialmente paralizada por varios días, aun así siguió con sus proyectos de producción y un año más tarde lanza al mercado la primera cocina a gas propano de 21" con horno y asador incorporados.

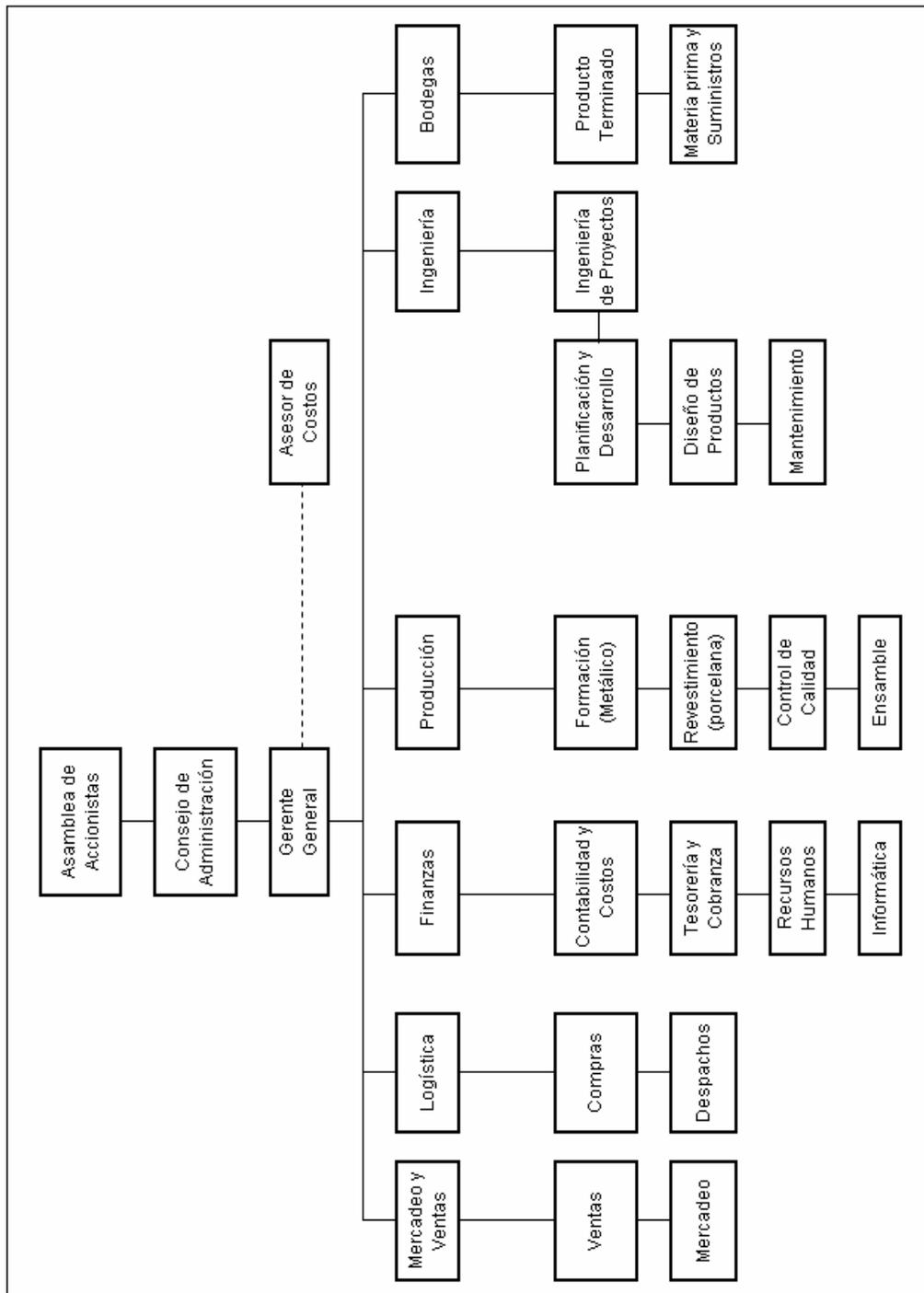
Nuevamente en febrero de 1976 a causa del terremoto del 4 de febrero la planta de producción fue parcialmente destruida, obligando a sus accionistas a efectuar una fuerte inversión de capital de trabajo para levantar un nuevo edificio que cumpliera con todos los requerimientos de producción que se tenían proyectados, esto obligo a una paralización parcial de producción de aproximadamente seis meses.

En 1978 IMCA, S.A. inauguró su planta de refrigeración, convirtiéndose en la primera fábrica guatemalteca productora de refrigeración doméstica. Sus productos están siendo requeridos por la gran mayoría de guatemaltecos y son distribuidos también para toda Centroamérica, Sur de México y el Caribe.

### **1.2.2 Estructura organizacional**

Todas las organizaciones independientemente de su naturaleza requieren un marco de actuación para funcionar. Ese marco está constituido por la estructura organizacional, que es la división ordenada y sistemática de sus unidades de trabajo de acuerdo con el objeto de su creación. Su representación grafica se conoce como organigrama, que es el método más sencillo para expresar la estructura, jerarquía e interrelación de los órganos que componen en términos concretos a la empresa. Por su representación el tipo de organigrama es de tipo vertical, por que presentan las unidades ramificadas de arriba hacia abajo a partir del titular, por lo tanto son los de uso más generalizado en la administración, por lo que a continuación se representará la estructura organizacional de la empresa IMCA, S.A.

**Figura 1. Organigrama general de IMCA, S.A.**



Fuente: Departamento de Recursos Humanos. IMCA, S.A.

### **1.3 Tipo de edificio**

Los edificios industriales son estructuras diseñadas para satisfacer funcionalmente las necesidades de las industrias, tomando en cuenta las áreas productivas e improductivas necesarias para su funcionamiento óptimo, debiéndose acatar los siguientes aspectos:

- necesidades presentes y futuras de la empresa;
- situación financiera;
- condiciones económicas en general;
- cambios en el mercado;
- normas y reglamentos que afecten en sí al edificio;
- tipo del proceso a realizar.

Los tipos de edificio según su construcción se pueden definir en primera, segunda y tercera categoría.

#### **1.3.1 Primera categoría**

Su estructura principal está formada por marcos rígidos de concreto armado transmitiendo sus fuerzas hacia las zapatas individuales del mismo material. Sus techos y entrepisos pueden ser de lozas de hormigón armado, siendo éstas últimas del tipo de concreto pretensado las cuales se apoyan sobre vigas y columnas del mismo material. Los muros exteriores o interiores son de ladrillo de barro o de bloque de piedra pomes y cemento; las cuales generalmente no reciben cargas externas, lo que hace al edificio totalmente asísmico.

Ventajas:

- alta vida de operación incombustible por naturaleza;
- proporcionan bienestar y comodidad al personal que labora dentro de ellos;
- soportan grandes cargas;
- se pueden diseñar para soportar otro nivel, en caso que se expanda la producción en el futuro.

### **1.3.2 Segunda categoría**

Predomina el acero estructural con una combinación de concreto armado en cantidades menores, la cubierta superior del edificio puede ser de lámina de zinc o de aluzinc o en algunas secciones de loza de concreto armado. Los pisos para el área de producción son de concreto armado sin pulir, su resistencia y tipo está en función del proceso de producción, mientras que para el área de oficinas generalmente son de pisos de cemento líquido o granito.

Ventajas:

- las cargas que soportan pueden ser altas;
- son amplios en su interior y esto los hace que se adapten perfectamente a procesos industriales pesados;
- son de montaje fácil, ya que sus elementos estructurales son prefabricados;
- los costos de demolición son bajos permitiendo que los cambios en la instalación resulten económicos.

### **1.3.3 Tercera categoría**

La madera es el material que interviene fundamentalmente en la construcción de estos edificios. La estructura principal está formada por columnas de madera, la cubierta superior puede ser de lámina de zinc o en algunos casos lámina ondulada, sus pisos son de hormigón rústico.

Ventajas:

- su costo de construcción es el más bajo respecto a los edificios de primera y segunda categoría;
- son fáciles de montar y desmontar, ya que las uniones son con clavos o tornillos, las cimentaciones son ligeras y no requieren de precisión, generalmente el área que ocupan es pequeña.

Este tipo de edificio tiene el inconveniente que es altamente combustible y no soporta cargas sísmicas.

La planta de producción de IMCA, S.A. se clasifica como edificio de segunda categoría.

### **1.4 Distribución de planta**

Es la colocación física ordenada de los medios industriales, tales como maquinaria, equipo, trabajadores, espacios requeridos para el movimiento de materiales y su almacenaje y además el espacio necesario para la mano de obra indirecta, servicios auxiliares y los beneficios correspondientes. La distribución de la maquinaria es importante debido a que puede contribuir en la eficiencia de la producción de la planta.

La distribución de planta se puede clasificar en tres tipos de distribución.

#### **1.4.1 Distribución por posición fija**

En esta disposición física, el producto está fijo en su lugar, por lo cual los trabajadores, junto con sus herramientas y su equipo, acuden hasta donde está el producto para trabajar en él. Este tipo de distribución tiene sentido cuando el producto es particularmente grande o difícil de movilizar como por ejemplo la construcción de barcos, ensamble de locomotoras, edificación de presas. Esta distribución minimiza el número de ocasiones en que es necesario movilizar el producto, y frecuentemente constituye la única solución factible.

#### **1.4.2 Distribución por proceso**

Es la mejor distribución para la producción en bajo volumen y alta variedad, por lo que el gerente de operaciones debe organizar los recursos (empleados y equipo) en torno al proceso, esta distribución tiene el propósito de agrupar las estaciones o departamentos de trabajo según su función, siendo común cuando en la misma operación se deben producir muchos productos distintos en forma intermitente o es preciso atender a muchos clientes diferentes.

#### **1.4.3 Distribución por línea o producto**

Es la mejor para la producción repetitiva o continua ya que la secuencia de actividades de procesamiento está fijada por el diseño del producto, puesto que éste se fabrica secuencialmente de un paso al siguiente a lo largo de una línea de flujo.

La distribución de planta en IMCA, S.A. según lo descrito anteriormente se clasifica en cinco departamentos teniendo a la vez su distribución respectiva.

- a. Departamento de Metálico tiene como distribución por proceso.
- b. Departamento de porcelana tiene como distribución por proceso.
- c. Departamento de pintura acrílica tiene como distribución por proceso.
- d. Departamento de empaque de peltre tiene como distribución por proceso.
- e. Departamento de ensamble tiene como distribución por línea o producto.

## **1.5 Maquinaria y equipo del proceso de estufas**

Se realizará una breve descripción de la maquinaria y equipo utilizado en el proceso de producción de estufas por departamentos de la empresa IMCA. S.A.

### **1.5.1 Departamento de Metálico**

Este departamento es el más grande en su estructura, siendo el origen del proceso ya que la lámina viene en hojas hasta transformarla en piezas terminadas de lámina, por lo que se clasifica por secciones (sectores de máquinas).

#### **1.5.1.1 Guillotinas**

Las guillotinas de uso industrial, son máquinas mecánicas, neumáticas, y eléctricas, constan de un juego de cuchillas, las cuales existen de varios tamaños, siendo las más utilizadas las de ocho y diez pies de longitud, con una capacidad de corte máximo de 3/32" de pulgada de grosor. Sus mayores ventajas consisten en la precisión, exactitud, velocidad, dando la medida final y

a escuadra a la pieza de estufa. Está limitada a realizar únicamente a realizar cortes rectos, mediante la utilización de topes o a barras preestablecidas, pudiéndose cortar piezas en serie. Los calibres de lámina utilizados en las piezas de las estufas son calibre 24 para lo que es el horno de la estufa (parte interna), calibre 22 para lo que es la parte externa de la estufa y el calibre 3/32" (2 mm), para las bisagras y comal de la estufa.

#### **1.5.1.2 Perforadoras**

Las máquinas perforadoras son máquinas mecánicas, eléctricas y principalmente neumáticas. Constan de una mesa fija y una movable, en forma vertical accionada por aire. En la mesa fija se coloca una plancha de aluminio de 1X3 pies, la cual tiene marcos y cortes para trabajar la lámina. La presión de trabajo es 95psi. La función principal de esta máquina es realizar agujeros redondos, elípticos, cortes de esquina de 90 grados, cortes en "V" por medio de perforadores a la lámina.

#### **1.5.1.3 Dobladoras**

Máquina mecánica y eléctrica que se utiliza para realizar dobleces a ciertos grados de inclinación, estos grados dependen del tipo de pieza, esta máquina consta de dos partes principales: la cortina y la base inferior; siendo la cortina la parte superior de la máquina que sirve para colocar troqueles machos, y la base inferior nos sirve para colocar troqueles hembras.

#### **1.5.1.4 Troqueladoras menores**

Máquina rígida de hierro fundido accionada por electricidad y principalmente por aire, componiéndose de una bancada y de un martinete,

siendo en estas partes donde se coloca el troquel a trabajar. La bancada o mesa es la parte de la máquina donde se fija la parte inferior del troquel, esta bancada tiene varios agujeros con rosca que ayudan en la colocación de esta parte de troquel, y en el martinete se coloca la parte superior del troquel. En esta área se fabrican piezas auxiliares de estufa y peltre como por ejemplo: quemadores de hornilla, quemador de horno, abrazaderas, orejas de olla, mango de sartén, etc.

#### **1.5.1.5 Prensas mayores**

Máquinas rígidas de hierro fundido accionadas por electricidad y principalmente por aire, estas máquinas trabajan a 200 toneladas de presión de trabajo y 95 psi de aire, teniendo bancada de 48x120" (parte donde se colocan los troqueles). La función principal de estas máquinas es realizar piezas de embutido profundo, corte de esquina, estampado de piezas, como por ejemplo: cubiertas, marcos, puertas de horno y puerta de asador fija

#### **1.5.1.6 Punteadoras**

Máquina que suelda piezas en forma de escuadras, o para unir piezas por medio de contacto entre dos punteros de cobre de  $\frac{1}{2}$  " de diámetro (un superior y un inferior), esta máquina tiene un rango de cero a 100 % de poder, debiéndose trabajar a 60% para que sea un excelente punto de soldadura, ya que si se pasa de este número la soldadura sale muy quemada y de apariencia mala, ahora si se trabaja menos de 60% el punto será débil teniendo un riesgo que se despegue la pieza.

### **1.5.1.7 Turbinas manuales de aire Mototul**

Son utilizadas en el área de inspección y verificación de piezas, trabajándose principalmente piezas exteriores de la estufa (color). Son accionadas por aire con una presión de trabajo de 95 psi, teniéndose como fuente de trabajo el área de compresores, debiéndose regular esta presión por medio de un regulador y una trampa de agua para evitar que el equipo se oxide. Estas turbinas se les deben colocar un disco lija núm. 36 u 80, el grano 36 se usa para quitar filos y rebabas a la pieza y el 80 es un grano fino que sirve para pulir la pieza, ya que debe ir en perfectas condiciones para ser pintada.

### **1.5.2 Área de capado**

Tiene la finalidad de preparar las superficies quitándole impurezas orgánicas (aceite, manteca) e inorgánicas (óxidos), limaduras y escorias de soldadura.

#### **Decapado de ácidos**

Contiene ácido clorhídrico de 12 a 15% de concentrado (máx. 37%). Elimina impurezas inorgánicas de cinco a 15 minutos dependiendo de la cantidad de suciedad, a temperatura ambiente, se debe utilizar una máscara de vapor para evitar la ingerencia de tóxico que pueda hacer daño a la salud del empleado.

#### **a) Enjuague ácidos**

H<sub>2</sub>O corriente de uno a tres minutos. Elimina exceso de ácido en la superficie de la pieza de lámina, actúa como un picado (puntos de anclaje) para ayudas a la adherencia del recubrimiento a temperatura ambiente.

b) Neutralizador

Solución que contiene un antioxidante (bórax o tetraborato de sodio), da una película en la superficie de la lámina que evita oxidación. La temperatura es 65°C por un tiempo 30 segundos.

c) Secador

Elimina por completo el H<sub>2</sub>O a 250°C de 15 a 20 minutos.

### **1.5.2.1 Tanques desengrasantes**

El desengrase es una mezcla de productos alcalinos (soda cáustica) contiene hidróxido y carbonato de sodio. A un tiempo de 20 minutos, y con una temperatura de 85 a 95°C. Aquí es el inicio del decapado de la pieza terminada del Departamento de Metálico ya que aquí se le quita la oxidación a la pieza, luego de desengrasarla se le da un enjuague de desengrase por medio de agua durando alrededor de uno a tres minutos esto ayuda a eliminar impurezas.

### **1.5.2.2 Secador**

Secado: el diluyente del esmalte es H<sub>2</sub>O por lo que la pieza pasa por un túnel teniéndose secar de cinco a seis minutos a temperatura 120°C, objetivo eliminar presencia de H<sub>2</sub>O.

### **1.5.2.3 Horno ferro**

Es un horno de túnel a alta temperatura. Su fuente de combustible es diesel, gas propano y aire comprimido. Su combustión es a través de diesel pulverizado a través de quemadores especiales que es inflamado por una llama (piloto) de gas propano dentro de tubos radiantes.

Su temperatura de operación de horno es 820 a 860°C. Consta de 28 quemadores, consumiendo cada uno, dos galones x hora de diesel y diez galones de gas propano x hora.

El trabajo del horno consta de tres pasos.

Aplicación: se hace de dos formas inmersión (sumergiendo la pieza por completo en esmalte) y aspersion que lo realiza por pistolas de spray.

Secado: este paso va antes que el horneado que fue descrito anteriormente.

Horneado esmalte: el secarse la pieza se hornea en la cámara de quemado a 835°C con tiempo de tres a cuatro minutos, donde el esmalte es fundido y adherido a la chapa metálica.

### **1.5.3 Área de acrílico**

La pintura acrílica es un recubrimiento orgánico, que se aplica a partes de la estufa donde no requiere alta resistencia al calor. Los pasos del proceso son los siguientes.

- a. Limpieza de superficie (preparación de superficie):
  - a.1 desengrase, elimina grasas y aceites;
  - a.2 enjuague, elimina exceso del desengrase;
  - a.3 fosfatizado, capa microcristalina de fosfato de zinc que actúa como inhibidor de oxidación y le da anclaje al esmalte acrílico;
  - a.4 enjuague, elimina el exceso de fosfatizante;
  - a.5 sellado crómico, su función es sellar los puntos donde no hubo depósito de fosfato de zinc y así evitar cualquier punto de inicio de oxidación;

- a.6 secado, se elimina la humedad con aire caliente más o menos a 200°C.
  
- b. Aplicación del esmalte acrílico:
  - b.1 el esmalte acrílico, es un recubrimiento orgánico a base de resina acrílica horneable, que da un acabado excelente que después de horneado tiene excelentes propiedades como: brillo, dureza, adherencia, resistente al lavado y poco flamable;
  - b.2 aplicación, por medio de aspersion ya sea convencional o electrostática dando resultados deseados que se aplica entre 0.75 a 1.50 milésimas de pulgada de espesor.
  
- c. Horneo:
  - c1. se hornea en horno de convección de 150 a 200°C por un tiempo de 15 a 20 minutos.

### **1.5.3.1 Horno Kaysa**

Horno de convección, que su fuente de calor es un quemador diesel de dos galones x hora. Como ignición utiliza llama piloto de gas propano; el cual es quemado en un serpentín. La convección es provocada por dos motores extractores que extraen el aire caliente del serpentín de combustión, que luego es llevado por ductos con damper que distribuyen en forma uniforme el aire caliente.

### **1.5.3.2 Equipo pintura acrílica**

Se mencionará los más importantes así como equipo que nos indicará la calidad de pruebas de pintura acrílica.

#### **1.5.3.2.1 Tanque presurizado**

Es un tanque con presión interna aproximada 20 psi, teniendo como función que a través de la presión empuja la pintura hacia la cámara de alimentación de la pistola.

#### **1.5.3.2.2 Mangueras para alta presión**

Estas mangueras deben mantenerse de cero a 120 psi del sistema, la pintura acrílica ya está preparada teniendo una presión de salida 20 psi.

#### **1.5.3.2.3 Pistoleta pulverizadora electrostática**

Forma un campo magnético de la lámina a la pintura, habiendo un mejor aprovechamiento de pintura.

#### **1.5.3.2.4 Regulador de presión**

Su función es regular la salida de pintura y el aire a utilizar en la pieza.

#### **1.5.3.2.5 Manómetros**

Mide la presión de los reguladores, debiendo indicar de cero a 150 psi en el sistema.

#### **1.5.3.2.6 Copa Zanz núm. 2**

Es una copa con un orificio de salida que mide la viscosidad de la pintura debiendo tener para aspersión de 18 a 25 segundos de vaciado de la copa a temperatura 25°C.

#### **1.5.3.2.7 Elcómetro**

Medidor de espesor de recubrimiento de pintura sobre superficies metálicas, su funcionamiento es por medio de magnetismo usando escala de milésimas de pulgada o micrómetros,

Los rangos de aplicación van de 1 a 1.5 milésimas de pulgada este rango es un buen parámetro de espesor normal, si se pasa de 1.5 milésimas de pulgada da defectos de escurrimiento y de acabado, consumo extra de materia prima, y si es menor de uno da problemas de escasez y mal acabado.

#### **1.5.3.2.8 Termómetro**

La temperatura de horneado de piezas de pintura acrílica debe ser a 150°C por 15 minutos, ya que esta pintura no resiste más de 300°C.

#### **1.5.3.2.9 Cabina de aplicación con extractor de nieblas**

Esta cabina tiene la característica de que cuando pintamos pieza con pintura acrílica, las nieblas producidas por aspersion son extraídas hacia el exterior (ambiente).

#### **1.5.3.3 Compresores**

Su función principal en la planta es el abastecimiento de aire para todas las áreas de producción, teniendo un regulador de presión en la línea de abastecimiento de cada unidad de trabajo debiendo tener una presión de

trabajo a 95 psi. La empresa tiene dos compresores marca Sullair de 125 y de 75 Hp.

Algo que debe tenerse en cuenta es que la tubería conductora de aire debe ser revisada y reparada cuando haya fugas, ya que si las hubiera se forzaría al compresor con una demanda mayor de aire.

Estos compresores son de tipo tornillo rotativo teniendo las siguientes características, suministran normalmente aire de mayor pureza, los equipos libres de aceite son comunes, muy ineficiente cuando operan bajo control modulado, no requiere fundiciones ni anclajes especiales, deben usarse para satisfacer la carga principal.

#### **1.5.4 Área de ensamble**

Esta área se ensambla, arma (cuerpo, laterales, puertas) y empaacan las estufas. Antes de empaacar la estufa debe cumplir con lineamientos básicos como prueba de fuga de gas, tonalidad y dureza de la pieza.

##### **1.5.4.1 Pistoletas manuales de armado**

Son utilizadas para unir piezas de estufa colocando tornillos phillips en los agujeros de coincidencia de la pieza, estas pistoletas son accionadas por aire a una presión de trabajo de 90 psi, las piezas son unidas al accionar las puntas de pistoletas sobre la cabeza del tornillo.

## **1.6 Troquelería**

Este departamento tiene la función de fabricación y reparación de troqueles por medio de máquinas herramientas, así como trabajos especiales que son requeridos por departamento de mantenimiento, por lo que se hará una breve descripción de la maquinaria de este departamento.

### **1.6.1 Torno**

Máquina herramienta de accionamiento mecánico que se utiliza para rectificar y cortar metal por medio de un buril longitudinalmente se llama desbastar, y frontal se llama refrentar. En la empresa IMCA, S.A. se utiliza principalmente para fabricar tornillos o tuercas de maquinaria (roscado exterior e interior), ejes de máquina (torneado cilíndrico), cuchillas de corte de disco y corte de orilla de ollas (torneado cónico), fabricación de perforadores (Corte en bisel) y de dados (avellanar agujero al centro).

### **1.6.2 Rectificadora**

Se usa principalmente para quitar metal y dar forma al producto por medio de ruedas esmeriladoras girando a altas velocidades haciéndose de miles de granos abrasivos, cada grano es en realidad una pequeña herramienta de corte, al ponerse en contacto con la pieza, los granos abrasivos cortan pequeñísimos trozos de material llamados virutas. Estas rectificadoras se utilizan en IMCA, S.A. para afilar dados perforadores, afilar cuchillas de corte de disco de peltre, nivelar placas de troqueles de estufas.

### **1.6.3 Polipasto**

Se utiliza para cargar en forma vertical y de forma de trasladar dispositivos con mucho peso. En troquelería su principal función es cargar troqueles convertibles de piezas de estufa de 20" a 30" y viceversa, estos troqueles tienen un peso aproximado de una a dos toneladas.

### **1.6.4 Cepillo**

Máquina herramienta que se emplea para cortar y dar forma a piezas de metal, la herramienta de corte es muy parecida a la que se usa en el torno, se sujeta en un poste que va montado en el ariete (brazo fuerte de metal). El ariete impulsa la herramienta de corte a través de la pieza durante su recorrido de avance y la regresa en el retroceso. La pieza de trabajo se sujeta a la mesa por lo común en una prensa de mordaza. Esta máquina en el departamento de troquelería se utiliza para la fabricación de troqueles y piezas de maquinaria que se desgastan.

### **1.6.5 horno temple**

El temple es un proceso de calentar y enfriar al acero para aumentar su dureza y resistencia a la tracción, para reducir su ductilidad y para obtener una estructura de grano fino. Este horno también puede realizar revenido que es un proceso para reducir el grado de dureza y resistencia, aumenta la tenacidad, elimina la fragilidad de una pieza templada, el revenido se hace volviendo a calentar el metal a una temperatura de baja a moderada, seguido por un enfriamiento rápido o un enfriamiento en aire tranquilo. En troquelería se usa este horno para templar o revenir piezas fabricadas (perforadores, dados, cuchillas de torno, punzones, almárganas, ejes de máquina.)

### **1.6.6 Fresadora**

Máquina herramienta que tiene una o más herramientas giratorias de corte de bordes múltiples. Los cortadores de las fresadoras, o fresas se fijan en un husillo y giran contra la pieza de trabajo. La pieza de trabajo se sujeta a una mesa que puede moverse para poner a la pieza en contacto con la herramienta de corte. En troquelería se usan las fresadoras para la fabricación de engranajes rectos, tornillos sin fin y cuñeros de máquinas del Departamento de Metálico.

A continuación se presenta una tabla sobre el resumen de maquinaria que existe en el Departamento de Metálico de la línea de estufas, las cuales dan un total de 44 máquinas en buen estado, sin embargo debido a que la mayoría de éstas son modelos de 1960, necesitan mantenimiento preventivo periódicamente.

**Tabla I. Resumen de maquinaria Departamento de Metálico de la línea de estufas IMCA, S.A.**

| núm. | Nombre de la máquina           | Depto.        | núm. | Aplicación  |
|------|--------------------------------|---------------|------|---|
| 1    | Guillotina                     | Metálico      | 4    | Corte de lámina en forma recta para calibre de lámina 26, 24, 22 y 20.  |
| 2    | Perforadoras                   | Metálico      | 2    | Realización de agujeros de diferentes formas (redondo, elíptico), cortes de esquina a 90° y cortes en "V", ajustados para calibres de lámina 20, 22 y 24.   |
| 3    | Dobladoras                     | Metálico      | 5    | Realización de dobleces a ciertos grados de inclinación (90°, 80°, etc), aplanar piezas que no estén rectas.  |
| 4    | Troqueladoras menores          | Metálico      | 10   | Realización de piezas de estufa con la ayuda de un troquel, como: quemadores superiores, quemadores de horno, abrazaderas, orejas de olla, mango de sartén, etc.  |
| 5    | Prensas mayores                | Metálico      | 3    | Realización de piezas de estufa con la ayuda de un troquel, que fabrica piezas de embutido profundo, corte de esquina, estampado de piezas, como: cubierta superior, puerta de horno, puerta fija de asador, etc. |
| 6    | Punteadoras                    | Metálico      | 3    | Sueldado de piezas a escuadra o unión de piezas a contacto entre dos punteros de cobre (superior e inferior) debiéndose graduar la máquina a 60° de poder para lograr una buena soldadura.                        |
| 7    | Turbina manual de aire Mototul | Metálico      | 6    | Quita filos y pule piezas metálicas con la ayuda de un disco de lija de grano 36 u 80.  |
| 8    | Compresores                    | Mantenimiento | 2    | Abastecimiento de aire a las áreas de producción, con un regulador de presión, trabajando a 95psi.  |
| 9    | Torno                          | Troquelería   | 3    | Torneado de ejes de máquina, fabricación de tornillos o tuercas de máquina, fabricación de perforadores y dados perforadores.   |
| 10   | Rectificadora                  | Troquelería   | 1    | Afilación de dados perforadores, cuchillas de corte, discos de peltre y nivelación de placas de troqueles de estufa.  |
| 11   | Polipasto                      | Troquelería   | 1    | Carga troqueles convertibles de pieza de estufa de 20" a 30" y viceversa, teniendo estos troqueles un peso aproximado de una tonelada.  |
| 12   | Cepillo                        | Troquelería   | 2    | Fabricación de troqueles y piezas de maquinaria que se desgastan.   |
| 13   | Fresadora                      | Troquelería   | 2    | Fabricación de engranajes rectos, tornillos sin fin y cuñeros de máquina.   |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Se pudo establecer en este capítulo que Industria Metalúrgica Centroamericana, IMCA, S.A., es la única a nivel nacional que fabrica estufas y vajillas peltradas, y que posee una estructura organizacional tipo vertical (mandatos de arriba hacia abajo).

En la planta de producción el tipo de edificio es de segunda categoría porque predomina el acero estructural con una combinación de concreto armado, el techo es de lámina de zinc, el piso es de concreto armado sin pulir, el número de máquinas en la línea de estufa es de 20 de máquinas.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

### 2.1 Diagnóstico de la empresa, técnica FODA

Esta técnica se orienta principalmente al análisis y resolución de problemas y se lleva a cabo para identificar y analizar las Fortalezas y Debilidades de la organización, así como las Oportunidades (aprovechadas y no aprovechadas) y Amenazas reveladas por la información obtenida del contexto externo.

**Tabla II. Componentes de un análisis FODA**

|                 | <b>POSITIVOS</b> | <b>NEGATIVOS</b> |
|-----------------|------------------|------------------|
| <b>INTERNOS</b> | Fortalezas       | Debilidades      |
| <b>EXTERNOS</b> | Oportunidades    | Amenazas         |

Fuente: Elaboración propia

Las fortalezas y debilidades se refieren a la organización y sus productos, mientras que las oportunidades y amenazas son factores externos sobre los cuales la organización no tiene control alguno. Por lo tanto se hará un FODA de la empresa en el siguiente orden: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

#### 2.1.1 Fortalezas

- Da estabilidad laboral al personal.
- Da capacitación al personal operativo y administrativo.

- Su producto tiene bastante demanda en el mercado nacional (estufas, vajillas de peltre).
- Única planta en el país que elabora este tipo de productos.
- Identificación del trabajador con la empresa.
- Mano de obra accesible calificada.

### **2.1.2 Oportunidades**

- Da empleos a los habitantes de Amatlán.
- Cartera de clientes a nivel nacional.
- Ubicación geográfica de la empresa cercana a la capital.
- El TLC ayudará a exportar el producto fuera de las fronteras del país.

### **2.1.3 Debilidades**

- Poca actualización de los productos del diseño.
- Falta de actualización en maquinaria y equipo.
- La fabricación de la estufa tiene procesos de manufactura lentos ya que la mayoría de operaciones son manuales.
- Deficiente distribución de maquinaria ya que existen demasiados transportes.

### **2.1.4 Amenazas**

- La competencia de productos importados (misma clase).
- Alto costo de materias primas.
- Complicación de entrega de materias primas por los proveedores, principalmente por la distancia donde se encuentran estas materias primas.

- Desabastecimiento de lámina ya que ésta no es de producción común, pues sus especificaciones son especiales.

## 2.2 Misión

“Lograr el liderazgo, satisfaciendo las expectativas de nuestros clientes y accionistas para el desarrollo de nuestra empresa en forma sana y continua ya que de ello depende nuestro trabajo y desarrollo”

## 2.3 Visión

“Basados en nuestro modelo de efectividad y programa de CCTC, nuestra visión en este milenio, es posicionarnos en niveles internacionales como empresa con creatividad, decisiones adecuadas y oportunas, competitividad, productividad, novedosos servicios internos, externos y maximizar el valor agregado en forma sostenida”

## 2.4 Objetivos

Alcanzar la excelencia en todas nuestras actividades a fin de mantener el éxito con

**Nuestra gente.** Lo más importante, sin ella no podría cumplir nuestra visión y misión, con trabajo en equipo fortaleciendo la estructura con áreas más pequeñas mejor organizadas y más productivas ya que será la fuerza y vida de la empresa.

**Los nuevos productos.** Satisfacerán las necesidades del cliente con lanzamiento continuo de nuevos productos y servicios, con esfuerzo trabajo y calidad de cada uno de nosotros.

**Nuestra productividad y ahorro.** Es responsabilidad de todos nosotros para mantener la rentabilidad y desarrollo de nuestra empresa.

**Honestidad y lealtad.** Que aseguren la integridad de la empresa y de las personas.

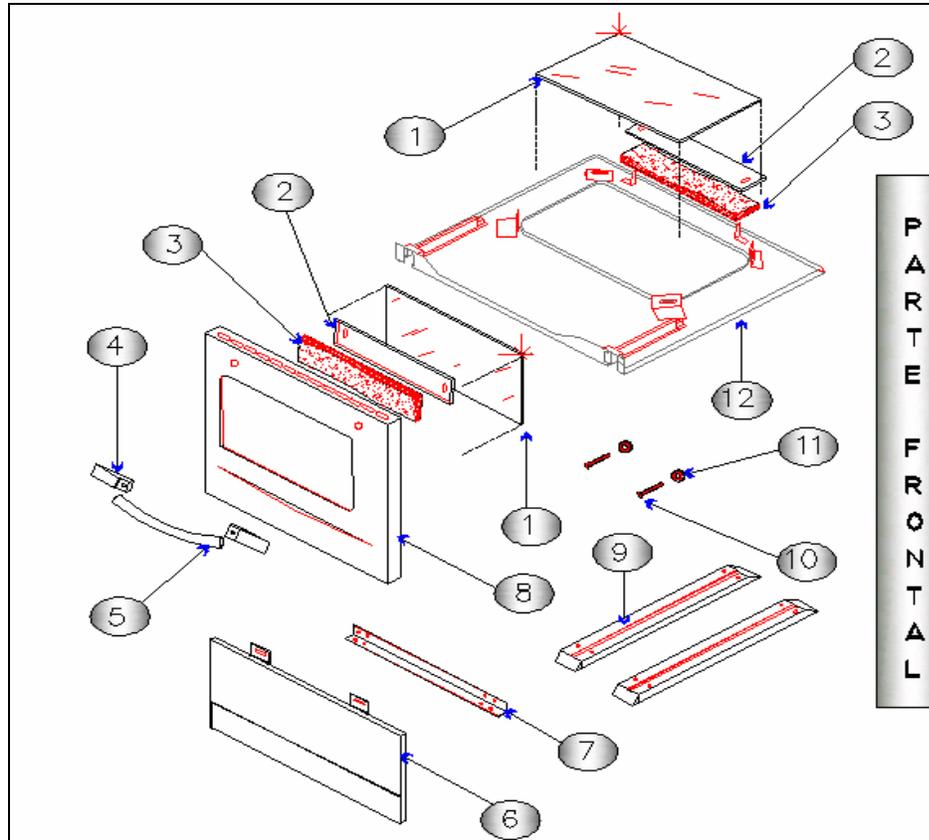
## **2.5 Departamento de Metálico**

Este es el departamento de producción más extenso de la empresa, aquí es donde se fabrican todas las piezas metálicas de la estufa, la lámina a trabajar viene en rollos de ancho 36" o 48" o en pacas (hojas) de 48"X 96", en calibres 22 y 24, estas láminas tienen las siguientes operaciones corte, perforado, embutido e inspección, para así tener una pieza terminada de estufa.

### **2.5.1 Explosión de materiales de estufa 2G4SE**

Se mostrarán todos los componentes de la estufa en su forma externa e interna.

**Figura 2. Explosión de materiales parte frontal de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

### Descripción

La parte frontal de la estufa consta de una puerta de horno, compuesta por una puerta y una interior de horno, llevando ambas piezas como unión, una cajuela de metal que en el interior contiene fibra de vidrio, la cual evita que se caliente la puerta y la heladera. En la parte baja frontal se encuentra un panel fijo y seguido están los canal base, los cuales ayudan a darle estabilidad a la estufa.

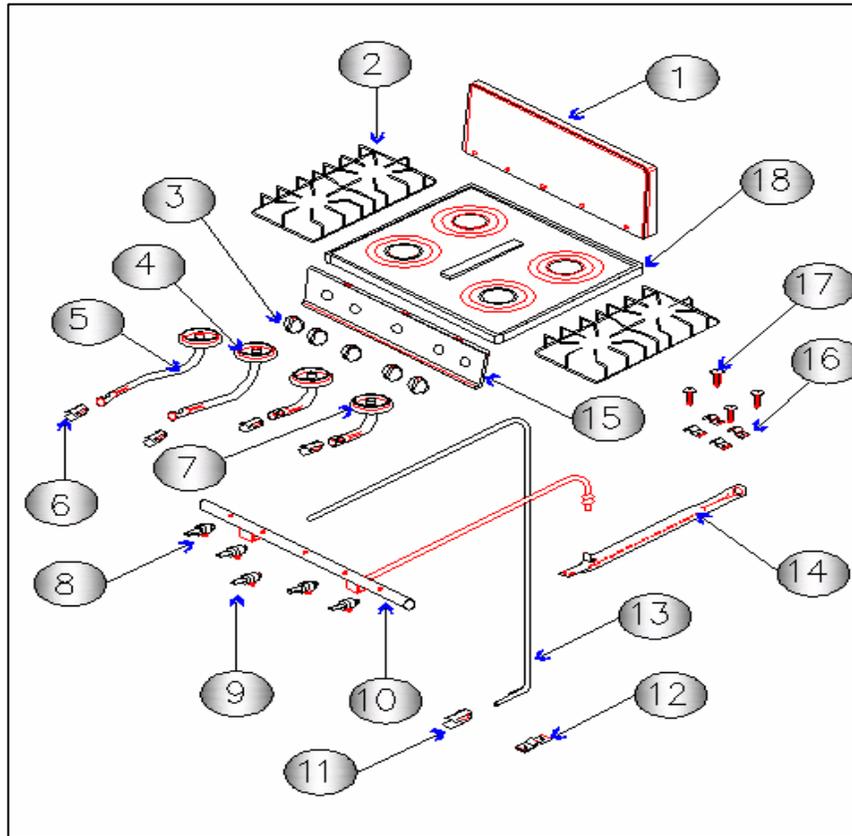
En la siguiente tabla se detallan las piezas correspondientes.

**Tabla III. Parte frontal de la estufa 2G4SE**

| <b>núm.</b> | <b>Descripción</b>             | <b>Unidades x estufa</b> |
|-------------|--------------------------------|--------------------------|
| <b>1</b>    | Vidrio                         | 1                        |
| <b>2</b>    | Cajuela sostén fibra de vidrio | 1                        |
| <b>3</b>    | Fibra de vidrio para puerta    | 1                        |
| <b>4</b>    | Base de heladera               | 2                        |
| <b>5</b>    | Tubo de heladera               | 1                        |
| <b>6</b>    | Panel fijo                     | 1                        |
| <b>7</b>    | Soporte canal base             | 1                        |
| <b>8</b>    | Panel puerta de horno          | 1                        |
| <b>9</b>    | Canal base                     | 2                        |
| <b>10</b>   | Tornillo para heladera         | 2                        |
| <b>11</b>   | Roldana para heladera          | 2                        |
| <b>12</b>   | Interior puerta de horno       | 1                        |

Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

**Figura 3. Explosión de materiales parte superior de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

### Descripción

La parte superior de la estufa contiene tres piezas de metal: el panel trasero superior, la cubierta y el panel de control; estas piezas se fabrican en calibre 22. El panel trasero es una pieza de embutido profundo que al ser pintada utiliza serigrafía decorativa donde se coloca la marca de la estufa. La cubierta se adjunta al panel de control y se le colocan los quemadores de la estufa (base) además lleva dos parrillas superiores de varilla de  $\frac{1}{4}$ " de hierro de construcción. El panel de control tiene unos agujeros por donde pasan los vástagos de las válvulas y sobre los vástagos se colocan las perillas de la estufa. El tubo distribuidor es un tubo de alimentación de gas de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, el cual se agujerea y rosca donde se le colocarán las válvulas de

cocina y la de paso que es la del horno, este tubo es de suma importancia ya que de aquí dependerá la buena combustión de la estufa.

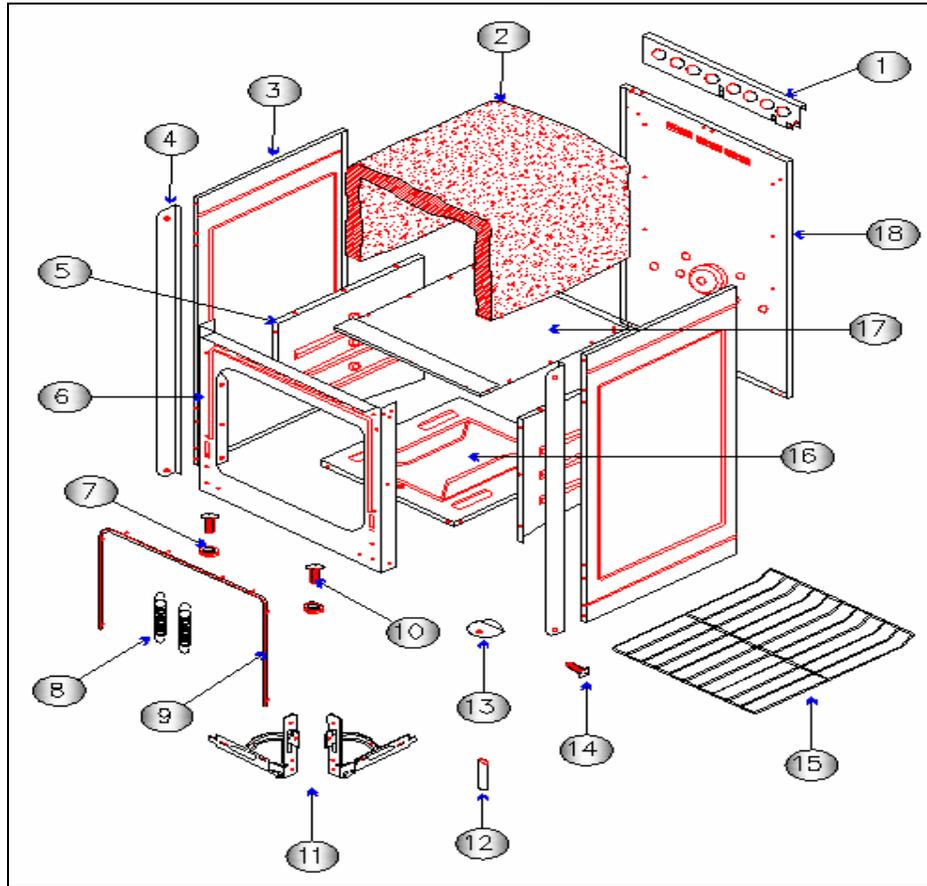
En la siguiente tabla se detallan las piezas correspondientes.

**Tabla IV. Parte superior de la estufa 2G4SE**

| núm. | Descripción                            | Unidades x estufa |
|------|--|-------------------|
| 1    | Panel trasero superior                 | 1                 |
| 2    | Parrillas superiores                   | 2                 |
| 3    | Perillas                               | 4                 |
| 4    | Quemador trasero derecho               | 1                 |
| 5    | Quemador trasero izquierdo             | 1                 |
| 6    | Air mixer de quemador                  | 4                 |
| 7    | Quemador delantero                     | 2                 |
| 8    | Válvula de quemador                    | 4                 |
| 9    | Válvula de horno                       | 1                 |
| 10   | Tubo distribuidor                      | 1                 |
| 11   | Air mixer de horno                     | 1                 |
| 12   | Abrazadera de 2 agujeros               | 1                 |
| 13   | Tubo suplidor de gas                   | 1                 |
| 14   | Quemador de horno                      | 1                 |
| 15   | Panel de control                       | 1                 |
| 16   | Abrazadera de 1 agujero                | 4                 |
| 17   | Tornillo de 8ª x ½ de acero inoxidable | 4                 |
| 18   | Cubierta superior                      | 1                 |

Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

**Figura 4. Explosión de materiales horno y accesorios de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

### Descripción

El panel lateral exterior está compuesto por dos piezas metálicas estampadas dándole solidez a la estufa, ésta es la pieza más gran de la estufa y va unido al perfil vertical. El horno consta de: un marco frontal, dos laterales de horno, una protectora, un fondo fijo (base del horno), estas piezas utilizan un autolimpiante que al abrir la válvula de paso del horno, automáticamente se cae la grasa del horno. El sello siliconado va adherido al marco el cual sirve como sello entre la puerta y el marco. Cams, son dos bisagras de 2mm de calibre, su función es sostener la puerta y permitir el mecanismo de abrirla y cerrarla.

En la siguiente tabla se detallan las piezas correspondientes.

**Tabla V. Horno y accesorios de la estufa 2G4SE**

| núm. | Descripción                 | Unidades x estufa |
|------|-----------------------------|-------------------|
| 1    | Complemento protectora      | 1                 |
| 2    | Fibra de vidrio             | 1                 |
| 3    | Panel lateral exterior mini | 2                 |
| 4    | Perfil frente vertical      | 2                 |
| 5    | Cubierta lateral de horno   | 2                 |
| 6    | Marco frontal horno         | 1                 |
| 7    | Tuerca 10-24                | 2                 |
| 8    | Resorte                     | 2                 |
| 9    | Sello siliconado            | 1                 |
| 10   | Tornillo 10-24              | 2                 |
| 11   | Cams derecho e izquierdo    | 2                 |
| 12   | Flash tubing                | 1                 |
| 13   | Tapa flash tubing           | 1                 |
| 14   | Tornillo de 8ª x ½          | 79                |
| 15   | Parrilla de horno           | 1                 |
| 16   | Fondo fijo horno            | 1                 |
| 17   | Cubierta superior de horno  | 1                 |
| 18   | Cubierta protectora         | 1                 |

Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

### 2.5.1.1 Descripción de seis piezas que componen la estufa

**Cubierta superior SE.** Parte superior de la estufa, su proceso de manufactura es de embutido profundo a gran presión siendo su calibre de

fabricación el 22, teniendo como función sostener a los quemadores y parrillas en la estufa, utiliza como pintura de aplicación el porcelanizado.

**Panel lateral SE.** Parte lateral de la estufa , su proceso de manufactura son corte, perforado, embutido, doblado e inspeccionado que no lleve golpes, su función es darle rigidez a la estufa, utiliza como pintura de aplicación pintura acrílica, su calibre de lámina es 24.

**Cubierta lateral horno SE.** Parte interna del horno lateral que sostiene a la parrilla de horno por medio de sus venas, utiliza pintura porcelanizada por inmersión, así como una aplicación adicional de autolimpiante que es un recubrimiento especial que elimina el uso de jabón detergentes, limpiadores comerciales, para usar el horno autolimpiante se debe retirar las parrillas y trastes, se debe cerrar la puerta del horno, y debe ajustarse la temperatura del horno a 250 grados centígrados y cuando alcance esta temperatura se debe esperar 20 minutos, apagar el horno y enfriarlo, luego limpiarlo utilizando un poco de agua y cepillo de nylon de cerdas duras, frotar suavemente, secar evitando que queden restos de papel o trapo pegado al horno. Su proceso de manufactura son corte, embutido, perforado y doblado, su calibre de lámina de fabricación es 24.

**Panel trasero SE.** Parte trasera de la estufa que va unida a una cajita y a la cubierta, esta pieza lleva dos aplicaciones de pintura de aspersion (fondo y color) porcelanizada, adicional lleva estarcidos decorativos donde va la marca de la estufa. Su proceso de manufactura son corte, perforado, pulido, doblado y colocación de tornillo de sujeción, su calibre de lámina de fabricación es 22.

**Cubierta protectora SE.** Parte trasera del horno de la estufa, que va unida al Panel lateral exterior Se, llevando punteado (soldadura de puntos) a un

pocillo de ventilación, lleva aplicación de pintura de fondo porcelanizado por inmersión (sumergido) así como una aplicación de autolimpiante. Su proceso de manufactura son corte, perforado, doblado, embutido y punteado, su calibre lámina de fabricación es 24.

**Canal base SE.** Parte inferior de la estufa que tiene como función la estabilidad de la estufa, su pintura de aplicación es de pintura acrílica, su proceso de manufactura es corte, perforado y doblado. Su calibre de lámina de fabricación es de sobrantes de calibre 22.

### **2.5.2 Diagrama de flujo de proceso actual, seis pzs.**

A continuación se presenta una descripción con su respectivo diagrama de flujo de proceso por cada pieza de la estufa, que corresponde a la producción del Departamento de Metálico.

#### **Flujo del proceso, cubierta superior de la estufa 2G4SE**

##### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. cada lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. la tarima con la lámina, a la guillotina MC4 en un tiempo de 100 seg., para realizar la primera operación de corte a un tiempo de 14.45 seg.; luego se traslada a 18.56 mts. en 50 seg. a la guillotina MC2, en esta máquina se despunta y se da la medida final a la pieza en 16.74 seg; después se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. a la máquina perforadora MC8 y se le hace un agujero oblicuo en 29 seg.; luego la pieza se transporta a 60.3 mts. tardándose 200 seg., para pulir la pieza en la turbina mototul en 20 seg.; seguidamente se lleva la pieza a la máquina MC24 recorriendo 1.8 mts. en diez seg., para

embutir la lámina en 37.11 seg.; después se traslada la pieza a la máquina MC23, recorriendo 9.38 mts. en 25 seg., para cortar la orilla a la cubierta en 37.49 seg.; luego se lleva la cubierta a la máquina MC25 a 22.4 mts. en 70 seg., en esta máquina se le hace el corte de agujeros de los quemadores en 37.89 seg.; luego se traslada la pieza a soldadura de puntos SP6 a 14.8 mts. en 45 seg., para colocarle el soporte de panel de control punteado en 23.22 seg.; seguidamente se transporta la pieza al área de inspección a 13.44 mts. en 40 seg., para quitarle los filos con turbina mototul en 29.9 seg., para dejar terminada la pieza.

**Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de la cubierta superior de la estufa 2G4SE**

|               |   |                |                                     |
|---------------|---|----------------|-------------------------------------|
| Proceso:      | <u>Elaboración de cubierta superior</u>     | Fecha:         | <u>febrero de 2007</u>              |
| Departamento: | <u>Metalico</u>                             | Elaborado por: | <u>Mario Argueta</u>                |
| Inicia en:    | <u>Corte de pliegos de lámina</u>           | Actual         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Finaliza en:  | <u>Revisión de filos y goles a la pieza</u> | Propuesto      | <input type="checkbox"/>            |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | → | □ | D | ▽ | Descripciones                                  |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|--|
| 1    |                   | 29             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de pliegos de lámina                     |
| 2    | 33.92             | 100            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pliegos a la guillotina MC4        |
| 3    |                   | 14.45          | ● | → | □ | D | ▽ | Primer corte de lámina                         |
| 4    | 18.56             | 50             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de la lámina a guillotina MC2         |
| 5    |                   | 16.74          | ● | → | □ | D | ▽ | Despunte y medida final                        |
| 6    | 37.12             | 110            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado a la máquina unipunch MC8             |
| 7    |                   | 29             | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado de agujero oblicuo                    |
| 8    | 60.3              | 200            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado a la turbina mototul                  |
| 9    |                   | 20             | ● | → | □ | D | ▽ | Pulido de pieza en el agujero                  |
| 10   | 1.8               | 10             | ○ | → | □ | D | ▽ | traslado de pieza a la prensa mayor MC24       |
| 11   |                   | 37.11          | ● | → | □ | D | ▽ | Embutido de cubierta                           |
| 12   | 9.38              | 25             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a la prensa mayor MC23       |
| 13   |                   | 37.49          | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de orilla de cubierta                    |
| 14   | 22.4              | 70             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a la prensa mayor MC25       |
| 15   |                   | 37.89          | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de agujeros para hornía                  |
| 16   | 14.8              | 45             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a la punteadora SP6          |
| 17   |                   | 23.22          | ● | → | □ | D | ▽ | Colocación y punteado soporte panel de control |
| 18   | 13.44             | 40             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a turbina mototul            |
| 19   |                   | 29.9           | ○ | → | ■ | D | ▽ | Revisión de filos y golpes a la pieza          |

| RESUMEN    |               |                 |               |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| Actividad  | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
| Operación  | 9             | -               | 244.9         |
| Transporte | 9             | 211.72          | 650           |
| Inspección | 1             | -               | 29.9          |
| Demora     | -             | -               | -             |
| Almacenaje | -             | -               | -             |
|            |               | <b>TOTAL</b>    | <b>924.8</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, panel lateral mini de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. cada lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. la tarima de lámina a la guillotina MC4, en un tiempo de 100 seg., para realizar la primera operación de corte en 14 seg.; luego se transporta la lámina a 18.56 mts. en 50 seg. a la guillotina MC2, en esta máquina se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; luego se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. a la máquina perforadora MC8, aquí se le hace un corte de esquina sesgado en 38 seg.; después la pieza se traslada 9.6 mts. en 25 seg. hacia la máquina perforadora MC9, para realizarle un perforado de agujero oblicuo en 37.89 seg.; luego se lleva la pieza a la prensa mayor MC23 recorriendo 46.72 mts. en 125 seg., se gradúa la máquina MC23 en 1,800 seg., y se realiza el embutido de panel lateral mini en 38.71 seg.; seguidamente se transporta la pieza a la dobladora MC13 a 48 mts. en 130 seg., para realizarle un doblez en la punta en 36 seg.; luego se traslada la pieza a la máquina dobladora MC15 recorriendo 9.6 mts. en 27 seg., para hacerle dos dobleces en 37.89 seg.; después se lleva la pieza al área de inspección a 40.96 mts. en 118 seg., aquí se le quitan los filos y golpes a la pieza en 189.47 seg.; y por último se lleva la pieza a control de calidad a 1.8 mts. en diez seg. para su inspección final, en un tiempo de 36 seg.

**Figura 6. Diagrama de flujo del proceso del panel lateral mini de la estufa 2G4SE**

|               |  |                |                                     |
|---------------|--|----------------|-------------------------------------|
| Proceso:      | <u>Elaboración de panel lateral mini</u> | Fecha:         | <u>febrero de 2007</u>              |
| Departamento: | <u>Metalico</u>                          | Elaborado por: | <u>Mario Argueta</u>                |
| Inicia en:    | <u>Corte de pliegos de lámina</u>        | Actual         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Finaliza en:  | <u>Inspección de la pieza</u>            | Propuesto      | <input type="checkbox"/>            |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | → | □ | D | ▽ | Descripciones                            |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|--|
| 1    |                   | 29             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de pliegos de lámina               |
| 2    | 33.92             | 100            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pliegos a la guillotina MC4  |
| 3    |                   | 14             | ● | → | □ | D | ▽ | Primer corte de lámina                   |
| 4    | 18.56             | 50             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a la guillotina MC2    |
| 5    |                   | 16.74          | ● | → | □ | D | ▽ | Despunte y medida final                  |
| 6    | 37.12             | 110            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch #8  |
| 7    |                   | 38             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de esquinas sesgado                |
| 8    | 9.6               | 25             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch #9  |
| 9    |                   | 37.89          | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado de agujero oblicuo              |
| 10   | 46.72             | 125            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa mayor MC23    |
| 11   |                   | 1800           | ○ | → | □ | D | ▽ | Graduación de prensa mayor MC23          |
| 12   |                   | 38.71          | ● | → | □ | D | ▽ | Embutido de panel lateral mini           |
| 13   | 48                | 130            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a dobladora MC13       |
| 14   |                   | 36             | ● | → | □ | D | ▽ | Doblez en la punta                       |
| 15   | 9.6               | 27             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a MC15                 |
| 16   |                   | 37.89          | ● | → | □ | D | ▽ | Dos dobleces                             |
| 17   | 40.96             | 118            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a las turbinas mototul |
| 18   |                   | 189.47         | ● | → | □ | D | ▽ | Quitar filos y golpes a la pieza         |
| 19   | 1.8               | 10             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de la pieza para su inspección  |
| 20   |                   | 36             | ○ | → | ■ | D | ▽ | Inspección de la pieza                   |

**RESUMEN**

| Actividad    | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| Operación    | 9             | -               | 437.7         |
| Transporte   | 9             | 246.28          | 695           |
| Inspección   | 1             | -               | 36            |
| Demora       | 1             | -               | 1800          |
| Almacenaje   | -             | -               | -             |
| <b>TOTAL</b> |               |                 | <b>2968.7</b> |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, cubierta lateral de horno de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 28.8 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada a 14.72 mts. la tarima de lámina a la guillotina MC1, en 44 seg., para realizar la primera operación de corte en 14.4 seg.; luego se lleva la lámina a 14.08 mts. en 43 seg. a la guillotina MC3, en esta máquina se hace un segundo corte a tope sin despunte en 14.4 seg.; luego se transporta la pieza a 17.92 mts. en 49 seg. a la prensa mayor MC24, aquí se le hace el embutido de vena tardándose 29.9 seg., y además se revisa la profundidad de la vena en 60 seg. a cada 25 piezas; después se traslada la pieza a la prensa mayor MC25 recorriendo 9.6 mts. en 25 seg., aquí se le realiza el corte de orilla en 29.9 seg.; luego se transporta la pieza a la perforadora MC9 recorriendo 71.04 mts. en 235 seg., aquí se realiza perforado de agujeros oblicuos en 32.14 seg.; seguidamente se lleva la pieza a la dobladora MC12 a 3.84 mts. en 17 seg., aquí se aplasta la pieza en la orilla para quitar arrugas en 23.99 seg.; luego se traslada la pieza a la dobladora MC14 recorriendo 8.32 mts. en 24 seg., para realizarle el doblez de vena en 23.99 seg.; después se lleva la pieza a la dobladora MC16 a 9.6 mts. en 27 seg., para hacerle tres dobleces en 29.9 seg.; y por último se transporta la pieza a control de calidad para su revisión a 0.5 mts. en dos seg. tardándose la operación diez seg.

**Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de la cubierta lateral del horno de la estufa 2G4SE**

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Proceso: <u>Elaboración de cubierta lateral horno</u> |  | Fecha: <u>febrero de 2007</u>              |  |
| Departamento: <u>Metalico</u>                         |  | Elaborado por: <u>Mario Argueta</u>        |  |
| Inicia en: <u>Corte de pliegos de lámina</u>          |  | Actual <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| Finaliza en: <u>Revisión de la pieza</u>              |  | Propuesto <input type="checkbox"/>         |  |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |  |  |  |  |  | Descripciones                                     |
|------|-------------------|----------------|--|--|--|--|--|---|
| 1    |                   | 28.8           |  |  |  |  |  | Corte de pliegos de lámina                        |
| 2    | 14.72             | 44             |  |  |  |  |  | Traslado de láminas a la guillotina MC1           |
| 3    |                   | 14.4           |  |  |  |  |  | Primer corte de lámina                            |
| 4    | 14.08             | 43             |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a la guillotina MC3             |
| 5    |                   | 14.4           |  |  |  |  |  | Segundo corte a tope (sin despunte)               |
| 6    | 17.92             | 49             |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a prensa mayor #24              |
| 7    |                   | 29.9           |  |  |  |  |  | Embutido de vena lateral del horno                |
| 8    |                   | 60             |  |  |  |  |  | Revisión de la profundidad de la vena             |
| 9    | 9.6               | 25             |  |  |  |  |  | Traslado de la pieza a la prensa mayor #25        |
| 10   |                   | 29.9           |  |  |  |  |  | Corte de orilla                                   |
| 11   | 71.04             | 235            |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a máquina unipunch MC9          |
| 12   |                   | 32.14          |  |  |  |  |  | Ponchado de agujeros oblicuos                     |
| 13   | 3.84              | 17             |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a dobladora MC12                |
| 14   |                   | 23.99          |  |  |  |  |  | Apachón de pieza en la orilla para quitar arrugas |
| 15   | 8.32              | 24             |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a dobladora MC14                |
| 16   |                   | 23.99          |  |  |  |  |  | Dobleces de vena                                  |
| 17   | 9.6               | 27             |  |  |  |  |  | Traslado de pieza a dobladora MC16                |
| 18   |                   | 29.9           |  |  |  |  |  | Realizar dobleces en los tres lados               |
| 19   | 0.5               | 2              |  |  |  |  |  | Traslado de pieza para su revisión                |
| 20   |                   | 10             |  |  |  |  |  | Revisión de pieza                                 |

| RESUMEN    |               |                 |               |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| Actividad  | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
| Operación  | 9             | -               | 227.42        |
| Transporte | 9             | 149.62          | 466           |
| Inspección | 2             | -               | 70            |
| Demora     | -             | -               | -             |
| Almacenaje | -             | -               | -             |
|            |               | <b>TOTAL</b>    | <b>763.42</b> |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, panel trasero de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. la tarima de lámina, a la guillotina MC4 en 100 seg, para realizar la primera operación de corte a un tiempo de 14.4 seg.; luego se transporta 18.56 mts. en 50 seg. a la guillotina MC2, en esta máquina se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; después se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. a la máquina perforadora MC8, y se le hacen tres agujeros redondos en 27.69 seg.; luego la pieza se lleva a 56.96 mts. en 190 seg. hacia la turbina mototul, para pulir la pieza en 59.9 seg.; seguidamente se traslada a prensa mayor MC24 a 1.5 mts. en ocho seg., para embutir y cortar la esquina del panel en 29.9 seg.; cada 25 piezas se inspecciona que la misma no lleve golpe, en 20 seg.; después se transporta la pieza a la dobladora MC15 a 51.2 mts. en 140 seg., para darle un aplastón a la orilla con el objetivo de quitarle los filos en 59.9 seg.; posteriormente se lleva la pieza al área de inspección a 35.84 mts. en 105 seg., para quitarle golpes y filos con la turbina mototul en 119 seg.; y por último se realiza una inspección final en diez seg.

**Figura 8. Diagrama de flujo del proceso del panel trasero de la estufa 2G4SE**

|               |                              |                |                                     |
|---------------|------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| Proceso:      | Elaboración de panel trasero | Fecha:         | febrero de 2007                     |
| Departamento: | Metalico                     | Elaborado por: | Mario Argueta                       |
| Inicia en:    | Corte de pliegos de lámina   | Actual         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Finaliza en:  | Inspección final             | Propuesto      | <input type="checkbox"/>            |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | → | □ | D | ▽ | Descripciones                                    |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|--|
| 1    |                   | 29             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de pliegos de lámina                       |
| 2    | 33.92             | 100            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de lámina a la guillotina MC4           |
| 3    |                   | 14.4           | ● | → | □ | D | ▽ | Primer corte de lámina                           |
| 4    | 18.56             | 50             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a guillotina MC2               |
| 5    |                   | 16.74          | ● | → | □ | D | ▽ | Despunte y medida final                          |
| 6    | 37.12             | 110            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch #8          |
| 7    |                   | 27.69          | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado de tres agujeros redondos               |
| 8    | 56.96             | 190            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a turbina mototul              |
| 9    |                   | 59.9           | ● | → | □ | D | ▽ | Pulido de agujeros                               |
| 10   | 1.5               | 8              | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa mayor #24             |
| 11   |                   | 29.9           | ● | → | □ | D | ▽ | Embutido y corte de esquina del panel            |
| 12   |                   | 20             | ○ | → | ■ | D | ▽ | Inspección de la pieza que no lleve golpe        |
| 13   | 51.2              | 140            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a dobladora MC15               |
| 14   |                   | 59.99          | ● | → | □ | D | ▽ | Apachón de pieza en la orilla para quitar rebaba |
| 15   | 35.84             | 105            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a turbina mototul              |
| 16   |                   | 119            | ● | → | □ | D | ▽ | Quitar golpes y filos                            |
| 17   |                   | 10             | ○ | → | ■ | D | ▽ | Inspección final                                 |

**RESUMEN**

| Actividad    | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| Operación    | 8             | -               | 356.62        |
| Transporte   | 7             | 235.1           | 703           |
| Inspección   | 2             | -               | 30            |
| Demora       | -             | -               | -             |
| Almacenaje   | -             | -               | -             |
| <b>TOTAL</b> |               |                 | 1089.62       |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, canal base de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte de lámina en la guillotina MC2 en 14.4 seg.; luego se traslada la pieza a la guillotina MC4 a 18.56 mts. en 50 seg., para darle el despunte y medida final a tope en 16.74 seg.; después se transpara a perforadora MC8 a 48 mts. en 130 seg., para realizarle perforado de agujeros redondos en 25.71 seg.; posteriormente se traslada la pieza a la máquina dobladora MC12 a 12.16 mts. en 35 seg., realizándose el primer dobléz en 38.71 seg.; luego se lleva la pieza a la máquina dobladora MC14 a 6.4 mts. en 25 seg., para hacerle un segundo dobléz en 47.99 seg.; y por último se realiza una inspección de los agujeros para que encajen con la estufa en un tiempo de 30 seg.

**Figura 9. Diagrama de flujo del proceso del canal base de la estufa 2G4SE**

|               |                                   |                |                                     |
|---------------|-----------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| Proceso:      | <u>Elaboración del canal base</u> | Fecha:         | <u>febrero de 2007</u>              |
| Departamento: | <u>Metalico</u>                   | Elaborado por: | <u>Mario Argueta</u>                |
| Inicia en:    | <u>Primer corte de lámina</u>     | Actual         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Finaliza en:  | <u>Inspección de agujeros</u>     | Propuesto      | <input type="checkbox"/>            |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | Descripciones                                  |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|--|
| 1    |                   | 14.4           | ● | ⇒ | □ | D | ▽ | Primer corte de lámina                         |
| 2    | 18.56             | 50             | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | Traslado de lámina a guillotina MC4            |
| 3    |                   | 16.74          | ● | ⇒ | □ | D | ▽ | Despunte y medida final a tope                 |
| 4    | 48                | 130            | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch MC8       |
| 5    |                   | 25.71          | ● | ⇒ | □ | D | ▽ | Ponchado de agujeros redondos                  |
| 6    | 12.16             | 35             | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | Traslado de la pieza a máquina dobladora MC12  |
| 7    |                   | 38.71          | ● | ⇒ | □ | D | ▽ | Primer doblez                                  |
| 8    | 6.4               | 25             | ○ | ⇒ | □ | D | ▽ | Traslado de la pieza a máquina dobladora MC14  |
| 9    |                   | 47.99          | ● | ⇒ | □ | D | ▽ | Segundo doblez                                 |
| 10   |                   | 30             | ○ | ⇒ | ■ | D | ▽ | Inspección de agujeros que casen con la estufa |

**RESUMEN**

| Actividad    | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| Operación    | 5             | -               | 143.55        |
| Transporte   | 4             | 85.12           | 240           |
| Inspección   | 1             | -               | 30            |
| Demora       | -             | -               | -             |
| Almacenaje   | -             | -               | -             |
| <b>TOTAL</b> |               |                 | <b>413.55</b> |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, cubierta protectora de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 28.8 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se transporta 33.92 mts. la tarima de lámina, a la guillotina MC4 en 100 seg., y se realiza la primera operación de corte a un tiempo de 14.4 seg.; luego se traslada la lámina a 18.56 mts. en 50 seg. a la guillotina MC2, en esta máquina se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; luego se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg., hacia la máquina perforadora MC8 para hacerle un perforado de agujeros en 39.56 seg.; después la pieza se lleva a 9.6 mts. en 27 seg. hacia la máquina perforadora MC9, para realizarle un corte de esquinas en 45 seg.; posteriormente se transporta la pieza a la máquina dobladora MC15 recorriendo 16 mts. en 48 seg., para hacerle cuatro dobleces en 90 seg.; luego se traslada la pieza a prensa menor MC62 a 8.96 mts. en 27 seg., para hacerle el corte de rejilla en 60 seg., seguidamente se lleva la pieza a prensa mayor MC23 a 49.92 mts. en 133 seg., para hacerle un corte de agujero en 30 seg.; luego se transporta la pieza a la prensa mayor MC25 a 18.56 mts. en 50 seg., aquí se embute el agujero en 30 seg.; y por último se lleva la pieza a la punteadora SP6 a 14.08 mts. en 43 seg., para sueldar el pocillo de ventilación en 40 seg.

**Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de cubierta protectora de la estufa 2G4SE**

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Proceso: <u>Elaboración de cubierta protectora</u>      |  | Fecha: <u>febrero de 2007</u>              |  |
| Departamento: <u>Metalico</u>                           |  | Elaborado por: <u>Mario Argueta</u>        |  |
| Inicia en: <u>Corte de pliegos de lámina</u>            |  | Actual <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| Finaliza en: <u>Punteado del pocillo de ventilación</u> |  | Propuesto <input type="checkbox"/>         |  |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | → | □ | D | ▽ | Descripciones                                 |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1    |                   | 28.8           | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de pliegos de lamina                    |
| 2    | 33.92             | 100            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pliegos a guillotina MC4          |
| 3    |                   | 14.4           | ● | → | □ | D | ▽ | Primer corte                                  |
| 4    | 18.58             | 50             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a guillotina MC2            |
| 5    |                   | 16.74          | ● | → | □ | D | ▽ | Despunte y medida final                       |
| 6    | 37.12             | 110            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch MC8      |
| 7    |                   | 39.58          | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado de agujeros                          |
| 8    | 9.8               | 27             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina unipunch MC9      |
| 9    |                   | 45             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de esquinas                             |
| 10   | 18                | 48             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a máquina dobladora MC15    |
| 11   |                   | 90             | ● | → | □ | D | ▽ | Realizar 4 dobleces                           |
| 12   | 8.96              | 27             | ○ | → | □ | D | ▽ | Trasladar pieza a prensa menor MC62           |
| 13   |                   | 60             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de rejilla                              |
| 14   | 49.92             | 133            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa mayor MC23         |
| 15   |                   | 30             | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de agujero                              |
| 16   | 18.58             | 50             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa mayor MC25         |
| 17   |                   | 30             | ● | → | □ | D | ▽ | Embutido de agujero                           |
| 18   | 14.08             | 43             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado a punteadora                         |
| 19   |                   | 40             | ● | → | □ | D | ▽ | Soldadura de puntos al pocillo de ventilación |

| RESUMEN    |               |                 |               |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| Actividad  | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
| Operación  | 10            | -               | 394.5         |
| Transporte | 9             | 206.72          | 588           |
| Inspección | -             | -               | -             |
| Demora     | -             | -               | -             |
| Almacenaje | -             | -               | -             |
|            |               | <b>TOTAL</b>    | <b>982.5</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

## **Flujo del proceso, pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte en la guillotina MC2 en 14.4 seg.; luego se traslada la pieza a prensa menor MC59 a 44.8 mts. en 120 seg., para hacer el corte de disco en 28.8 seg.; luego se transporta la pieza a prensa de embutido MC22 a 35.2 mts. en 105 seg. y se embute el pocillo en 18 seg.; seguidamente se traslada la pieza a prensa menor MC60 a 40.96 mts. en 118 seg., para hacerle un perforado central en 30 seg.; después se lleva a prensa menor MC62 a 6.4 mts. en 20 seg., para realizarle tres perforados de agujeros en la orilla en 24 seg.; y por último se transporta la pieza a soldadura de puntos SP6 a 14.72 mts. en 44 seg.

**Figura 11. Diagrama de flujo del proceso del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE**

|               |   |                |                                     |
|---------------|---|----------------|-------------------------------------|
| Proceso:      | <u>Elaboración del pocillo de ventilación</u> | Fecha:         | <u>febrero de 2007</u>              |
| Departamento: | <u>Metalico</u>                               | Elaborado por: | <u>Mario Argueta</u>                |
| Inicia en:    | <u>Corte de sobrante de lámina C24</u>        | Actual         | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Finaliza en:  | <u>Ponchado de agujeros</u>                   | Propuesto      | <input type="checkbox"/>            |

| núm. | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | ○ | → | □ | D | ▽ | Descripciones                               |
|------|-------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|
| 1    |                   | 14.4           | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de sobrante de lámina                 |
| 2    | 44.8              | 120            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa menor MC59       |
| 3    |                   | 28.8           | ● | → | □ | D | ▽ | Corte de disco                              |
| 4    | 35.2              | 105            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa de embutido MC22 |
| 5    |                   | 18             | ● | → | □ | D | ▽ | Embutido de pocillo                         |
| 6    | 40.96             | 118            | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa menor MC60       |
| 7    |                   | 30             | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado central                            |
| 8    | 6.4               | 20             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a prensa menor MC62       |
| 9    |                   | 24             | ● | → | □ | D | ▽ | Ponchado de agujeros                        |
| 10   | 14.72             | 44             | ○ | → | □ | D | ▽ | Traslado de pieza a punteadora              |

**RESUMEN**

| Actividad  | núm. de pasos | Distancia (mts) | Tiempo (seg.) |
|------------|---------------|-----------------|---------------|
| Operación  | 5             | -               | 115.2         |
| Transporte | 5             | 142.08          | 407           |
| Inspección | -             | -               | -             |
| Demora     | -             | -               | -             |
| Almacenaje | -             | -               | -             |
|            |               | <b>TOTAL</b>    | <b>522.2</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

### **2.5.3 Diagrama de operaciones actual, seis pzs.**

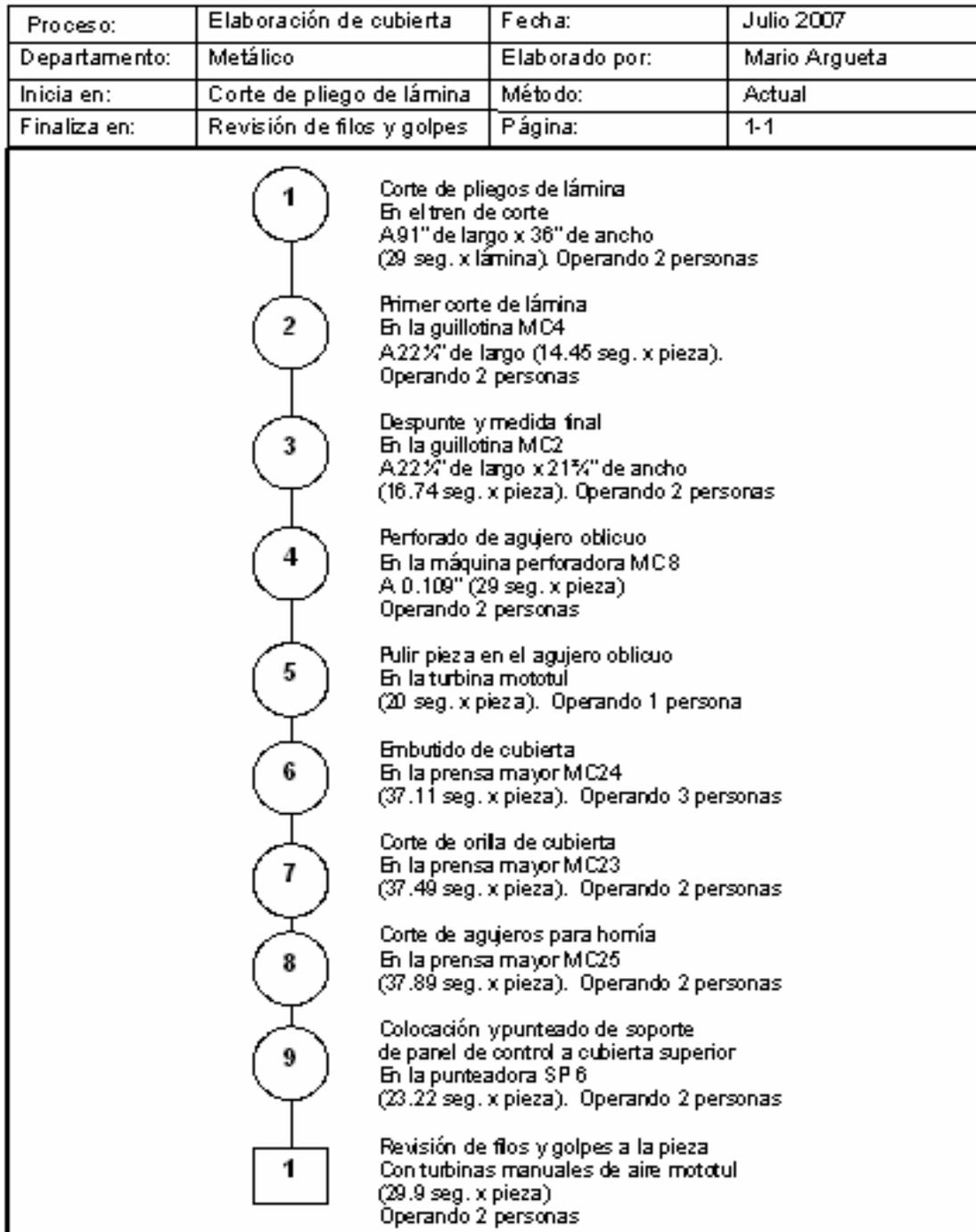
A continuación se presenta una descripción con su respectivo diagrama de operaciones por cada pieza de la estufa que corresponde a la producción del Departamento de Metálico.

#### **Diagrama de operaciones, cubierta superior de la estufa 2G4SE**

##### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. cada lámina, hasta tener aproximadamente 50 pliegos; en la guillotina MC4 se realiza la primera operación de corte en 14.45 seg.; luego en la guillotina MC2 se despunta y se da la medida final a la pieza en 16.74 seg.; después en la máquina perforadora MC8 se le hace un agujero oblicuo en 29 seg.; seguidamente se pule la pieza en la turbina mototul en 20 seg.; posteriormente se embute la lámina en la máquina MC24 en 37.11 seg.; después en la máquina MC23 se le corta la orilla a la cubierta en 37.49 seg.; luego en la máquina MC25 se le hace el corte de agujeros de los quemadores en 37.89 seg.; después debe colocársele el soporte de panel de control punteado en 23.22 seg.; y por último se le quitan los filos con turbina mototul en 29.9 seg., para dejar terminada la pieza.

**Figura 12. Diagrama de operaciones de la cubierta superior de la estufa 2G4SE**



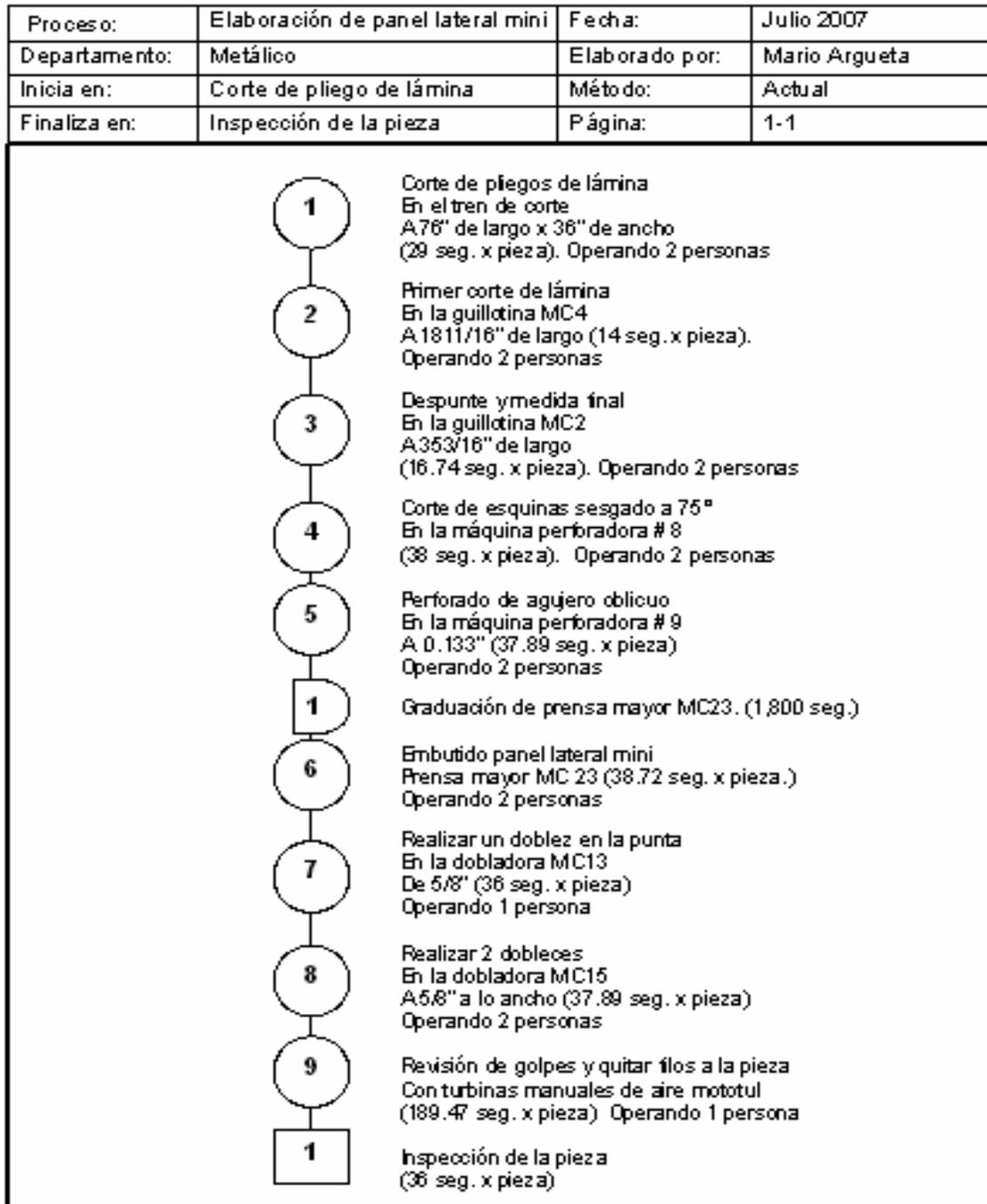
Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

## **Diagrama de operaciones, panel lateral mini de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. cada lámina, hasta tener aproximadamente 50 pliegos; en la guillotina MC4 se realiza la primera operación de corte en 14 seg.; luego en la guillotina MC2 se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; luego en la máquina perforadora MC8 se le hace un corte de esquina sesgado en 38 seg.; después en la máquina perforadora MC9 se perfora un agujero oblicuo en 37.89 seg.; luego se gradúa la prensa mayor MC23 en 1,800 seg., y se realiza el embutido de panel lateral mini en 38.71 seg.; seguidamente en la dobladora MC13 se realiza un dobléz en la punta en 36 seg.; luego en la máquina dobladora MC15 se le hacen dos dobleces en 37.89 seg.; después se lleva la pieza al área de inspección para quitarle los filos y golpes a la pieza en 189.47 seg.; y por último se lleva la pieza a control de calidad para su inspección final, en un tiempo de 36 seg.

**Figura 13. Diagrama de operaciones del panel lateral mini de la estufa 2G4SE**



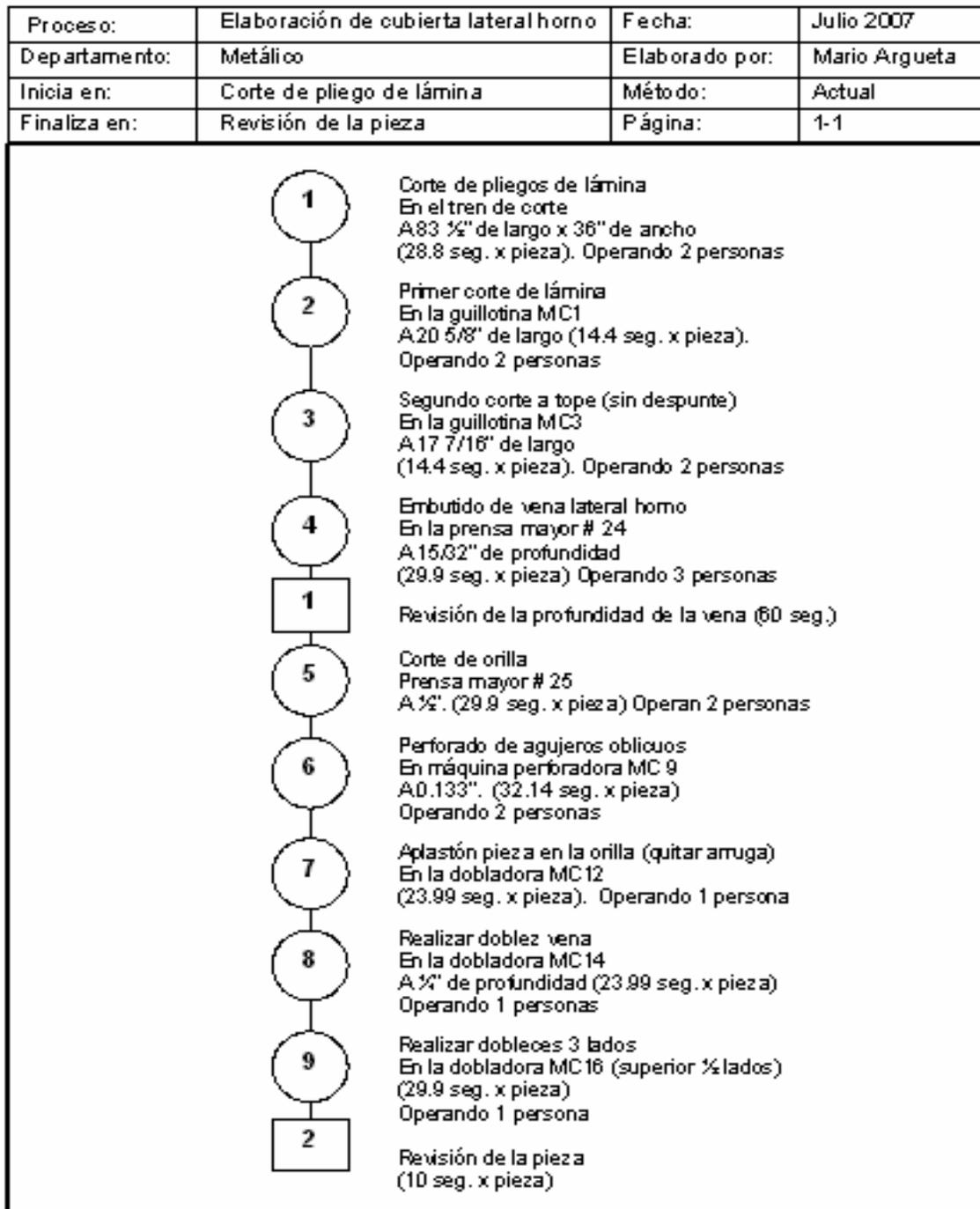
Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

## **Diagrama de operaciones, cubierta lateral de horno de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 28.8 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada la tarima de lámina a la guillotina MC1, para realizar la primera operación de corte en 14.4 seg.; luego en la guillotina MC3 se hace un segundo corte a tope sin despunte en 14.4 seg.; luego en la prensa mayor MC24 se le hace el embutido de vena tardándose 29.9 seg., y además se revisa la profundidad de la vena en 60 seg. a cada 25 piezas; después en la prensa mayor MC25 se le realiza el corte de la orilla en 29.9 seg.; luego en la perforadora MC9 se le hace el perforado de agujeros oblicuos en 32.14 seg.; seguidamente en la dobladora MC12 se aplasta la pieza en la orilla para quitar las arrugas en 23.99 seg.; luego en la dobladora MC14 se le hace el doblado de vena en 23.99 seg.; después en la dobladora MC16 se le hacen tres dobleces en 29.9 seg.; y por último en control de calidad se revisa la pieza en diez seg.

**Figura 14. Diagrama de operaciones de cubierta lateral del horno de la estufa 2G4SE**



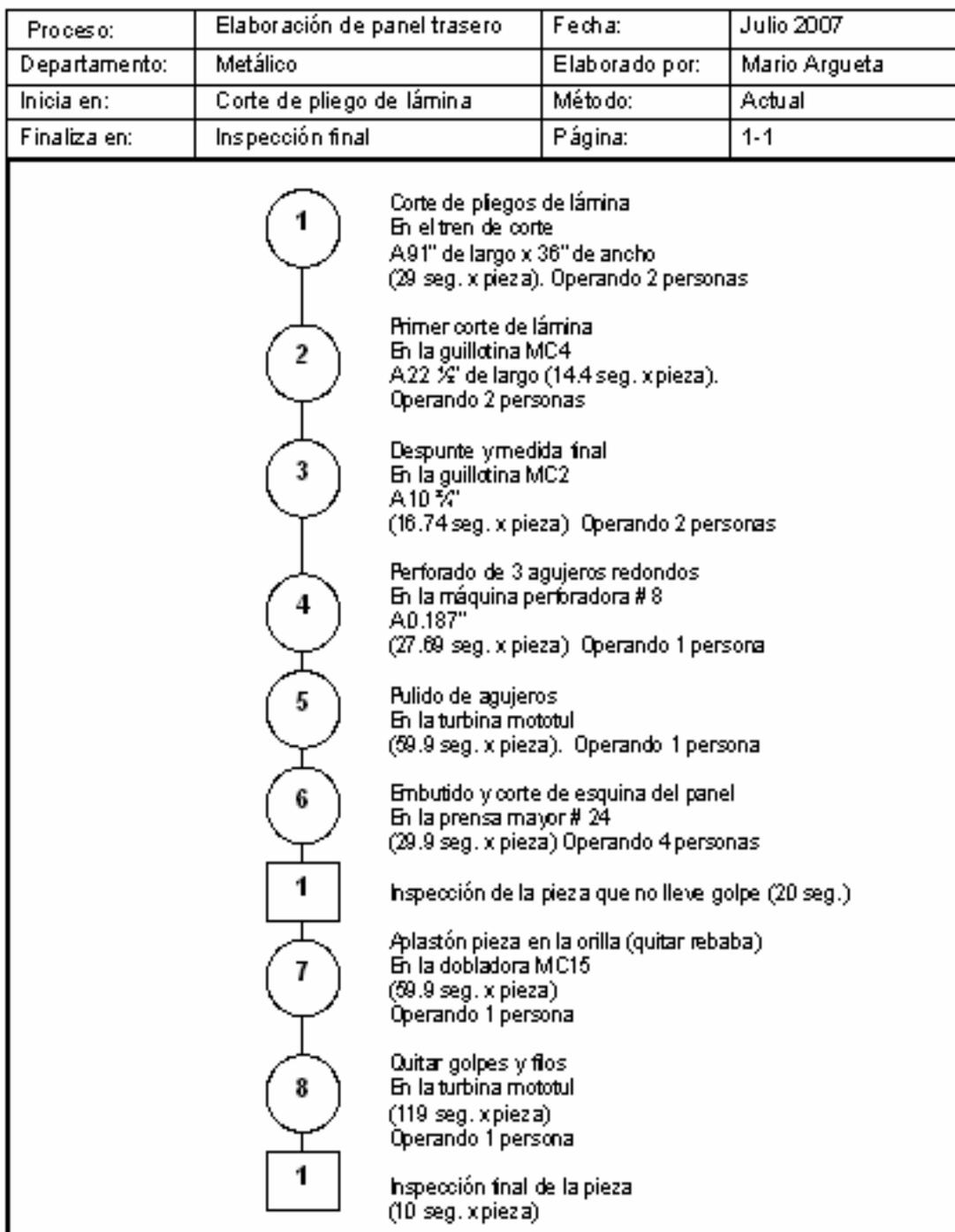
Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

## **Diagrama de operaciones, panel trasero de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 29 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada la tarima de lámina, a la guillotina MC4 para realizar la primera operación de corte a un tiempo de 14.4 seg.; luego en la guillotina MC2 se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; después en la máquina perforadora MC8 se le hacen tres agujeros redondos en 27.69 seg.; luego en la turbina mototul se pule la pieza en 59.9 seg.; seguidamente en la prensa mayor MC24 se embute y se corta la esquina del panel en 29.9 seg.; cada 25 piezas se inspecciona que la misma no lleve golpe, en 20 seg.; después en la dobladora MC15 se le da un aplastón a la orilla con el objetivo de quitarle los filos en 59.9 seg.; posteriormente en el área de inspección se le quitan los golpes y filos con la turbina mototul en 119 seg.; y por último se realiza una inspección final en diez seg.

**Figura 15. Diagrama de operaciones del panel trasero de la estufa 2G4SE**



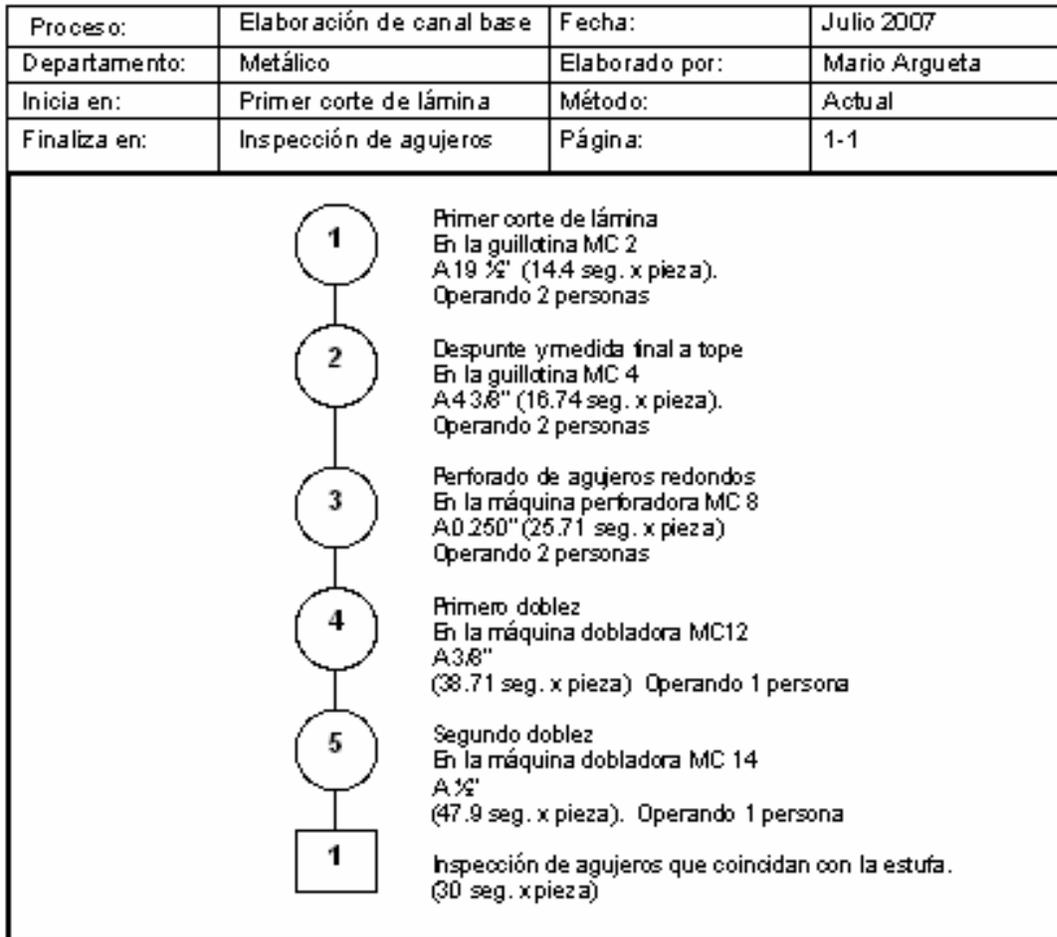
Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

## **Diagrama de operaciones, canal base de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte de lámina en la guillotina MC2 en 14.4 seg.; luego en la guillotina MC4 se le da el despunte y medida final a tope en 16.74 seg.; después en la perforadora MC8 se realiza el perforado de agujeros redondos en 25.71 seg.; posteriormente en la máquina dobladora MC12 se realiza el primer dobléz en 38.71 seg.; luego en la máquina dobladora MC14 se hace un segundo dobléz en 47.99 seg.; y por último se realiza una inspección de los agujeros para que encajen con la estufa en un tiempo de 30 seg.

**Figura 16. Diagrama de operaciones del canal base de la estufa 2G4SE**



Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

## **Diagrama de operaciones, cubierta protectora de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, luego se corta a un tiempo de 28.8 seg. por lámina, al tener aproximadamente 50 pliegos, se transporta la tarima de lámina, a la guillotina MC4 para realizar la primera operación de corte a un tiempo de 14.4 seg.; luego en la guillotina MC2 se despunta y se da la medida final de la pieza en 16.74 seg.; luego en la máquina perforadora MC8 se le hace un perforado de agujeros en 39.56 seg.; después en la máquina perforadora MC9 se realiza un corte de esquinas en 45 seg.; posteriormente en la máquina dobladora MC15 se le hacen cuatro dobleces en 90 seg.; luego en la prensa menor MC62 se hace el corte de rejilla en 60 seg., seguidamente en la prensa mayor MC23 se hace un corte de agujero en 30 seg.; luego en la prensa mayor MC25 se embute el agujero en 30 seg.; y por último en la punteadora SP6 se suelda el pocillo de ventilación en 40 seg.

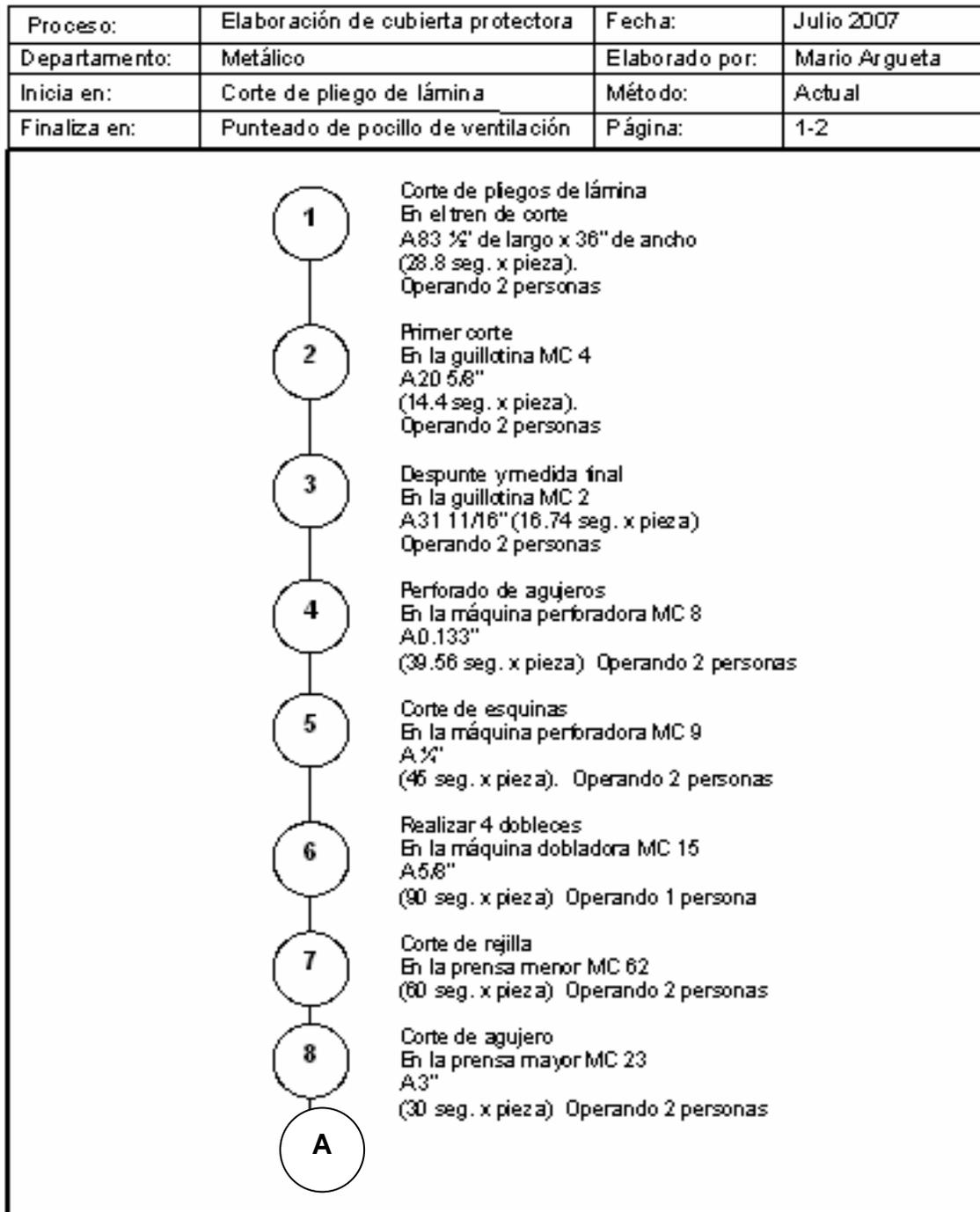
El pocillo de ventilación es un subproceso de la cubierta protectora, por lo que a continuación se describe su diagrama de operaciones correspondiente.

## **Diagrama de operaciones, pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE**

### Descripción

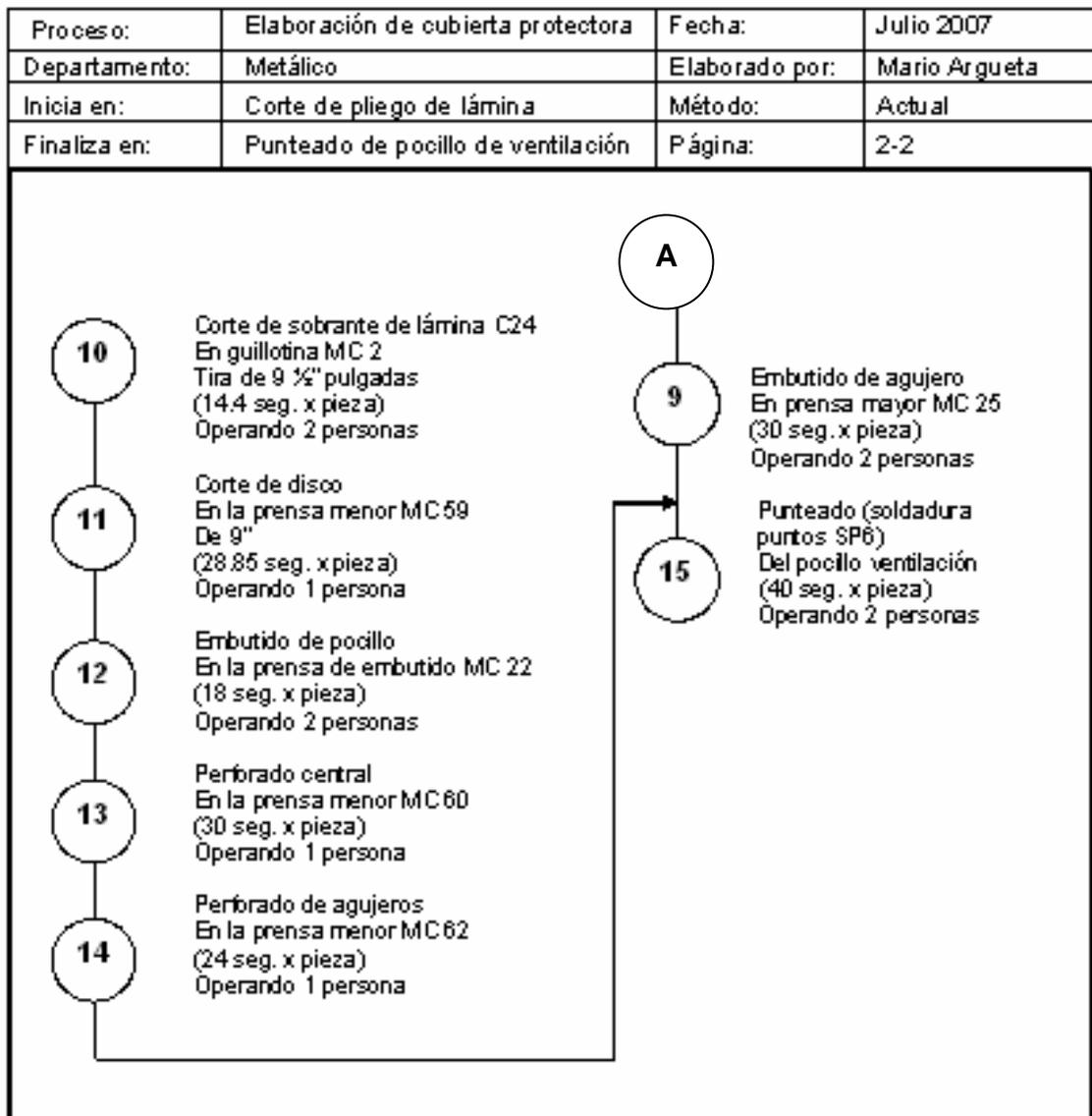
Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte en la guillotina MC2 en 14.4 seg., luego en la prensa menor MC59 se hace el corte de disco en 28.8 seg., seguido a esto en la prensa de embutido MC22 se embute el pocillo en 18 seg.; después en la prensa menor MC60 se hace un perforado central en 30 seg., luego en la prensa menor MC62 se realizan tres perforados de agujeros en la orilla en 24 seg.; y por último en la soldadura de puntos SP6 se suelda el pocillo a la cubierta protectora.

**Figura 17. Diagrama de operaciones de cubierta protectora de la estufa 2G4SE**



Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

Continuación figura 17



Fuente: Mario Argueta, Departamento de Producción IMCA, S.A.

#### **2.5.4 Diagrama de recorrido actual, seis pzs.**

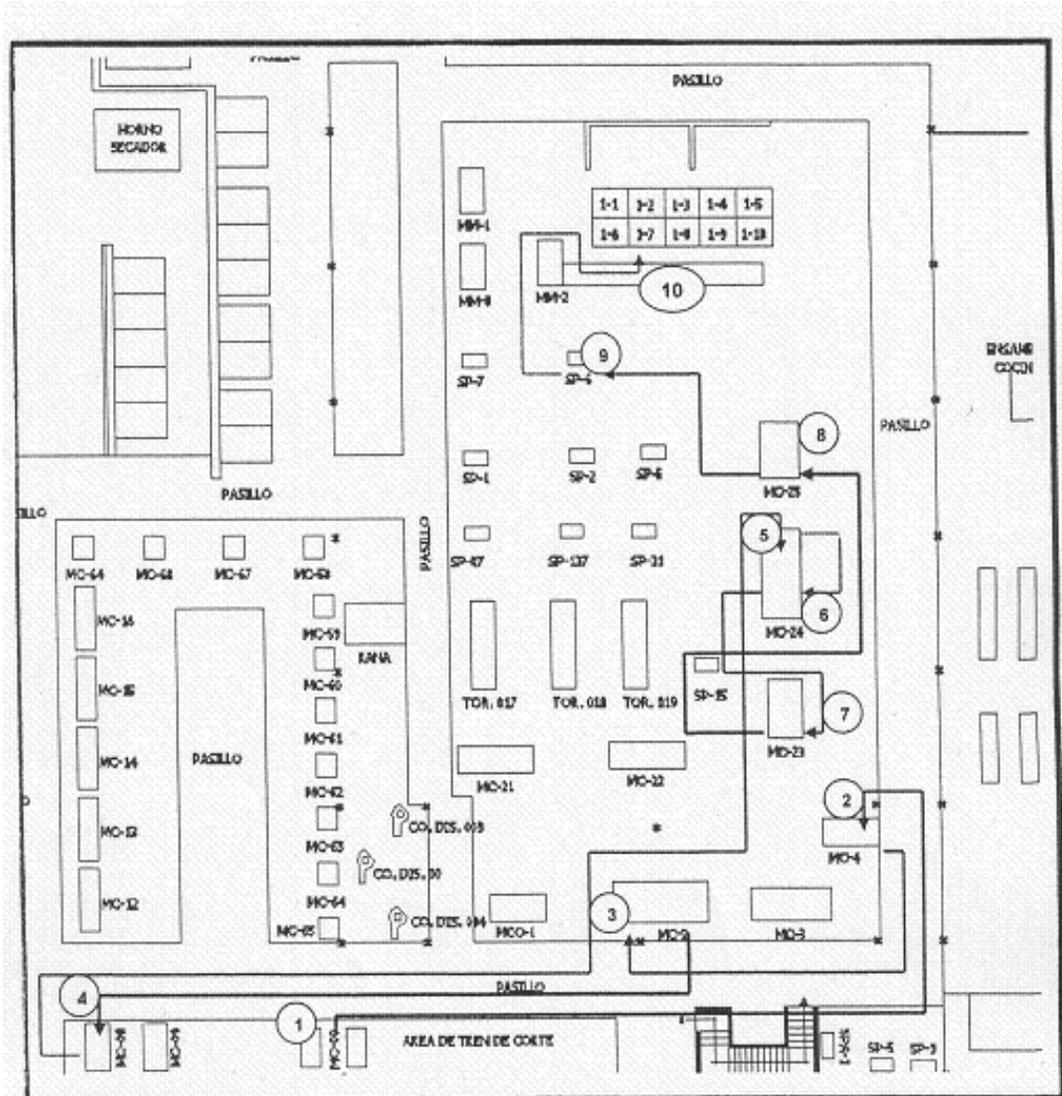
A continuación se presenta una descripción con su respectivo diagrama de recorrido por cada pieza de la estufa que corresponde a la producción del Departamento de Metálico.

#### **Diagrama de recorrido, cubierta superior de la estufa 2G4SE**

##### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. hacia la guillotina MC4 en un tiempo de 100 seg.; luego se traslada a 18.56 mts. en 50 seg. a la guillotina MC2; después se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. hacia la máquina perforadora MC8; luego la pieza se transporta a 60.3 mts. tardándose 200 seg. hacia la turbina mototul; seguidamente se lleva la pieza a la máquina MC24 recorriendo 1.8 mts. en diez seg.; después se traslada la pieza a la máquina MC23, recorriendo 9.38 mts. en 25 seg.; luego se lleva la cubierta a la máquina MC25 a 22.4 mts. en 70 seg.; seguidamente se traslada la pieza a soldadura de puntos SP6 a 14.8 mts. en 45 seg.; y por último se transporta la pieza al área de inspección a 13.44 mts. en 40 seg.

Figura 18. Diagrama de recorrido de cubierta superior de la estufa 2G4SE



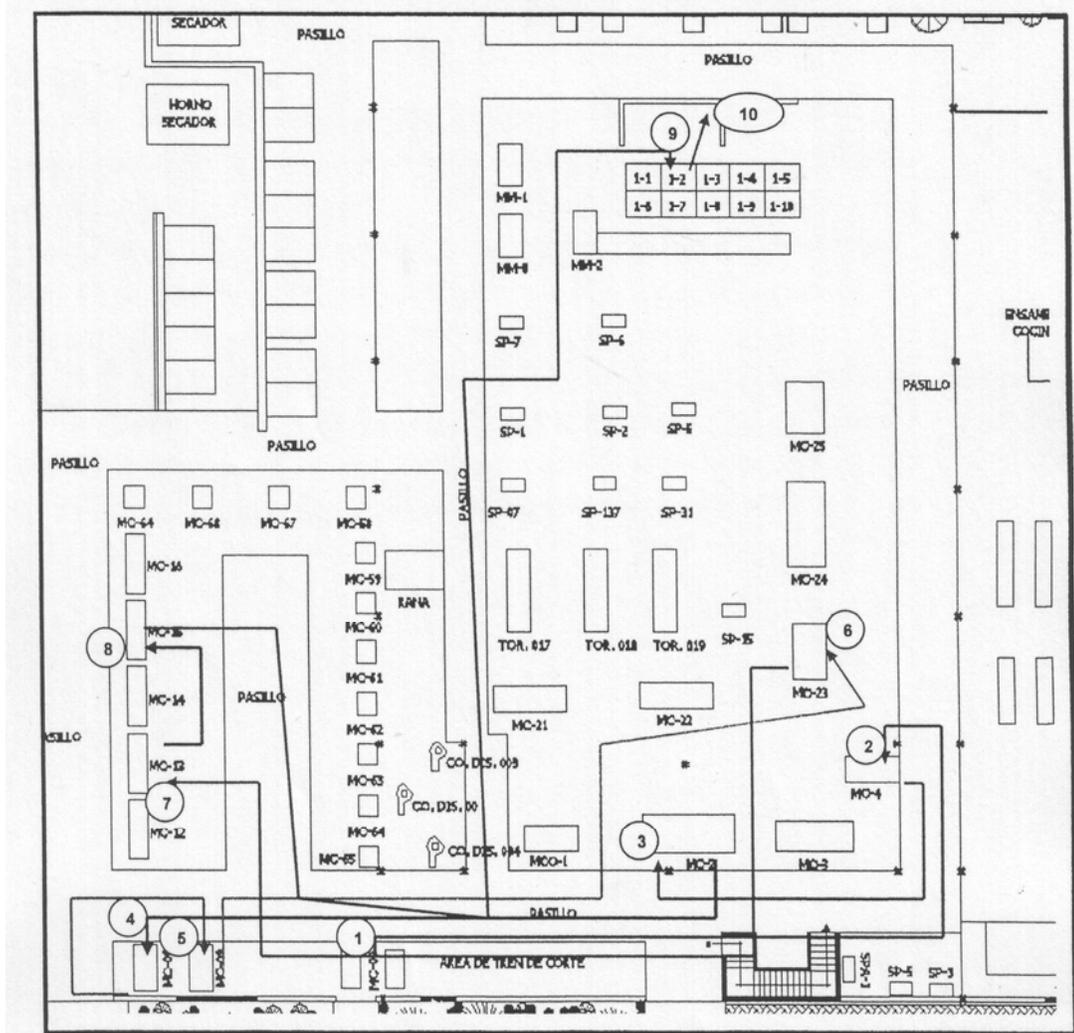
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, panel lateral mini de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. a la guillotina MC4, en un tiempo de 100 seg.; luego se transporta la lámina a 18.56 mts. en 50 seg. hacia la guillotina MC2; luego se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. a la máquina perforadora MC8; después la pieza se traslada 9.6 mts. en 25 seg. hacia la máquina perforadora MC9; luego se lleva la pieza a la prensa mayor MC23 recorriendo 46.72 mts. en 125 seg.; seguidamente se transporta la pieza a la dobladora MC13 a 48 mts. en 130 seg.; luego se traslada la pieza a la máquina dobladora MC15 recorriendo 9.6 mts. en 27 seg.; después se lleva la pieza al área de inspección a 40.96 mts. en 118 seg.; y por último se lleva la pieza a control de calidad a 1.8 mts. en diez seg.

Figura 19. Diagrama de panel lateral mini de la estufa 2G4SE



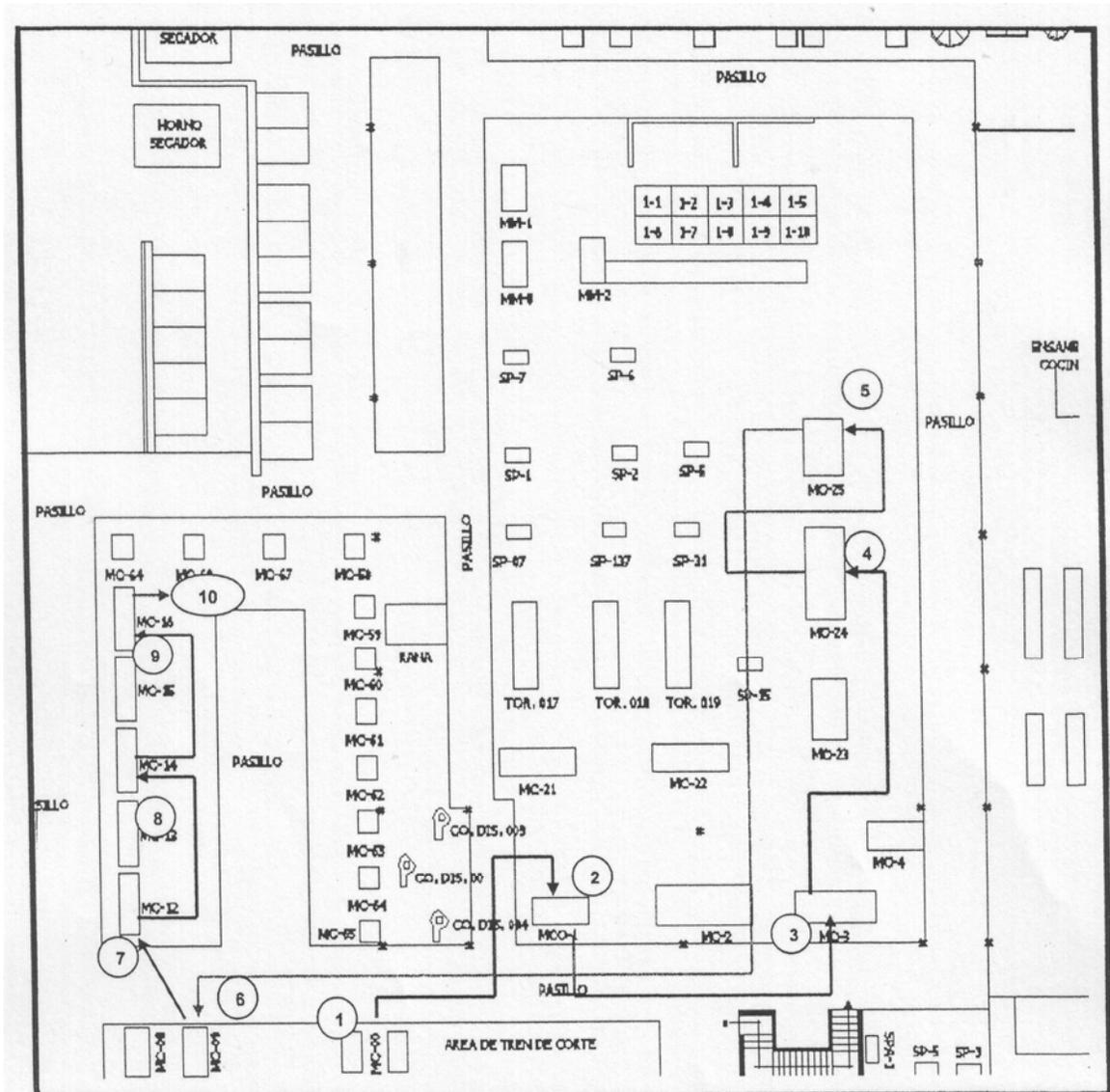
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, cubierta lateral de horno de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada a 14.72 mts. hacia la guillotina MC1, en 44 seg.; luego se lleva la lámina a 14.08 mts. en 43 seg. a la guillotina MC3; luego se transporta la pieza a 17.92 mts. en 49 seg. a la prensa mayor MC24; después se traslada la pieza a la prensa mayor MC25 recorriendo 9.6 mts. en 25 seg.; luego se transporta la pieza a la perforadora MC9 recorriendo 71.04 mts. en 235 seg.; seguidamente se lleva la pieza a la dobladora MC12 a 3.84 mts. en 17 seg.; luego se traslada hacia la dobladora MC14 recorriendo 8.32 mts. en 24 seg.; después se lleva la pieza a la dobladora MC16 a 9.6 mts. en 27 seg.; y por último se transporta la pieza a control de calidad a 0.5 mts. en dos seg.

**Figura 20. Diagrama de recorrido de cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE**



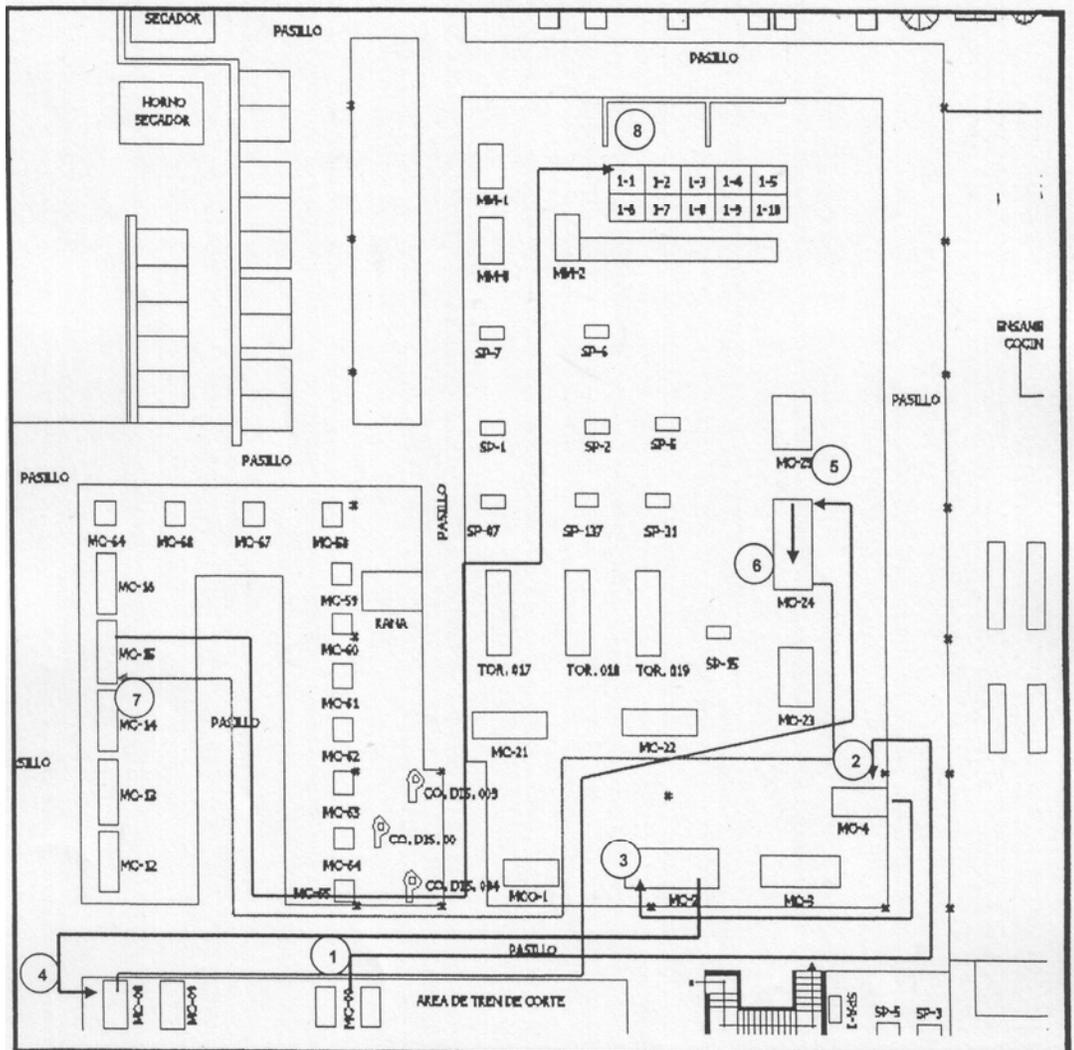
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, panel trasero de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, al tener aproximadamente 50 pliegos, se traslada 33.92 mts. hacia la guillotina MC4 en 100 seg; luego se transporta 18.56 mts. en 50 seg. hacia la guillotina MC2; después se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg. a la máquina perforadora MC8; luego la pieza se lleva a 56.96 mts. en 190 seg. hacia la turbina mototul; seguidamente se traslada a prensa mayor MC24 a 1.5 mts. en ocho seg.; después se transporta la pieza a la dobladora MC15 a 51.2 mts. en 140 seg.; y por último se lleva la pieza al área de inspección a 35.84 mts. en 105 seg.

Figura 21. Diagrama de recorrido de panel trasero de la estufa 2G4SE



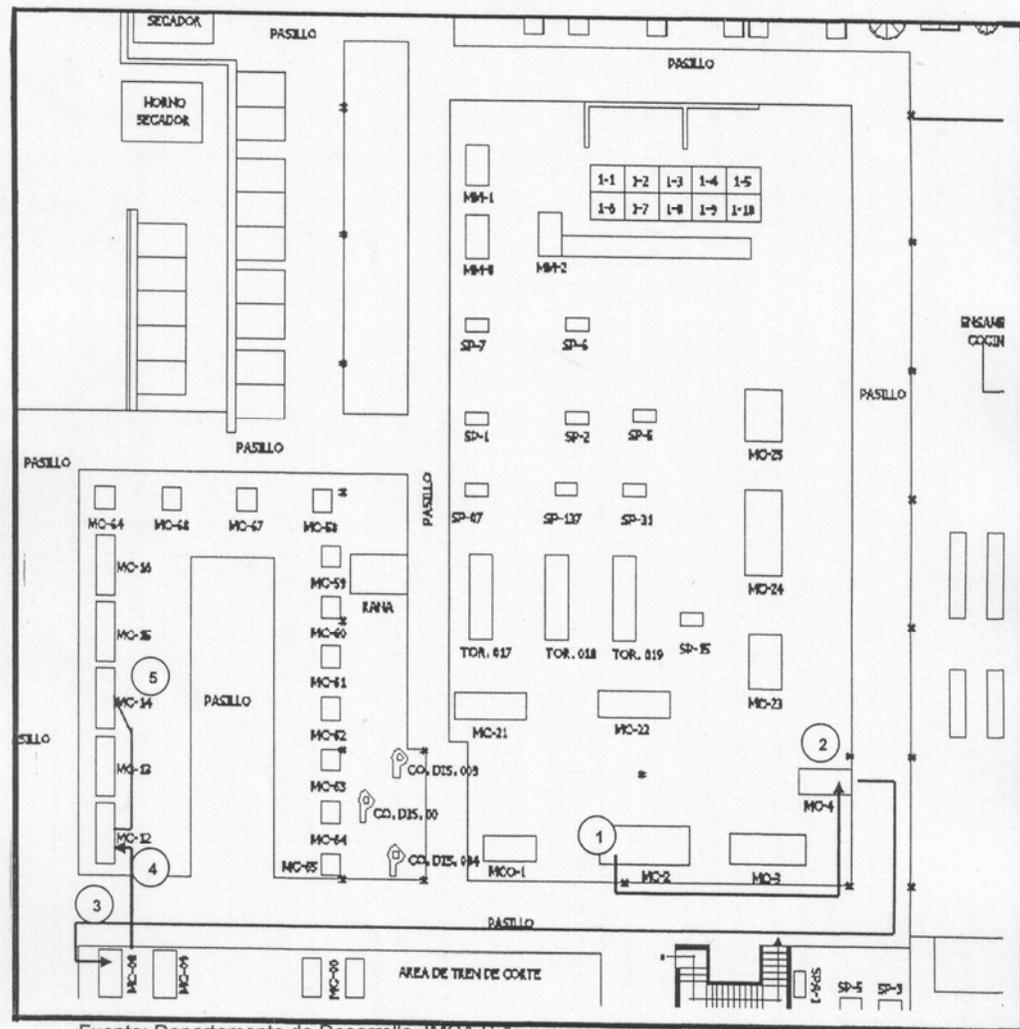
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, canal base de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte en la guillotina MC2; luego se traslada la pieza a la guillotina MC4 a 18.56 mts. en 50 seg.; después se transporta a perforadora MC8 a 48 mts. en 130 seg.; posteriormente se traslada la pieza a la máquina dobladora MC12 a 12.16 mts. en 35 seg.; y por último se lleva la pieza a la máquina dobladora MC14 a 6.4 mts. en 25 seg.

Figura 22. Diagrama de recorrido de canal base de la estufa 2G4SE



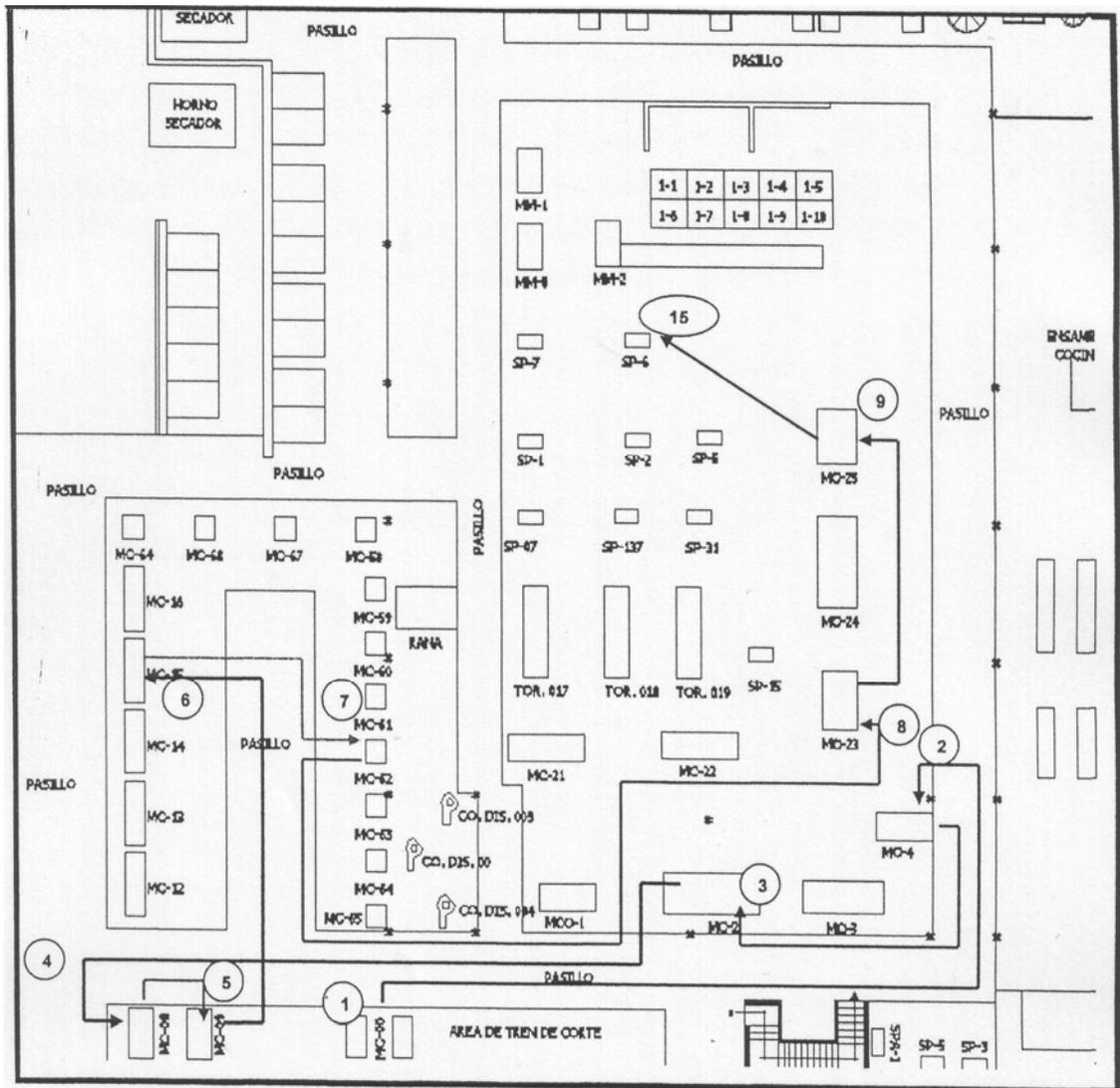
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, cubierta protectora de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Se coloca el rollo de lámina en el tren de corte, al tener aproximadamente 50 pliegos, se transporta 33.92 mts. a la guillotina MC4 en 100 seg.; luego se traslada la lámina a 18.56 mts. en 50 seg. hacia la guillotina MC2; luego se lleva la pieza a 37.12 mts. en 110 seg., hacia la máquina perforadora MC8; después la pieza se lleva a 9.6 mts. en 27 seg. a la máquina perforadora MC9; posteriormente se transporta la pieza a la máquina dobladora MC15 recorriendo 16 mts. en 48 seg.; luego se traslada la pieza a prensa menor MC62 a 8.96 mts. en 27 seg.; seguidamente se lleva la pieza a prensa mayor MC23 a 49.92 mts. en 133 seg.; luego se transporta a la prensa mayor MC25 a 18.56 mts. en 50 seg.; y por último se lleva la pieza a la punteadora SP6 a 14.08 mts. en 43 seg.

**Figura 23. Diagrama de recorrido de cubierta protectora de la estufa 2G4SE**



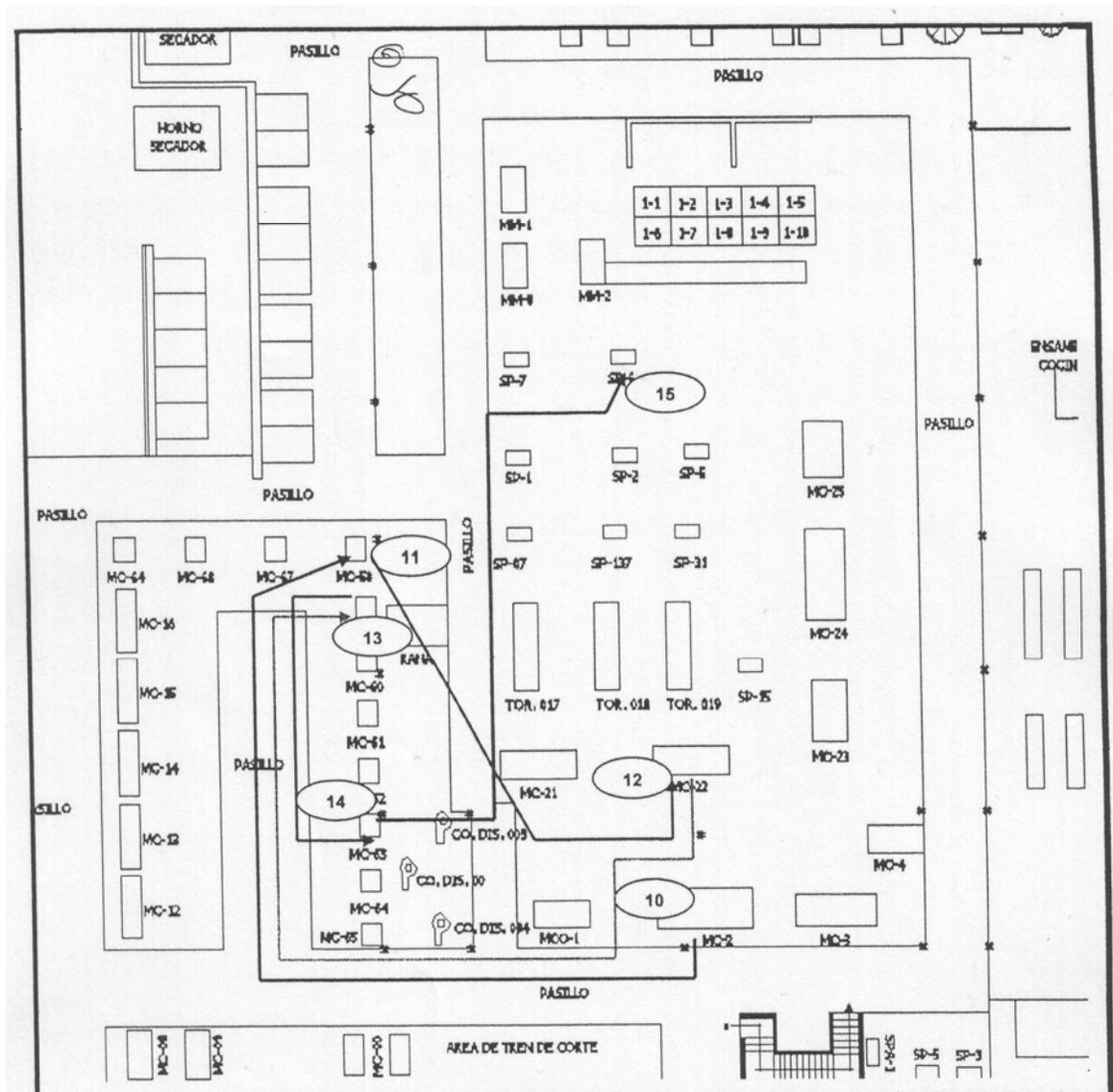
Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **Diagrama de recorrido, pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE**

### Descripción

Esta pieza se elabora de sobrantes de lámina realizándose el primer corte en la guillotina MC2; luego se traslada la pieza a la prensa menor MC59 a 44.8 mts. en 120 seg.; luego se transporta la pieza hacia la prensa de embutido MC22 a 35.2 mts. en 105 seg.; seguidamente se traslada la pieza a prensa menor MC60 a 40.96 mts. en 118 seg.; después se lleva a prensa menor MC62 a 6.4 mts. en 20 seg.; y por último se transporta la pieza a soldadura de puntos SP6 a 14.72 mts. en 44 seg.

**Figura 24. Diagrama de recorrido de pocillo ventilación de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **2.6 Distribución de maquinaria del Departamento de Metálico**

### **2.6.1 Distribución por posición fija**

En el Departamento de Metálico no existe este tipo de distribución ya que el producto no es grande para que se mantenga en un solo lugar, el equipo y mano de obra no se traslada al centro de trabajo.

### **2.6.2 Distribución por proceso**

Este es el tipo de distribución que utiliza el Departamento de Metálico, ya que los flujos de trabajo no están estandarizados para todas las unidades de producción, pues el tipo de producción es intermitente (*batch* o lote), teniendo como característica principal que las máquinas son similares, de manera tal que el producto se pueda mover ágilmente entre las distintas áreas que se requieren para su producción.

### **2.6.3 Distribución en línea**

En el Departamento de Metálico no se posee este tipo de distribución ya que no utiliza la producción continua (que hacen los mismos productos todos los días).

## **2.7 Modelos de estufas que se fabrican**

### **2.7.1 Estufa 2G4SE**

Este modelo de estufa es el más económico de las estufas de gas de 20", tiene un aislante de fibra de vidrio, para evitar el recalentamiento en

puertas y laterales, sistema de conducción de gas de alta seguridad, puerta de horno con dos vidrios de seguridad, templados de 3mm, cuatro bases de quemador porcelanizadas con sistema de sellado a presión, cubierta superior antiderrames porcelanizada, cuatro tapas de quemador 100% bronce, perillas en material termoplástico con nuevo y cómodo diseño anatómico, haladera redonda tipo toallero con bases termoplásticos, sello térmico siliconado para 500 grados centígrados en el horno, autolimpiante en el horno, zócalo protector antisuciedad, colores disponibles blanco y almendra, prefiriéndose el color almendra en un 80 % según los pronósticos de venta.

Este modelo de estufa es el producto líder de ventas en la empresa IMCA, S.A.

### **2.7.2 Estufa 2G4VI**

Este es el modelo de menos popularidad en modelos de 21", ésta es la estufa intermedia, con cubierta superior sellada con platos de revalse incorporados, quemador de horno con válvula de paso y quemador tipo flauta, quemadores de bronce, autolimpiante en el horno, colores disponibles blanco y almendra.

### **2.7.3 Estufa 3G5VI**

Este modelo se puede clasificar con comal y sin comal de seis quemadores de bronce, parrilla superior porcelanizada, parrilla horno porcelanizada, autolimpiante en el horno, cubierta superior sellada y platos de revalse incorporados, comal porcelanizado, puerta de vidrio panorámico 30 ", quemador de horno con válvula de paso y quemador tipo flauta, puertas de horno desmontables, fibra de vidrio en el horno para que no se escape el calor.

Este modelo es el segundo producto de aceptación por los clientes de la empresa IMCA, S.A.

En este capítulo se pudo establecer que la estufa 2G4SE es el producto líder de ventas de la empresa IMCA, S.A., vendiendo en promedio 3,000 unidades mensuales.

Por otra parte, se hace notar que las distancias recorridas por las piezas analizadas de la estufa 2G4SE son muy prolongadas, generando un tiempo de producción muy largo, lo cual puede implicar un aumento en los gastos de operación o el incumplimiento en la entrega de pedidos a los clientes.

El Departamento de Metálico posee una distribución de maquinaria por proceso, ya que la producción es de tipo *batch* (lote), teniendo como característica principal la similitud de la maquinaria; sin embargo, la distancia entre cada máquina es muy larga, lo cual impide que las piezas se puedan mover ágilmente entre las diferentes áreas y por lo tanto mantener un tiempo adecuado de la producción de las mismas.

### **3. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA**

#### **3.1 Descripción**

El primer problema detectado es que en el proceso de producción de la estufa 2G4SE existen muchos transportes, lo cual se ve reflejado en el tiempo y la cantidad de metros que se recorren por cada pieza, por lo que se recomienda una redistribución de la maquinaria para que el departamento sea más eficiente en cuanto a los procesos requeridos. Otro problema es que la maquinaria del área de peltre se encuentra colocada en medio de la línea de estufa, y esto entorpece el ágil desplazamiento de las piezas para la producción de la estufa 2G4SE. Por último se pudo observar que dentro de la administración de recursos humanos, no existe ningún plan para la higiene y seguridad de los empleados, lo cual constituye una de las principales bases para la preservación de la fuerza laboral adecuada, ya que estos dos aspectos en el trabajo constituyen dos actividades estrechamente relacionadas, orientadas a garantizar condiciones personales y materiales de trabajo capaces de mantener cierto nivel de salud de los empleados.

Según el análisis realizado para los primeros dos problemas, se estableció que se necesita una mejora en la distribución de la maquinaria, es por eso que se propone una redistribución en dos fases de la siguiente manera.

#### **Fase I**

Traslado de la maquinaria de la línea de peltre a una instalación desocupada dentro de la misma planta, la cual consiste en: tres cortadoras de disco, tres embutidoras de peltre, tres tornos y cinco punteadoras.

## **Fase II**

En esta fase se cambiará del lugar original siete máquinas que pertenecen al Departamento de Metálico: dos máquinas perforadoras y cinco dobladoras, hacia el área que dejó libre la línea de peltre.

### **3.2 Requerimientos del proyecto**

A continuación se establecerá lo necesario para la realización del proyecto.

#### **3.2.1 Maquinaria**

Se hará necesario el uso de una grúa de diez toneladas para mover las máquinas embutidoras de peltre hacia la nueva posición, así como un montacargas de cinco toneladas para trasladar: tres cortadoras de disco, tres tornos y cinco punteadoras.

#### **3.2.2 Recurso humano**

Para dar marcha al proyecto se necesitarán: un maestro de obra y tres albañiles con la función de preparar el trabajo de tres excavaciones profundas y fundiciones de cimentación. Además se requerirá de dos mecánicos para desarmar y amar las máquinas embutidoras de peltre, con el fin de facilitar su traslado, así también se les solicitará la instalación de aire. Y por último dos electricistas para la instalación de conexiones eléctricas.

### **3.3 Análisis del costo**

Mantener los costos a niveles aceptables es casi siempre tan importante como cumplir con las fechas previstas del proyecto, dentro del desarrollo de un proyecto existe la posibilidad de pequeñas variaciones de los costos y los tiempos de cumplimiento de las actividades, por ejemplo es frecuente que un proyecto pueda completarse antes de lo programado, ya sea porque se contrató a más trabajadores o porque se emplearon turnos adicionales.

#### **3.3.1 Costo**

##### **3.3.1.1 Definición**

Es el conjunto de esfuerzos y recursos que se invierten para obtener un bien. Al decir esfuerzos se quiere indicar la intervención del hombre, o sea su trabajo; y al decir recursos se indica las inversiones necesarias que combinadas con la intervención del hombre y en cierto tiempo, hace posible la producción de algo. La inversión se recupera por medio de las ventas.

El costo de un proyecto es la suma de los costos directos, costos indirectos, y costos de penalización.

Costos directos: entre ellos está la mano de obra, materiales y cualquier otro costo que esté directamente relacionado con las actividades del proyecto, los gerentes tienen la posibilidad de acortar los tiempos de actividades individuales usando recursos directos adicionales, por ejemplo: horas extras, más personal o más equipo.

Costos indirectos: se puede mencionar los costos de administración, depreciación, costos financieros, y otros costos variables de gastos generales que podrían evitarse, si se reduce el tiempo total del proyecto, al reducir este tiempo de duración del proyecto, más bajos serán los costos indirectos.

Costos de penalización: estos aparecen cuando se prolonga más allá de cierta fecha específica, considerándose que se podría haber ganado una bonificación por terminar antes de la fecha prevista.

### **3.3.1.2 Descripción del costo aproximado**

A continuación se especifican los costos en los que se incurrirán para llevar a cabo el proyecto por cada fase, agregando un 20% de imprevistos.

**Tabla VI. Proyección de costos del proyecto de redistribución de maquinaria de la línea de peltre. Fase I**

| <b>Mano de obra</b>                                       |                         |              |          |               |                    |                     |
|---|-------------------------|--------------|----------|---------------|--------------------|---------------------|
| <b>Descripción</b>  |                         | <b>Costo</b> |          | <b>Tiempo</b> |                    | <b>Total</b>        |
| 1   | maestro de obra         | Q            | 100.00   | diarios       | 33 días de trabajo | Q 3,300.00          |
| 3   | albañiles               | Q            | 60.00    | diarios       | 33 días de trabajo | Q 5,940.00          |
| 2   | mecánicos p/máquinas    | Q            | 250.00   | diarios       | 6 días             | Q 3,000.00          |
| 2   | electricistas           | Q            | 150.00   | diarios       | 6 días             | Q 1,800.00          |
| 2   | mecánicos p/tubería     | Q            | 75.00    | diarios       | 11 días            | Q 1,650.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 15,690.00</b>  |
| <b>Renta de equipo</b>                                    |                         |              |          |               |                    |                     |
| <b>Descripción</b>  |                         | <b>Costo</b> |          | <b>Tiempo</b> |                    | <b>Total</b>        |
| 1   | montacargas 5 ton.      | Q            | 2,000.00 | diarios       | 3 días             | Q 6,000.00          |
| 1   | grua de 10 toneladas    | Q            | 3,200.00 | diarios       | 3 días             | Q 9,600.00          |
| 1   | juego de patines        | Q            | 2,000.00 | diarios       | 5 días             | Q 10,000.00         |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 25,600.00</b>  |
| <b>Materiales de instalaciones mecánicas y eléctricas</b> |                         |              |          |               |                    |                     |
| <b>Descripción</b>  |                         | <b>Costo</b> |          | <b>Medida</b> |                    | <b>Total</b>        |
| 1   | tubo para aire de 1"    | Q            | 150.00   | x mt.         | 6 mts.             | Q 900.00            |
| 1   | cable para inst. elect. | Q            | 120.00   | x mt.         | 100 mts.           | Q 12,000.00         |
| 1   | canaleta                | Q            | 25.00    | x mt.         | 60 mts.            | Q 1,500.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 14,400.00</b>  |
| <b>Materiales de fundición para cimentación profunda</b>  |                         |              |          |               |                    |                     |
| <b>Descripción</b>  |                         | <b>Costo</b> |          |               |                    | <b>Total</b>        |
| 20  | sacos de cemento        | Q            | 42.90    | x saco        | 1                  | Q 858.00            |
| 48  | varillas de 1"          | Q            | 166.11   | x varilla     | 1                  | Q 7,973.28          |
| 3   | metros de piedrín       | Q            | 145.00   | x mt.         | 1                  | Q 435.00            |
| 4   | pernos de anclaje       | Q            | 75.00    | c/u           | 1                  | Q 300.00            |
| Para la columna de fundición                              |                         |              |          |               |                    |                     |
| 12  | varillas de 1"          | Q            | 166.11   | c/u           | 1                  | Q 1,993.32          |
| 16  | hierro de 3/8"          | Q            | 9.60     | c/u           | 1                  | Q 153.60            |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 11,713.20</b>  |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 35,139.60</b>  |
| <b>Materiales para cimentación poco profunda</b>          |                         |              |          |               |                    |                     |
| <b>Descripción</b>  |                         | <b>Costo</b> |          |               |                    | <b>Total</b>        |
| 22  | pernos de anclaje       | Q            | 75.00    | c/u           | 1                  | Q 1,650.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 1,650.00</b>   |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |          |               |                    | <b>Q 92,479.60</b>  |
| 20% gastos imprevistos                                    |                         |              |          |               |                    | Q 18,495.92         |
| <b>TOTAL FASE 1</b>                                       |                         |              |          |               |                    | <b>Q 110,975.52</b> |

Fuente: Departamento de Producción, IMCA.S.A.

**Tabla VII. Proyección de costos del proyecto de redistribución de maquinaria de la línea de estufa. Fase II**

| <b>Mano de obra</b>                                       |                         |              |         |     |                 |                     |
|---|-------------------------|--------------|---------|-----|-----------------|---------------------|
|   | <b>Descripción</b>      | <b>Costo</b> |         |     |                 | <b>Total</b>        |
| 1   | maestro de obra         | Q 100.00     | diarios | 16  | días de trabajo | Q 1,600.00          |
| 3   | albañiles               | Q 60.00      | diarios | 16  | días de trabajo | Q 2,880.00          |
| 2   | mecánicos p/máquinas    | Q 250.00     | diarios | 2   | días            | Q 1,000.00          |
| 2   | electricistas           | Q 150.00     | diarios | 5   | días            | Q 1,500.00          |
| 2   | mecánicos p/tubería     | Q 75.00      | diarios | 11  | días            | Q 1,650.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 8,630.00</b>   |
| <b>Renta de equipo</b>                                    |                         |              |         |     |                 |                     |
|   | <b>Descripción</b>      | <b>Costo</b> |         |     |                 | <b>Total</b>        |
| 1   | montacargas 5 ton       | Q 2,000.00   | diarios | 2   | días            | Q 4,000.00          |
| 1   | juego de patines        | Q 2,000.00   | diarios | 2   | días            | Q 4,000.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 8,000.00</b>   |
| <b>Materiales de instalaciones mecánicas y eléctricas</b> |                         |              |         |     |                 |                     |
|   | <b>Descripción</b>      | <b>Costo</b> |         |     |                 | <b>Total</b>        |
| 1   | tubo para aire de 1"    | Q 150.00     | x mt.   | 5   | mts.            | Q 750.00            |
| 1   | cable para inst. elect. | Q 120.00     | x mt.   | 100 | mts.            | Q 12,000.00         |
| 1   | canaleta                | Q 25.00      | x mt.   | 60  | mts.            | Q 1,500.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 14,250.00</b>  |
| <b>Materiales para cimentación poco profunda</b>          |                         |              |         |     |                 |                     |
|   | <b>Descripción</b>      | <b>Costo</b> |         |     |                 | <b>Total</b>        |
| 14  | pernos de anclaje       | Q 75.00      | c/u     | 1   |                 | Q 1,050.00          |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 1,050.00</b>   |
| <b>SUB TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 31,930.00</b>  |
| 20% gastos imprevistos                                    |                         |              |         |     |                 | Q 6,386.00          |
| <b>TOTAL</b>  |                         |              |         |     |                 | <b>Q 38,316.00</b>  |
| <b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO APROXIMADO</b>                |                         |              |         |     |                 | <b>Q 148,211.52</b> |

Fuente: Departamento de Producción, IMCA.S.A.

En cuanto al tercer problema detectado, es primordial que se tome en cuenta que como toda empresa, es necesario realizar actividades para asegurar la disponibilidad de las habilidades y aptitudes de la fuerza laboral, programas de seguridad y de salud, los cuales constituyen algunas de estas actividades importantes para el mantenimiento de las condiciones físicas y psicológicas del personal. Es por ello que a continuación se describe la propuesta para mejorar dicha situación en la empresa IMCA, S.A.

### **3.4 Seguridad e higiene industrial**

La higiene del lugar de trabajo es crear condiciones de orden y limpieza que permitan a los obreros desarrollar sus labores en un ambiente seguro y agradable; que no haya exceso de calor ni frío, con iluminación adecuada, con el menor ruido posible y principalmente evitar distractores cuando se esté operando una máquina.

La calidad e intensidad de la luz del lugar de trabajo, ayudará en la eficiencia de las tareas asignadas. Cuando la iluminación es deficiente o en exceso puede provocar problemas de la vista y aumenta el riesgo de accidentes. Por otra parte, una adecuada ventilación brindará al operario una buena oxigenación, aumentando su rendimiento de trabajo. El acondicionamiento cromático instruye a la utilización de la pintura adecuada para crear un ambiente agradable, y ayuda al mejoramiento de la iluminación natural y artificial. La intensidad del ruido puede causar fatiga, irritación o pérdida auditiva, por lo que es recomendable tomar las medidas necesarias, como el uso de tapones, o bien revisar si dicho ruido está siendo ocasionado por un desajuste de una pieza de una máquina, encontrar la causa y resolver el problema lo más pronto posible.

Con respecto a la seguridad el fin es evitar los accidentes de trabajo. Las principales áreas de riesgo que ponen en peligro la seguridad e higiene industrial del trabajador se determinarán en el inciso 3.4.3.1, por lo que se establecerá un programa de seguridad industrial de las diferentes áreas del Departamento de Metálico.

### **3.4.1 Conceptos**

**Seguridad industrial.** Es la aplicación de técnicas para la reducción, control y eliminación de los accidentes y enfermedades de trabajo, la importancia de la seguridad industrial radica en que logra evitar el dolor físico y temor de sufrir accidentes, se reduce al saber prevenirlos. La seguridad industrial abarca las siguientes áreas de actividades de prevención de accidentes, de robos y de incendios.

**Higiene industrial.** Se refiere al conjunto de normas y procedimientos tendientes a la protección de la integridad física y mental del trabajador, preservándolos de los riesgos de salud inherentes a las tareas del cargo y al ambiente físico donde se ejecutan. La higiene en el trabajo está relacionada con el diagnóstico y la prevención de enfermedades ocupacionales, esto se puede realizar a partir del control y estudio del hombre y su ambiente de trabajo. Los objetivos principales de la seguridad industrial son:

- eliminación de las causas de enfermedad profesional;
- reducción de los efectos perjudiciales provocados por el trabajo en personas enfermas;
- prevención del empeoramiento de enfermedades y lesiones;
- mantenimiento de la salud de los trabajadores y aumento de la productividad por medio del control del ambiente de trabajo.

### 3.4.2 Señalización cromática

Tiene como objetivo la identificación de los colores utilizados en las instalaciones de las industrias.

A continuación se hará una tabla de identificación de colores.

**Tabla VIII. Identificación de colores**

| COLOR        | IDENTIFICACIÓN                     | MATERIAS PRIMAS Y/O PRODUCTO TERMINADO  |
|--------------|------------------------------------|---|
| Amarillo     | Grasas y aceites                   | Tuberías y tanques interiores de: aceite de coco, sebos, fancy, extrafancy, top white, estearina de palma, aceite de palma, aceite de palmiste. |
| Naranja      | Productos alcalinos y abrasivos    | Tuberías y tanques interiores soda cáustica, salmuera, silicato, lejías, sulfato de sodio, carbonato de sodio, TPP, bentonita, feldespato.      |
| Café         | Productos ácidos y corrosivos      | Tuberías y tanques interiores ácido sulfúrico, ácido clohídico, ácido sulfónico y azufre.   |
| Blanco hueso | Detergentes                        | Tuberías y tanques interiores base de detergente, mezcladores, slurry, torre de atomización, etc.   |
| Beige        | Jabones                            | Pailas, crutchers, plantas de secado, mezcladores, compresoras, troqueladoras y toda tubería que transporte jabón.                              |
| Blanco hueso | Cloro                              | Tanques de almacenamiento y tuberías  |
| Marfil       | Hidrocarburos de Proceso           | Tuberías y tanques interiores alcano, alcoholes lauricos y etoxilados.  |
| Gris claro   | Electricidad                       | Paneles de control, tubería eléctrica, cajas de flipones, etc.  |
| Azul claro   | Aire                               | Compresores y tubería de aire.  |
| Rojo         | Vapor                              | Múltiples y tubería.  |
| Azul         | Sistema de vacío                   | Filtros manga, sistemas barométricos, bombas de vacío y tubería.  |
| Negro        | Barandas, escaleras y combustibles | Tubería y tanques de diesel y búnker.   |
| Verde oscuro | Agua caliente                      | Tuberías y tanques interiores.  |
| Verde claro  | Agua fría                          | Tuberías y tanques interiores.  |
| Aqua         | Agua en cambio de temperatura      | Torres de enfriamiento.   |

### Continuación tabla VIII

|                              |                                      |   |
|------------------------------|--------------------------------------|---|
| Gris claro y margen amarillo | Áreas de paso                        | Interior de plantas únicamente, incluye gradas.   |
| Amarillo oscuro              | Tanques de almacenamiento exteriores | Deben llevar un círculo de identificación del color que corresponda a la materia prima y/o producto terminado de los arriba mencionados. Excepto diesel y bunker. |
| Plateada                     | Gases de combustión                  | Exteriores de chimeneas y hornos de las calderas.   |
| Blanco                       | Paredes exteriores                   | NA  |
| Rojo                         | Zócalo                               | NA  |
| Verde claro                  | Portones                             | NA  |

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. Guías para Centros de Distribución de Suministros. Volumen 1.

#### 3.4.3 Enfermedades ocupacionales y profesionales

La enfermedad se define como el debilitamiento del sistema natural de defensa del organismo o de aquellos que regulan el medio interno. Cuando se habla de enfermedad ocupacional se refiere a aquella que puede ser contraída a causa de las condiciones de trabajo poco seguras a las que está expuesta una persona en su puesto de trabajo. Las cuales pueden reducir la eficiencia y una pérdida de la productividad de cada trabajador. Los accidentes laborales o las condiciones de trabajo pueden provocar enfermedades y lesiones temporales o permanentes e incluso la muerte.

Los accidentes laborales o las condiciones de trabajo poco seguras pueden provocar enfermedades y lesiones temporales o permanentes e incluso causar la muerte.

### **3.4.3.1 Áreas de riesgo**

En el Departamento de Metálico, en todas las áreas, existen riesgos de accidentes o propensas a enfermedades profesionales, por lo que a continuación se mencionarán estos riesgos según cada área.

#### **Área de guillotina, perforado y dobladoras**

Los riesgos que existen son las cortaduras de pies o manos, que puede ocasionar la manipulación de la lámina, así como la vulnerabilidad de contraer tétano.

#### **Área de punteadoras**

En esta área existen los riesgos de quedar ciego o parcialmente dañado de la vista por las chispas que provocan el contacto de los punteros con la lámina, la quemadura de pies o manos y posibles cortaduras de manos por la manipulación de la lámina.

#### **Área de soldadura autógena**

En esta área existe la posibilidad de que por una chispa provocada por la soldadura, o bien por la luz que la misma produce, se dañen los ojos provocando ceguera temporal. Así también es muy probable que los vapores producidos por la soldadura irriten la garganta.

#### **Área de prensas mayores y prensas menores**

Uno de los riesgos que existe en esta área es que un troquel no esté bien atornillado por lo que puede salir disparado un tornillo o un resorte, provocando lesiones en la persona que opera la máquina u otra que se encuentre cercana al área. Otro problema es que el operario esté distraído y coloque las manos dentro de los troqueles y opere la máquina y pueda perder una mano. Por

último existe también la posibilidad de cortarse las manos por manipulación de la lámina.

### **Área de inspección**

Las máquinas turbinas de aire mototul producen 150 decibeles de ruido, lo cual puede provocar sordera profesional. Por otra parte cuando se está trabajando con estas máquinas manuales y al hacer contacto la turbina con el metal, produce esquirlas que pueden llegar a los ojos y provocar ceguera.

### **Área de tubo distribuidor**

El principal riesgo que existe es que por la soldadura eléctrica, se producen chispas que pueden provocar quemaduras de ojos y de cuerpo, o provocar un incendio.

Por otra parte es notorio que en casi todas las áreas hay mucho polvo, vapores de ácido muriático del tanque de capado, y esto produce enfermedades respiratorias.

Una medida sencilla que puede adoptarse como apoyo de la implementación de un buen programa de Seguridad Industrial, es la elaboración de un botiquín de primeros auxilios que contenga elementos básicos como: medicina para la tos, gotas para irritación de los ojos, curitas, alcohol, algodón, gasas, etc.

#### **3.4.4 Análisis del ruido**

Definición: el sonido consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una fuente de vibración. El sonido tiene dos características principales: frecuencia e intensidad. La frecuencia es el número

de vibraciones por segundo emitidas por la fuente de sonido y se mide en ciclos por segundo (cps). La intensidad del sonido se mide en decibelios (db). La evidencia y las investigaciones realizadas muestran que el ruido no provoca disminución en el desempeño del trabajo. Sin embargo, la influencia del ruido sobre la salud del empleado y principalmente sobre su audición es poderosa. En otras palabras, cuanto mayor sea el tiempo de exposición al ruido, mayor será el grado de pérdida de audición.

El efecto desagradable de los ruidos depende de:

- a) la intensidad del sonido;
- b) la variación de los ritmos o irregularidades;
- c) la frecuencia o tono de los ruidos.

La intensidad del sonido varía de manera considerable. La menor vibración sonora audible corresponde a un decibelio (1 db), en tanto que los sonidos extremadamente fuertes provocan a menudo sensación dolorosa a partir de 120 db.

La medición de la pérdida de la audición ha sido normalizada por el subcomité en ruidos de la Academia Americana de Oftalmología y Otorrinolaringología.

A continuación se hará una clasificación de las pérdidas auditivas según la cantidad de decibeles.

**Tabla IX. Clasificación de pérdidas auditivas**

| <b>CLASE</b> | <b>DEFINICIÓN</b>           | <b>PÉRDIDA EN DB</b>     | <b>OBSERVACIONES</b>   |
|--------------|-----------------------------|--------------------------|--|
| I            | Normal                      | Menos de 15              | Dentro de los límites normales   |
| II           | Casi normal                 | Más de 15                | Sin dificultad en la conversación ordinaria a una distancia de 6.5m        |
| III          | Pérdida mínima              | Más de 25<br>Menos de 40 | Dificultad en la conversación ordinaria cuando la distancia excede 1.66m   |
| IV           | Pérdida moderada            | Más de 40<br>Menos de 65 | Dificultad en la conversación en voz alta cuando la distancia excede 1.66m |
| V            | Pérdida severa              | Más de 65<br>Menos de 75 | Dificultad con la voz gritada cuando la distancia excede de 1.66m          |
| VI           | Pérdida profunda            | Más de 75<br>Menos de 85 | Dificultad con la voz gritada a menos de 1.66m                             |
| VII          | Prácticamente pérdida total | Más de 85                | Pérdida de la audición prácticamente para la voz                           |

Fuente: Manual de Seguridad e Higiene Industrial, México. Editorial Limusa. 1989.

En el Departamento de Metálico, las máquinas tienen una intensidad de sonido de 110 decibeles, por lo que es muy dañino para la salud auditiva. Por lo tanto se recomienda el uso de tapones para oídos, que absorban 30 decibeles y así tener un ambiente de trabajo saludable, y la revisión de las máquinas para verificar su desempeño (desgaste de dientes de engranes, desajuste de cuñas).

### **3.5 Riesgo de incendio**

Para que se provoque un incendio debe haber una reacción química (unión) de combustible, a una temperatura suficientemente alta para provocar la

combustión (chispa) y la presencia de oxígeno (generalmente procedente del aire).

Por lo que es importante prevenir y combatir incendios sobre todo cuando hay mercancías, equipos e instalaciones valiosas que debemos proteger, exigiendo una planeación cuidadosa, disponiendo de un conjunto de extintores adecuados, conocer el volumen de los depósitos de agua, mantener un sistema de detección de alarma y proporcionar entrenamiento a personal, siendo los puntos clave.

### 3.5.1 Tipos

A continuación se realizara la clasificación de los incendios.

**Tabla X. Tipos de incendios**

| <b>Categoría del incendio</b> | <b>Tipo de combustibles</b>   | <b>Cuidados principales</b>                                |
|-------------------------------|---|--|
| <b>A</b>                      | Papel, madera, tejidos, trapos empapados en aceite, basura, etc.                | Eliminación del calor, empapando con agua.                 |
| <b>B</b>                      | Líquidos inflamables, aceites y derivados del petróleo (tintas, gasolina, etc.) | Neutralización del comburente con sustancia no inflamable. |
| <b>C</b>                      | Equipos eléctricos conectados   | Neutralización del comburente con sustancia no inflamable. |
| <b>D</b>                      | Gases inflamables bajo presión  | Neutralización del comburente con sustancia no inflamable. |

Fuente: Idalberto Chiavenato. Administración de Recursos Humanos. Quinta Edición.

### **3.5.2 Extintores**

Un extinguidor es un aparato para apagar incendios, que por lo común arroja sobre el fuego un chorro de agua o de una mezcla que dificulta la combustión.

Existen varios agentes y aparatos extintores de incendios. Los primeros son materiales empleados para la extinción de incendios. Para extinguir el fuego es necesario, además de identificar su clase, conocer cuál es el tipo de extintor adecuado que debe utilizarse. Existen sistemas móviles y fijos para extinguir incendios.

A continuación se especifica una tabla que puede ser útil en la identificación del tipo de extintor adecuado para cada clase de incendio.

**Tabla XI. Clases de incendios y los agentes extintores**

| Clases de fuego<br>Agentes extintores | Clase A  | Clase B   | Clase C  |
|---------------------------------------|--|---|--|
|                                       | Papel, madera, tejidos, fibra, etc.                            | Líquidos inflamables, tintas, aceites, grasas.                                    | Equipos eléctricos en funcionamiento                     |
| CO2 (gas carbónico)                   | Solo actúa sobre las llamas                                    | Sí<br>Apaga por enfriamiento y cubrimiento  | Sí<br>Apaga por enfriamiento y cubrimiento               |
| Espuma                                | Sí<br>Para fuegos superficiales y de pequeña extensión.        | Sí<br>La espuma flota sobre los líquidos inflamables y apaga la llama.            | No<br>La espuma es conductora de la electricidad.        |
| Carga líquida                         | Si<br>Apaga por enfriamiento y empapa el material combustible. | No<br>La carga podrá extender el líquido inflamable además de no apagar el fuego. | No<br>La carga líquida es conductora de la electricidad. |
| Polvo                                 | Sólo actúa sobre las llamas                                    | Sí<br>Apaga por cubrimiento   | Sí<br>Apaga por cubrimiento                              |
| Agua                                  | Si<br>Apaga por enfriamiento y empapa el material combustible. | Sí<br>El agua, en forma de neblina, enfría y apaga el fuego.                      | No<br>El agua es conductora de la electricidad.          |

Fuente: NFPA (National Fire Protection Association, Battery March Park, Quince, MA, 02269, USA)

### 3.6 Programa de seguridad industrial

Es importante que para la implementación de un programa de Seguridad Industrial se establezcan normas y reglas de seguridad realizadas por el departamento de Recursos Humanos de la empresa. Sin embargo como actualmente no existen, a continuación se detalla una propuesta de algunas medidas de seguridad que pueden adoptarse, según el riesgo que representa cada área del Departamento de Metálico.

**Tabla XII. Programa de seguridad industrial del Departamento de Metálico de IMCA, S.A.**

| <b>ÁREA</b>                       | <b>RIESGO</b>  | <b>MEDIDA CORRECTIVA</b>   |
|-----------------------------------|--|--|
| Guillotina, perforado y doblado   | Cortadura de manos y pies, que si se descuida puede darle tétano   | Para evitar cortaduras de manos, utilizar guantes de cuero reforzado, zapato alto de cuero con punta de acero y vacunarse contra el tétano.  |
| Área de punteadora                | Quemadura de ojos, manos, pies, así como cortaduras de manos y pies.   | Para evitar quemaduras de ojos utilizar lentes para soldadura de puntos; y para cortaduras y quemaduras de manos y pies, utilizar guantes de cuero reforzado, zapato alto de cuero con punta de acero y gabacha. |
| Área de soldadura autógena        | Que una chispa brinque al ojo a la hora de sueldar, así como vapores de soldadura  | Uso de equipo de soldadura autógena: lentes, guantes, gabacha, zapato alto punta de acero y mascarilla desechable.   |
| Área de prensas mayores y menores | Problemas de graduación de troquel, desajuste de máquina, distracciones, cortadura de pies y manos   | Capacitación del trabajador, revisión de maquinaria para aplicar mantenimiento preventivo para evitar desajustes de máquina  |
| Área de inspección                | Sordera profesional, por que las turbinas mototul trabajan a 150db. de ruido, esquirlas a los ojos y cortaduras de mano.                                 | Uso de tapones 3M, lentes claros para evitar ingreso de esquirlas a los ojos, así como el uso de equipo de protección personal: guantes, gabacha y zapato alto de cuero con punta de acero.                      |
| Área de tubo distribuidor         | Quemadura de ojos y cuerpo por la soldadura eléctrica, riesgo de incendio.   | Uso de equipo de protección de soldadura eléctrica: careta, guantes, gabacha y zapato alto de cuero con punta de acero. Así como la colocación de extintores en áreas estratégicas.                              |
|                                   | En casi todas las áreas hay presencia de exceso de polvo, vapores de ácido muriático de tanque de capado que pueden provocar enfermedades respiratorias. | Limpieza diaria de las áreas de trabajo (barrer y rociar agua). Y para los vapores utilizar mascarillas de vapor para no inhalarlos.   |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Para la implementación de medidas de seguridad industrial es necesario incurrir en algunos gastos, a continuación se detallan los precios obtenidos de cotizaciones realizadas.

**Tabla XIII. Presupuesto para implementación del programa de seguridad industrial**

| <b>Departamento de Guillotina y Corte</b>        |                   | Personal = 10 operarios |  |
|--|-------------------|-------------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b>      |                         |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q 7.80            |                         |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q 19.87           |                         |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q 22.45           |                         |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q 61.31           |                         |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero | Q 302.32          |                         |  |
|  | Q 413.75          | x operario              |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q 4,137.50</b> | x 10 operarios          |  |

| <b>Departamento de Perforado</b>                 |                   | Personal = 6 operarios |  |
|--|-------------------|------------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b>      |                        |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q 7.80            |                        |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q 19.87           |                        |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q 22.45           |                        |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q 61.31           |                        |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero | Q 302.32          |                        |  |
|  | Q 413.75          | x operario             |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q 2,482.50</b> | x 6 operarios          |  |

| <b>Departamento de Dobladoras</b>                |                   | Personal = 4 operarios |  |
|--|-------------------|------------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b>      |                        |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q 7.80            |                        |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q 19.87           |                        |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q 22.45           |                        |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q 61.31           |                        |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero | Q 302.32          |                        |  |
|  | Q 413.75          | x operario             |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q 1,655.00</b> | x 4 operarios          |  |

**Continuación tabla XIII**

| <b>Departamento de Punteadoras</b>               |              | Personal = 3 operarios |               |
|--|--------------|------------------------|---------------|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b> |                        |               |
| 1 par de tapones 3M                              | Q            | 7.80                   |               |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q            | 19.87                  |               |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q            | 22.45                  |               |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q            | 61.31                  |               |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero |              | 302.32                 |               |
| 1 par de lentes claros para soldadura de puntos  | Q            | 25.65                  |               |
|  | Q            | 439.40                 | x operario    |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q</b>     | <b>1,318.20</b>        | x 3 operarios |

| <b>Departamento de Soldadura Autógena</b>        |              | Personal = 1 operario |  |
|--|--------------|-----------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b> |                       |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q            | 7.80                  |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q            | 19.87                 |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q            | 22.45                 |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q            | 61.31                 |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero |              | 302.32                |  |
| 1 par de lentes para soldadura autógena          |              | 22.61                 |  |
| 1 mascarilla para vapor                          | Q            | 20.47                 |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q</b>     | <b>456.83</b>         |  |

| <b>Departamento de Prensas Mayores y Menores</b>    |              | Personal = 16 operarios |                |
|---|--------------|-------------------------|----------------|
| <b>Requerimiento</b>                                | <b>Valor</b> |                         |                |
| 1 par de tapones 3M                                 | Q            | 7.80                    |                |
| 1 par de guantes reforzados                         | Q            | 19.87                   |                |
| 1 casco amarillo de seguridad                       | Q            | 22.45                   |                |
| 1 gabacha de gamuzón                                | Q            | 61.31                   |                |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero    |              | 302.32                  |                |
| 1 cinturón de cuero para levantamiento de troqueles | Q            | 76.16                   |                |
|   | Q            | 489.91                  | x operario     |
| <b>Sub-total</b>                                    | <b>Q</b>     | <b>7,838.56</b>         | x 16 operarios |

**Continuación tabla XIII**

| <b>Departamento de Inspección</b>                |                   | Personal = 8 operarios |  |
|--|-------------------|------------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b>      |                        |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q 7.80            |                        |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q 19.87           |                        |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q 22.45           |                        |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q 61.31           |                        |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero | 302.32            |                        |  |
| 1 par de lentes claros                           | 25.65             |                        |  |
| 1 mascarilla para polvo                          | Q 5.87            |                        |  |
|  | Q 445.27          | x operario             |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q 3,562.16</b> | x 8 operarios          |  |

| <b>Departamento de Tubo Distribuidor</b>         |                   | Personal = 2 operarios |  |
|--|-------------------|------------------------|--|
| <b>Requerimiento</b>                             | <b>Valor</b>      |                        |  |
| 1 par de tapones 3M                              | Q 7.80            |                        |  |
| 1 par de guantes reforzados                      | Q 19.87           |                        |  |
| 1 casco amarillo de seguridad                    | Q 22.45           |                        |  |
| 1 gabacha de gamuzón                             | Q 61.31           |                        |  |
| 1 par de zapatos altos de cuero c/punta de acero | 302.32            |                        |  |
| 1 careta para soldadura eléctrica                | 60.95             |                        |  |
| 1 par de guantes largos para soldadura eléctrica | Q 36.80           |                        |  |
|  | Q 511.50          | x operario             |  |
| <b>Sub-total</b>                                 | <b>Q 1,023.00</b> | x 2 operarios          |  |

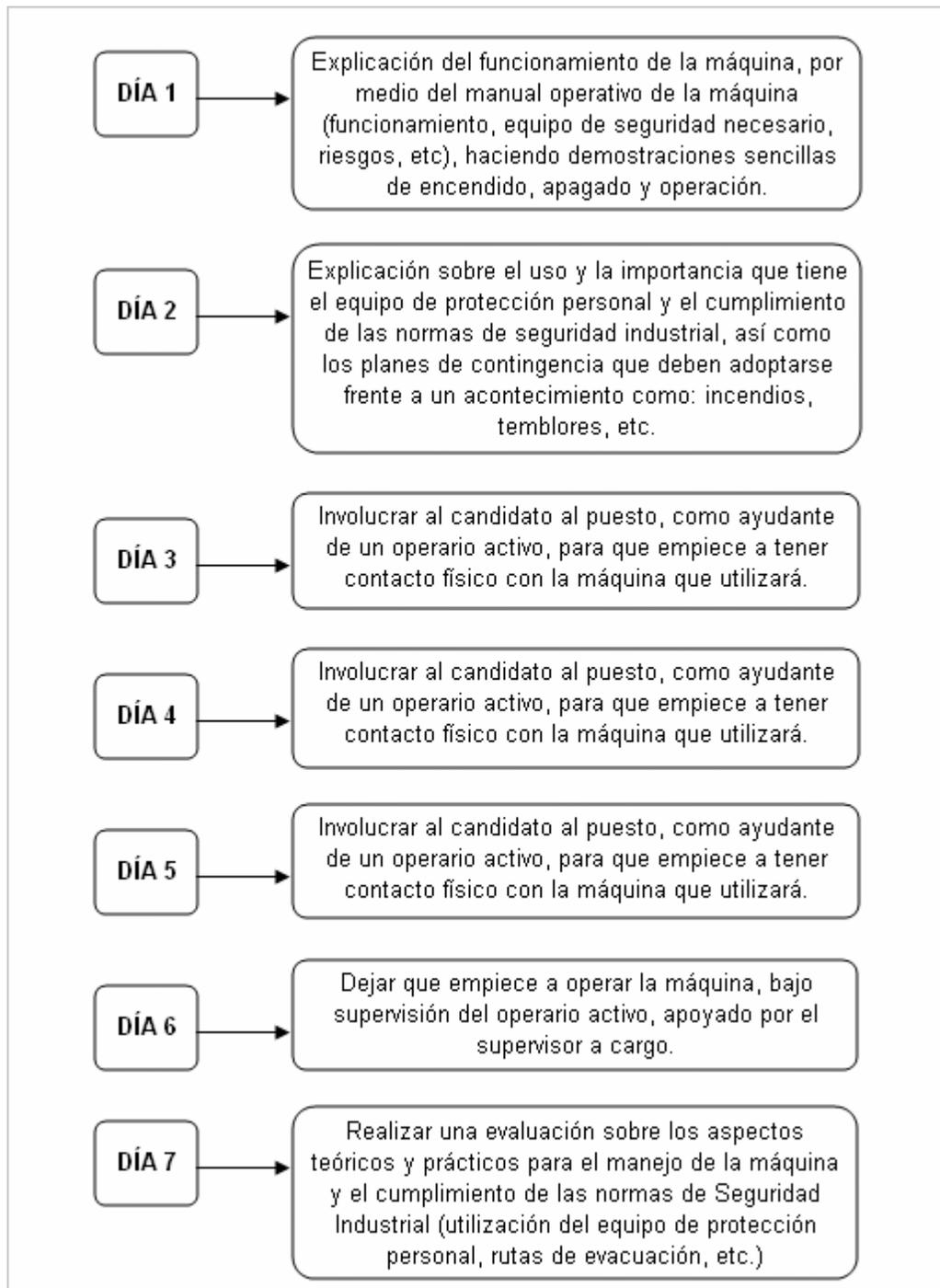
| <b>TOTAL DE REQUERIMIENTOS</b>                      |                    |
|---|--------------------|
| Costo equipo de seguridad                           | Q 22,473.75        |
| Galón de pintura de aceite para marcar área de paso | Q 280.00           |
| 5 brochas de 5"                                     | Q 50.00            |
| 3 Conos de seguridad                                | Q 247.05           |
| 4 rótulos de Precaución de 12" x 10"                | Q 160.00           |
| 1 rollo de cinta Precaución                         | Q 82.95            |
| <b>Sub-total</b>                                    | <b>Q 23,293.75</b> |
| 20% de imprevistos                                  | Q 4,658.75         |
| <b>TOTAL DEL PROYECTO</b>                           | <b>Q 27,952.50</b> |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

La capacitación es la enseñanza de nuevos métodos de trabajo a empleados con o sin experiencia, suele aumentar la productividad y reducir el número de productos defectuosos, así como los accidentes. La capacitación aplicada en la empresa IMCA, S.A., es de suma importancia en todas las áreas de trabajo, pero principalmente en las áreas de prensas menores y mayores, pues aquí hay altas probabilidades de accidentes por desconocimiento del trabajador creando inseguridad en su trabajo. La capacitación debe empezar desde el nivel jerárquico más alto en el departamento, hasta el último operario; con el fin de que el supervisor de producción conozca al 100% la máquina, su funcionamiento, riesgos, etc.; para que pueda enseñarle al operario su manejo.

Actualmente un trabajador nuevo sólo lo ingresan al área de trabajo, sin ser sometido a ningún tipo de capacitación para el manejo adecuado de la maquinaria. Es por esto que se recomienda la implementación de un proceso de capacitación sencillo pero efectivo, según sea monitoreado, para que el empleado logre eficiencia, seguridad y confianza en el desarrollo de sus labores, el cual se presenta a continuación.

**Figura 25. Proceso de capacitación para personal de primer ingreso en el nivel operativo del Departamento de Metálico de IMCA, S.A.**



Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción, IMCA S.A.

### **3.7 Análisis de la iluminación**

La iluminación es la cantidad de luminosidad que se presenta en el área de trabajo del empleado, no se trata de una iluminación general, sino de la cantidad de luz en el punto focal del trabajo, ya que la falta de iluminación es un riesgo de seguridad industrial ocasionando fatiga a los ojos, perjudica el sistema nervioso, y baja el rendimiento del trabajador.

Un sistema de iluminación debe cumplir los siguientes requisitos:

- ser suficiente, de modo que cada lámpara o fuente luminosa proporcione la luz necesaria para cada tipo de trabajo;
- estar constante y uniforme distribuido para evitar la fatiga de los ojos, debiéndose evitar los contrastes violentos de luz y sombra.

En la planta producción de IMCA, S.A. solo se utiliza iluminación natural ya que se trabaja en turno diurno de 7:00 a 17:00 hrs.

## **4. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.1 Descripción**

Según los resultados obtenidos en la información que presentan los diagramas de recorrido del capítulo dos, se puede observar que poseen muchas actividades de transporte, por lo que se realizará una nueva distribución de maquinaria en dos fases.

#### **Fase I**

La línea de peltre trabaja casi en línea, sin embargo la maquinaria se encuentra colocada en medio de la línea de estufa, y esto afecta al desplazamiento de las piezas de máquina a máquina del Departamento de Metálico. Por lo que se trasladará a un área desocupada la siguiente maquinaria: tres cortadoras de disco, tres máquinas embutidoras de peltre, 3 tornos y cinco soldaduras de puntos; para hacer un total 14 máquinas.

#### **Fase II**

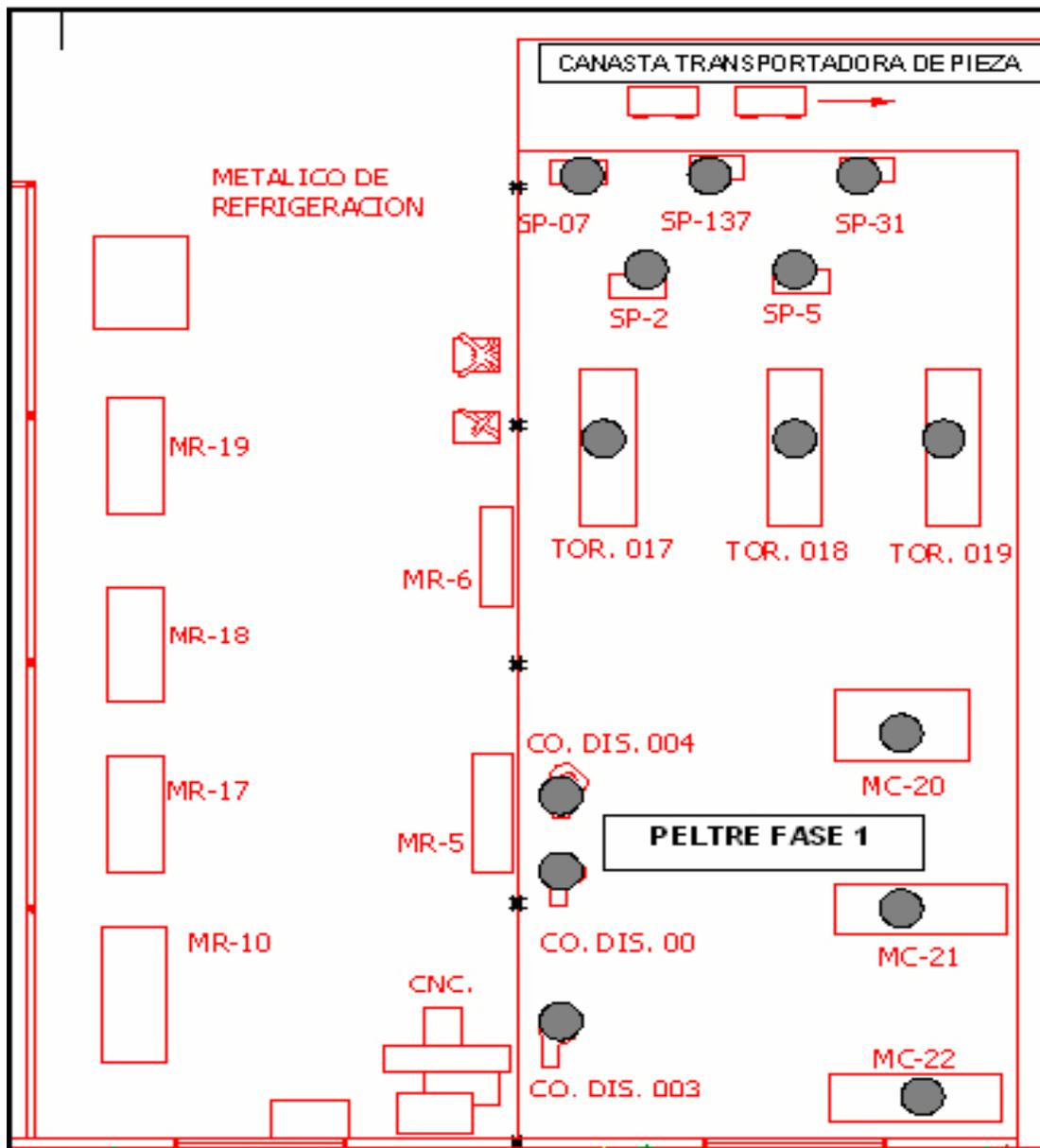
Al quitar las máquinas de peltre, al área desocupada se trasladarán las máquinas de la línea de estufa, las cuales son: dos perforadoras y cinco dobladoras; para hacer un total de siete máquinas.

### **4.2 Distribución de maquinaria propuesta**

En las siguientes páginas se grafican los planos de la planta, con los cambios realizados del movimiento de maquinaria, según indican las dos fases

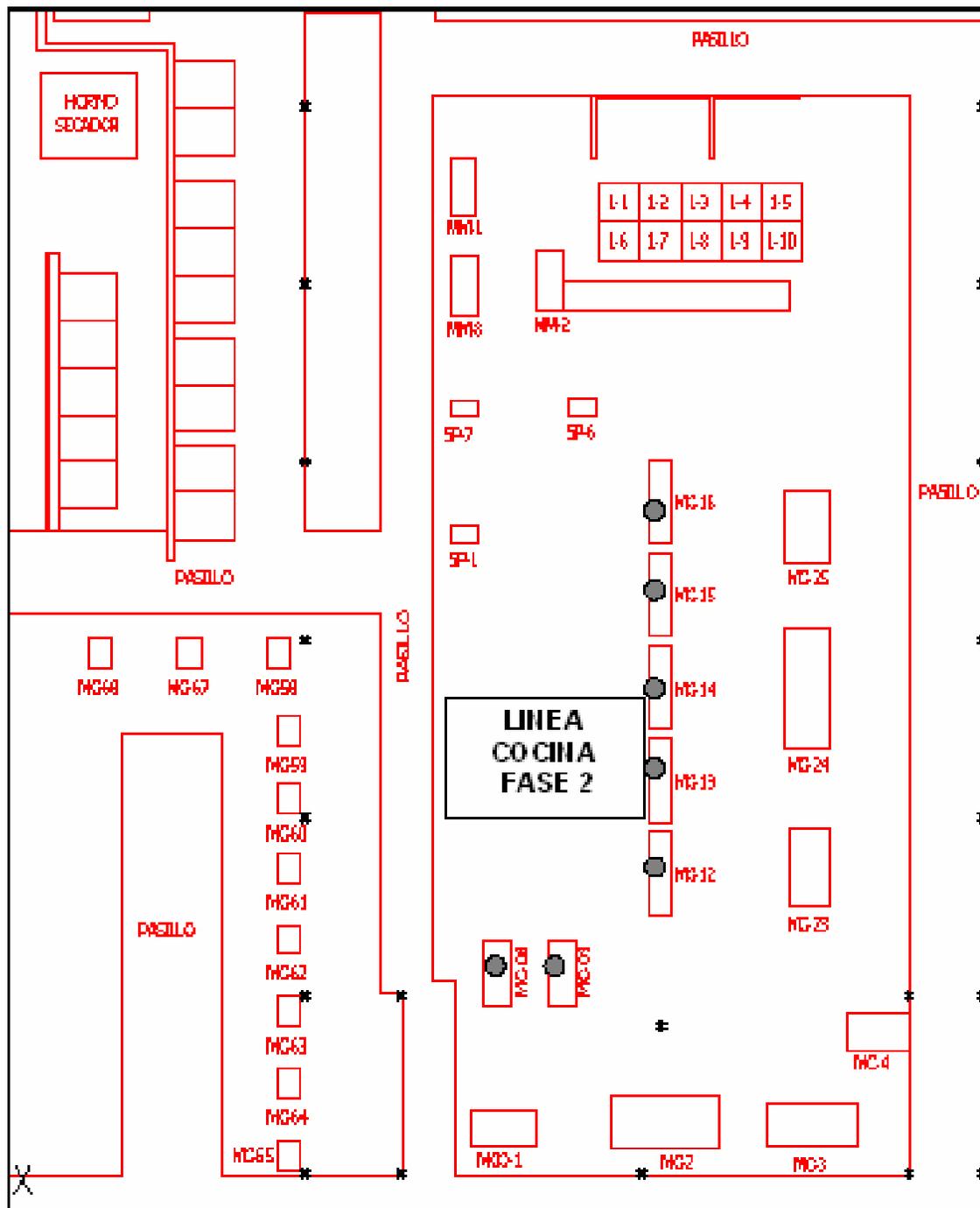
del proyecto. Remarcando unos círculos sobre las máquinas que fueron reinstaladas.

**Figura 26. Redistribución de la planta de producción del departamento de peltre de IMCA, S.A.**



Fuente: Departamento de Desarrollo. IMCA, S.A.

**Figura 27. Redistribución de planta de producción del Departamento de Metálico de IMCA, S.A**



Fuente: Departamento de desarrollo. IMCA, S.A.

### 4.3 Diagrama de recorrido propuesto, seis pzs.

A continuación se presenta una tabla comparativa por cada pieza estudiada de la estufa 2G4SE, que corresponde a la producción del Departamento de Metálico, las cuales contienen datos en tiempo y distancia, tanto actuales como propuestos, con el fin de justificar los cambios realizados en la redistribución de la maquinaria. Así también se adjunta a cada tabla el respectivo diagrama de recorrido para visualizar los cambios realizados y las ventajas obtenidas.

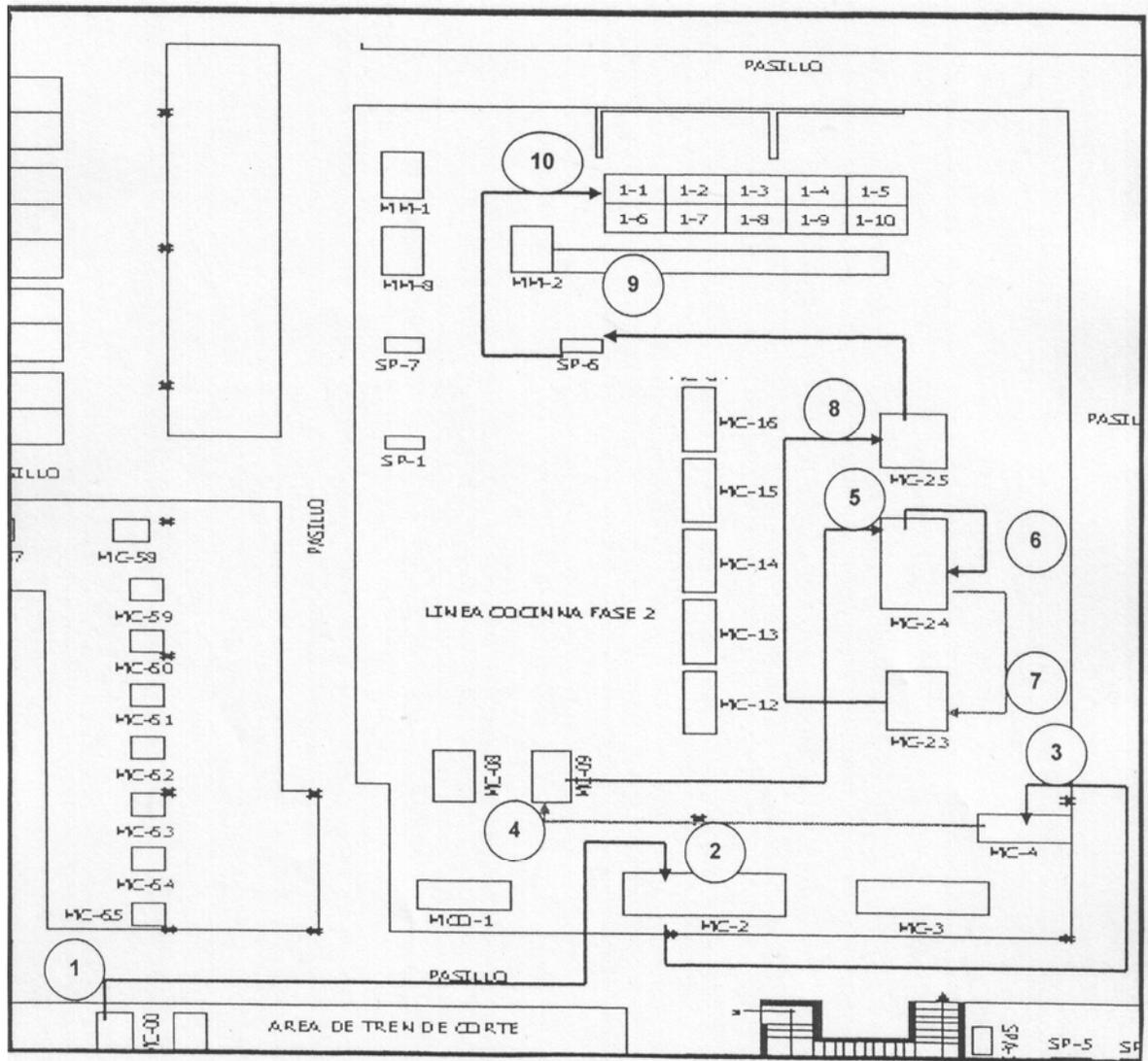
**Tabla XIV. Tabla comparativa del diagrama de recorrido de la cubierta superior de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL    |                  |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                  |                   |                |
|------|----|------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio           | Final            | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final            | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1    | 2  | tren corte       | guillotina MC4   | 33.92             | 100            | tren de corte    | guillotina MC2   | 18.58             | 50             |
| 2    | 3  | guillotina MC4   | guillotina MC2   | 18.56             | 50             | guillotina MC2   | guillotina MC4   | 18.56             | 50             |
| 3    | 4  | guillotina MC2   | perforadora MC8  | 37.12             | 110            | guillotina MC4   | perforadora MC9  | 27                | 72.7           |
| 4    | 5  | perforadora MC8  | turbina mototul  | 60.3              | 200            | perforadora MC9  | turbina mototul  | 36                | 119.4          |
| 5    | 6  | turbina mototul  | prensa MC24      | 1.8               | 10             | turbina mototul  | prensa MC24      | 1.8               | 10             |
| 6    | 7  | prensa MC24      | prensa MC23      | 9.38              | 25             | prensa MC24      | prensa MC23      | 9.38              | 25             |
| 7    | 8  | prensa MC23      | prensa MC25      | 22.4              | 70             | prensa MC23      | prensa MC25      | 22.4              | 70             |
| 8    | 9  | prensa MC25      | soldadura p. SP6 | 14.8              | 45             | prensa MC25      | soldadura p. SP6 | 14.8              | 45             |
| 9    | 10 | soldadura p. SP6 | área inspección  | 13.44             | 40             | soldadura p. SP6 | área inspección  | 13.44             | 40             |
|      |    | <b>TOTALES</b>   |                  | <b>211.72</b>     | <b>650</b>     | <b>TOTALES</b>   |                  | <b>161.94</b>     | <b>482.1</b>   |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Los resultados obtenidos demuestran que con la redistribución de la maquinaria, se estarán reduciendo 49.78 metros de distancia recorrida por las piezas, lo cual representa 167.9 segundos, es decir que se mejoró en un 25.83% el tiempo utilizado.

**Figura 28. Diagrama de recorrido de cubierta superior de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

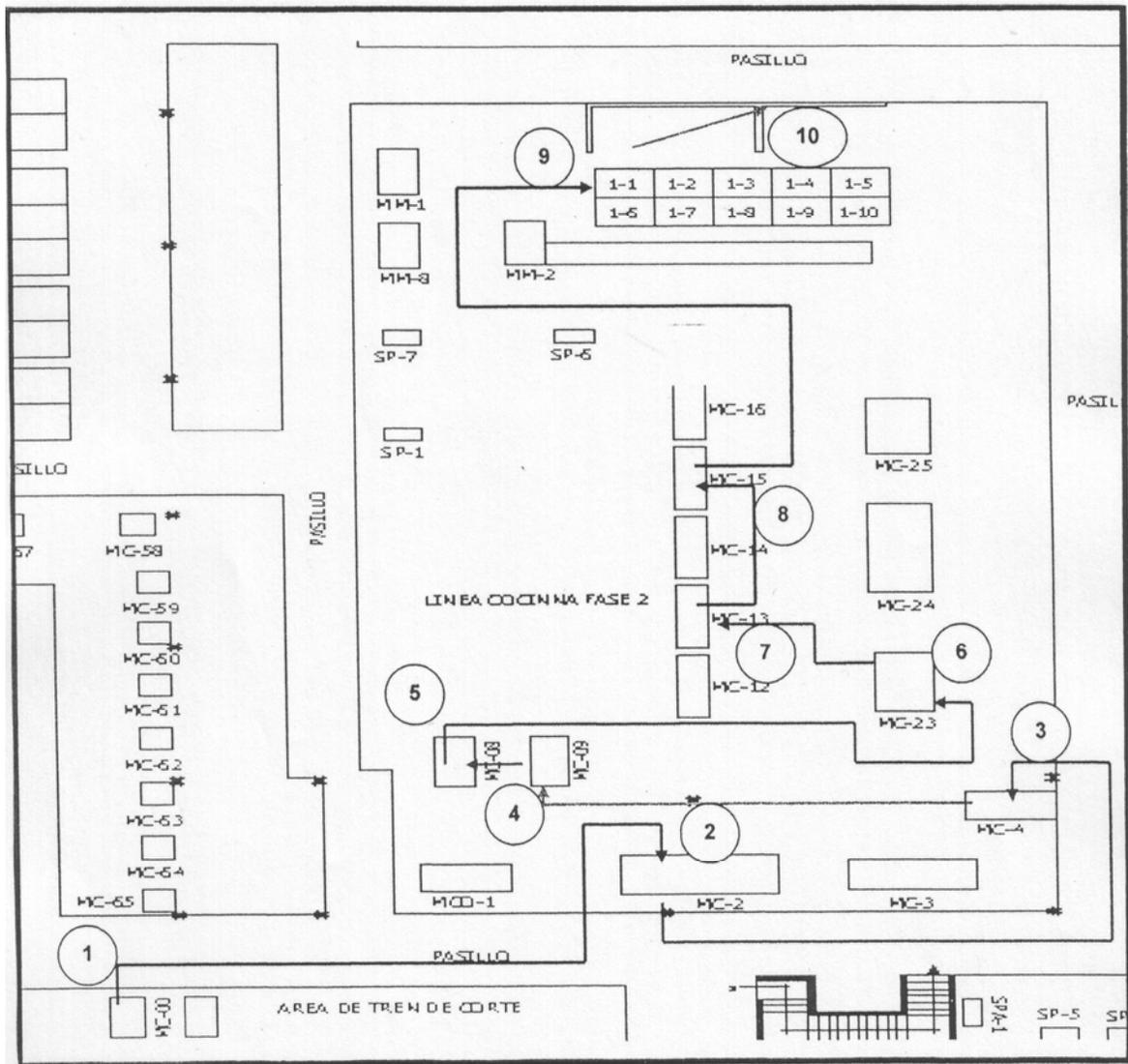
**Tabla XV. Tabla comparativa del diagrama de recorrido del panel lateral mini de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL   |                    |                   |                | METODO PROPUESTO |                    |                   |                |
|------|----|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio          | Final              | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final              | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1    | 2  | tren corte      | guillotina MC4     | 33.92             | 100            | tren de corte    | guillotina MC2     | 18.56             | 50             |
| 2    | 3  | guillotina MC4  | guillotina MC2     | 18.56             | 50             | guillotina MC2   | guillotina MC4     | 18.56             | 50             |
| 3    | 4  | guillotina MC2  | perforadora MC8    | 37.12             | 110            | guillotina MC4   | perforadora MC9    | 27                | 72.27          |
| 4    | 5  | perforadora MC8 | perforadora MC9    | 9.6               | 25             | perforadora MC9  | perforadora MC8    | 9                 | 20             |
| 5    | 6  | perforadora MC9 | prensa MC23        | 46.72             | 125            | perforadora MC8  | prensa MC23        | 19.08             | 58.27          |
| 6    | 7  | prensa MC23     | dobladora MC13     | 48                | 130            | prensa MC23      | dobladora MC13     | 10                | 30.4           |
| 7    | 8  | dobladora MC13  | dobladora MC15     | 9.6               | 27             | dobladora MC13   | dobladora MC15     | 9.6               | 27             |
| 8    | 9  | dobladora MC15  | área inspección    | 40.96             | 118            | dobladora MC15   | área inspección    | 12.18             | 37             |
| 9    | 10 | área inspección | control de calidad | 1.8               | 10             | área inspección  | control de calidad | 1.8               | 10             |
|      |    | <b>TOTALES</b>  |                    | <b>246.28</b>     | <b>695</b>     | <b>TOTALES</b>   |                    | <b>125.78</b>     | <b>354.94</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Los resultados demuestran que habrá una mejora de 120.5 metros de distancia que ya no se recorrerá, lo cual disminuye 340.06 segundos, representando un ahorro de tiempo de 48.93%.

**Figura 29. Diagrama de recorrido del panel lateral mini de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

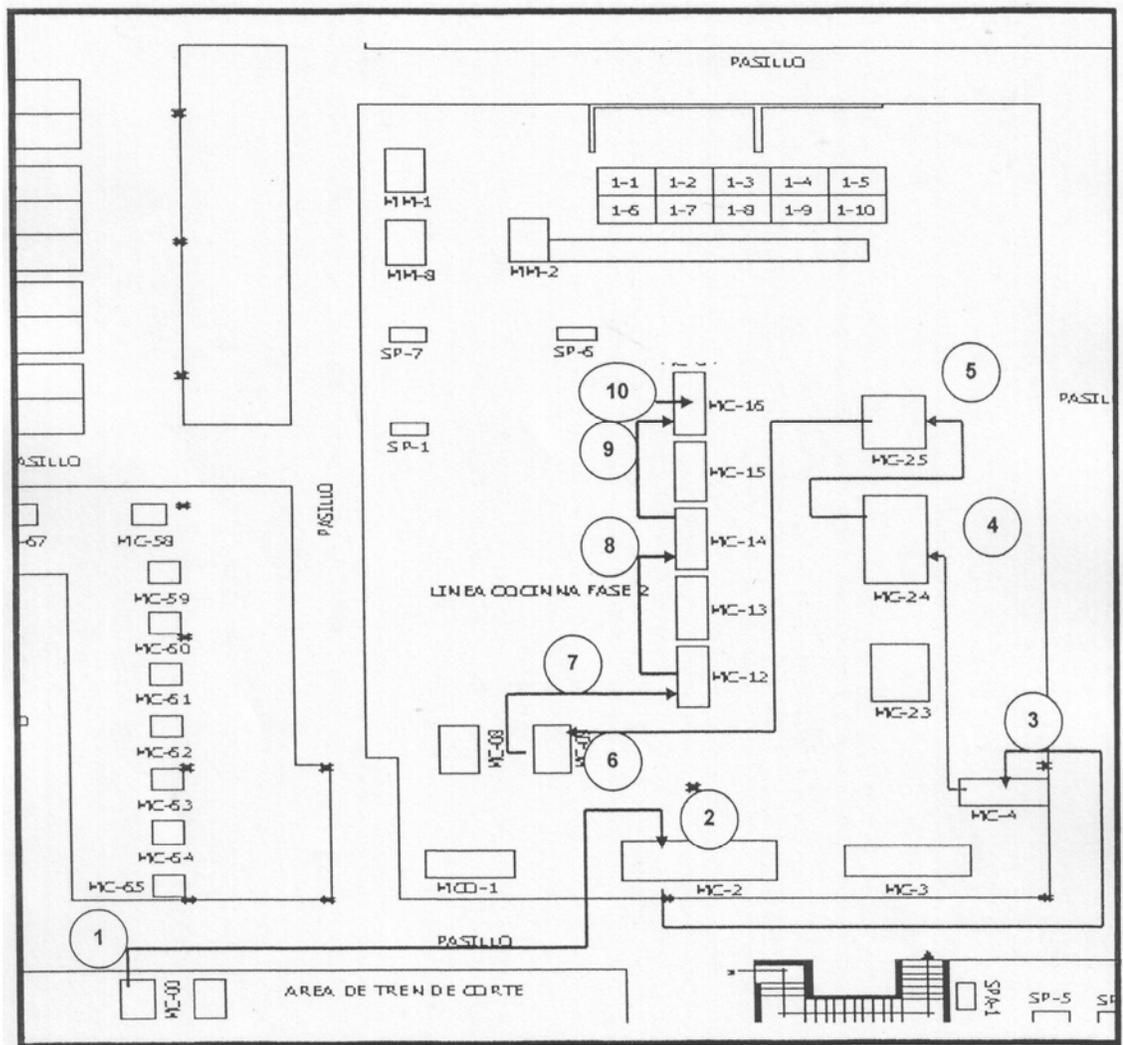
**Tabla XVI. Tabla comparativa del diagrama de recorrido de la cubierta lateral del horno de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL   |                    |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                    |                   |                |
|------|----|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio          | Final              | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final              | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1    | 2  | tren corte      | guillotina MC1     | 14.72             | 44             | tren de corte    | guillotina MC2     | 18.58             | 50             |
| 2    | 3  | guillotina MC1  | guillotina MC3     | 14.08             | 43             | guillotina MC2   | guillotina MC4     | 18.58             | 50             |
| 3    | 4  | guillotina MC3  | prensa MC24        | 17.92             | 49             | guillotina MC4   | prensa MC24        | 19.2              | 51.72          |
| 4    | 5  | prensa MC24     | prensa MC25        | 9.6               | 25             | prensa MC24      | prensa MC25        | 9.6               | 25             |
| 5    | 6  | prensa MC25     | perforadora MC9    | 71.04             | 235            | prensa MC25      | perforadora MC9    | 26.24             | 86.8           |
| 6    | 7  | perforadora MC9 | dobladora MC12     | 3.84              | 17             | perforadora MC9  | dobladora MC12     | 3.84              | 17             |
| 7    | 8  | dobladora MC12  | dobladora MC14     | 8.32              | 24             | dobladora MC12   | dobladora MC14     | 8.32              | 24             |
| 8    | 9  | dobladora MC14  | dobladora MC16     | 9.6               | 27             | dobladora MC14   | dobladora MC16     | 9.6               | 27             |
| 9    | 10 | dobladora MC16  | control de calidad | 0.5               | 2              | dobladora MC16   | control de calidad | 0.5               | 2              |
|      |    | <b>TOTALES</b>  |                    | <b>149.62</b>     | <b>466</b>     | <b>TOTALES</b>   |                    | <b>114.42</b>     | <b>333.52</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Los resultados obtenidos demuestran que con los cambios en la maquinaria, se estarán reduciendo 35.2 metros de distancia recorrida por las piezas, lo cual representa 132.48 segundos, es decir que se mejoró en un 28.43% el tiempo utilizado.

**Figura 30. Diagrama de recorrido de cubierta lateral horno de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

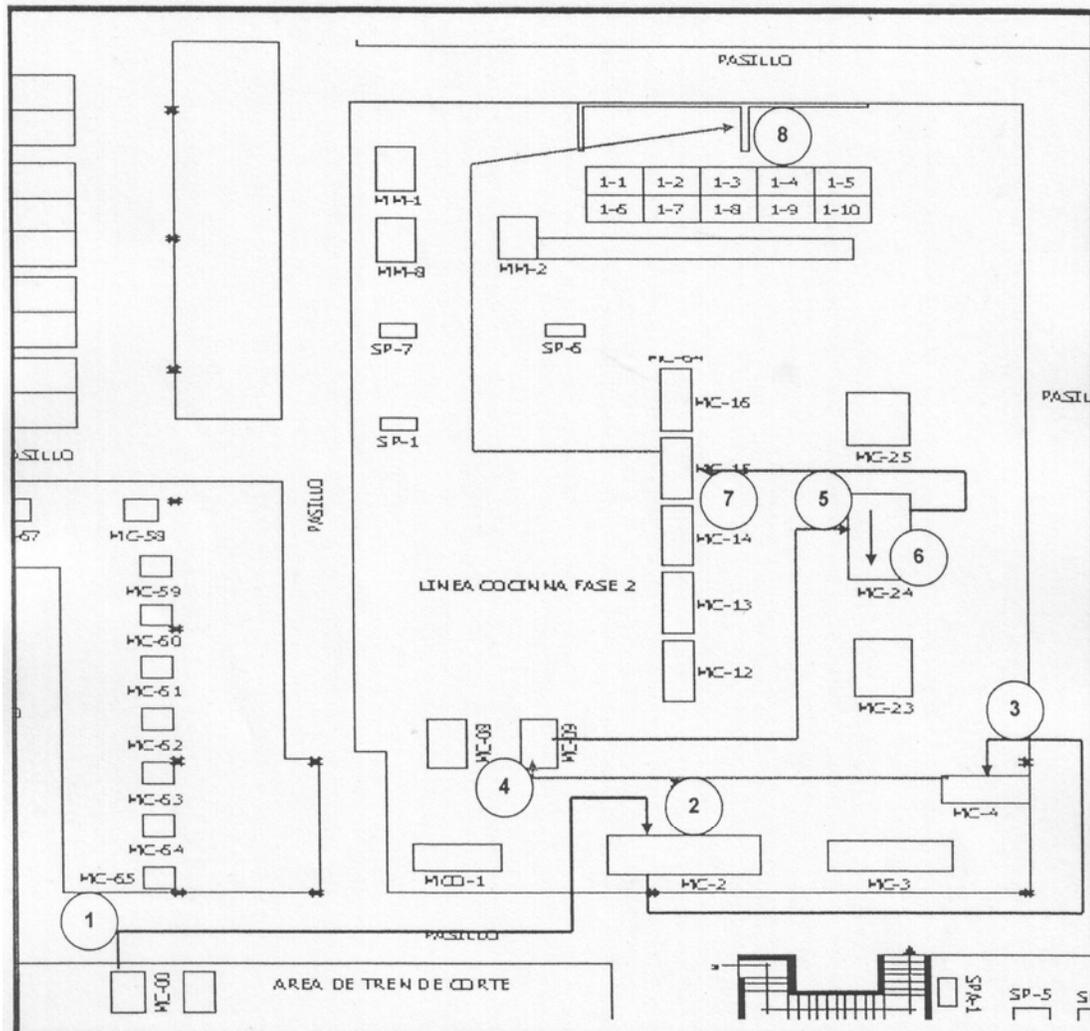
**Tabla XVII. Tabla comparativa del diagrama de recorrido del panel trasero de la estufa 2G4SE**

| núm.           |    | METODO ACTUAL   |                 |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                 |                   |                |
|----------------|----|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Del            | Al | Inicio          | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1              | 2  | tren corte      | guillotina MC4  | 33.92             | 100            | tren de corte    | guillotina MC2  | 18.56             | 50             |
| 2              | 3  | guillotina MC4  | guillotina MC2  | 18.56             | 50             | guillotina MC2   | guillotina MC4  | 18.56             | 50             |
| 3              | 4  | guillotina MC2  | perforadora MC8 | 37.12             | 110            | guillotina MC4   | perforadora MC9 | 27                | 72.27          |
| 4              | 5  | perforadora MC8 | turbina mototul | 56.96             | 190            | perforadora MC9  | turbina mototul | 36                | 119.4          |
| 5              | 6  | turbina mototul | prensa MC24     | 1.5               | 8              | turbina mototul  | prensa MC24     | 1.5               | 8              |
| 6              | 7  | prensa MC24     | dobladora MC15  | 51.2              | 140            | prensa MC24      | dobladora MC15  | 10                | 30.4           |
| 7              | 8  | dobladora MC15  | área inspección | 35.84             | 105            | dobladora MC15   | área inspección | 12.18             | 37             |
| <b>TOTALES</b> |    |                 |                 | <b>235.1</b>      | <b>703</b>     | <b>TOTALES</b>   |                 | <b>123.8</b>      | <b>367.07</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

La tabla muestra que se tendrá una mejora de 111.3 metros de distancia, lo cual indica que se ahorrarán 335.93 segundos, es decir que se mejoró en un 47.79% el tiempo utilizado.

Figura 31. Diagrama de recorrido de panel trasero de la estufa 2G4SE



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

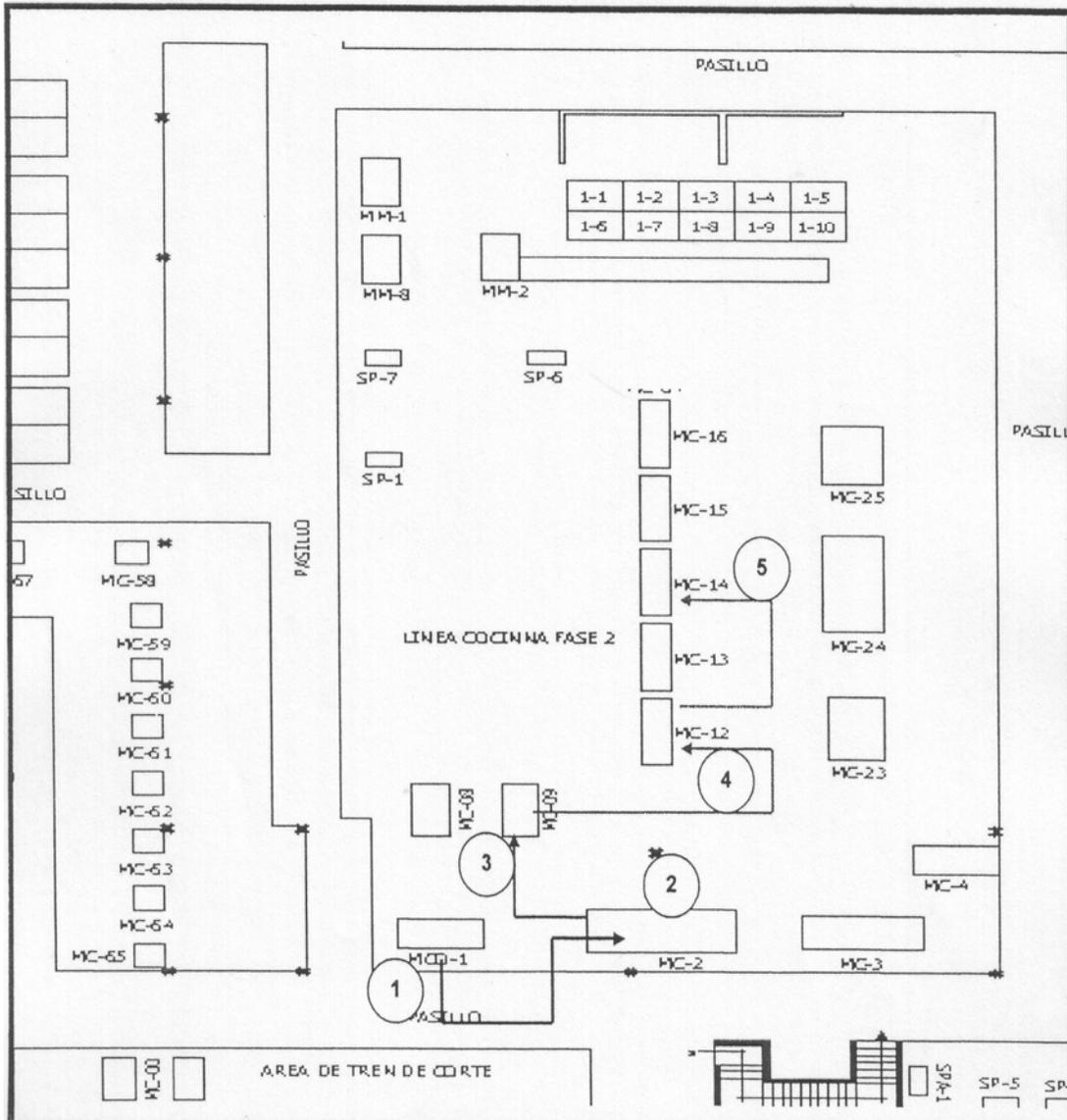
**Tabla XVIII. Tabla comparativa del diagrama de recorrido del canal base de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL   |                 |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                 |                   |                |
|------|----|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio          | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1    | 2  | guillotina MC2  | guillotina MC4  | 18.56             | 50             | guillotina MC1   | guillotina MC2  | 9.28              | 25             |
| 2    | 3  | guillotina MC4  | perforadora MC8 | 48                | 130            | guillotina MC2   | perforadora MC9 | 13                | 36.13          |
| 3    | 4  | perforadora MC8 | dobladora MC12  | 12.16             | 35             | perforadora MC9  | dobladora MC12  | 3.84              | 17             |
| 4    | 5  | dobladora MC12  | dobladora MC14  | 6.4               | 25             | dobladora MC12   | dobladora MC14  | 8.32              | 24             |
|      |    | <b>TOTALES</b>  |                 | <b>85.12</b>      | <b>240</b>     | <b>TOTALES</b>   |                 | <b>34.44</b>      | <b>102.13</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Los resultados obtenidos demuestran que con los cambios en la maquinaria, se estarán reduciendo 50.68 metros de distancia recorrida por las piezas, lo cual representa 137.87 segundos, es decir que se mejoró en un 57.45% el tiempo utilizado.

Figura 32. Diagrama de recorrido de canal base de la estufa 2G4SE



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

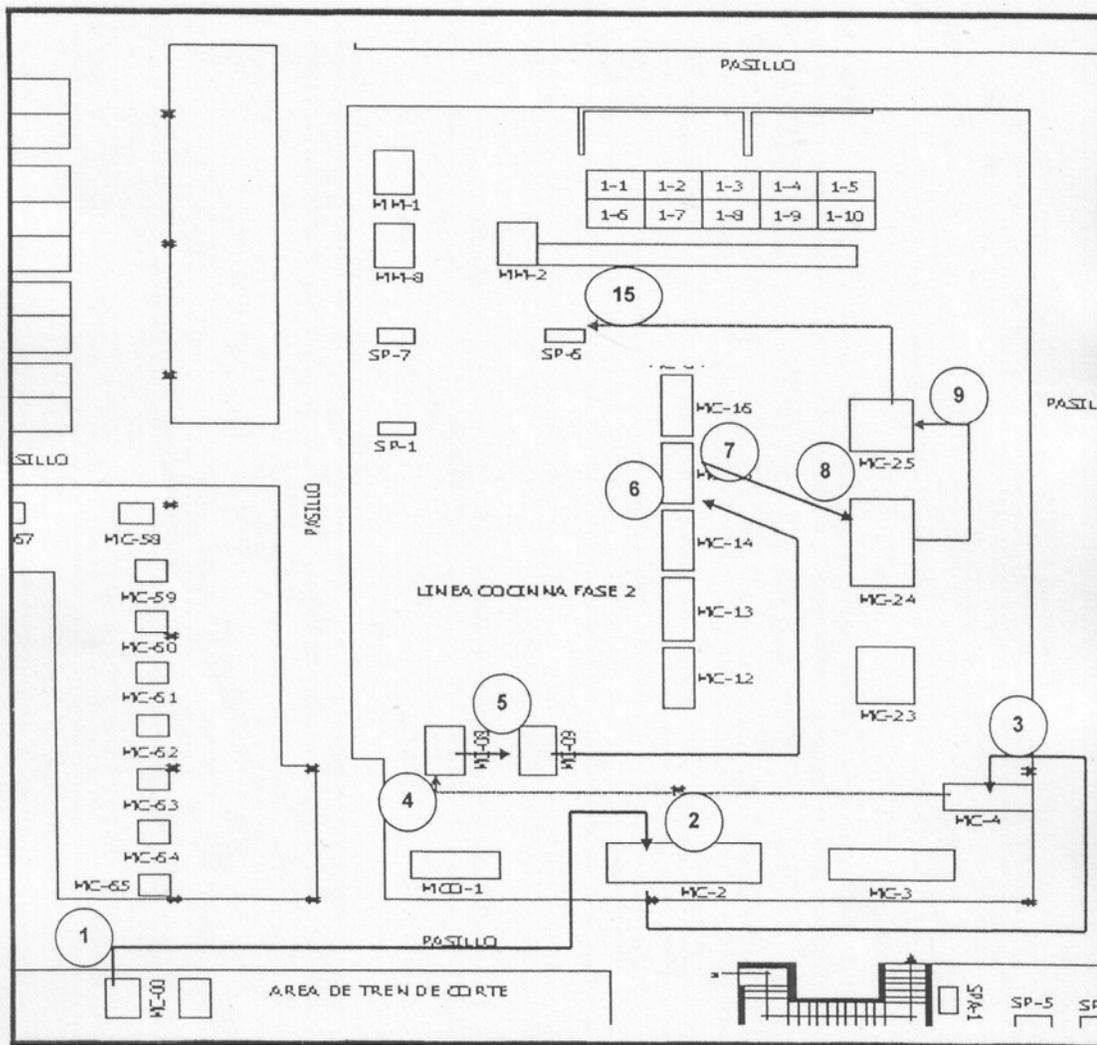
**Tabla XIX. Tabla comparativa del diagrama de recorrido de la cubierta protectora de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL   |                 |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                 |                   |                |
|------|----|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio          | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final           | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 1    | 2  | tren corte      | guillotina MC4  | 33.92             | 100            | tren de corte    | guillotina MC2  | 18.56             | 50             |
| 2    | 3  | guillotina MC4  | guillotina MC2  | 18.56             | 50             | guillotina MC2   | guillotina MC4  | 18.56             | 50             |
| 3    | 4  | guillotina MC2  | perforadora MC8 | 37.12             | 110            | guillotina MC4   | perforadora MC8 | 36.6              | 98.54          |
| 4    | 5  | perforadora MC8 | perforadora MC9 | 9.6               | 27             | perforadora MC8  | perforadora MC9 | 9.6               | 27             |
| 5    | 6  | perforadora MC9 | dobladora MC15  | 16                | 48             | perforadora MC9  | dobladora MC15  | 16                | 48             |
| 6    | 7  | dobladora MC15  | prensa MC62     | 8.96              | 27             | dobladora MC15   | prensa MC24     | 10                | 30.4           |
| 7    | 8  | prensa MC62     | prensa MC23     | 49.92             | 133            | prensa MC24      | prensa MC24     | 0                 | 0              |
| 8    | 9  | prensa MC23     | prensa MC25     | 18.56             | 50             | prensa MC24      | prensa MC25     | 9.38              | 25             |
| 9    | 15 | prensa MC25     | punteadora SP6  | 14.08             | 43             | prensa MC25      | punteadora SP6  | 14.8              | 45             |
|      |    | <b>TOTALES</b>  |                 | <b>206.72</b>     | <b>588</b>     | <b>TOTALES</b>   |                 | <b>133.5</b>      | <b>373.94</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

Los resultados muestran que con los cambios propuestos, se reducirán 73.22 metros de distancia recorrida por las piezas, lo cual representa 214.06 segundos, es decir que se mejoró en un 36.4% el tiempo utilizado.

**Figura 33. Diagrama de recorrido de cubierta protectora de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

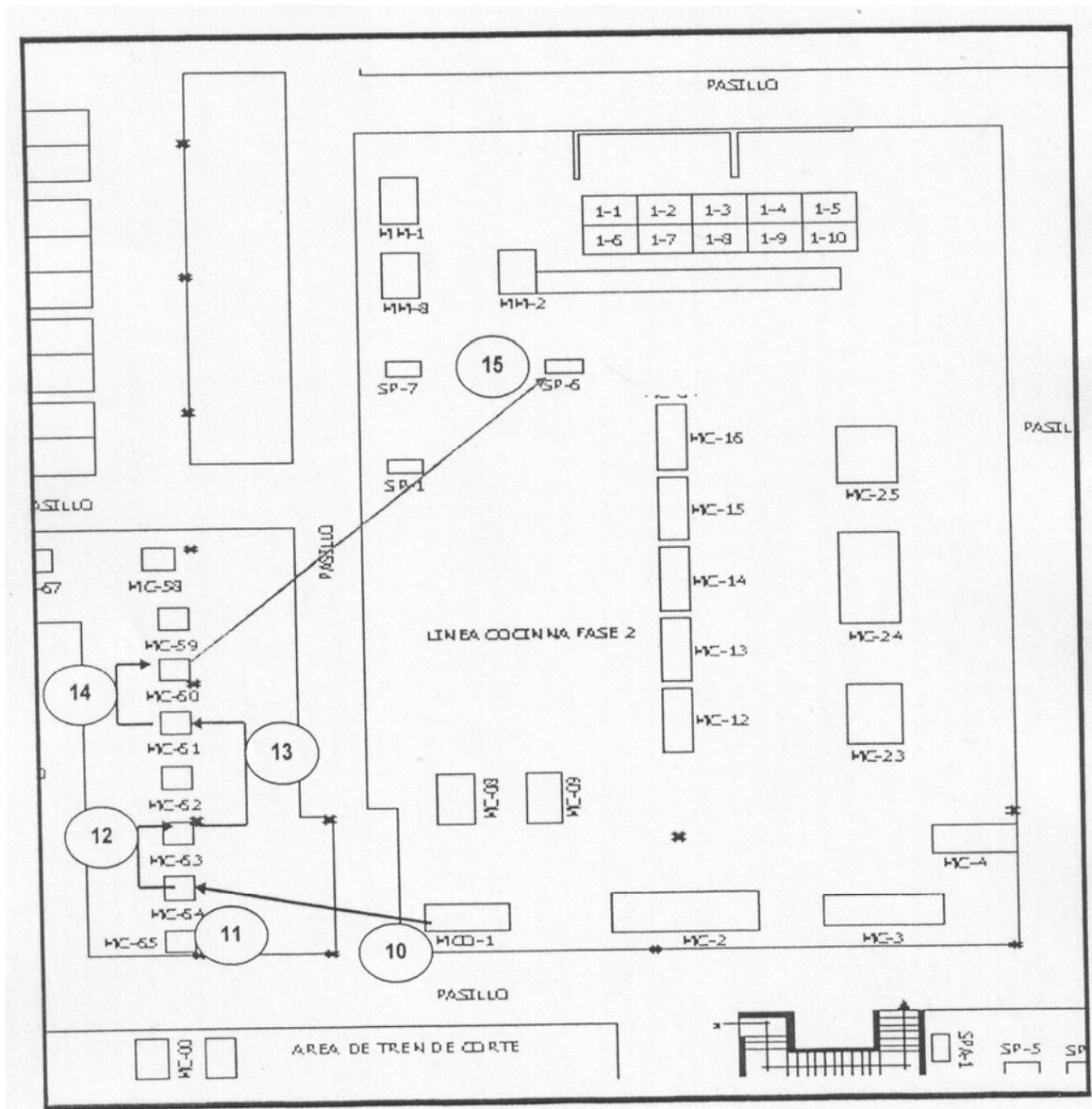
**Tabla XX. Tabla comparativa del diagrama de recorrido del pocillo de ventilación de la estufa 2G4SE**

| núm. |    | METODO ACTUAL  |                |                   |                | MÉTODO PROPUESTO |                |                   |                |
|------|----|----------------|----------------|-------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Del  | Al | Inicio         | Final          | Distancia en mts. | Tiempo en seg. | Inicio           | Final          | Distancia en mts. | Tiempo en seg. |
| 10   | 11 | guillotina MC2 | prensa MC59    | 44.8              | 120            | guillotina MC1   | prensa MC64    | 35.52             | 95.14          |
| 11   | 12 | prensa MC59    | prensa MC22    | 35.2              | 105            | prensa MC64      | prensa MC63    | 3.2               | 10             |
| 12   | 13 | prensa MC22    | prensa MC60    | 40.96             | 118            | prensa MC63      | prensa MC61    | 6.4               | 20             |
| 13   | 14 | prensa MC60    | prensa MC62    | 6.4               | 20             | prensa MC61      | prensa MC60    | 3.2               | 10             |
| 14   | 15 | prensa MC62    | punteadora SP6 | 14.72             | 44             | prensa MC60      | punteadora SP6 | 11.52             | 34.43          |
|      |    | <b>TOTALES</b> |                | <b>142.08</b>     | <b>407</b>     | <b>TOTALES</b>   |                | <b>59.84</b>      | <b>169.57</b>  |

Fuente: Mario Argueta. Departamento de Producción. IMCA, S.A.

La tabla muestra que se tendrá una mejora de 82.24 metros de distancia, lo cual indica que se ahorrarán 237.43 segundos, es decir que se mejoró en un 58.34% el tiempo utilizado.

**Figura 34. Diagrama de recorrido de pocillo ventilación de la estufa 2G4SE**



Fuente: Departamento de Desarrollo, IMCA S.A.

## **4.4 Normas**

Es de suma importancia que se cumpla con normas de fabricación para la elaboración de estufas, con el fin de ajustar ciertas tareas y actividades para dicho proceso.

### **4.4.1 Del proceso**

La fabricación de una estufa conlleva un conjunto de fases sucesivas, las cuales deben ser reguladas, con el fin de minimizar las probabilidades de errar en la fabricación de las mismas. Es por eso que se debe respetar las reglas en todas las fases de proceso, la adquisición de las materias primas y la distribución de maquinaria entre otros.

#### **4.4.1.1 De lámina**

Para la compra de lámina se debe trabajar con base a la norma japonesa JIS G 3141 para embutido profundo, ya que esta lámina trae especificaciones de embutido y adherencia de esmalte. A continuación se hace una breve descripción de esta norma.

#### **Chapas y flejes de acero al carbono laminados en frío (*cold-rolled carbon steel sheets and strip*)**

1. Alcance: esta norma prescribe las chapas y flejes de acero al carbono laminados en frío, que en adelante llámense “chapas de acero” y “flejes de acero”, respectivamente, inclusive los flejes de acero pulidos, laminados en frío, con ancho de menos de 500mm., y las chapas de acero cortadas de dichos flejes o bandas.

2. Definición de términos: la definición de términos empleados en esta especificación es la siguiente.

- a) Chapas de acero: son chapas de acero planas y laminadas en frío que se suministran en chapas planas.
- b) Flejes de acero: son flejes o bandas de acero planas y laminadas en frío que se suministran en rollo.

3. Clasificación y símbolos: las chapas de acero y flejes de acero se clasifican como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla XXI. Clasificación de chapas y flejes de acero**

| CLASIFICACIÓN | SÍMBOLO | NOTAS                         |
|---------------|---------|-------------------------------|
| Clase 1       | SPCC    | Para uso general              |
| Clase 2       | SPCD    | Para estampado profundo       |
| Clase 3       | SPCE    | Para estampado extra profundo |

Fuente: Normas JIS G 31-41.

La clasificación por revenido se indica en la tabla siguiente.

**Tabla XXII. Clasificación por revenido**

| CLASE DE ACABADO           | SÍMBOLO |
|----------------------------|---------|
| Tal como está recocido     | A       |
| Con acabado con laminación | S       |
| Con una 1/8 de dureza      | 8       |
| Con una ¼ de dureza        | 4       |
| Con una ½ de dureza        | 2       |
| Duro                       | 1       |

Fuente: Normas JIS G 31-41.

La clasificación por acabado se detalla a continuación.

**Tabla XXIII. Clasificación por acabado**

| CLASE DE ACABADO  | SÍMBOLO | NOTAS   |
|-------------------|---------|---|
| Acabado mate      | D       | Acabado mate con cilindros de superficie basta mecánica o químicamente hecha. |
| Acabado brillante | B       | Acabado liso con cilindros pulidores  |

Fuente: Normas JIS G 31-41.

Para la elaboración de estufas se debe utilizar la siguiente clasificación.

**Tabla XXIV. Clasificación de normas para la elaboración de estufas 2G4SE**

| CLASIFICACIÓN | CLASE DE REVENIDO  | ACABADO DE SUPERFICIE | SÍMBOLO  |
|---------------|--|-----------------------|----------|
| Clase 1       | Pasada con laminación (con garantía de propiedades mecánicas especificada. | Acabado mate          | SPCCT-SD |

Fuente: Normas JIS G 31-41.

#### 4.4.1.2 Esmaltes

Las normas de los esmaltes fueron consultados en la empresa Vitro Química, las cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla XXV. Cuadro de resumen de normas de control**

| <b>NORMAS</b>            | <b>CONTROL</b>                       | <b>INSTRUMENTO</b>                          | <b>OBSERVACIÓN</b>  |
|--------------------------|--------------------------------------|---|---|
| ASTM 374-70<br>DIN 51161 | Fusibilidad                          |   | +/- 7 mm con un desplazamiento de STD de 50 mm.                                       |
| ASTM D-2794              | Adherencia                           | Percutor                                    |   |
| ASTM C-385<br>ISO 2747   | Shock térmico                        |   | mínimo 7 ciclos   |
| DIN 5033                 | Color                                | Espectrocolor Imetro<br>Huterlab D-25-2     | comparación contra std  |
| DIN 67530                | Brillo                               | Brillantómetro<br>Gardner micro tri<br>glos | comparación contra std  |
| DIN 51171                | Dureza                               | Lápices Mohs                                |   |
| DIN 51151                | Ac. Cítrico (6%) a<br>ebullición     |   | máximo 2 gr/m <sup>2</sup>  |
| DIN 51165                | Resistencia al<br>agua caliente      |   | 8 ciclos de 18 horas a 95° c, con<br>un máximo de 20 gr/m <sup>2</sup>                |
| DIN 51164                | Resistencia a los<br>detergentes     |   | 24 horas de ataque en solución<br>detergente con un máximo de 12<br>gr/m <sup>2</sup> |
| DEZ MB6 4.2.1            | Fineza de<br>esmaltes                | Mallas ASTM conos<br>bayer                  | según esmaltes  |
| DEZ MB6 4.3.2            | Densidad                             | Picnómetro                                  | según esmaltes  |
| DEZ MB6 4.3.4            | Viscosidad                           | Viscocímetro<br>Brookfield LVT              | según esmaltes  |
| DIN 51171                | Poder de<br>autolimpieza             |   | ciclos de oxidación de aceite, 5<br>ciclos  |
|                          | Estructura de<br>burbuja             | Lupa microscopio<br>Bausch&Lomb             |   |
|                          | Difusión de<br>hidrógeno de<br>acero | Difusor de hidrógeno                        | permite estimar la propensión a la<br>aparición de fish - scale                       |

Fuente: Empresa Vitro Química.

#### **4.4.2 De distribución**

A continuación se describen unas normas técnicas para estudiar la distribución del espacio.

### Integración total

Distribución que integra y coordina a personas, equipos, máquinas y materiales para que funcionen como una unidad total.

### Mínima distancia recorrida

Distribución de objetos, documentos, formas, materiales y piezas para que circulen lo menos posible, reduciendo la distancia que las personas transitan para realizar una actividad, contactar con otras personas o utilizar servicios o equipos.

### Circulación

Distribución de las áreas y unidades en el mismo orden o secuencia que en el proceso de trabajo.

### Flexibilidad

Distribución que permite llevar a cabo ajustes y readaptaciones con un costo y una molestia mínimos.

## **4.5 Cimentación**

### **4.5.1 Concepto**

La cimentación consiste en la fundición de una base sólida (suelo de concreto) que permita el adecuado sostenimiento de la maquinaria. En general,

los factores que influyen en la correcta selección de una cimentación dada pueden agruparse en tres clases principales.

1. Los relativos a la superestructura, que engloban su función de cargas que transmite al suelo, materiales que la constituyen, etc.
2. Los relativos al suelo, que se refiere a sus propiedades mecánicas, especialmente a su resistencia y compresibilidad y sus condiciones hidráulicas, etc.
3. Los factores económicos, que deben balancear el costo de la cimentación en comparación con la importancia de la superestructura.

Los tipos de sistemas de cimentación más comunes se clasifican en superficiales y profundos.

Los sistemas superficiales se encuentran a poca distancia bajo la base de la máquina, como los pernos de anclaje. El anclaje es muy parecido en todos los casos, en lo único que varían es en la forma de la placa de asiento, encargada de transmitir las cargas al cimiento. Antes de anclar la máquina, el cimiento debe chequearse que esté completamente nivelado, para proceder luego a la colocación y nivelación de la máquina sobre el mismo. El apoyo de la máquina sobre el cimiento se realiza a través de una placa de asiento de material elástico, una vez colocada la máquina sobre dicho asiento, se comprueba su correcta nivelación en sentido longitudinal y transversal (la nivelación se consigue colocando placas de material elástico de espesor variable bajo la base de la máquina, en el lugar de los pernos de anclaje). El tipo de anclaje más utilizado es el de pata en el extremo, que mejora el anclaje y evita el giro del perno. Usualmente la longitud de la pata es de cuatro a seis

diámetros de perno y la longitud mínima de 40 diámetros, siendo de fácil fabricación y bajo costo.

Los cimientos profundos se extienden a varios metros bajo la máquina, con la implicación de una fundición compuesta por planchas de hierro, tomando en cuenta el tipo de suelo donde se cimentará la máquina.

#### **4.5.2 Ejemplo de aplicación**

Se realizarán dos ejemplos de cada tipo de cimentación.

**Ejemplo 1** Cimentación profunda de una embutidora de peltre.

#### **Datos**

- El área de cimentación es de dos por tres metros.
- El peso de la máquina es de cuatro toneladas.

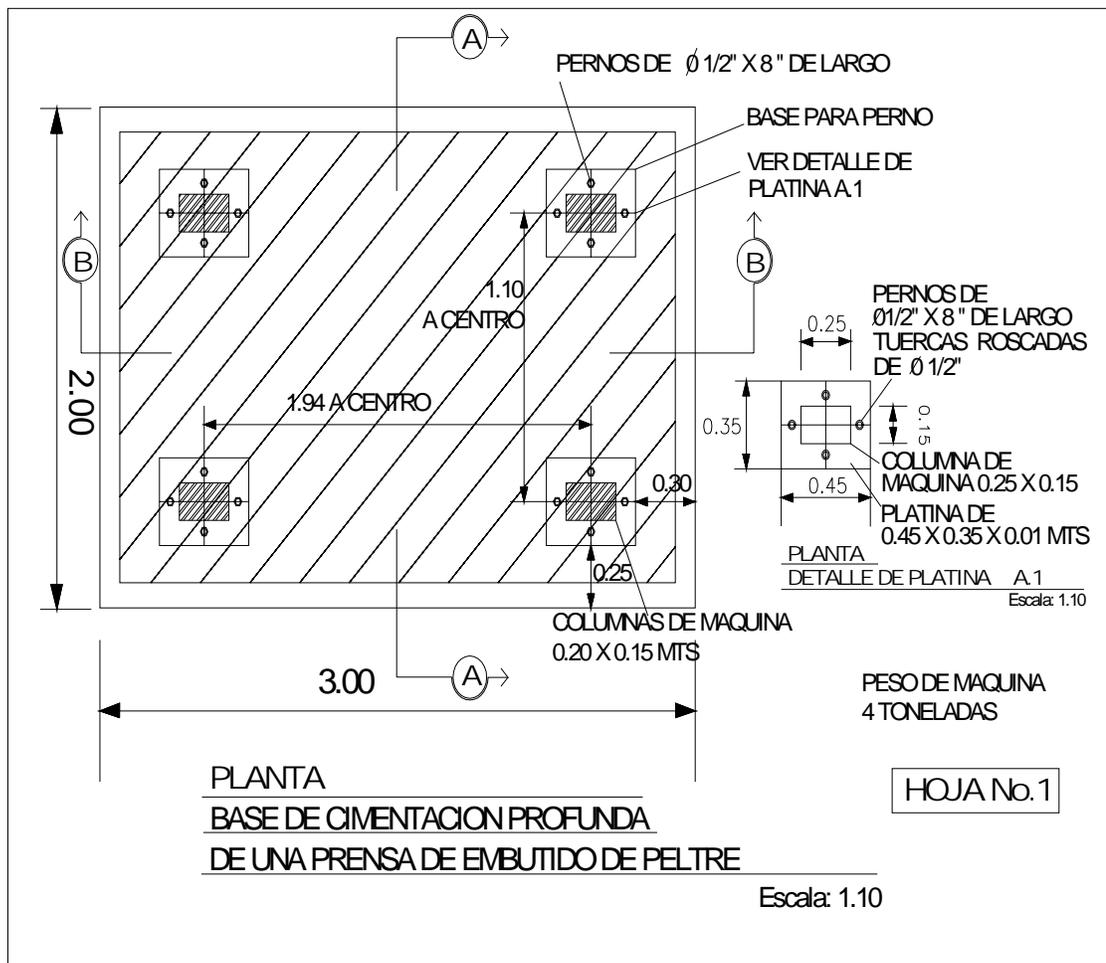
#### **Requerimientos**

- 20 sacos de cemento.
- 24 varillas de hierro corrugado de 1".
- Dos parrillas: una superior y una inferior.
- Tres metros de pedrín.
- 1.5 metros de arena de río.
- Cuatro columnas x máquina de 0.2 X 0.15 mts.
- Cuatro pernos de anclaje de ½" de diámetro X 8" de largo.

### Observaciones

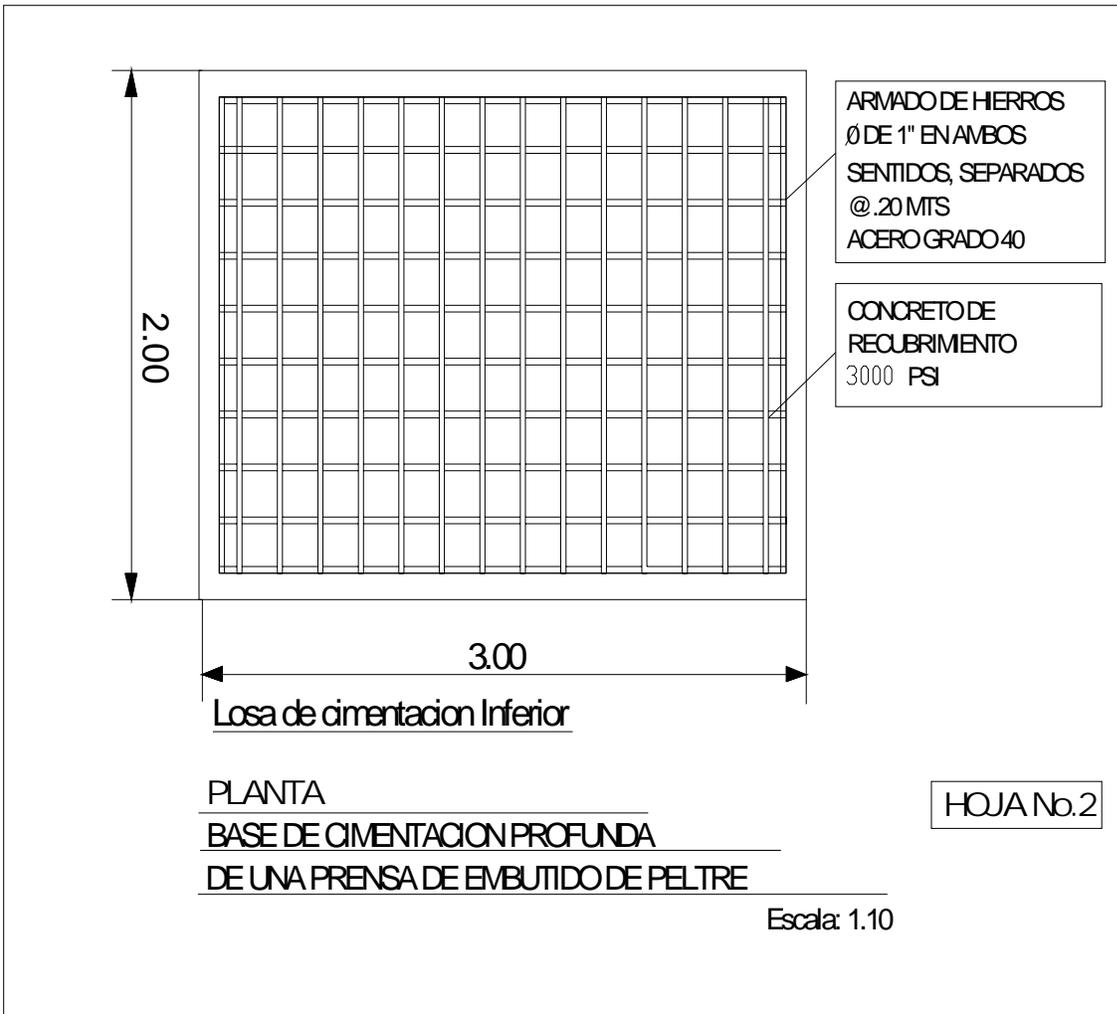
Una parrilla llevará diez varillas de 1" de diámetro a lo largo y 14 varillas de 1" a lo ancho para totalizar 24 varillas de 1" de diámetro, separadas entre sí a 20 cms.

Figura 35. Base de cimentación profunda (planta)



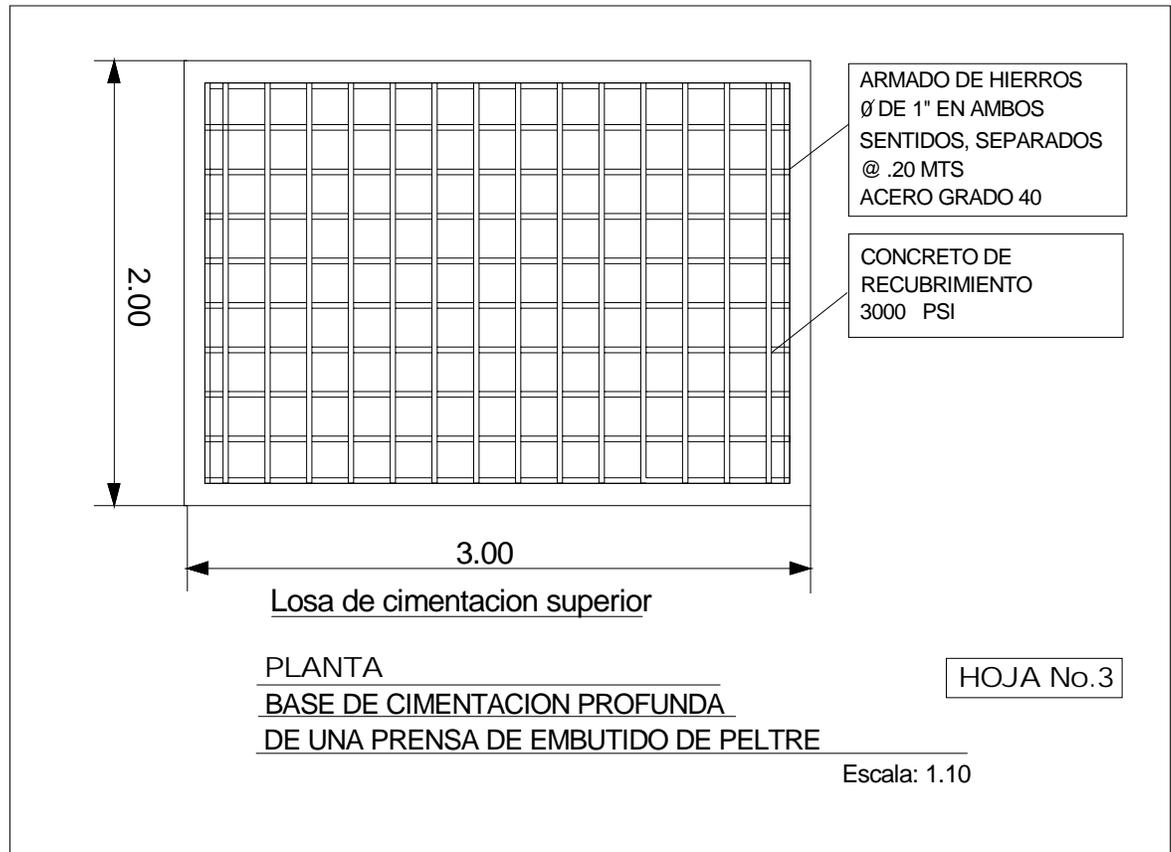
Fuente: Arq. Maridol González

**Figura 36. Base de cimentación profunda (losa de cimentación inferior)**



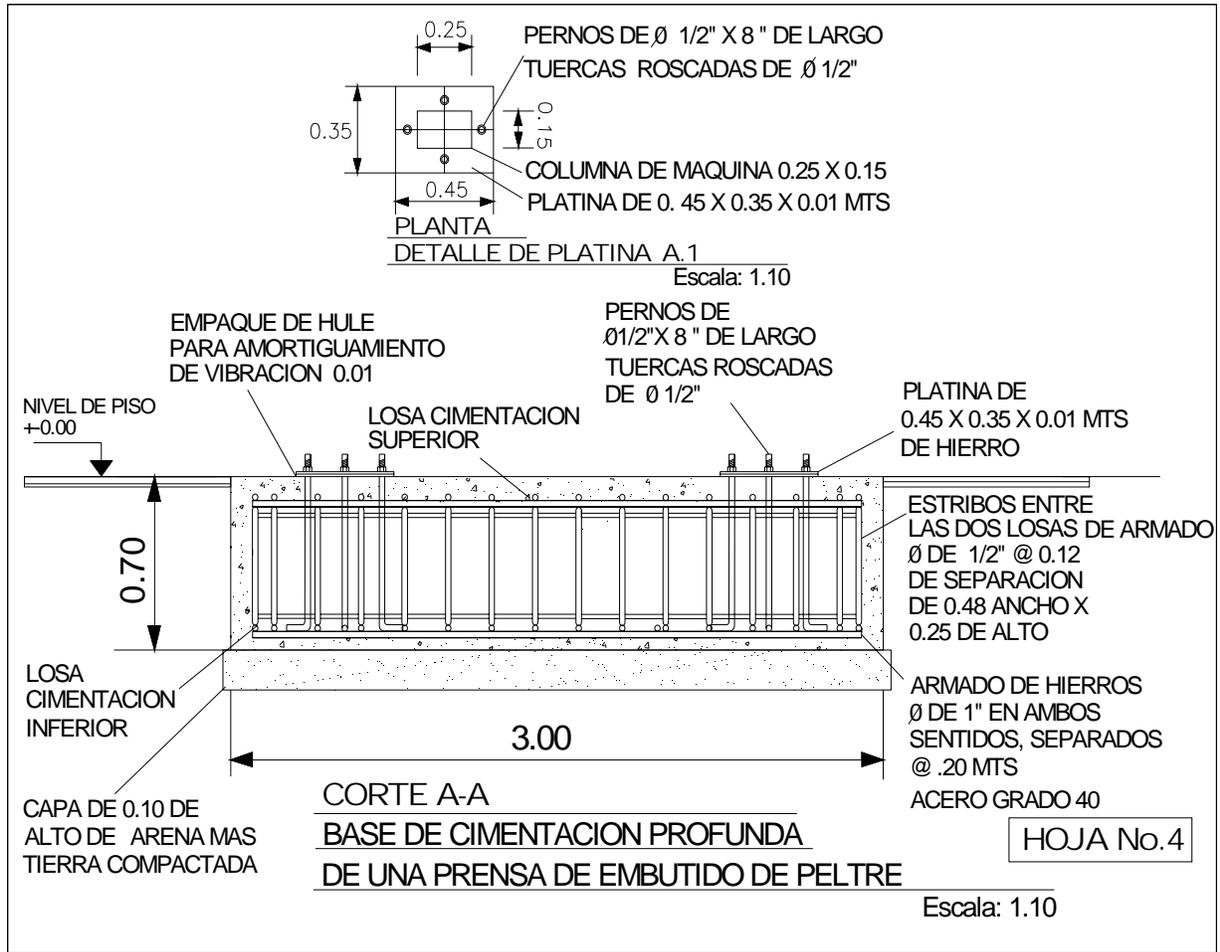
Fuente: Arq. Maridol González

**Figura 37. Base de cimentación profunda (losa de cimentación superior)**



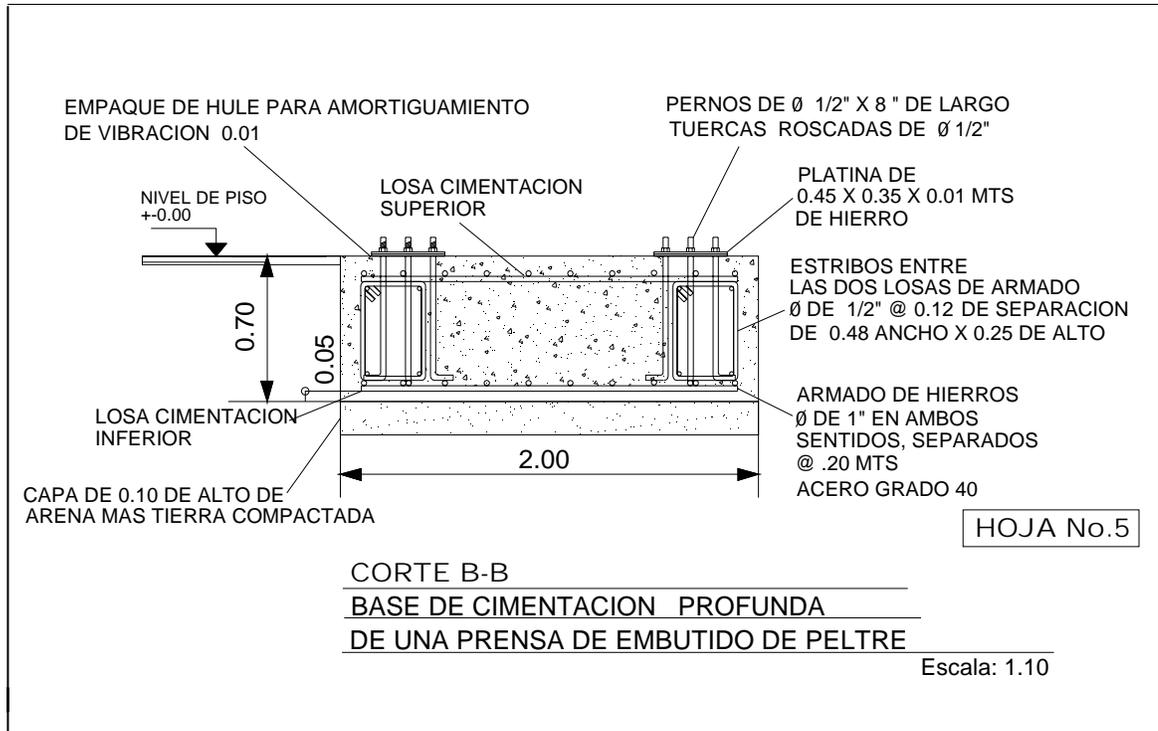
Fuente: Arq. Maridol González

**Figura 38. Base de cimentación profunda (corte A-A)**



Fuente: Arq. Maridol González

**Figura 39. Base de cimentación profunda (corte B-B)**



Fuente: Arq. Maridol González

### Ejemplo 2

Cimentación poco profunda de una máquina cortadora de disco.

#### Datos

- Peso de la máquina 250 lbs.
- Medida de la máquina 2 X 2 mts.

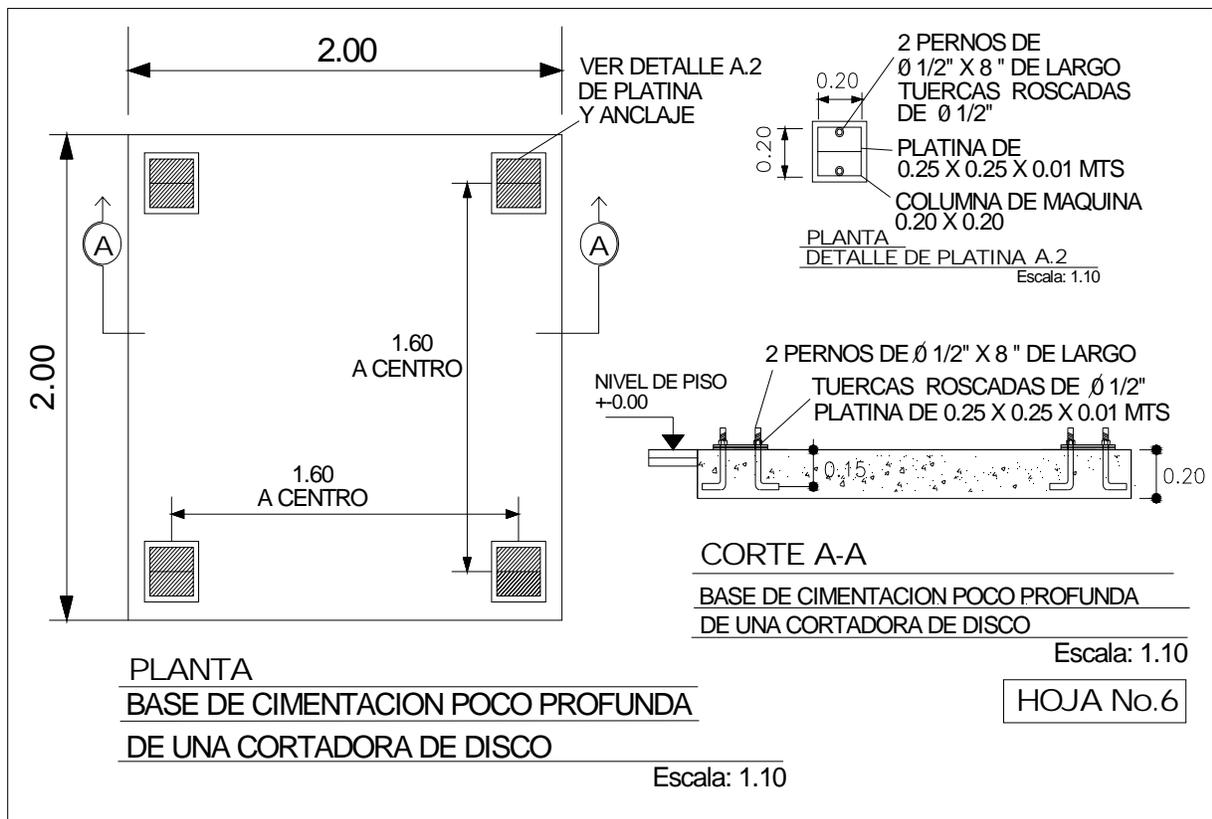
#### Requerimientos

- Dos pernos de anclaje de 1/2" x 8".
- Una broca de 1/2" x 10".

## Observaciones

Cuando la máquina no es muy pesada y su fuerza de vibración es muy baja es recomendable utilizar este tipo de cimentación, barrenando el concreto (suelo) 20 cms. de profundidad, con una broca del mismo material para luego colocar los dos pernos de anclaje de 1/2" x 8" de profundidad con tuerca.

**Figura 40. Base de cimentación poco profunda (vista de planta y corte A – A)**



Fuente: Arq. Maridol González

## 4.6 Análisis de vibraciones

Mediante el análisis de vibraciones se determina la condición de las máquinas rotativas definiendo el grado de desbalanceo, desalineamiento,

presencia de holguras mecánicas, bases y cimentaciones insuficientes, desgaste de piezas internas, interferencia de engranajes, etc.

La vibración mecánica es el parámetro muy sensible que informa de la condición del equipo.

El análisis de vibraciones requiere de toda la información de la cadena cinemática, el tipo de rodamientos, las velocidades de giro, el número de dientes de las ruedas dentadas, número de aspas de los ventiladores, las condiciones de soporte, etc.

La vibración mecánica se transmite a través de bases y estructuras causando fatiga en elementos estáticos y a veces vibraciones moduladas en el entorno. La severidad de vibración tiene que ver con las frecuencias resonantes del sistema que pueden llevar a condiciones críticas e inestables.

En un sistema de mantenimiento predictivo mediante análisis de vibraciones se estudia la evolución del comportamiento vibracional de las máquinas, de manera que identificando las causas se encuentra el momento oportuno para tomar una acción correctiva, por ejemplo un cambio de rodamiento.

El trabajo de análisis de vibraciones consiste en crear una base de datos de las máquinas de la empresa y hacer visitas periódicas de inspección, en que se entrega sendos informes con el diagnóstico del estado vibracional actual y nivel de temperatura de los equipos con las prioridades de atención.

Con el tiempo se dispone de la información de tendencias de manera que se planifican las acciones conectivas.

Para la medida periódica de máquinas en rotación y rodamientos disponemos de Medidores de Vibración de Mano de METRA, los cuales poseen las siguientes características:

- son sencillos de usar,
- poseen un kit completo con acelerómetro, imán de fijación, cable, etc.,
- RMS (valor eficaz) real entre uno y diez kHz y valores pico-a-pico,
- opcionalmente con sensor de temperatura.

#### **4.7 Cronograma de actividades de la implementación**

El cronograma de actividades fue elaborado en el programa de Administración de Proyectos, el cual es un programa de computación para elaboración de proyectos que da a conocer la duración del mismo, por fase y las fechas de inicio y finalización de cada actividad. La Fase I se propone iniciar el día uno de agosto para finalizarla el 23 de noviembre de este mismo año, lo cual indica que se desarrollará en 82 días hábiles. La Fase II tendrá una duración de 33 días, iniciando el 26 de noviembre para finalizar el 15 de enero del año 2008. El proyecto total tendrá una duración aproximada de 115 días.

##### **4.7.1 Programa Administración de proyectos**

A continuación se presentan los dos cronogramas, indicando las actividades, su duración y las fechas de inicio y finalización de cada una y del proyecto en sus dos fases.

**Tabla XXVI. Cronograma de actividades. Fase I**

| Ítem                               | Actividad                                  | Duración | Inicia         | Finaliza       |
|------------------------------------|--|----------|----------------|----------------|
| 1                                  | Preparar lugar de cimentación              | 3 días   | mierc.01/08/07 | vier.03/08/07  |
| 2                                  | Prepara fundición de base                  | 15 días  | lunes06/08/07  | vier.24/08/07  |
| 3                                  | Fundir cimentación                         | 15 días  | lunes27/08/07  | vier.14/09/07  |
| 4                                  | Tiempo de fraguado de cimentación          | 15 días  | lunes17/09/07  | vier.05/10/07  |
| 5                                  | Desarmado de maquinaria                    | 6 días   | lunes08/10/07  | lunes15/10/07  |
| 6                                  | Traslado de maquinaria                     | 3 días   | mar.16/10/07   | juev.18/10/07  |
| 7                                  | Colocación de cada máquina                 | 2 días   | vier.19/10/07  | lunes22/10/07  |
| 8                                  | Armado de maquinaria                       | 5 días   | mar.23/10/07   | lunes29/10/07  |
| 9                                  | Anclaje de las máquinas                    | 2 días   | mar.30/10/07   | mierc.31/10/07 |
| 10                                 | Instalaciones mecánicas de tubería         | 6 días   | vier.02/11/07  | vier.09/11/07  |
| 11                                 | Instalaciones eléctricas de tubería        | 6 días   | lunes12/11/07  | lunes19/11/07  |
| 12                                 | Pruebas de funcionamiento de instalaciones | 2 días   | mar.20/11/07   | mierc.21/11/07 |
| 13                                 | Pruebas de funcionamiento de maquinaria    | 2 días   | juev.22/11/07  | vier.23/11/07  |
| <b>Duración total de la Fase I</b> |  | 82 días  |                |                |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla XXVII. Cronograma de actividades. Fase II**

| Ítem                                | Actividad                               | Duración | Inicia         | Finaliza       |
|-------------------------------------|---|----------|----------------|----------------|
| 1                                   | Preparar lugar de cimentación           | 2 días   | lunes26/11/07  | mar.27/11/07   |
| 2                                   | Trabajos de excavación                  | 5 días   | mierc.28/11/07 | mar.04/12/07   |
| 3                                   | Preparado de Área de Fundición          | 2 días   | mierc.05/12/07 | juev.06/12/07  |
| 4                                   | Fundir cimentación                      | 2 días   | vier.07/12/07  | lunes10/12/07  |
| 5                                   | Tiempo de fraguado                      | 2 días   | mar.11/12/07   | mierc.12/12/07 |
| 6                                   | Desmontaje de dobladores y perforadoras | 2 días   | juev.13/12/07  | vier.14/12/07  |
| 7                                   | Movimiento de maquinaria                | 1 días   | lunes17/12/07  | lunes17/12/07  |
| 8                                   | Colocación de máquinas en su lugar      | 1 días   | mar.18/12/07   | mar.18/12/07   |
| 9                                   | Anclado de maquinaria                   | 2 días   | mierc.19/12/07 | juev.20/12/07  |
| 10                                  | Instalación mecánica de tubería         | 5 días   | vier.21/12/07  | mierc.02/01/08 |
| 11                                  | Instalación eléctrica de tubería        | 5 días   | juev.03/01/08  | mierc.09/01/08 |
| 12                                  | Prueba de función de instalaciones      | 2 días   | juev.10/01/08  | vier.11/01/08  |
| 13                                  | Prueba de función de maquinaria         | 2 días   | lunes14/01/08  | mar.15/01/08   |
| <b>Duración total de la Fase II</b> |   | 33 días  |                |                |

Fuente: Elaboración propia

En este capítulo se concluye que la propuesta presentada, de llegar a realizarse, podría brindar beneficios en cuanto al ahorro de tiempo que se

tendría con el cambio de la distribución de la maquinaria, recorriendo menos distancias y haciendo más eficiente el trabajo del Departamento de Metálico. El proyecto demuestra que habría un ahorro aproximado de 522.92 metros, lo cual representa 1,565.73 segundos menos, en el proceso de producción de las seis piezas del departamento. Esto significa un ahorro del 41.76% en el tiempo invertido.

## 5. SEGUIMIENTO

### 5.1 Inspección

Verificar que todo se lleve a cabo según lo establecido en el proyecto, el cambio de posición de la maquinaria y que se sigan respetando los procesos de producción, tomando en cuenta que con los cambios se mejorarán el desempeño de la producción.

### 5.2 Cotización de maquinaria nueva y usada

Se cotizó por medio de internet y se obtuvo el siguiente resultado.

Existe una máquina CNC que puede sustituir a las máquinas perforadoras, desempeñando la misma función pero con la ventaja de que es automatizada. Con un precio de US\$50,000.00 (cincuenta mil dólares)

**Figura 41. Máquina CNC**



**Tabla XXVIII. Características de la máquina CNC**

|   |
|---|
| * Sistema de herramienta flotante asegura alta precisión.   |
| * Husillo sobre baleros angulares.  |
| * Alto rango de remoción de material.   |
| * Gran capacidad de garganta asegura el aprovechamiento del viaje en eje-Y  |
| * Expansión térmica de husillo y en eje-Y.  |
| * Expansión térmica en husillo y en eje-Y hacia el mismo sentido.   |
| * Opción de controles Fanuc, Mitsubishi, Heidenhain, Fidia, Selca...  |
| <b>Accesorios Estándar</b>  |
| * Alta precisión y rigidez de por vida.   |
| * Los centros de maquinado kafo están hechos para durar usando una construcción rígida tipo caja y fundición de alto grado. |
| * La cama, el carro y la columna de alta robustez aseguran un desempeño libre de torsión.                                   |

## **5.3 Mantenimiento**

### **5.3.1 Concepto**

Es un conjunto de actividades con ciertos cuidados indispensables para que las instalaciones, edificios, industrias puedan seguir funcionando adecuadamente. El departamento de mantenimiento está relacionado con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, ya que la maquinaria y equipo deben estar en óptimas condiciones, lo cual permitirá un mejor desenvolvimiento del operario.

La función básica del mantenimiento es la obtención de todo el trabajo necesario para instalar y mantener el equipo en una condición que reúna los requerimientos normales de operación.

### **5.3.2 Tipos de mantenimiento**

Mantenimiento correctivo: comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo, por mucho tiempo este mantenimiento fue dominante en las industrias pero sus costos resultan relativamente elevados, debido a los tiempos de detención no programados, maquinaria dañada y gastos de tiempo extra del personal que se generan .

Mantenimiento preventivo: en este tipo de mantenimiento se analiza cada máquina y se programan intervenciones periódicas antes de que ocurran los problemas, entre las actividades que se pueden mencionar están: cambio de aceite, cambio de filtros e inspecciones periódicas a los equipos de trabajo, esto se puede planificar en base a un calendario o a horas de operación de máquina. Este tipo de mantenimiento es predecible, adaptable a la planeación y programación adecuada, debe tomarse en cuenta que es imposible establecer un plan de mantenimiento que proporcione una reducción de cero posibilidades de fallas, a través de detectar previamente y de la aplicación de medidas correctivas.

Mantenimiento predictivo: se basa en un análisis detallado del estado o condición de operación de las máquinas monitoreadas, el estado de la máquina puede obtenerse mediante varias pruebas no destructivas, el uso de estas técnicas dará como resultado un mantenimiento mucho más eficiente, en comparación con los otros tipos de mantenimiento. La idea de este tipo de mantenimiento, está hecho de modo que la mayoría de las partes de una máquina dé un aviso característico antes que se produzca una falla mayor, por lo que se conocerá más profundamente el estado general de las máquinas en cualquier momento, haciendo posible una planificación más precisa.

Mantenimiento proactivo: es el que usa gran cantidad de técnicas para alargar la disponibilidad de las máquinas, teniendo como idea principal el análisis de las causas fundamentales de las fallas en las máquinas, estas causas se pueden remediar y los mecanismos de falla se pueden eliminar gradualmente en cada máquina mejorando la operación de las máquinas. Un ejemplo de aplicación de este tipo de mantenimiento es cuando hay un desbalance y desalineación, éstas son causas fundamentales de falla de máquinas, ambos fenómenos provocan una carga en los rodamientos con fuerzas indebidas y acortan su vida útil, en lugar de reemplazar continuamente rodamientos gastados en una máquina que presenta fallas, una mejor política sería de llevar a cabo un balanceo y alineamiento de precisión en la máquina y verificar los resultados por medio de un análisis de vibraciones.

En el Departamento de Metálico el tipo de mantenimiento más utilizado es el mantenimiento correctivo, y en algunas ocasiones el preventivo.

A continuación se mencionarán actividades de mantenimiento preventivo de las diferentes áreas del Departamento de Metálico.

Área de guillotinas: verificación de lubricación, afilar cuchillas de las máquinas, rectificación de barras de medidas de la máquina.

Área de perforación: fabricación de perforadores, cambio de filtros de aire, evitar fugas de aire (tubería), lubricación de roscas de presión.

Área de dobladoras: cambio de fajas de la máquina, revisar los sistemas de aire y electricidad, cambio de tornillos de sujeción de troqueles machos, hembras, rectificación de troqueles de dobladoras (cepillado).

Área de punteadoras: fabricación de punteros, revisión de enfriamiento de las máquinas punteadoras, limpieza de contactores, cambio de ejes de sujeción de los punteros, cambio de tornillos allen de apriete entre el eje y puntero.

Área de prensas troqueladoras menores: cambio de cuñas de presión de la máquina, lubricación de la máquina y troqueles, verificación de frenos de las máquinas.

Área de prensas mayores: cambio de roscas de presión de trabajo de la máquina, nivelación de las guías y plancha para que la altura de trabajo esté igual en cualquier punto de la máquina, para colocar los troqueles, lubricación de los troqueles grandes en las máquinas, algo muy importante es el servicio de los montacargas ya que estos ayudan en la colocación de troqueles en la plancha, cambio de fajas en el motor.

Área de inspección: esta área necesita que no haya fugas de aire en las tuberías o en las mangueras de las turbinas mototul, revisión de la herramienta de trabajo, verificar la calidad de aire, que no sea muy húmedo (revisión de trampa de agua), mantenimientos periódicos a los compresores.

### **5.3.3 Fichas de seguimiento**

Son una fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación.

Las fichas de seguimiento son específicas para cada empresa, en función de la actividad, organización, cantidad y tipos de mano de obra y equipos que posee, etc., sin embargo, existe una serie de datos comunes en cualquier ramo industrial o de servicios, que deben estar presentes en este instrumento de información, como: el número consecutivo, el tipo de la actividad de mantenimiento, la prioridad, los registros de historial, si los instrumentos de supervisión actuaron correctamente o no, si la intervención perjudicó la producción, el período de indisponibilidad del equipo y la duración real del mantenimiento.

El siguiente es un ejemplo de una ficha de seguimiento.

**Figura 42. Ficha de seguimiento de una máquina**

| FICHA DE SEGUIMIENTO DE UNA MÁQUINA            |        | No. _____     |             |
|--|--------|---------------|-------------|
| Prioridad:                                     |        | Cuenta No.    |             |
| Requerido por:                                 |        | Aprobado por: | Fecha:      |
| Equipo:  |        |               |             |
| Descripción del problema:                      |        |               |             |
|  |        |               |             |
| Supervisor:                                    |        | Sección:      | Fecha:      |
| Material y herramientas especiales necesarias: |        |               |             |
|  |        |               |             |
| Coordinado por:                                |        | Departamento: |             |
| No. de orden de impedimento                    |        |               |             |
| de la operación:                               |        | Tiempo:       | Fecha:      |
| Regreso a operación:                           | Fecha: | Hora          | Supervisor: |
| Servicio verificado                            |        | Responsable:  |             |
| Sumario del servicio ejecutado:                |        |               |             |
|  |        |               |             |
| Fecha de terminación del servicio:             |        |               | Hora:       |
| Comentarios sobre el problema:                 |        |               |             |
|  |        |               |             |
|  |        |               |             |

Fuente: elaboración propia

## **5.4 Marco comparativo**

### **5.4.1 Concepto**

Es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales.

### **5.4.2 Tipos**

Existen varios tipos de actividades de marco comparativo, cada uno de los cuales se define como “objetivo” u “objeto” de la actividad de marco comparativo.

A continuación se presentan tres tipos principales.

a) Interno: consiste en estudiar a una unidad de la propia organización, que tenga un desempeño superior, y usarla como modelo para otras unidades. Esta forma de comparación suele ser conveniente para empresas con varias unidades o divisiones de negocios. El objetivo de este tipo de marco comparativo es identificar los estándares de desarrollo interno de una organización. Muchas organizaciones pueden darse cuenta de los beneficios inmediatos al identificar sus mejores prácticas internas y transferir luego esa información a otras partes de la empresa.

b) Competitivo: comprende la identificación de productos, servicios y procesos de trabajo de los competidores directos de su organización. El objetivo es identificar información específica acerca de los productos, los

procesos y los resultados comerciales de sus competidores y compararlos con los de su organización.

c) **Funcional:** tiene como objetivo la identificación de las mejores prácticas de cualquier tipo de organización que se haya ganado una reputación de excelencia en el área específica que se esté sometiendo al marco comparativo. Se usa la palabra funcional porque en este campo el marco comparativo comprende principalmente actividades comerciales específicas en un área funcional determinada, por ejemplo, manufactura, ingeniería, mercadeo, recursos humanos.

### **5.4.3 Aplicación**

A continuación se presenta un modelo de proceso de marco comparativo.

#### **1) Determinar a qué se le va a hacer marco comparativo**

Debe identificarse a qué se le hará el proceso, sus necesidades y los asuntos específicos. Definido esto, se procede a identificar y a asegurar los recursos necesarios.

#### **2) Formar un equipo de marco comparativo**

Se debe escoger, orientar y dirigir un equipo para dicho proceso. Se le asignan a cada miembro del equipo los papeles y responsabilidades específicas.

#### **3) Identificar los socios del marco comparativo**

Se debe identificar fuentes de información que se utilizarán para recopilar la información del marco comparativo. Estas fuentes, pueden ser empleados de la empresa o unidad que se consulte, asesores, analistas,

literatura, informes industriales, bases de datos computarizadas, etc. También se incluye en esta etapa el proceso de identificación de las mejores prácticas industriales y organizacionales.

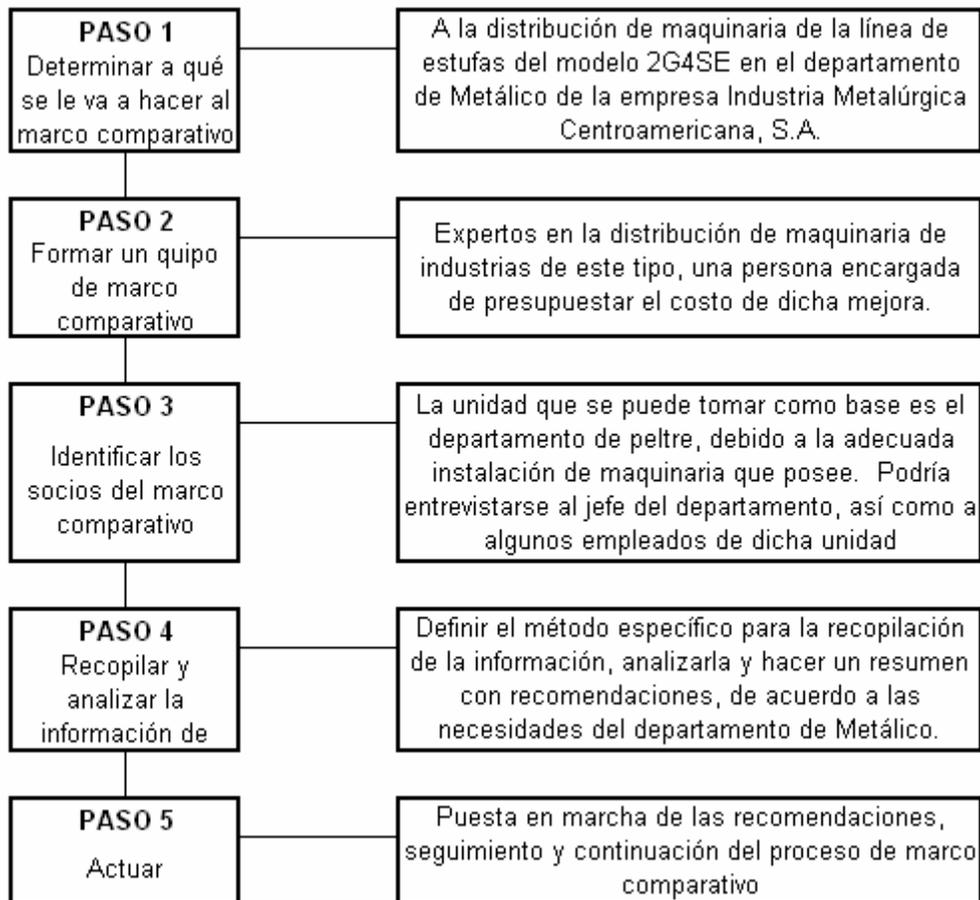
**4) Recopilar y analizar la información de marco comparativo**

Se deben seleccionar los métodos específicos de recopilación de información. Es importante que los responsables de esta actividad sean expertos en estos métodos. Se recopila la información de acuerdo con el protocolo establecido, y luego se resumen para hacer el análisis, que irá de acuerdo con las necesidades del cliente original, y se producen recomendaciones para la acción.

**5) Actuar**

Esta etapa del proceso está influenciada por las necesidades del cliente original y por los usos de la información de marco comparativo. La acción que se realiza puede oscilar entre producir un solo informe o producir un conjunto de recomendaciones para la implementación real del cambio, basado, al menos en parte, en la información recopilada durante la investigación de marco comparativo. Se incluyen cualesquiera pasos siguientes o actividades apropiadas de seguimiento, incluyendo la continuación del proceso de marco comparativo.

**Figura 43. Ejemplo de marco comparativo**



Este es un pequeño ejemplo que podría ser el punto de partida para una investigación e implementación del proceso de marco comparativo interno dentro de la Industria Metalúrgica Centroamericana, S.A.

## CONCLUSIONES

1. La estufa 2G4SE es el producto líder de venta de la empresa IMCA, S.A., por tener un precio más accesible para el consumidor.
2. Con la redistribución de maquinaria se puede alcanzar una mejora en el proceso de producción, disminuyendo las distancias recorridas y tiempo de transporte invertido.
3. El tiempo de duración del proyecto es de 115 días aproximadamente, en sus dos fases, con un costo alrededor de Q.148,000.00
4. IMCA, S.A. no posee un programa de mantenimiento, seguridad e higiene industrial, el cual optimice el rendimiento de las máquinas evitando demoras en las operaciones del departamento, así como medidas que protejan el bienestar de sus colaboradores.
5. Se estableció que para implementar la propuesta del programa de seguridad, es necesaria una inversión inicial alrededor de Q.28,000.00.
6. IMCA, S.A. no posee ningún plan de capacitación, lo cual afecta al rendimiento del empleado, pues no tiene el tiempo adecuado de enseñanza y aprendizaje, antes de comenzar las labores que le corresponden, según su puesto.

7. La ficha de seguimiento ayudará a tener un mejor control respecto del estado de la maquinaria del Departamento de Metálico.
  
8. Al Departamento de Metálico se le hizo un análisis de marco comparativo interno, comparándose con el departamento de peltre, pues éste trabaja en un proceso más en línea, ordenado y sin muchos transportes.

## RECOMENDACIONES

1. Siendo IMCA, S.A la única empresa que produce estufas y vajillas peltradas en el país, debe buscar un crecimiento en el mercado con el fin de expandirse, aprovechando la oportunidad de promocionar e innovar su estufa líder tratando de mantenerla a un precio accesible.
2. Implementar el proyecto en sus dos fases, con el fin de disminuir el tiempo invertido en el transporte de las piezas y, así, lograr mayor eficiencia en el proceso de producción de las seis piezas estudiadas.
3. Tratar de mantener un programa de inspección estricto durante todo el desarrollo del proyecto, con el fin de no retrasar ninguna actividad y no incurrir en costos de penalización.
4. Planificar la elaboración y aplicar adecuadamente los manuales de mantenimiento, seguridad e higiene industrial, con el fin de mejorar el rendimiento de las máquinas y protección al empleado, evitando provocarle una enfermedad profesional, accidentes u otro inconveniente que provoque su inconformidad y molestia.
5. Designar un equipo de trabajo, dentro de los mismos empleados, quienes se encarguen de promover el programa de seguridad para obtener resultados favorables en las condiciones de trabajo diarias.
6. Elaborar e implementar un programa de capacitación, el cual abarque todas las actividades que corresponden a cada puesto de trabajo.

7. Elaborar un archivo de fichas de seguimiento de cada máquina, con el fin de controlar su estado de lubricación, mantenimiento, etc.
  
8. Los tres tipos de marco comparativo mencionados en el desarrollo de este trabajo son eficientes, sólo si se ponen en práctica, es por eso que se insta a la elaboración de un programa de mejoramiento continuo que incluya análisis de marco comparativo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone, Eugene y Theodore Bausmeister Marks. Manual del Ingeniero Mecánico. Novena edición. Editorial Mc Graw Hill. 1996.
2. Bowel, Robert J. Benchmarking para Competir con ventaja. México. Mc Graw Hill. 1995.
3. Castellanos Sarti, Gina Valeska. Tesis de Ingeniería Industrial “Brigadas contra Incendio para la Industria de Guatemala”. Guatemala. USAC, 1992.
4. Chiavenato, Idalberto. Administración de Recursos Humanos. Bogotá, Colombia. Editorial Mc Graw Hill. Quinta edición. 2000.
5. Echeverría Cardona, Pedro Francisco. Tesis de Ingeniería Industrial “Manual del Laboratorio del Curso de Ingeniería de Métodos”. Guatemala. USAC, 1990.
6. Galdámez Ruiz, Luis Haroldo. Tesis de Ingeniería Industrial “Seguridad Industrial y Mantenimiento”. Guatemala. USAC, 1992.
7. Hodson, William K. Manual del Ingeniero Industrial. Cuarta Edición. México. Editorial Mc Graw Hill. 1997.
8. Krajewski, Lee J. y Larry P. Ritzman. Administración de Operaciones. Quinta Edición. México. Pearson Educación. 2000.

9. Niebel, Benjamín W. Ingeniería Industrial Estudio de Tiempo y Movimientos. México. 1995.
10. Orellana, Elvia. Apuntes de Administración 1, Parte 2. Guatemala. USAC. 2000.
11. Peck, Ralph B. Ingeniería de Cimentaciones. México. Editorial Limusa. 1996.
12. Rodríguez Santos, Juan Francisco. Tesis de Ingeniería Industrial "Técnicas para la Distribución de Equipo en Plantas Industriales". Guatemala. USAC, 1988.
13. Schroeder, Roger G. Administración de Operaciones. Tercera edición. México. Editorial Mc Graw Hill. 2000.
14. Thomson, William T. Teoría de Vibraciones, Aplicaciones. México. Prentice may. 1982.
15. Torres, Sergio. Ingeniería de Plantas. Cuarta edición. Guatemala. 2004.
16. Villanueva, Enrique Dounce. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Primera Edición. México. Editorial Continental, S.A. de C.V. 1998.
17. Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2004. Microsoft Corporation.

## ANEXOS

### **Anexo 1. Temperaturas**

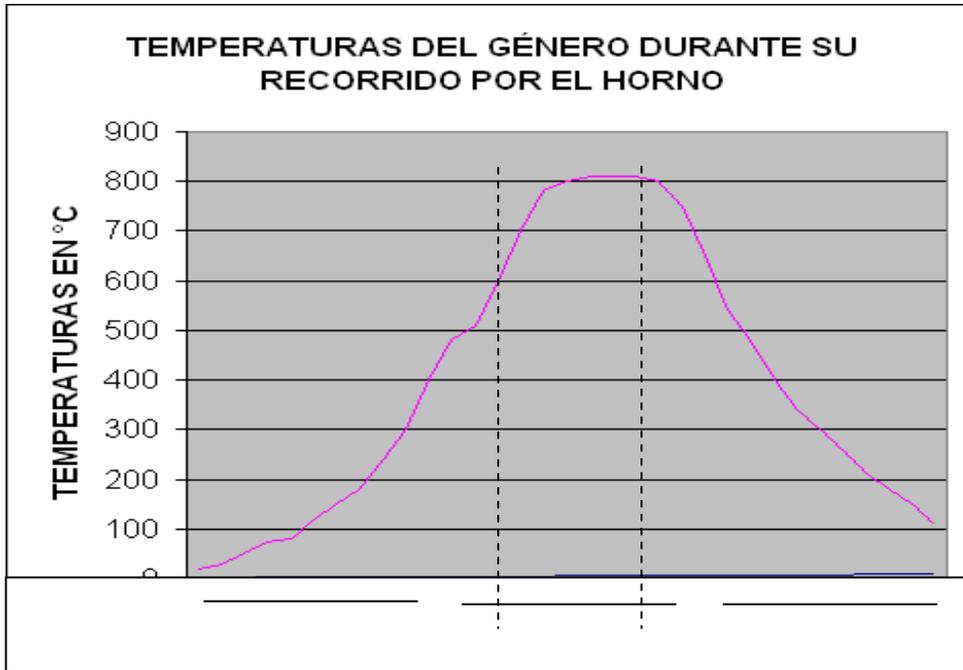
Para poder mantener la curva de temperatura de las piezas, previamente programada en su recorrido por el horno, la zona de cocción está subdividida en varias zonas reguladoras de temperatura.

Se regulan:

- la temperatura de cocción;
- la permanencia del género a temperatura de cocción;
- la uniformidad de la temperatura en el horno, si es necesario.

Para poder mantener la curva de temperatura y su necesaria exactitud, también la carga variable, los hornos tienen tanta capacidad térmica que siempre existe la suficiente reserva de regulación.

El diagrama siguiente representa una típica curva de cocción. Se obtiene gracias a un correcto dimensionado y óptimo diseño de todo el horno, es decir, de la zona de cocción, del canal combinado de precalentamiento y enfriamiento y de las esclusas de aire y sistemas de recirculación incorporados.



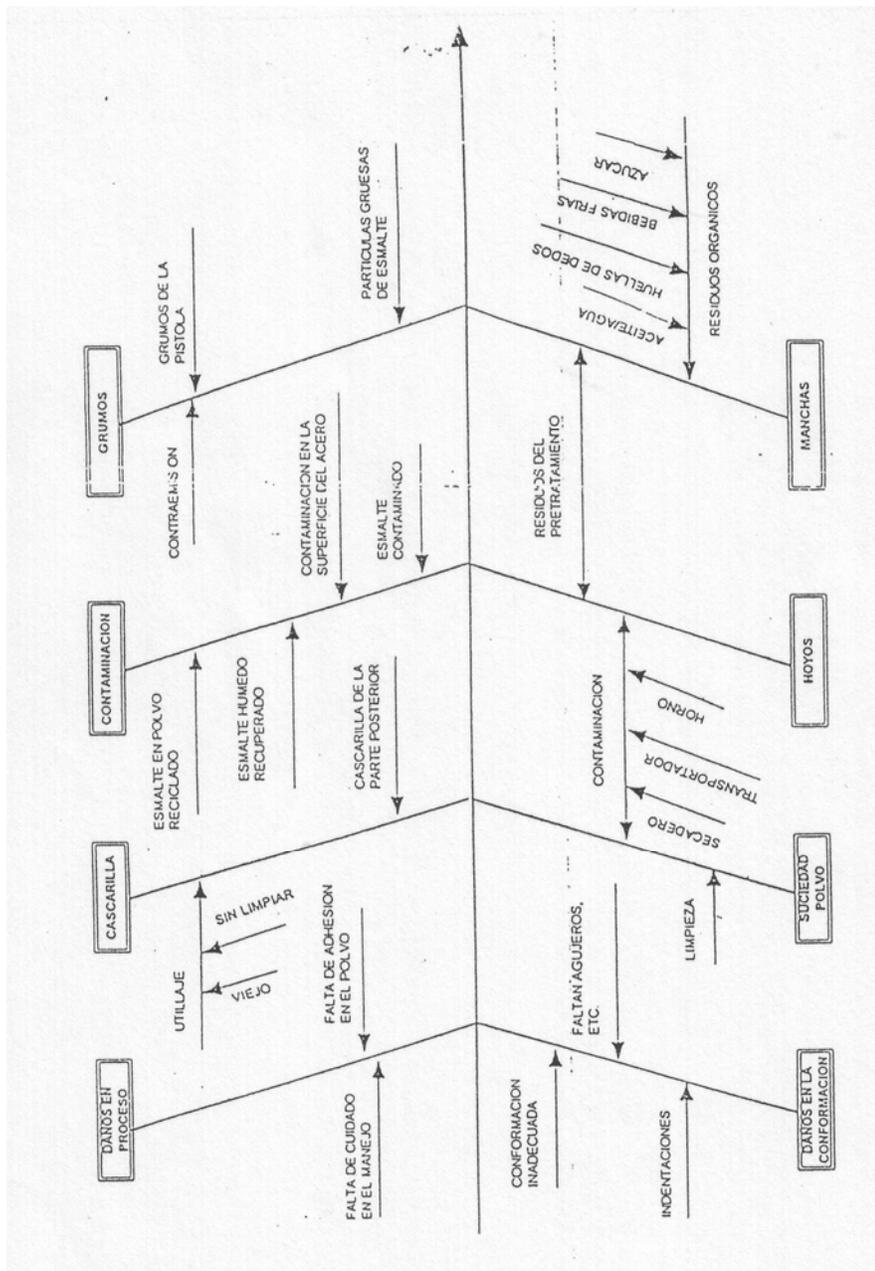
Fuente: Revista VGT. Instalaciones para esmaltar en todo el mundo. Alemania. Año 2000. Página 3

**Anexo 2. Calibres más comunes del acero rolado en frío según normas ASTM**

| CALIBRE No. | ESPEJOR Mm | ESPEJOR pulgadas | PESO lb/pie <sup>2</sup> | PESO Kg/m <sup>2</sup> |
|-------------|------------|------------------|--------------------------|------------------------|
| 1"          | 25.4       | 1.0000           | 41.82                    | 204.248                |
| 7/8         | 22.23      | 0.8750           | 36.6                     | 178.717                |
| 3/4         | 19.05      | 0.7500           | 31.365                   | 153.142                |
| 5/8         | 15.88      | 0.6250           | 26.138                   | 127.618                |
| 1/2         | 12.7       | 0.5000           | 20.91                    | 102.095                |
| 3/8         | 9.53       | 0.3750           | 15.6856                  | 76.593                 |
| 1/4         | 6.35       | 0.2500           | 10.4571                  | 51.062                 |
| 3           | 6.07       | 0.2391           | 10                       | 48.838                 |
| 4           | 5.69       | 0.2242           | 9.375                    | 45.786                 |
| 5           | 5.31       | 0.2092           | 8.75                     | 42.733                 |
| 6           | 4.94       | 0.1943           | 8.125                    | 39.681                 |
| 3/16        | 4.76       | 0.1875           | 7.8427                   | 38.296                 |
| 7           | 4.55       | 0.1793           | 7.5                      | 36.628                 |
| 8           | 4.18       | 0.1644           | 6.875                    | 33.576                 |
| 9           | 3.8        | 0.1495           | 6.25                     | 30.523                 |
| 10          | 3.42       | 0.1345           | 5.625                    | 27.471                 |
| 1/8         | 3.17       | 0.1250           | 5.2285                   | 25.531                 |
| 11          | 3.04       | 0.1196           | 5                        | 24.42                  |
| 12          | 2.66       | 0.1046           | 4.375                    | 21.367                 |
| 13          | 2.28       | 0.0897           | 3.75                     | 18.315                 |
| 14          | 1.9        | 0.0747           | 3.125                    | 15.262                 |
| 15          | 1.71       | 0.0673           | 2.8125                   | 13.736                 |
| 1/16        | 1.59       | 0.0625           | 2.6142                   | 12.765                 |
| 16          | 1.52       | 0.0598           | 2.5                      | 12.21                  |
| 17          | 1.37       | 0.0538           | 2.25                     | 10.989                 |
| 18          | 1.21       | 0.0478           | 2                        | 9.768                  |
| 19          | 1.06       | 0.0418           | 1.75                     | 8.547                  |
| 20          | 0.91       | 0.0359           | 1.5                      | 7.326                  |
| 21          | 0.84       | 0.0329           | 1.375                    | 6.715                  |
| 1/32        | 0.79       | 0.0312           | 1.3049                   | 6.372                  |
| 22          | 0.76       | 0.0299           | 1.25                     | 6.105                  |
| 23          | 0.68       | 0.0269           | 1.125                    | 5.494                  |
| 24          | 0.61       | 0.0239           | 1                        | 4.884                  |
| 25          | 0.53       | 0.0209           | 0.875                    | 4.273                  |
| 26          | 0.45       | 0.0179           | 0.75                     | 3.663                  |
| 27          | 0.42       | 0.0164           | 0.6875                   | 3.357                  |
| 1/64        | 0.4        | 0.0156           | 0.6524                   | 3.186                  |
| 28          | 0.38       | 0.0149           | 0.625                    | 3.052                  |
| 29          | 0.34       | 0.0135           | 0.5625                   | 2.747                  |
| 30          | 0.3        | 0.0120           | 0.5                      | 2.442                  |
| 31          | 0.27       | 0.0105           | 0.4375                   | 2.136                  |
| 32          | 0.25       | 0.0097           | 0.4063                   | 1.984                  |

Fuente: Normas ASTM

**Anexo 3. Diagrama de causa y efecto de los defectos de operación de esmaltar una pieza**



**Anexo 4. Diagrama de causa y efecto de los defectos del procedimiento de fabricación de esmaltes**

