

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



**“Diseño e implementación de un programa
de mantenimiento preventivo”**

**“Diseño y construcción de moldes en una
máquina CNC, para una *blistera*”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de
Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

Marco Antonio González Alfaro

Cartago, Junio del 2004

HOJA DE INFORMACIÓN

Información del estudiante:

Nombre: Marco González Alfaro

Cédula o No. Pasaporte: 1-1072-0592

Carné ITCR: 9813170

Dirección de su residencia en época lectiva: Moravia, 150 oeste y 100 norte del Instituto Bíblico

Dirección de su residencia en época no lectiva: ídem.

Teléfono en época lectiva: 241-6105

Teléfono época no lectiva: ídem.

Correo electrónico: marco_g80@hotmail.com

Celular: 366-4045

Información del Proyecto:

Nombre de los proyectos: **“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo”** y **“Diseño y construcción de moldes en una máquina CNC para una *blistera*”**.

Profesor asesor: Ing. Arnoldo Ramírez

Asesor industrial: Juan Carlos Morena

Horario de trabajo del estudiante: lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:45 p.m.

Información de la Empresa:

Nombre: Laboratorios Stein S.A.

Zona: Cartago

Dirección: 500 metros sur de la intersección del cruce a Taras, La Lima de Cartago

Teléfono: 537-9090

Fax: 537-1790

Actividad Principal: Producción, desarrollo e investigación de productos farmacéuticos

Agradecimiento

Al finalizar esta etapa y concluir con una de mis metas en la vida, quiero agradecer primeramente, a Dios por permitirme haber llegado hasta aquí y brindarme la oportunidad de conocer en mi camino, a tantas personas que sin su apoyo, no hubieran hecho de esta, una experiencia tan especial. También le agradezco, el haberme puesto en el seno de una familia que me ayudo a surgir como persona y estudiante.

A mis amigos, les agradezco, todo su apoyo y ayuda en cada uno de los cursos necesarios para que hoy este aquí.

Les agradezco a mis profesores del ITCR por todos los conocimientos que me brindaron y su gran ayuda a lo largo de todo este proceso, en especial al Ing. Walter Bolaños Quesada, por todo su apoyo, ayuda e interés, para finalizar mis estudios, al Ing. Arnoldo Ramírez por sus consejos y asesoramiento durante este período, así como para la revisión de este informe.

En los Laboratorios Stein S.A., le agradezco a Juan Carlos Morena, por brindarme la oportunidad de realizar en esta institución, mi práctica de especialidad, y a Geovanny Vega por toda su guía y ayuda.

Dedicatoria

Al finalizar mis estudios, le dedico este logro a mis padres que con mucho esfuerzo siempre han tratado de darme la mejor educación, no sólo en una institución, sino también en la vida misma. A mi mamá le doy gracias por su ejemplo, cariño y esmero para forjar en mí una persona responsable, con valores y preparado para el futuro. A mi papá le doy gracias por su gran ejemplo y ayuda, de la cual espero ahora sacar el mejor provecho.

También le dedico este logro a mi abuelita, Hortensia Araya Ávila, quien siempre supo demostrarme lo orgullosa que estaba de mí, al asistir a mis graduaciones de los estudios primarios y secundarios, y ansió estar conmigo en este momento de mi vida, pero Dios quiso que lo disfrutara desde el cielo. Muchas gracias abuelita!

ÍNDICE

Identificación de la empresa	8
1. Misión, Visión y Valores de la empresa	8
a. Misión	8
b. Visión	8
c. Valores	8
2. Antecedentes históricos	9
3. Ubicación geográfica	11
4. Organización de la empresa	11
5. Organización del Departamento de Mantenimiento	12
6. Número de empleados	13
7. Jornada laboral	13
8. Tipos de productos	14
9. Mercado de exportación	15
10. Proceso productivo	15
Resumen	18
Introducción	19
Objetivo general:	19
Objetivos específicos:	19
Definición del problema:	20
“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo”	20
“Diseño y construcción de moldes en una máquina CNC, para una <i>blistera</i> ”	21
“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo”	
Marco teórico	23
¿Cómo prevenir la falla de los bienes?	26
Sistemas de mantenimiento	27
Mantenimiento preventivo	28
Tipos de inspecciones:	33
Tipos de orientación:	33
La gestión de los materiales y repuestos	35
Control del mantenimiento	36
Diseño de un programa de mantenimiento preventivo	37
Desarrollo del Programa de Mantenimiento Preventivo	38
Etapa # 1⇒ Seleccionar las máquinas que formarán parte del PMP	38
Etapa # 2⇒ Valorar el grado de deterioro de las máquinas	39
Etapa # 3⇒ Estudio técnico de las máquinas	40
Etapa # 4⇒ Formación del archivo técnico	41
Etapa # 5⇒ Codificación de las máquinas	43
Etapa # 6⇒ Determinar los parámetros de funcionamiento global	47
Etapa # 7⇒ Determinar los objetivos específicos del PMP	48
Etapa # 8⇒ Dividir las máquinas en partes	49
Etapa # 9⇒ Dividir las partes en subpartes	50
Etapa # 10⇒ Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo	53
Etapa # 11⇒ Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección	54
Etapa # 12⇒ Calcular la disponibilidad para mantenimiento preventivo	57
Etapa # 13⇒ Elaborar el Gantt Anual	60
Etapa # 14⇒ Organizar la ejecución de las inspecciones	63
Etapa # 15⇒ Definir las estrategias de motivación	65
Etapa # 16⇒ Calcular el costo total del PMP	66
Etapa # 17⇒ Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo	68
Etapa # 18⇒ Evaluar el Programa de Mantenimiento Preventivo	69
Etapa # 19⇒ Actualizar periódicamente el PMP	70
Conclusiones y recomendaciones:	71

“Diseño y construcción de moldes en una máquina CNC, para una blistera”

Marco teórico.....	74
Control numérico CN	74
Introducción	74
Fundamentos, ventajas y clasificación	75
Máquinas herramientas de control numérico (MHCN)	77
Componentes de las MHCN	78
Ejes principales	78
Factores de mecanizado CN	80
<input type="checkbox"/> Factor máquina-herramienta:	80
<input type="checkbox"/> Refrigerante:	81
<input type="checkbox"/> Pieza (geometría básica):	82
<input type="checkbox"/> Material:	84
<input type="checkbox"/> Las virutas:.....	85
Programación de CN	87
Desarrollo de programas CN.....	88
Instrucciones CN	90
Control Numérico Computarizado CNC.....	92
¿Qué es el CNC?	92
Características del CNC	93
Uso del CNC.....	94
Convencional vs. máquina CNC	95
Desarrollo del proyecto	96
Descripción del proceso.....	97
Metodología utilizada para el diseño de los moldes	99
Centro de maquinado fresadora CNC	100
Molde de formado	102
Observaciones:.....	102
Medidas:	103
Material:.....	103
Toma de medidas estándar:.....	103
Tipo de pastilla:	105
Problemas y errores frecuentes en su mecanizado manual:	105
Diseño del molde:.....	106
Diseño del programa de control numérico:	108
Molde de sellado	110
Observaciones:.....	110
Medidas:	111
Material:.....	111
Toma de medidas estándar:.....	111
Problemas y errores frecuentes en su mecanizado manual:	112
Diseño del molde:.....	113
Diseño del programa de control numérico:	114
Recomendaciones:.....	115
Conclusiones:.....	116
Bibliografía:	117

Cuadros:

CUADRO 1. PRODUCCIÓN ANUAL DE LABORATORIOS STEIN S.A.	14
CUADRO 2. FORMATO DE LAS FICHAS TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA EMPRESA	41
CUADRO 3. CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS SEGÚN SU FUNCIÓN POR DEPARTAMENTO	43
CUADRO 4. CODIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS SEGÚN SU FUNCIÓN Y CLASIFICACIÓN	44
CUADRO 5. DESGLOSE DE LOS EQUIPOS DE EMPAQUE SEGÚN SUS CÓDIGOS	45
CUADRO 6. LISTA DE REPUESTOS PARA LA MÁQUINA PRODUCTORA DE BLISTERS EM5006	55
CUADRO 7. LISTADO DE LAS ACTIVIDADES DE LAS MÁQUINAS POR TIEMPOS Y TIPO DE PRODUCTO	58
CUADRO 8. FORMATO UTILIZADO PARA LA ELABORACIÓN DEL GANTT ANUAL DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	61
CUADRO 9. LISTADO DE LAS INSPECCIONES POR REALIZAR EN LA MÁQUINA.....	62
CUADRO 10. FORMATO DE LA HOJA A LLENAR AL REALIZAR LAS INSPECCIONES.	64
CUADRO 11. COSTO DE LAS HORAS HOMBRE Y ESPECIALIDADES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO.....	66
CUADRO 12. ORDENAMIENTO A SEGUIR PARA LA INCLUSIÓN DE LAS MÁQUINAS AL PMP	68

Figuras:

FIGURA 1. ORGANIGRAMA GENERAL DE LABORATORIOS STEIN S.A.	11
FIGURA 2. ORGANIGRAMAS POR DEPARTAMENTOS DE LABORATORIOS STEIN S.A.....	12
FIGURA 3. MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO	78
FIGURA 4. DESPLAZAMIENTOS-EJE DE UNA FRESADORA.....	79
FIGURA 5. LOS FACTORES DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA	80
FIGURA 6. RESUMEN DE LOS FACTORES PIEZA	83
FIGURA 7. RESUMEN DE LOS FACTORES MATERIAL	84
FIGURA 8. FACTORES POR TENER PRESENTES EN EL MECANIZADO CON MHCN	86
FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE INFORMACIÓN GEOMÉTRICA Y TECNOLÓGICA PARA LOS PASOS DE MECANIZADO	87
FIGURA 10. EJEMPLO DEL EMPLEO DE LOS COMANDOS G	90
FIGURA 11. BLISTERA ARGENTÉCNICA MAC S-200F	97
FIGURA 12. CENTRO DE MAQUINADO MAZAK AJV-18N	100
FIGURA 13. MEDIDAS EN MILÍMETROS DEL MOLDE DE FORMADO SIN MAQUINAR.....	103
FIGURA 14. DIBUJO EN AUTOCAD DE LA FORMA Y DIMENSIONES EN MILÍMETROS DE LA PASTILLA.	105
FIGURA 15. DISEÑO EN AUTOCAD DE LA VISTA SUPERIOR DEL MOLDE DE FORMADO.....	107
FIGURA 16. SIMULACIÓN DEL MECANIZADO LATERAL DEL MOLDE DE FORMADO.....	108
FIGURA 17. MEDIDAS EN MILÍMETROS DEL MOLDE DE SELLADO SIN MAQUINAR	111
FIGURA 18. DISEÑO EN AUTOCAD DE LA VISTA SUPERIOR DEL MOLDE DE SELLADO.	113
FIGURA 19. VISTA DE LA SIMULACIÓN DEL MECANIZADO FINAL DEL MOLDE DE SELLADO.	114

Anexos:

Anexo 1. Manual de operación para la máquina envasadora automática por sistema blister MAC S-200F número de serie 406.....	118
Anexo 2. Inspecciones rutinarias para los operarios.....	139
Anexo 3. Dibujos del molde de formado.....	141
Anexo 4. Dibujos del molde de sellado.....	146
Anexo 5. Simulación del proceso de maquinado de los moldes de formado y sellado.....	151

Identificación de la empresa.

1. Misión, Visión y Valores de la empresa.

a. Misión

“Contribuir con la calidad de vida de nuestros clientes mediante productos competitivos de clase mundial en el mercado latinoamericano a través de un servicio excelente y un recurso humano altamente productivo agregándole valor a la empresa”. 1

b. Visión

“Seremos una empresa farmacéutica innovadora de categoría mundial orientada a la salud integral de nuestros clientes”. 1

c. Valores

Los valores que persigue mantener Laboratorios Stein S.A., en la búsqueda de la excelencia incluyen: **Iniciativa** por parte del personal en general para el alcance de mejoras, que aumenten la calidad de vida dentro del laboratorio; **Responsabilidad** en el compromiso de sacar adelante el desarrollo de los productos; **Compañerismo** de parte de todos los que laboran en el laboratorio, para cooperar unos con otros en el cumplimiento de los objetivos, formando así **Equipos de trabajo** que funcionen de acuerdo con metas en común; y **Honestidad y Proactividad** para lograr la excelencia desde el punto de vista de todos los objetivos de la organización.

¹ Fuente: Laboratorios Stein S.A.

¹ Fuente: Laboratorios Stein S.A.

2. Antecedentes históricos.

La empresa Laboratorios Stein S.A. comienza sus operaciones en el año de 1970; desde entonces la compañía desarrolla un eficiente y eficaz sistema de aprovisionamiento para el sector institucional (CCSS).

Debido a la magnitud de la crisis regional de finales de la década de 1970, se tomó la decisión de capitalizar la experiencia de más de 10 años en el campo de la representación y distribución de productos farmacéuticos, para fundar una empresa industrial farmacéutica.

De esta forma nace en Costa Rica Laboratorios Stein S.A., bajo el amparo de la legislación local, y con capacidad para ser una opción real de apoyo y valor estratégico para el sector institucional de salud.

Entre los años 1978 y 1983 Laboratorios Stein S.A., inicia la construcción de su planta farmacéutica en Cartago, y comienza el desarrollo de los primeros 47 productos farmacéuticos.

Entre los años 1984 y 1989 se da un crecimiento y renovación de sus recursos y cuadros técnicos, y se consolida como proveedor institucional; además, para esos años posee un portafolio de más de 100 productos.

De 1990 a 1995 se culmina la consolidación de la compañía en lo referente a infraestructura, equipo y recursos, provocando la apertura al mercado centroamericano: Honduras en 1992 y Panamá en 1993. En esa época también se da la incursión de nuevas tecnologías (recubrimientos, acción prolongada) y el desarrollo de productos supera los 150.

De 1996 al año 2000 viene la apertura de los mercados de El Salvador, en 1996, y de Guatemala, en 1997. Para esa fecha se da una renovación del portafolio de productos para el mercado privado y se obtiene el Certificado de Normas ISO 9001.

En la actualidad, también está en proceso de extender sus servicios a naciones de América del Sur. Algunas alianzas estratégicas para ampliar sus servicios en varios países son las siguientes:

■ **Alianza Stein-Recalcine:** Recalcine es el primer laboratorio multinacional farmacéutico latinoamericano exclusivo y especializado para el tratamiento de la mujer. Con más de 75 años en el mercado chileno y compuesto por más de 850 personas, ha desarrollado alrededor de 300 productos. Esta empresa abastece el mercado local y una amplísima gama de compañías multinacionales. De la alianza entre Recalcine de Chile y Laboratorios Stein de Costa Rica nació Gynopharm(r), con lo cual se ha convertido en el primer laboratorio centroamericano que atiende a la mujer en forma integral y le ofrece al médico toda una terapéutica, concebida para que se convierta en su mejor alternativa.

Gynopharm(r) ofrece servicios en las áreas de anticoncepción, terapia hormonal de reemplazo, osteoporosis y fertilidad, con productos de calidad certificada y comprobada.

■ **Alianza Stein-Pharmacare:** Pharmacare es la más prestigiosa compañía de Sudáfrica.

Se especializa en la producción de inyectables. Durante más de 100 años ha mantenido el liderazgo en el mercado sudafricano y ha desarrollado alrededor de 180 productos. Tales alianzas tienen el propósito de combinar y compartir experiencias en diferentes áreas beneficiosas no solamente para ambas partes, sino también para el cliente, que recibe las ventajas de los adelantos más recientes obtenidos por estas prestigiosas casas.

Laboratorios Stein S.A. adoptó las Buenas Prácticas de Manufactura (GMP), parámetro internacional de calidad, como base para definir las especificaciones de su infraestructura y el equipo de producción. Además, fijó los requisitos para el reclutamiento y la capacitación de su más valioso activo: su personal.

3. Ubicación geográfica.

Laboratorios Stein S.A. se encuentra ubicado en La Lima de Taras de Cartago, 500 metros sur de la intersección del cruce de Taras.

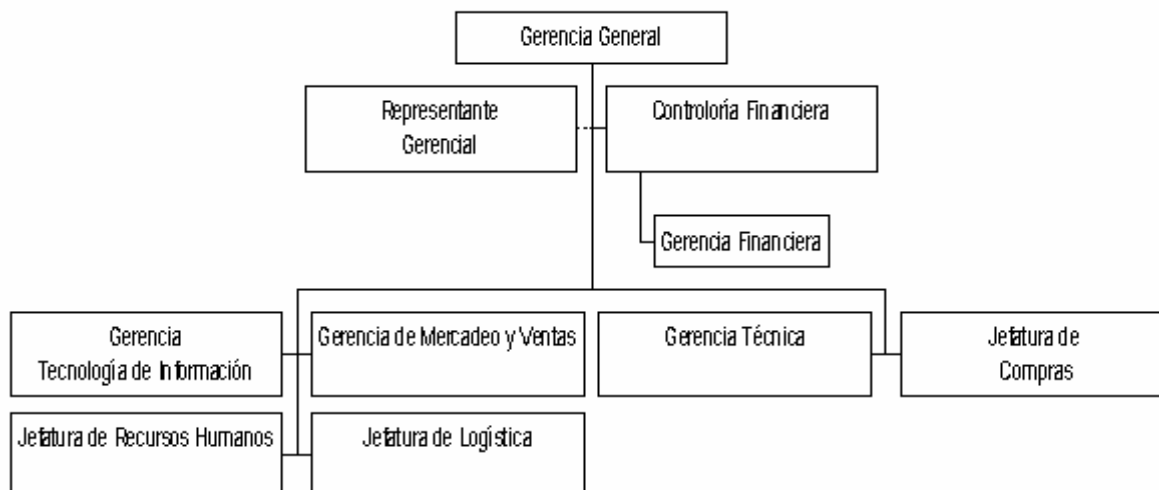
4. Organización de la empresa.

Laboratorios Stein S.A. está conformado por una Gerencia General, compuesta por:

- ✓ Presidente: Dr. Isaac Waserstein
- ✓ Vicepresidente: señor Mitchell Waserstein

De allí se despliegan los demás departamentos, como se puede observar en el siguiente organigrama:

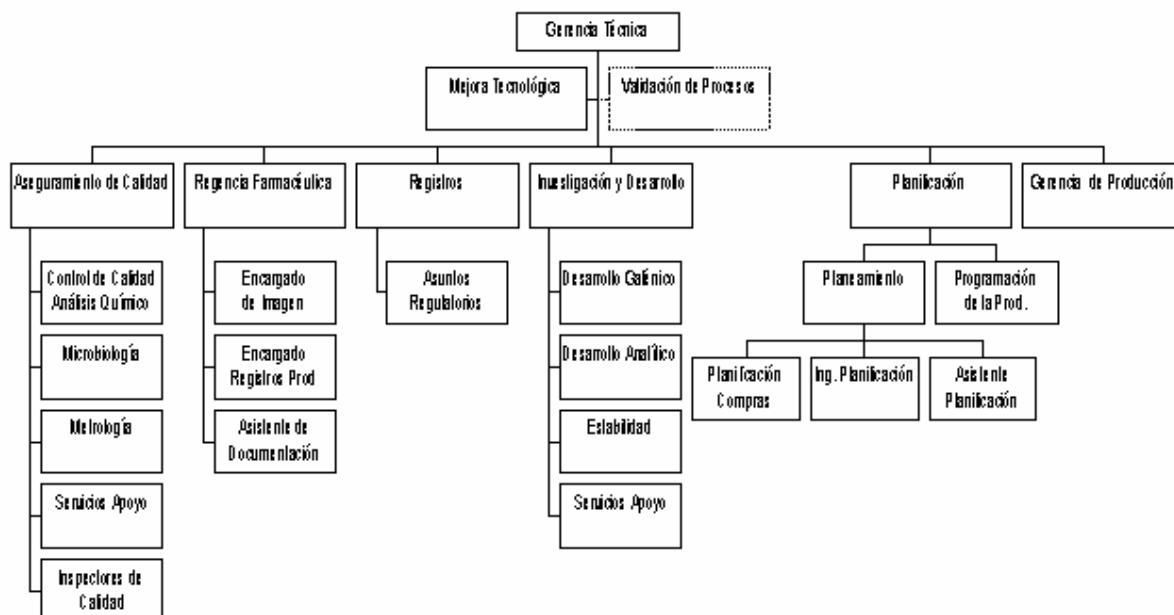
FIGURA 1. ORGANIGRAMA GENERAL DE LABORATORIOS STEIN S.A.



Fuente: Recursos Humanos, Laboratorios Stein S.A.

También podemos encontrar los niveles organizacionales, por departamentos, de Laboratorios Stein S.A. de la siguiente manera:

FIGURA 2. ORGANIGRAMAS POR DEPARTAMENTOS DE LABORATORIOS STEIN S.A.



Fuente: Laboratorios Stein S.A.

5. Organización del Departamento de Mantenimiento.

El Departamento de Mantenimiento está conformado por 12 personas: un jefe de mantenimiento, un jefe de bodega, y 10 mecánicos, además de dos practicantes, uno en el área de mantenimiento y otro en el de electrónica. También se encuentra un grupo de contratistas, que se encargan de dar mantenimiento a algunos equipos en especial y a las instalaciones del laboratorio.

6. Número de empleados.

En la actualidad Laboratorios Stein S.A. cuenta con 406 empleados distribuidos en las áreas de empaque, manufactura, dirección técnica, control de calidad, mantenimiento, administración y bodegas de materias primas, suministros, repuestos y producto terminado.

7. Jornada laboral.

En cuanto a las jornadas laborales, esta empresa trabaja en tres turnos continuos de 8 horas, de lunes a sábado, para el personal operativo, y otro de 9 y media horas, de lunes a viernes, para el personal administrativo, como se presenta a continuación:

- ✓ Personal administrativo
 - Lunes a viernes de 08:00 a.m. a 5:30 p.m.

- ✓ Personal operativo. Tres turnos rotativos por jornada
 - 6:00 a.m. – 2:00 p.m.
 - 2:00 p.m. – 9:30 p.m.
 - 9:00 p.m. – 6:00 a.m.

Esta distribución de tres turnos le permite a la firma trabajar ininterrumpidamente, durante toda la semana, incluyendo el sábado.

8. Tipos de productos.

Dentro de la carpeta que ofrece Laboratorios Stein S.A. se abarca más de 400 productos en diferentes formas farmacéuticas, todas con la calidad que establecen los más estrictos controles de la Farmacopea de Estados Unidos (USP) y las farmacopeas mundiales vigentes, fabricados bajo las normas de GMP, y con un sistema de control de calidad en línea. Su gama de artículos está de acuerdo con el cuadro básico de medicamentos esenciales recomendados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

El balance en cuanto a la producción de líneas farmacéuticas de Laboratorios Stein S.A. se maneja de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Producción anual de Laboratorios Stein S.A.

Forma de producto	Cantidad Anual
Tabletas	250 millones
Cápsulas	40 millones
Polvos	100 millones
Líquidos	200 000 litros
Cremas	50 toneladas
Supositorios y óvulos	7.5 millones

Esta compañía ha diferenciado la excelencia en las líneas de productos de la siguiente manera:

- Línea ética: son productos distinguidos con las propias marcas registradas Stein, que sellan su calidad y su prestigio.
- Línea OTC: son productos populares que se distinguen con la fuerza impregnada en marcas desarrolladas por Stein, y que llegan con un sistema fuerte de promoción a las farmacias.

- Línea nutritiva: éste es un campo de productos cuya existencia comenzó hace pocos años, y se compromete a la búsqueda permanente de prevención de la enfermedad y sino, al menos, a mitigar los estragos.
- PME: es un programa de medicamentos esenciales; son productos con alto contenido social, al hacer accesible a las poblaciones de poder económico bajo, una excelente alternativa de precio con una calidad Stein que la respalda.
- Productos de servicio: se fabrican con el propósito de satisfacer una necesidad específica, independientemente de su costo productivo.

9. Mercado de exportación.

Laboratorios Stein S.A. tiene un mercado privado, por ejemplo, farmacias, donde se ofrece una línea ética, la cual está formada por productos prescritos únicamente por un médico, y una línea OTC que la forman medicamentos que pueden ser adquiridos sin receta médica. También posee un mercado institucional, por ejemplo, entidades como hospitales, la CCSS, el Ministerio de Salud y otros.

Su mercado de exportación lo compone Centroamérica y actualmente está incursionando en América del Sur.

10. Proceso productivo.

El proceso productivo de Laboratorios Stein S.A. se divide de la siguiente manera:

- ⇒ Dispensado de materia prima: en esta sección se pesan las materias que van a ser procesadas en manufactura, ya sea principio activo o excipientes, según el lote y la cantidad que se requiera para éste, lo cual viene especificado en la orden de producción que hace llegar el Departamento de Planificación, que es el encargado de enlazar Mercadeo con Producción, y es el que va programando las solicitudes de compra según su prioridad.

⇒ Manufactura: el producto pesado puede seguir dos caminos, ya sea manufacturación de sólidos (tabletas y cápsulas) o de líquidos o semisólidos (líquidos, cremas, ungüentos, geles, óvulos, supositorios, polvos e inyectables), según corresponda. En esta área es donde se producen los medicamentos farmacéuticos, ya listos para ser empacados o subdivididos en los respectivos empaques.

La manufactura de sólidos está formada por varias operaciones que se realizan en diferentes áreas de la empresa, para poder llegar a fabricar el producto final; sin embargo, no a todos se les realizan las mismas operaciones. Los departamentos se explican a continuación:

- ✓ Molienda y mezcla: En esta área se muelen y mezclan los principios activos y los excipientes, que formarán el producto específico.
 - ✓ Granulación: Aquí es donde se muele aun más la mezcla, con el fin de obtener el tamaño de grano adecuado para formar la tableta o cápsula.
 - ✓ Secado: El área de secado es la que realiza la operación de secar polvo que viene de granulación, hasta obtener un producto de baja humedad relativa.
 - ✓ Precompresión: Aquí se comprime el polvo para formar las tabletas; a esta área sólo pasarán aquellas tabletas que necesiten una nueva compresión, ello porque la naturaleza del polvo así lo requiere.
 - ✓ Compresión: En esta área se comprime el polvo para formar las tabletas.
- ⇒ Subdivisión: Aquí se subdivide el producto en los diferentes empaques primarios dependiendo del producto, como *blisters*, frascos, tubos, encelofanados, entre otros, con la ayuda de máquinas especializadas para tal fin.

- ⇒ Empaque: Los productos son transportados del cubículo de subdivisión al área de empaque por medio de una banda transportadora, en la cual están los operarios empacando en los diferentes estuches secundarios e inspeccionando, a la vez, las características de calidad con que se debe cumplir. Al final de la banda se encuentra un operario empacando los estuches en los corrugados respectivos, para su posterior despacho a bodega de producto terminado.

Resumen

La empresa Laboratorios Stein S.A. requería brindar un mejor mantenimiento a sus máquinas en los departamentos de manufactura y empaque debido a que no contaba con un mantenimiento preventivo activo, y basaban toda la fuerza de mantenimiento en realizar correctivos a las máquinas que presentaban algún problema. Por lo anterior, se tuvo como principal objetivo, implementar un plan de mantenimiento preventivo a aquellas máquinas que se encontraban en buen estado, para así poder mantenerlas trabajando eficientemente por el mayor tiempo posible. Las que no cumplían con la característica antes descrita, se les realizó un mantenimiento correctivo programado, para ponerlas lo más cercanas posible a sus características de cuando fue comprada, pues ya estaban experimentando problemas de agotamiento a temprana edad o estaban realizando un trabajo deficiente en comparación al que realizaban poco tiempo atrás. Para llevar a cabo dichos planes de mantenimiento preventivo, se siguió una guía de 19 etapas para el diseño y una buena implementación.

Por otro lado y como segundo objetivo, se realizó el diseño y construcción de un molde, encargado de formar las cavidades en donde se introducen las pastillas o cápsulas, en una lámina de PVC, y otro, encargado de unir y sellar por calor la lámina de PVC con una lamina de aluminio, para así obtener después de un proceso de troquelado, el blister final que se pone a la venta. El problema surgió cuando las configuraciones de los moldes no cumplían con las características de tamaño de la nueva pastilla. Además se quería una nueva conformación del diseño de los moldes.

Introducción

Objetivo general:

- ✓ Implementar en Laboratorios Stein S.A. una serie de planes de mantenimiento preventivo, que mejoren la calidad de las máquinas y así superar la calidad del producto final, así como, realizar el diseño y construcción de un molde de formado y otro de sellado para la nueva construcción de un *blister*.

Objetivos específicos:

- ✓ Familiarizarse con el ambiente laboral de la empresa.
- ✓ Identificar los procesos productivos que se utilizan para la producción de líneas farmacéuticas.

Definición del problema:

“Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo”

La empresa Laboratorios Stein S.A. requería dar un mejor mantenimiento a sus máquinas en los departamentos de Manufactura y Empaque, ya que a éstas sólo se les realizaba mantenimiento correctivo, y ya experimentaban problemas de agotamiento a temprana edad, o estaban realizando un trabajo deficiente en comparación con el que daban poco tiempo atrás. También como parte de los requerimientos del Ministerio de Salud, para que la empresa siguiera estando certificada ISO 9001-2000, se requería de un mantenimiento preventivo funcional en las máquinas.

Para la implementación de los planes de mantenimiento preventivo, se siguió un orden para su diseño e implementación, de la siguiente manera:

1. Reunirse con los jefes de cada departamento, para definir el orden en que las máquinas iban a entrar en el plan de mantenimiento y los tiempos para la realización de las inspecciones.
2. Dialogar con los operarios de las máquinas, para reconocer los problemas mas comunes que enfrentaban
3. Reunirse con los mecánicos para ubicar los problemas que más comúnmente atendían en las máquinas.
4. Realizar el plan de mantenimiento preventivo según el ordenamiento por seguir en las máquinas por departamento, y las 19 etapas para llevarlo a cabo, que se describirán más adelante.
5. Presentar el plan a los jefes de departamento y a la gerencia, para su aprobación.
6. Realizar cambios, mejoras e implementar el plan de mantenimiento preventivo.

“Diseño y construcción de moldes en una máquina CNC para una *blistera*”

El proyecto se originó debido al faltante de matricería en lo que respecta a la zona de empaque. Más específicamente para el lanzamiento de un nuevo producto, el cual no tenía moldes de formado y sellado donde empaquetar la nueva pastilla. Se decidió entonces diseñar un nuevo juego de moldes para la máquina blisteadora EM5006, que cumpliera con las características de la pastilla.

La realización de los moldes en una máquina fresadora del tipo CNC, se debió a que se requería una alta precisión en su construcción y en el mecanizado a mano, aunque realizable, cualquier error originaría la pérdida del material y/o las horas de trabajo.

Los pasos que se siguieron para el diseño y la hechura del molde, fueron los siguientes:

1. Inspección y toma de datos de los moldes de la empresa y de las medidas estándar para todas las plantillas.
2. Diseño del molde con sus respectivas medidas en AutoCad en dos dimensiones
3. Diseño del molde en AutoCad en tres dimensiones para su aprobación por parte de la gerencia, en cuestiones de forma y configuración de las pastillas.
4. Desarrollo del control numérico para la máquina Mazak AJV-18N, utilizando el asistente de manufactura computarizado MasterCam Mill Versión 8.1.1
5. Construcción del molde.

*“Diseño e implementación de un programa
de mantenimiento preventivo”*

Marco teórico

En la actualidad el mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia creciente; los adelantos tecnológicos han impuesto un mayor grado de mecanización y automatización de la producción, lo que exige un incremento constante de la calidad; por otro lado, la fuerte competencia comercial obliga a alcanzar un alto nivel de confiabilidad del sistema de producción o servicio, a fin de que éste pueda responder adecuadamente a los requerimientos del mercado.

El mantenimiento pasa a ser así una especie de sistema de producción o servicio alternativo, cuya gestión corre paralela a éste; consecuentemente, ambos deben ser objeto de similar atención; la esencia empírica demuestra, no obstante, que la mayor atención se centra en la actividad productiva o de servicio propiamente dicha.

Cada equipo, independientemente de su naturaleza, presenta un determinado patrón de falla. Esta se da a partir del tiempo medio entre fallas, y pueden ocurrir dos situaciones:

1. El patrón de falla refleja que se trata de un equipo cuyos problemas están relacionado con la edad.
2. El patrón de falla refleja un equipo cuyo mal funcionamiento no está relacionado con la edad.

En mantenimiento, se agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc.

La confiabilidad es la probabilidad de que un producto se desempeñe del modo que se había propuesto, durante un tiempo establecido, bajo condiciones especificadas de funcionamiento.

Un buen mantenimiento procura:

- ✓ Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- ✓ Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- ✓ Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- ✓ Impedir accidentes.
- ✓ Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- ✓ Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de trabajo.
- ✓ Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
- ✓ Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de ellos durante más tiempo, y a reducir el número de averías.

Un equipo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado.

En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil, se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo. Puede ser a corto plazo o a muy largo plazo. El paso del tiempo provoca en algunos bienes, disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

En otro tipo de bienes, el deterioro se acentúa principalmente por su uso, como es el caso de todas las piezas móviles de una maquinaria o instalación. No todos los sistemas presentan la *etapa de mortalidad infantil*, pero sí la mayoría. Entre los que la evidencian están aquellos donde la tasa de falla es alta, y otros en los que es pequeña.

Las averías se presentan, en mayor medida, al principio de la vida útil para luego estabilizarse durante un tiempo relativamente largo, en un valor que depende del tipo y características del bien, para luego comenzar a ascender, lo cual marca en general, su límite de vida útil.

Si se lleva al dibujo lo anterior, se obtiene un gráfico que se conoce con el nombre de **curva de la bañera**, por analogía con la forma del artefacto sanitario.

Según el momento de la vida útil en el que aparecen las averías, podemos clasificarlas en:

- ✓ Fallas tempranas: correspondientes al *período de mortalidad infantil*, ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de averías. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje. Se presentan normalmente en forma repentina y pueden causar graves daños. Actualmente y gracias a los criterios de calidad total, este tipo se encuentra en franca regresión.
- ✓ Fallas adultas: son las que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de funcionamiento y ocurren más lentamente que las anteriores.
- ✓ Fallas tardías: representan una pequeña fracción de las averías totales; aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien.

La eficiencia de un bien de producción nos habla sobre el régimen de funcionamiento, y la medimos como cociente entre el tiempo estándar para realizar una actividad y su tiempo real.

La calidad del servicio de mantenimiento es otra medida por tener en cuenta. Nos expresa en qué medida el bien por mantener elabora los productos con la calidad especificada por el diseño.

¿Cómo prevenir la falla de los bienes?

Los bienes relativamente simples, tenderán a fallar o a descomponerse, a intervalos casi constantes, luego de la última reparación o cambio.

Los más complejos, con muchos componentes, tendrán una distribución de tiempos de averías que mostrarán desde una baja hasta una muy alta variabilidad, según sea la complejidad y la minuciosidad de los grados de ajuste en las tareas de mantenimiento.

Por ello, luego de una reparación, este tipo de bienes puede caer en falla en muy breve tiempo, o por el contrario, funcionar un muy largo tiempo antes de volver a causar problemas.

Los tiempos de fallas se reparten según varios tipos de distribución estadística, como es la normal, la exponencial negativa, la de Poisson, etc., predominando una de ellas, según el tipo de bien y el momento de la vida total del bien que se trate.

Sistemas de mantenimiento

Estos han ido evolucionando con el tiempo, y hoy no pueden dejarse de lado en ninguna de sus variadas formas y versiones, si pretendemos una manufactura de clase mundial.

En los primeros tiempos del desarrollo de las industrias, las tareas de mantenimiento fueron limitadas a efectuar reparaciones o cambios de piezas luego de que éstas fallaran o, en algunos casos, a realizarlas poco antes de que se presentara el problema.

Actualmente existen variados sistemas para encarar el servicio de mantenimiento de las instalaciones en funcionamiento. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir las fallas, sino que también tratan de actuar antes de su aparición, haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que existen son:

1. Mantenimiento correctivo
 - a) De emergencia
 - b) Programado
2. Mantenimiento preventivo (para efectos del proyecto sólo éste se describirá)
3. Mantenimiento predictivo
4. Mantenimiento productivo total (TPM).

Normalmente pueden coexistir varios de ellos en una misma empresa, pues se trata de elegir el sistema que más convenga según el tipo de bien por mantener, la política empresarial en esta materia, la organización del mantenimiento y la capacidad del personal y de los talleres, la intensidad de empleo de los bienes, el costo del servicio o las posibilidades de aplicación.

Como es evidente, no todos los bienes por mantener son del mismo tipo. Así podemos discriminar entre:

- ✓ Críticos
- ✓ Importantes
- ✓ Comunes o sin importancia

Esta clasificación está basada principalmente en las consecuencias que pueden acarrear las fallas que se produzcan en cada uno de ellos.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede ser definido como la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias. No debería permitirse que ninguna máquina o instalación llegase hasta el punto de ruptura.

Debidamente dirigido, el es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a la empresa dinero en conservación y funcionamiento.

Un plan de mantenimiento preventivo bien ejecutado debe incluir:

1. una inspección periódica de las instalaciones y equipo, para descubrir situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
2. el mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Si se permite que el equipo o instalaciones se deterioren, sea por un falso sentido de economía o por una producción muy presionada, es preciso trazar planes para elevar el nivel del equipo hasta un estándar mínimo de prevención, antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo en regla, ya que es necesario llegar a una cierta condición de estabilidad para introducir técnicas de cuidado preventivo. De otro modo, la fuerza de mantenimiento estará demasiado ocupada reparando averías, para que se pueda llegar a cabo una inspección y mantenimiento bajo programa.

Ya que este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas, es evidente que ningún sistema puede anticiparse a las averías que no se avisen por algún medio. La base de información surge de fuentes internas y externas a la organización.

Las fuentes internas: están constituidas por los registros o historiales de reparaciones en la empresa, los cuales nos informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder. Se debe tener en cuenta que los bienes tanto pudieron ser adquiridos nuevos (sin uso) como usados.

Forman parte de las mismas fuentes, los archivos de los equipos e instalaciones con sus listados de partes, especificaciones, planos generales, de detalle, de despiece, los archivos de inventarios de piezas y partes de repuesto (*spare parts*) y, por último, los archivos del personal disponible en mantenimiento con el detalle de su calificación, habilidades, horarios de trabajo, sueldos, etc.

Las fuentes externas: están constituidas por las recomendaciones sobre el mantenimiento, que efectúa el fabricante de cada bien.

Las salidas del sistema, están constituidas por los informes de:

- ✓ Compras e inventario
- ✓ Listado de partes de los equipos e instalaciones
- ✓ Historiales
- ✓ De análisis de costos (reales contra los estándar)
- ✓ Órdenes de trabajo de mantenimiento y de recorridas en sus diversos tipos.

En el caso de compra de bienes de cierta importancia, junto con ellos, se recibe un manual de funcionamiento y mantenimiento. En dicho folleto, se recomienda la realización de determinados trabajos de mantenimiento y reemplazos de piezas o de materiales de consumo, especificándose la oportunidad de su ejecución sobre una base de lapso de uso, tiempo desde la última intervención, número de golpes, número de vueltas, kilómetros recorridos, cantidad de materia prima procesada, etc.

El fabricante puede formular esas recomendaciones porque se basa en su experiencia, es decir, en el conocimiento que obtiene sobre los productos de su fabricación, por la práctica y por la observación a través de un tiempo prolongado.

En ambas fuentes de información se encuentra implícito el conocimiento de la vida útil del bien. Esta, para los bienes y sus componentes, es lo que nos facilita encarar el mantenimiento del tipo preventivo.

Por otro lado, para los casos donde no se dispone de información sobre la historia o sobre la vida útil de un bien, la confección de un programa de reparaciones anticipadas, nos permite actuar antes que se produzcan muchas de las fallas.

En todos los casos, la prevención nos deja preparar el equipo de personal, los materiales por utilizar, las piezas por reponer y la metodología por seguir, lo cual constituye una enorme ventaja. Lo mejor de este sistema es reducir la cantidad de fallas por horas de marcha.

Uno de los objetivos principales de la práctica de un mantenimiento preventivo es la baja de los costos, pero esta economía puede asumir diferentes formas:

1. Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas.
2. Mejor conservación de la maquinaria e instalaciones, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
3. Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido, en lugar de hacerlo inapropiadamente para componer desarreglos.
4. Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
5. Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes y con ello aumentar el costo de reparación. Una atención previa a que se presenten las averías.
6. Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
7. Identificación del equipo que genera gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así puntualizar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
8. Mejores condiciones de seguridad.

Las desventajas que presenta este sistema son:

✘ Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento, se procede a su cambio, encontrándose muchas veces, que la parte que se cambia, permitiría haber sido utilizada durante un tiempo más prolongado. En otros casos, ya con el equipo desarmado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo costo es escaso frente al correspondiente de desarme y armado, en vista de prolongar la vida del conjunto.

✘ Problemas iniciales de funcionamiento: cuando se desarma, se montan piezas nuevas, se rearma y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

Muchas veces, esto es debido a que las piezas no hermanan como cuando se desgastaron en forma paulatina en una posición dada; otras veces, es debido a la aparición de fugas o pérdidas que antes de la reparación no existían, o a que no se advirtió que también se deberían haber cambiado secciones que se encontraban con pequeños desgastes, o a que durante el armado se modificaron posiciones de piezas que provocan vibraciones por desbalanceo de las partes rotantes.

✘ Costo en inventarios: esto sigue siendo alto aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.

✘ Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de poner el equipo en servicio lo más rápidamente posible.

✘ Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce un degeneramiento del servicio.

Tipos de inspecciones:

Las inspecciones pueden ser de dos tipos:

- ✓ Con máquina detenida: Son las que implican el desarme del componente por revisar o, por lo menos, de algún componente que interfiera con el funcionamiento normal de la máquina.
- ✓ Con máquina en marcha: Implican la medición de los parámetros de funcionamiento del componente.

Las inspecciones, por su parte, deben tener una orientación definida, que es la responsable de mostrar la acción que se va a tomar por parte del encargado a realizar la inspección después de la verificación preliminar.

Tipos de orientación:

Los tipos de orientación que van a llevar incluidas las inspecciones programadas son las siguientes:

1. Informar:

- ✓ Se utilizará cuando la corrección a la falla encontrada, requiera de un trabajo mayor.
- ✓ Bajo este tipo de orientación, el operario no realiza ninguna corrección.
- ✓ Hace una inspección del componente o componentes y lo informa. Con este reporte se pretende llevar un control o incremento de la posible falla.
- ✓ Este reporte se analizará para determinar si se requiere de alguna corrección.
- ✓ Si requiere corrección, ésta se efectuará posterior a cuando se programó la fecha y hora de la inspección.

2. Corregir o ajustar en caso necesario:

- ✓ Este tipo de orientación se basa en el concepto de “Criterio preventivo”. Las inspecciones que lo impliquen pretenden que una vez hecha la inspección, el encargado resuelva el problema de forma inmediata dentro del tiempo de inspección y no posterior a su realización.

3. Cambiar:

- ✓ Bajo este tipo de orientación, el encargado cambia el componente sin realizar ningún análisis.

La gestión de los materiales y repuestos

Si se trata del rubro repuestos, es conveniente tener en cuenta que cuando adquirimos un equipo nuevo, podemos solicitar al proveedor un listado de recambios recomendados para emplear durante el primero o los dos primeros años de uso del equipo.

En general, los costos de los repuestos, suelen ser mucho más bajos adquiridos de este modo que cuando se solicita cotización sólo por ellos. Por otra parte, en esas condiciones, tenemos la seguridad de que son piezas exactamente iguales a las que se encuentran montadas en el equipo.

Para los casos en que los materiales y recambios sean de consumo constante, podemos valernos de las técnicas de gestión de inventarios, que veremos más adelante.

Si en cambio su consumo muestra una alta aleatoriedad, es decir, momentos en que la demanda resulta muy baja o muy alta, debemos procurar ayuda en la estadística, para gestionar adecuadamente los repuestos necesarios.

Más sencillamente se gestionan los materiales y recambios que podemos contabilizar como necesarios para los trabajos que se ejecutan durante las paradas programadas. Podemos comprarlos con la debida anticipación (justo a tiempo) para minimizar el costo total, resultante del de mantener inventario, más el costo de ordenarlo.

Lo que no debemos perder de vista, es el grado de criticidad o de importancia de los equipos a los cuales estarían destinados estos materiales, y las consecuencias que genere una falla no reparada en tiempo.

Control del mantenimiento

Entre la información que debemos considerar a efectos de controlar la actuación de mantenimiento, se cuenta:

- ⇒ Control del cumplimiento de los planes y de los programas, identificación y análisis de las causas que motivaron los desvíos.
- ⇒ Supervisión de la productividad y de la eficiencia de la mano de obra.
- ⇒ Control de los gastos reales en relación con los planeados.
- ⇒ Revisión sobre las horas de parada relacionadas con las horas de actividad de la planta.
- ⇒ Control por comparación con indicadores mundiales de la misma actividad.

Varios gráficos pueden ser utilizados para visualizar rápidamente la actuación del mantenimiento:

- ⇒ Horas de cuadrilla por quincena. Nos permite determinar el tamaño de la dotación, estabilidad, crecimiento o disminución de los problemas de mantenimiento.
- ⇒ Horas planeadas/horas totales por quincena. Nos sirve de guía para determinar cuánto trabajo de mantenimiento hemos planeado en relación con la actividad total.
- ⇒ Gastos planeados/gastos reales. Podemos observar la precisión con la cual están planeando los encargados de estimar los trabajos de mantenimiento, o lo mal que están cumpliendo sus funciones los operarios.
- ⇒ Cantidad de órdenes de emergencia/órdenes totales. Nos informa si tenemos dominada la situación, o si es de constante estado de alerta.

Diseño de un programa de mantenimiento preventivo

En el diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo (PMP), se debe seguir una serie de 19 pasos de orden consecutivo, los cuales van desde la selección de la máquina que formará parte del programa hasta las evaluaciones y actualizaciones, por medio de un seguimiento cercano de la ejecución de las inspecciones.

Las etapas de las que consta el diseño de un Programa de Mantenimiento Preventivo, son las siguientes:

- ✓ Etapa # 1⇒ Seleccionar las máquinas que formarán parte del PMP
- ✓ Etapa # 2⇒ Valorar el grado de deterioro de la maquinaria
- ✓ Etapa # 3⇒ Estudio técnico de las máquinas
- ✓ Etapa # 4⇒ Formación del archivo técnico
- ✓ Etapa # 5⇒ Codificación de las máquinas
- ✓ Etapa # 6⇒ Determinar los parámetros de funcionamiento global
- ✓ Etapa # 7⇒ Determinar los objetivos específicos del PMP
- ✓ Etapa # 8⇒ Dividir las máquinas en partes
- ✓ Etapa # 9⇒ Dividir las partes en subpartes
- ✓ Etapa # 10⇒ Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo
- ✓ Etapa # 11⇒ Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección
- ✓ Etapa # 12⇒ Calcular la disponibilidad para mantenimiento preventivo
- ✓ Etapa # 13⇒ Elaborar el Gantt Anual
- ✓ Etapa # 14⇒ Organizar la ejecución de las inspecciones
- ✓ Etapa # 15⇒ Definir las estrategias de motivación
- ✓ Etapa # 16⇒ Calcular el costo total del PMP
- ✓ Etapa # 17⇒ Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo
- ✓ Etapa # 18⇒ Evaluar el PMP
- ✓ Etapa # 19⇒ Actualizar periódicamente el PMP

Desarrollo del Programa de Mantenimiento Preventivo

Etapa # 1⇒ Seleccionar las máquinas que formarán parte del PMP

Para la selección de las máquinas y el orden en que iban a formar parte del plan de mantenimiento preventivo, se tomó como punto de referencia las que tuvieran la mayor importancia para el proceso productivo y que requirieran una disponibilidad alta para la gerencia de producción, que del caso de estar en paro por falla, incrementarían los costos de producción.

También se seleccionaron aquellas cuyo proceso productivo no pudiera ser realizado por ninguna otra máquina en la empresa. Dentro de esta misma selección se dejaron por fuera aquellas que, como se expuso en el marco teórico, incurrieran en que la fuerza de mantenimiento estuviera demasiado ocupada reparando averías para que se pueda llevar a cabo una inspección y mantenimiento bajo programa.

Otro criterio empleado en la selección de las máquinas fue la de concentrarse en aquellas que presentaran una mayor cantidad de partes que pudieran desgastarse o dañarse. Tomando todos estos criterios, el orden en que se iba a implementar el plan de mantenimiento preventivo, quedó de la siguiente manera:

Equipos de empaque (aquellos en buen estado)

Equipos de manufactura

Equipos encargados de brindar servicios

Equipos auxiliares

Etapa # 2⇒ Valorar el grado de deterioro de las máquinas

Como se dijo anteriormente, al inicio de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se realizó un estudio de cuáles máquinas se encontraban trabajando bajo los parámetros normales de funcionamiento especificados en sus manuales. O sea, aquellos equipos que se encontraban en las dos primeras zonas de la curva de la bañera, las cuales son: la etapa de fallas prematuras y la etapa de vida útil.

Lo anterior se realiza para no consumir el esfuerzo del personal de mantenimiento en reparaciones excesivas y extensas, que disminuyera la disponibilidad para mantenimiento preventivo. Conforme se fueran poniendo a punto el resto de los equipos, se irían incluyendo en el plan, para así lograr incluir todos los equipos de la empresa.



Etapa # 3⇒ Estudio técnico de las máquinas

Para realizar el estudio técnico de las máquinas, se llevó a cabo una investigación de cuáles tenían su manual en la empresa, y aquellas que no lo tuvieran fueron solicitados a las casas distribuidoras o fábricas. Después se realizó un estudio de los parámetros de funcionamiento de fábrica de la máquina y se comparó con las variables actuales que presentaban, para así coordinar su introducción al plan de mantenimiento preventivo. Además, se les consultó a los mecánicos para averiguar cuáles eran las que presentaban fallas con mayor frecuencia y qué partes mostraban mayores problemas, para así saber dónde centralizar más las inspecciones.

Etapa # 4 ⇒ Formación del archivo técnico

Además de la información recavada cuando se realizó el estudio técnico de las máquinas, para la formación del archivo técnico se requirió de una inspección detallada de los datos de placa, para corroborar que la información expresada en el manual correspondiera con la presente en las máquinas, hasta el día de hoy, para la cual también se consultó a los mecánicos que trabajan con ellas. Toda esta información fue digitada en un formato que presentara las características de los componentes principales, además de los datos de placa de los que presentarían dicha información. El formato final que se obtuvo de todo este proceso, fue el siguiente:

Cuadro 2. Formato de las fichas técnicas utilizadas en la empresa

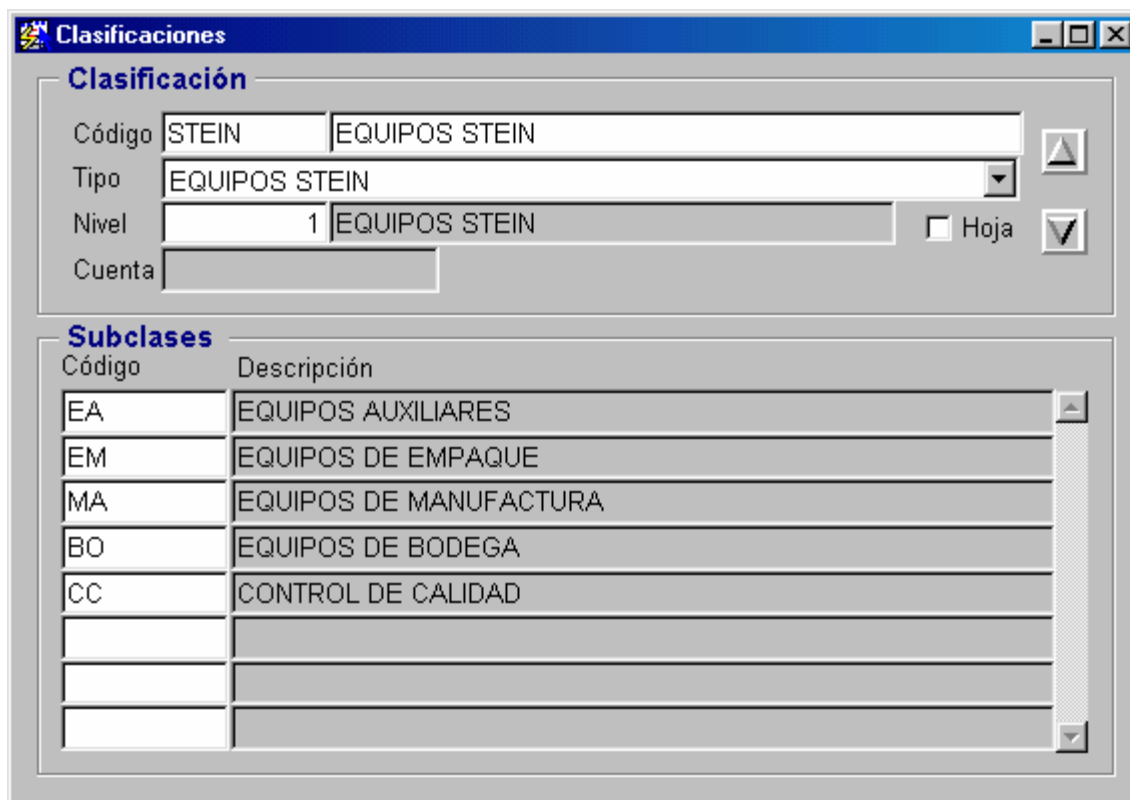
 LABORATORIOS STEIN 			
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO FICHA TÉCNICA			
Nombre del equipo		Línea	Código del Equipo
Blistera Argentécnica		Empaque	EM5006
Datos Generales			
Marca	Argentécnica	Motores:	Un motor principal
Tipo	Blistera		Tres motores auxiliares
Modelo		Presión Máxima	-----
Serie	406	Presión Mínima	6 Bar (6 Kg/cm ²)
Dimensiones(m)	1x1,5x3,8	Presión de Trabajo	4 Bar (4 Kg/cm ²)
Potencia Consumida:	-----	Diam. máx. rolo termof.	500 mm
Voltaje	220/380 VAC	Ancho máx. rolo termof.	205 mm
Frecuencia	50/60 Hz	Diam. máx. rolo tapa	200 mm
Velocidad Máxima	700 Unid./hora	Ancho máx. rolo tapa	195 mm
Prof. standard blister	12 mm	Dimens. máx. blister	100 mm x 195 mm
Motor Principal		Motores Auxiliares	
Nombre	Transmisión principal	Nombre	Debobinadores
Marca	MEZ	Marca	Siti-Asincrono
Modelo	7AA90S04	Modelo	H56B/4
Nº de Serie	0021905-0090-0084	Nº de Serie	
Potencia	1,3 HP	Potencia	0,1 HP
Velocidad	1715 r.p.m	Velocidad	1620 r.p.m
Voltaje	220/380 V	Voltaje	220/380 V
Corriente	4,5/2,6 A	Corriente	0,66/0,38 A
Nº de Fases	3	Nº de Fases	3
Piñon-Cadena	Paso 1/2", Z20 Triple	Polea	
Reductor	MHL 30/2 RJ/24 D020,7	Faja	

Además de la formación del archivo técnico, fue necesaria una investigación más detallada de la máquina, para tomar la información de la mayor cantidad de componentes para la realización de la lista de repuestos, para la cual fue necesario de inspecciones continuas a la maquinaria y de una gran colaboración conjunta entre el encargado de bodega y la jefatura de mantenimiento, para así tener la información detallada de todos los componentes que se encontraban en la bodega y de aquellos que no lo estuvieran, para mejorar así los pedidos, ya que así se asegura la compra del recambio requerido.

Etapa # 5⇒ Codificación de las máquinas

La codificación de las máquinas en los Laboratorios Stein S.A., se realizó hace ya un tiempo, para lograr una mayor facilidad de ubicar cualquiera y de asignarle los costos de mantenimiento (gastos en repuestos y horas hombre de trabajo), para así llevar un control más eficaz de cada una de ellas. Lo que se hizo en esta etapa, fue verificar que los códigos correspondieran a las máquinas asignadas y que estuvieran todavía en funcionamiento y en la empresa. Las máquinas, quedaron así, con un número asignado según su ubicación en la firma y el departamento a la cual pertenece, de la siguiente manera:

Cuadro 3. Codificación de las máquinas según su función por departamento



The screenshot shows a software window titled "Clasificaciones" with two main sections: "Clasificación" and "Subclases".

Clasificación

Código: STEIN EQUIPOS STEIN

Tipo: EQUIPOS STEIN

Nivel: 1 EQUIPOS STEIN Hoja

Cuenta: [Empty field]

Subclases

Código	Descripción
EA	EQUIPOS AUXILIARES
EM	EQUIPOS DE EMPAQUE
MA	EQUIPOS DE MANUFACTURA
BO	EQUIPOS DE BODEGA
CC	CONTROL DE CALIDAD

Cuadro 4. Codificación de las máquinas según su función y clasificación

Clasificaciones

Clasificación

Código

Tipo

Nivel TIPO EQUIPO Hoja

Cuenta

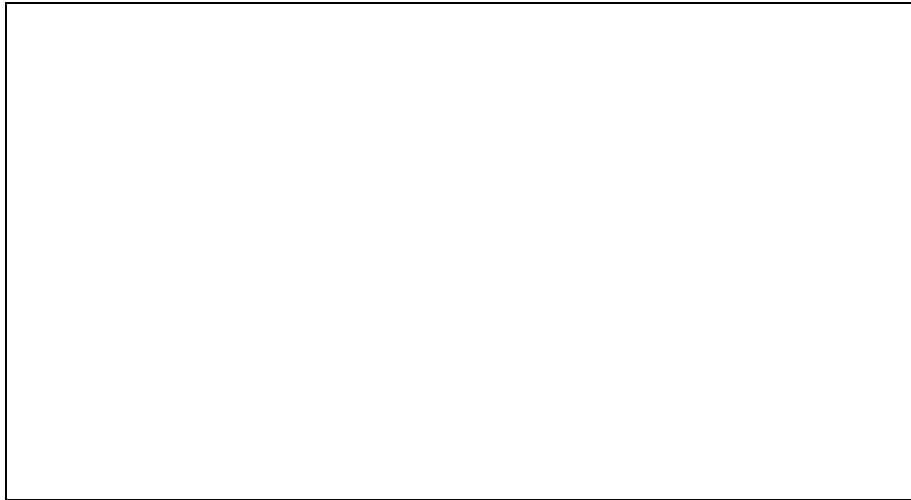
Subclases

Código	Descripción
EM00	CONTADORAS
EM10	LLENADORAS DE SUPOSITORIOS
EM20	ETIQUETADORAS
EM30	LLENADORAS DE LIQUIDOS
EM40	BANDAS TRANSPORTADORAS
EM50	BLISTERAS
EM60	MAQUINAS DE NO SUCAR
EM70	CODIFICADORAS
EM80	IMPRESORAS
EM90	ENCELOFANADORAS

Cuadro 5. Desglose de los equipos de empaque según sus códigos

Código	Descripción	Estado
EM0001	CONTADORA DE TABLETAS VERSACUON	ACT
EM0002	CONTADORA DE TABLETAS ROTAX	ACT
EM0003	CONTADORA TAB. KING # 1	ACT
EM0004	CONTADORA DE TABLETAS KING # 2	ACT
EM1004	LLENADORA DE TUBOS COLAPSIBLES #1	ACT
EM1005	MAQUINA LLENADORA Y SELLADORA DE SUPOSITOR	ACT
EM1006	LLENADORA DE TUBOS COLAPSIBLES #2	ACT
EM1007	SELLADORA POR INDUCCION	ACT
EM1008	SELLADORA DE TUBOS COLAPSIBLES	ACT
EM2002	HORNO DE TERMOFORMADO	ACT
EM2004	ETIQUETADORA NUEVA AUTOMATICA LABELETTE	ACT
EM3004	LLENADORA DE LIQUIDOS FILAMATIC	ACT
EM3005	TAPADOR DE FRASCOS ZUMA	ACT
EM3006	LLENADORA DE LIQUIDOS ZUMA	ACT
EM3007	LLENADORA DE CHAMPU DOSA PACK	ACT
EM3008	LLENADORA DE GALONES	ACT
EM3010	LLENADORA DE LIQUIDOS EUCLID	ACT
EM4001	BANDA TRANSPORTADORA # 1	ACT
EM4002	BANDA TRANSPORTADORA # 2	ACT
EM4003	BANDA TRANSPORTADORA # 3	ACT
EM4006	BANDA TRANSPORTADORA #6	ACT
EM4007	BANDA TRANSPORTADORA #7	ACT
EM4008	BANDA TRANSPORTADORA #8	ACT
EM4009	BANDA TRANSPORTADORA # 9	ACT
EM4010	BANDA TRANSPORTADORA # 10	ACT
EM5000	DESBLISTEADORA # 1	ACT
EM5001	BLISTERA ARGENTECNICA # 1	ACT
EM5004	BLISTERA ELMAPACK #3	ACT
EM5005	DESBLISTEADORA # 2	ACT
EM5006	BLISTERA PLANA (ARGENTECNICA NUEVA) # 2	ACT
EM5008	BLISTERA PLANA (ARGENTECNICA NUEVA) # 3	ACT
EM6001	DOSIFICADORA DE POLVOS P/ FRASCOS ROURE	ACT
EM6002	DOSIFICADORA DE POLVOS P/ SOBRES ROURE	ACT
EM6003	DOSIFICADORA DE SOBRES # 1	ACT
EM6004	DOSIFICADORA DE SOBRES # 2	ACT
EM6005	DOSIFICADORA DE SOBRES 5 BOQUILLAS	ACT
EM6007	DOSIFICADORA DE SOBRES MAINAR	ACT
EM7003	CODIFICADORA DOMINO #3	ACT
EM7004	CODIFICADORA ELECTRONICA WILLET	ACT
EM7005	CODIFICADORA WILLET #5	ACT
EM7006	CODIFICADORA WILLET #6	ACT
EM7007	CODIFICADORA WILLET #7	ACT
EM7008	CODIFICADORA WILLET #8	ACT
EM8001	IMPRESORA FLEXOGRAFICA #1	ACT
EM8002	IMPRESORA FLEXOGRAFICA #2	ACT
EM8003	MAQUINA DE HACER CLISES	ACT
EM9002	ENCELOFANADORA VPR	ACT
EM9003	ENCELOFANADORA HEMSON # 1	ACT
EM9004	ENCELOFANADORA HEMSON # 2 (2 SALIDAS)	ACT
EM9005	ENCELOFANADORA HEMSON # 3 (3 SALIDAS)	ACT
EM9007	DESENCELOFANADORA HEMSON	ACT

De tal manera, con lo expuesto en los cuadros anteriores, podemos observar que la codificación de los equipos es alfanumérica compuesta por tres secciones, que nos expresan el departamento que utiliza el equipo, el tipo de equipo y el número de la máquina, como se puede observar en el ejemplo siguiente:



Etapa # 6⇒ Determinar los parámetros de funcionamiento global

A la hora de puntualizar estos aspectos, se halló algunas dificultades en su determinación y recolección de datos, debido a que aunque las máquinas se encuentren trabajando a su máxima eficiencia, había otras características que no permitían un valor correcto de los parámetros de funcionamiento, como por ejemplo, cuando no se cumplen las demandas de servicios externos que requiere la maquinaria para su buen desempeño, entre los cuales están la potencia, la demanda de aire a presión, de agua refrigerante, etc.

Se han realizado trabajos en la empresa, donde se implementaron índices de funcionamiento, pero éstos no fueron realizados a las máquinas, sino que se le hicieron directamente al Departamento de Mantenimiento, como un indicador de los puntos y actividades relacionadas con la gestión de prevención, para así facilitar la evaluación periódica del desempeño departamental.

Los únicos datos que se pudieron obtener correspondientes a las máquinas, fueron los tiempos de producción y no producción por mantenimiento. La cantidad de unidades producidas en buen o mal estado, que es la más común y viable de utilizar, no pudo ser utilizado, como se explicó anteriormente, por no cumplirse con las demandas de servicios mínimos que requiere la máquina para funcionar de la manera en como fue diseñada.

Los datos correspondientes a los tiempos de producción y paros por mantenimiento, se obtuvieron de una hoja de control de producción y paros, que se utilizan en los departamentos de Manufactura y Empaque. Para el área de empaque, se puede tener un valor promedio de eficiencia de los equipo de un 80%.

Etapa # 7⇒ Determinar los objetivos específicos del PMP

Como se presentó en el marco teórico, existen varios objetivos específicos a la hora de realizar un plan de mantenimiento preventivo; pero para este caso en particular, los objetivos particulares de la empresa para la realización de este plan, fueron las siguientes:

- ✓ Hacer una evaluación del deterioro de las máquinas
- ✓ Aumentar la vida útil de las máquinas
- ✓ Disminución de los paros por fallas mecánicas de los equipos
- ✓ Aumentar la eficiencia global de las máquinas
- ✓ Cumplir con parte de los requerimientos del ISO 9001-2000

Etapa # 8⇒ Dividir las máquinas en partes

Para realizar la subdivisión de la maquinaria en partes, se hizo un estudio detallado de su funcionamiento, para así poder hacer el mejor seccionamiento, intentando no dejar por fuera de cada parte algún componente o que un mismo componente quedara en varias zonas. Para lo anterior se utilizó el manual de la máquina (ver [anexo 1](#)), donde la compañía en particular la secciona para hablar de su funcionamiento y el mantenimiento requerido en dicha zona específica. Por lo anterior, se intentó no realizar muchos cambios a las subdivisiones ya puntualizadas por lo fabricantes, y se obtuvieron las siguientes partes de máquina:



Partes	Código			
<u>SISTEMA DE ACCIONAMIENTO PRINCIPAL</u>	EM	50	06	01
<u>ESTACION DE CALENTAMIENTO Y FORMADO</u>	EM	50	06	02
<u>ESTACION DE CARGA</u>	EM	50	06	03
<u>ESTACION DE SELLADO</u>	EM	50	06	04
<u>ESTACION DE PRE-CORTE</u>	EM	50	06	05
<u>ESTACION DE CORTE</u>	EM	50	06	06
<u>CINTA DE SALIDA</u>	EM	50	06	07
<u>PROGRAMADOR DE LEVAS</u>	EM	50	06	08
<u>ACCESORIOS</u>	EM	50	06	09
<u>COMPONENTES ELECTRONICOS</u>	EM	50	06	10

Etapa # 9 ⇒ Dividir las partes en subpartes

Para la subdivisión de las partes antes expuestas de la máquina, en subpartes, se analizó cada uno de los componentes que pertenecían a una misma parte para así tener un listado, y ubicar cada uno o varios de ellos en una misma parte. También esto se hizo con la ayuda del manual como en la subdivisión anterior. Por lo anterior se obtuvieron las siguientes subpartes:



Tabla # 1

Parte: SISTEMA DE ACCIONAMIENTO PRINCIPAL

Subparte	Código				
Motor	EM	50	06	01	01
Pistones neumáticos	EM	50	06	01	02
Reductor de velocidad	EM	50	06	01	03
Clutch	EM	50	06	01	04
Guías	EM	50	06	01	05
Seguidores de levas	EM	50	06	01	06
Eje	EM	50	06	01	07
Cadena	EM	50	06	01	08

Tabla # 2

Parte: ESTACION DE CALENTAMIENTO Y FORMADO

Subparte	Código				
Leva de accionamiento	EM	50	06	02	01
Pistón de empuje	EM	50	06	02	02
Pistón neumático	EM	50	06	02	03
Molde de formado	EM	50	06	02	04
Placa de formado	EM	50	06	02	05
Plancha de precalentado	EM	50	06	02	06
Bobina material termoform.	EM	50	06	02	07

Tabla # 3
Parte: ESTACION DE CARGA

Subparte		Código				
Bandeja de carga de prod.	EM	50	06	03	01	
Tolva	EM	50	06	03	02	

Tabla # 4
Parte: ESTACION DE SELLADO

Subparte		Código				
Plancha de sellado	EM	50	06	04	01	
Pistón de empuje	EM	50	06	04	02	
Molde de sellado	EM	50	06	04	03	
Leva de accionamiento	EM	50	06	04	04	
Bobina material de sellado	EM	50	06	04	05	
Tornillos de sujeción	EM	50	06	04	06	

Tabla # 5
Parte: ESTACION DE PRECORTE

Subparte		Código				
Troquel de precorte	EM	50	06	05	01	
Pistón de empuje	EM	50	06	05	02	
Molde de precorte	EM	50	06	05	03	
Leva excéntrica de accionam	EM	50	06	05	04	
Tornillos de sujeción	EM	50	06	05	05	

Tabla # 6
Parte: ESTACION DE CORTE

Subparte		Código				
Troquel de corte	EM	50	06	06	01	
Pistón de empuje	EM	50	06	06	02	
Molde de corte	EM	50	06	06	03	
Leva de accionamiento	EM	50	06	06	04	
Tornillos de sujeción	EM	50	06	06	05	
Rodamientos verticales	EM	50	06	06	06	
Bobina de material sobrante	EM	50	06	06	07	

Tabla # 7

Parte: CINTA DE SALIDA

Subparte	Código				
Faja transportadora	EM	50	06	07	01
Rodillos	EM	50	06	07	02
Cadena	EM	50	06	07	03
Engranés	EM	50	06	07	04

Tabla # 8

Parte: PROGRAMADOR DE LEVAS

Subparte	Código				
Cadena	EM	50	06	08	01
Piñón	EM	50	06	08	02
Programador	EM	50	06	08	03

Tabla # 9

Parte: ACCESORIOS

Subparte	Código				
Válvulas neumáticas	EM	50	06	09	01
Electroválvulas	EM	50	06	09	02
Filtro	EM	50	06	09	03
Filtro-regulador de presión	EM	50	06	09	04
Lubricador neumático	EM	50	06	09	05
Bujes	EM	50	06	09	06
Arandelas	EM	50	06	09	07
Pistones neumáticos	EM	50	06	09	08
Conectores de grasa(alemite)	EM	50	06	09	09

Tabla # 10

Parte: COMPONENTES ELECTRONICOS

Subparte	Código				
Fusibles	EM	50	06	10	01
PLC	EM	50	06	10	02
Contactores	EM	50	06	10	03
Reles	EM	50	06	10	04
Variadores	EM	50	06	10	05
Transformadores	EM	50	06	10	06
Sensores	EM	50	06	10	07
Resistencias	EM	50	06	10	08
Control de temperatura	EM	50	06	10	09

Etapa # 10⇒ Elaboración del Manual de Mantenimiento Preventivo



Para la elaboración de los Manuales de Mantenimiento Preventivo, se hizo una búsqueda y un ordenamiento de todos los manuales de las máquinas presentes, para que aquellas que se pretendía introducir en el plan, tuvieran su propio folleto y una copia al archivo de los manuales de mantenimiento preventivo. Aquellas a las que no se les encontró, fue solicitado a la casa fabricante respectiva. A cada archivo individual, se le añadió una lista de las partes y subpartes de que se componía, además de la ficha técnica, los repuestos y especificaciones, las inspecciones por realizar con su respectivo vínculo en el manual y el Gantt Anual, para así tener una mayor facilidad de entendimiento, búsqueda y relación entre la inspección, la máquina, el componente y el folleto.

Etapa # 11⇒ Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección

El Departamento de Mantenimiento tiene a su disposición el uso de una bodega para el almacenamiento de materiales y repuestos, lo que les permite a los mecánicos un fácil acceso. Los recambios están codificados y ubicados según la máquina o máquinas a las que pertenezcan. Está a cargo del jefe de bodega, el cual lleva un control de los repuestos que son solicitados por los mecánicos además de llevar un control de los recambios críticos y no críticos que se encuentran día a día en la bodega y pasarle este informe al jefe de Mantenimiento, para advertirle sobre los repuestos que están llegando a un mínimo establecido por el jefe de bodega. Más adelante se tratará de establecer un sistema de máximos y mínimos en bodega, que más estén de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la empresa.

Para la determinación de los repuestos requeridos para la ejecución de las inspecciones, se requirió hacer un listado exhaustivo de los componentes de cada parte de la máquina y los elementos que las componen, tomando así de cada uno de ellos los datos de placa o especificaciones requeridas para la compra exacta del recambio. Se realizó lo anterior mediante la búsqueda del componente en el manual, la inspección en máquina, del repuesto idéntico o de similares características en bodega. Eso dio como resultado la Lista de Repuestos, en la cual se incluye cuántos elementos hay presentes en las máquinas, cuántos aparecen en bodega y un precio estimado de cada artículo como se presenta a continuación:

Cuadro 6. Lista de repuestos para la máquina productora de blisters EM5006

		LABORATORIOS STEIN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO LISTA DE REPUESTOS BLISTERA ARGENTÉCNICA EM5006			
Código	Descripción	Cantidad en máquina	Cantidad en Bodega	Precio	Total
	Electroválvulas				
	"CE Crouzet" 91513516 de 1 vía	2	0	\$85 c/u	0
	"Micro" 0-220-002-511, 5 vías-2 posiciones, 24V	8	2	\$140 c/u	\$280
	Pistones neumáticos:				
	Sistema de accionamiento "Micro" 10 bar	2	1		
	Estación de formado "Micro" 10 bar	1	1		
	Piston "Festo" AV-20-4		0		
	Filtros:				
	"Micro" 10 bar, 85°C	1	0		
	Regulador de presión y Lubricador entrada 1/4 " 10 bar-140 psi, 85°C	1	0		
	Cadenas:				
	De 3 hileras, paso de 1/2" Z20	1	0		
	De 1 hileras, paso de 8 mm	1	0		
	Fajas:				
	Correas para reductor	2	2	\$40	\$80
	Reductor:				
	"SITI"	1	0	\$462	0
	Lubricantes:				
	Reductor SAE 90		Multipropos.		
	Conectores de grasa(alemite)		Multipropos.		
	Cadena SAE 30		Multipropos.		
	Levas de accionamiento:				
	Estación de formado	1	1	\$550 c/u	\$550
	Estación de sellado	1	3	\$550 c/u	\$1650
	Estación de pre-corte	1	0	\$550 c/u	0
	Estación de corte	1	1	\$550 c/u	\$550
	Rodamientos:				
	De bolas SKF 2209E-2RS1K7N9	4	0	\$60 c/u	0
	Verticales(balineras)	4	0	\$50 c/u	0
	Roles seguidores de levas INA NUTR20 A	4	5	\$88 c/u	\$440
	Rodamientos para carro de avance	2	6	\$40 c/u	\$240
	Resistencias:				
	Calentamiento y formado 150 W, 220 V, 60 Hz	4	8	\$27 c/u	\$216
	Sellado 300 W, 220 V, 60 HZ	5	5	\$27 c/u	\$135
	Planchas de precalentamiento	1	3	\$150 c/u	\$450
	Clutch:				
	"Deserti Meccanica" XX 10F, Vers. B	1	0		
	Conectores de grasa(alemite):				
	Lubricador	4	11	\$10 c/u	\$110

	Tornillos de sujeción:				
	Plancha de Calentamiento	4	3	\$5 c/u	\$15
	Plancha de Sellado	4	3	\$5 c/u	\$15
	Plancha de Pre-Corte	4	3	\$5 c/u	\$15
	Plancha de Corte	4	3	\$5 c/u	\$15
	Resortes:				
	Estación de sellado	2	12	\$20 c/u	\$240
	Estación de pre-corte, corte y formado	6	4	\$20 c/u	\$80
	Bujes:				
	Plasticos	16	54		
	Bronce	4	0	\$7 c/u	0
	Arandelas:				
	Concavas	48	60	\$2,4 c/u	\$144
	Fusibles:				
	Fusible de 10x38, 2A	X	5		
	Contactores:				
	"Telemecanique" LC1 D09 10	3	0		
	Reles:				
	Relay RXN 41G11BD, 24 VCD	3	0		
	Relay RXN 41G12BD, 24 VCD	1	0		
	Relay RUN 31A21	1	0		
	Relay estado solido RA2425-DO6504(5-32 VCD)	3	0	\$60 c/u	0
	Relay AEA 26x10, 24 VCD	2	0		
	Relay OMROM MY214N	1	0		
	Transformadores:				
	Transformador 120-24 V	1	0		
	Transformador "Macromec" 220-24 V	1	0		
	Variadores:				
	"Telemecanique" Altivar 28	1	0		
	"Telemecanique" Altivar 08	1	0		
	Control de temperatura:				
	Modelo DCL RS485	2	0		
	Sensores:				
	Sensor X51N12PA340	4	4	\$41 c/u	\$164
	Termocuplas	5	8	\$37 c/u	\$296

Etapa # 12⇒ Calcular la disponibilidad para mantenimiento preventivo

La disponibilidad para mantenimiento preventivo, depende de dos factores:

1. Tiempo de no producción (TNP): Este factor, es la cantidad de horas o minutos por semana que las máquinas están sin producir, según sus horarios de trabajo.
2. Cantidad de mecánicos u operarios disponibles (OD): Es la cantidad de mecánicos disponibles para realizar los preventivos en los tiempos de no producción.

Para realizar el cálculo de la disponibilidad de tiempo para mantenimiento, se tomó en cuenta que las máquinas no trabajan todo el tiempo y no tienen un horario definido de producción. Además, éstas nunca fabrican un producto específico, por lo que requieren de cambios en sus características para cada producto (lote), en cuyo lapso se puede entonces realizar las inspecciones planificadas para el mantenimiento preventivo. De lo anterior, unido a los tiempos donde la máquina no tiene que producir, se obtuvieron los tiempos de no producción estimado para cada departamento. En este caso, para la máquina expuesta se obtuvo un TNP aproximado de 22 horas por semana, donde se incluyen los dos recesos por turno de 45 minutos en total, los tres turnos del día y los paros de mantenimiento debido a cambios en las características de la máquina por cambio de lote.

Los datos de los tiempos de no producción, se tomaron de las hojas o bitácoras que se encuentran en cada máquina donde se lleva un control de la producción y los paros, como se observa a continuación:

Definición de Estados	
00	En Proceso
01	Set Up De Inicio
02	Problemas Mecánicos
03	Aprobación Línea
04	Paro por Condiciones Amb. Inadecuadas
05	Falta de Material
06	Comidas y Reuniones
07	Problemas de Calidad del Producto
08	Paro por Cambios de Programa
09	Paro por Falta de Personal
10	Paro por Cambio de PVC o Papel
11	Limpieza Final del Equipo y Cubículo

Cuadro 7. Listado de las actividades de las máquinas por tiempos y tipo de producto

Fecha	Lote	Descripción del producto	Operación	# Operarios	Estado	Hora de Inicio	Hora Final	# Líder	Firma Responsable
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Almuerzo	5	06	12:00	12:30	0500	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	-----	5	00	12:30	13:30	0500	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	PVC	0	10	13:30	13:35	0500	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Pegando sticker	6	08	14:00	15:00	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Ajuste	4	02	15:00	15:25	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Subdivisión	4	00	15:25	16:15	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Receso	4	06	16:15	16:30	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Receso	4	06	19:30	20:00	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Subdivisión	4	00	20:00	20:55	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Falta de aluminio	4	05	20:55	21:10	2070	Carmen
30-04-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Subdivisión	4	00	21:10	21:30	2070	Carmen
02-05-04	172C4	Vitamina C 500 mg	Limpieza final	2	11	7:00	10:30	2025	Viviana
02-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Preparación	2	01	10:30	11:45	2025	Viviana
02-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Empaque	1	00	11:45	12:05	2025	Viviana
02-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Receso	1	06	12:05	12:35	2025	Viviana
02-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Empaque	2	00	12:35	13:35	2025	Viviana
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Set up Inicio	3	01	6:00	6:15		Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Problemas PVC	3	07	6:15	6:15		Maribel
03-05-04	046D4	Uninorm Tabletas 10 mg	Empaque	4	00	6:15	8:05	0500	Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Ajuste	3	03	8:05	8:10	0500	Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Empaque	3	03	8:10	8:15	0500	Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Receso	3	06	8:15	8:30	0500	Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Empaque	7	06	8:30	10:40	0500	Maribel
03-05-04	ED304	Amoxicilina Cápsula 500 mg	Ajuste	3	04	10:40	10:50	0500	Maribel

En lo que respecta a la cantidad de mecánicos disponibles para realizar los mantenimientos preventivos de las máquinas, se destinó a uno para cada departamento de la empresa, encargado de hacerlos como parte de sus obligaciones.

Algunos equipos no se tomaron en cuenta para el cálculo del DMP, como por ejemplo, los equipos auxiliares y los de bodega, como montacargas, ya que éstos tienen una frecuencia fija destinada para el mantenimiento preventivo por parte de un grupo de mantenimiento subcontratado, exclusivo para dichas máquinas.

Para obtener la disponibilidad para mantenimiento preventivo, es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\boxed{}$$

De la fórmula anterior, se obtuvo por consiguiente que el Departamento de Mantenimiento tiene un tiempo aproximado de 22 horas para realizar las inspecciones requeridas en el mantenimiento preventivo; de las cuales, en una reunión en conjunto entre los departamentos de Mantenimiento y Producción, se tomó de este tiempo para comenzar, sólo el equivalente a la suma de los minutos de 2 de los recesos de un día por mes, para mantenimiento preventivo, los que equivalen a 90 minutos. Lo anterior, porque la empresa trabaja con cubículos de producción de ambientes controlados y el hecho de que un mecánico entre a un cubículo a realizar alguna inspección, y requiera hacer algún cambio, incurriría en la contaminación del sitio y el producto por fabricar, por lo que se decidió tomar el tiempo en que las máquinas se encuentran en cambios de producto y limpieza, para realizar el mantenimiento preventivo.

Etapa # 13⇒ Elaborar el Gantt Anual

Para la elaboración del Gantt Anual, se tomó la decisión de realizar una distribución de las frecuencias y duraciones de cada una de las inspecciones para cada máquina a través del tiempo, para así llevar un control mas detallado del tiempo estimado requerido para el preventivo de cada máquina y la programación de dichas inspecciones semanalmente. Se desarrolló en formato Excel, para así facilitar los cálculos requeridos y observar los datos con mayor comodidad.

Para el caso particular presentado en este proyecto, al preventivo original aprobado, se le añadió un preventivo electrónico debido a las necesidades particulares de la máquina y de la empresa.

Cuadro 9. Listado de las inspecciones por realizar en la máquina

 LABORATORIOS STEIN 					
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL PARA EQUIPOS MÁQUINA EM5006 BLISTERA ARGENTÉCNICA					
N° de inspec.	Inspección a realizar	Per	Fre	Dur	Asig
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO PRINCIPAL					
1	Verificar el nivel de aceite del reductor	MENS	13	5	1M
2	Reemplazar el aceite del reductor(SAE90)	SEMES	2	20	1M
3	Lubricar cadena de mando(SAE30)	SEMA	52	5	1M
4	Revisar el estado y la tensión de la cadena	TRIM	4	5	1M
5	Medir amperaje del motor	MENS	13	3	1E
6	Revisar sistema de transmisión(engranes, cadena y reduc.)	TRIM	4	10	1M
7	Revisar el eje principal	SEMES	2	10	1M
8	Verificar estado de las levas	SEMES	2	5	1M
9	Revisar el motor principal	SEMES	2	15	1M
10	Verificar rodamientos del sist. motor de los pist. neumát. y ejes	SEMES	2	20	1M
11	Revisar el estado de las guías de avance de los pist neumát.	TRIM	4	5	1M
12	Verificar estado de los seguidores de levas	TRIM	4	5	1M
ESTACION DE CALENTAMIENTO Y FORMADO					
13	Verificar el sistema de bobinado del material termo formable	TRIM	4	3	1M
14	Verificar el estado de los pistones neumáticos	TRIM	4	5	1M
15	Verificar continuidad de las resist. de la placa de calentam.	TRIM	4	5	1E
ESTACION DE CARGA					
16	Limpiar y lubricar	SEMA	52	5	1M
ESTACION DE SELLADO					
17	Verificar el sistema de bobinado de material de sellado	TRIM	4	3	1M
18	Verificar continuidad de las resist. de la placa de sellado	TRIM	4	5	1E
ESTACION DE CORTE					
19	Limpiar y Lubricar rodamientos verticales	DIAR	365	5	1M
20	Verificar el sistema de bobinado de material sobrante	TRIM	4	3	1M
CINTA DE SALIDA					
21	Lubricar piñon de mando	MENS	13	5	1M
22	Chequear tensión de cadena de mando	MENS	13	5	1M
23	Lubricar cadena de mando(SAE30)	MENS	13	5	1M
PROGRAMADOR DE LEVAS					
24	Chequear tensión de cadena de mando	MENS	13	5	1M
25	Lubricar cadena de mando(SAE30)	MENS	13	5	1M
ACCESORIOS					
26	Verificar el estado de las mangueras de aire y agua	MENS	13	5	1M
27	Purgar los filtros	DIAR	365	3	1M
28	Lubricar los conectores de grasa(alemite)	SEMA	52	20	1M
29	Verificar el estado de las válvulas neumáticas	MENS	13	5	1M
30	Revisar los bujes estabilizadores de las estaciones(plast.)	TRIM	4	5	1M
31	Revisar los bujes accionadores de las estaciones(bronce)	TRIM	4	5	1M
32	Verificar estado de las arandelas concavas	TRIM	4	5	1M
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRÓNICO					
Programación de limpieza e inspección por parte del eléctrico a cargo de la máquina					
N° de inspec.	Inspección a realizar	Per	Fre	Dur	Asig
COMPONENTES ELECTRONICOS					
1	Limpiar y fijar correctamente el panel eléctrico	SEMES	2	40	1E
2	Ajustar los bornes de los contactores y relés	TRIM	4	20	1E
3	Verificar funcionamiento de los sensores	TRIM	4	15	1E
4	Verificar voltaje de la fuente de poder(24V)	TRIM	4	5	1E
5	Ajustar los bornes del PLC	TRIM	4	15	1E

Etapa # 14⇒ Organizar la ejecución de las inspecciones



Para la ejecución de las inspecciones, se realizó un esquema que los mecánicos deben llenar a la hora de efectuar el mantenimiento preventivo. En este formato, se da a conocer al operario alguna observación a la hora de que éste realiza determinada inspección y la acción la toma en función de la posible falla o desajuste por encontrar. Este documento es entregado al Jefe de Mantenimiento, el cual a su vez lo facilita al mecánico encargado.

En dicho formato se incluyeron distintos campos para así obtener la mayor información del mecánico cuando éste realiza las inspecciones, y así poder actualizar y crear un mejor preventivo conforme pase el tiempo.

También se incluyó un espacio para la firma, tanto del mecánico que realiza las inspecciones como la del líder del departamento, para constar que las inspecciones se hicieron en la máquina y que los ajustes o cambios la dejaron en igual o mejor estado que como la encontraron.

Para obtener entonces el formato final entregado semanalmente, pasa por un filtrado de las inspecciones programadas en el Gantt Anual.

Cuadro 10. Formato de la hoja a llenar al realizar las inspecciones.

		LABORATORIOS STEIN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL PARA EQUIPOS MÁQUINA EM5006 BLISTERA ARGENTÍNICA							
N° de inspec.	Inspección a realizar	Per	Fre	Dur	Asig	Se Realizó	Duración aprox.	Observaciones	Acción Correctiva
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO PRINCIPAL									
1	Verificar el nivel de aceite del reductor	MENS	13	5	1M				Llenar hasta nivel en caso de faltante
2	Reemplazar el aceite del reductor(SAE90)	SEMES	2	20	1M				Verificar el buen funcionamiento
3	Lubricar cadena de mando(SAE30)	SEMA	52	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
4	Revisar el estado y la tensión de la cadena	TRIM	4	5	1M				Reportar y ajustar en caso necesario
5	Medir amperaje del motor	MENS	13	3	1E				Reportar valor
6	Revisar sistema de transmisión(engranés, cadena y reduct.)	TRIM	4	10	1M				Reportar y ajustar en caso necesario
7	Revisar el eje principal	SEMES	2	10	1M				Reportar cualquier avería
8	Verificar estado de las levas	SEMES	2	5	1M				Reportar cualquier avería
9	Revisar el motor principal	SEMES	2	15	1M				Verificar el buen funcionamiento
10	Verificar rodamientos del sist. motor de los pist. neumát. y ejes	SEMES	2	20	1M				Reportar cualquier avería
11	Revisar el estado de las guías de avance de los pist neumát.	TRIM	4	5	1M				Reportar cualquier avería
12	Verificar estado de los seguidores de levas	TRIM	4	5	1M				Reportar cualquier avería
ESTACION DE CALENTAMIENTO Y FORMADO									
13	Verificar el sistema de bobinado del material termo formable	TRIM	4	3	1M				Reportar cualquier avería
14	Verificar el estado de los pistones neumáticos	TRIM	4	5	1M				Reportar cualquier avería
15	Verificar continuidad de las resist. de la placa de calentam.	TRIM	4	5	1E				Reportar cualquier avería
ESTACION DE CARGA									
16	Limpiar y lubricar	SEMA	52	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
ESTACION DE SELLADO									
17	Verificar el sistema de bobinado de material de sellado	TRIM	4	3	1M				Reportar cualquier avería
18	Verificar continuidad de las resist. de la placa de sellado	TRIM	4	5	1E				Reportar cualquier avería
ESTACION DE CORTE									
19	Limpiar y Lubricar rodamientos verticales	DIAR	365	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
20	Verificar el sistema de bobinado de material sobrante	TRIM	4	3	1M				Reportar cualquier avería
CINTA DE SALIDA									
21	Lubricar piñon de mando(SAE30)	MENS	13	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
22	Chequear tensión de cadena de mando	MENS	13	5	1M				Reportar y ajustar en caso necesario
23	Lubricar cadena de mando(SAE30)	MENS	13	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
ENSAMBLAJE DE LEVAS									
24	Chequear tensión de cadena de mando	MENS	13	5	1M				Reportar y ajustar en caso necesario
25	Lubricar cadena de mando(SAE30)	MENS	13	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
ACCESORIOS									
26	Verificar el estado de las mangueras de aire y agua	MENS	13	5	1M				Reportar cualquier avería
27	Purgar los filtros	DIAR	365	3	1M				Verificar el buen funcionamiento
28	Lubricar los conectores de grasa(alemite)	SEMA	52	20	1M				Verificar el buen funcionamiento
29	Verificar el estado de las válvulas neumáticas	MENS	13	5	1M				Reportar cualquier avería
30	Revisar los bujes estabilizadores de las estaciones(plast.)	TRIM	4	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
31	Revisar los bujes accionadores de las estaciones(bronce)	TRIM	4	5	1M				Verificar el buen funcionamiento
32	Verificar estado de las arandelas concavas	TRIM	4	5	1M				Cambiar arandelas en mal estado
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRÓNICO									
Programación de limpieza e inspección por parte del eléctrico a cargo de la máquina									
N° de inspec.	Inspección a realizar	Per	Fre	Dur	Asig	Se Realizó	Duración aprox.	Observaciones	Acción Correctiva
COMPONENTES ELECTRONICOS									
1	Limpiar y fijar correctamente el panel eléctrico	SEMES	2	40	1E				Verificar el buen funcionamiento
2	Ajustar los bornes de los contactores y relés	TRIM	4	20	1E				Verificar el buen funcionamiento
3	Verificar funcionamiento de los sensores	TRIM	4	15	1E				Reportar cualquier avería
4	Verificar voltaje de la fuente de poder(24V)	TRIM	4	5	1E				Reportar cualquier avería
5	Ajustar los bornes del PLC	TRIM	4	15	1E				Verificar el buen funcionamiento

Realizado por: _____

Firma del lider o supervisor: _____

Etapa # 15⇒ Definir las estrategias de motivación

Las estrategias de motivación que se utilizan actualmente dentro del Departamento de Mantenimiento del laboratorio, se basan en una plataforma de evaluaciones, tanto en forma individual como en forma conjunta del trabajo realizado por los mecánicos. Estas observaciones demuestran el grado de eficiencia con que se están realizando las funciones del PMP.

De esta forma si la evaluación dicta un porcentaje mayor al 85%, se dan bonos junto con el pago de fin de mes a los mecánicos que lograron superar la nota límite.

Además se realizaron charlas de información, en las cuales se notificó de la importancia del PMP a todos los mecánicos, haciendo énfasis en la disminución de trabajo correctivo y en los costos por mantenimiento, lo que a la postre vendría en un mejoramiento de las condiciones de trabajo de cada uno de esos operarios.

En cuanto al resto de los departamentos, se brindaron charlas a los jefes y supervisores encargados y al personal de gerencia para notificar la implementación del plan, así como, los beneficios que da a todos los departamentos relacionados con la producción, debido a la reducción de costos y al mejoramiento del producto final, ya que se mejora el desempeño original de la máquina.

Etapa # 16⇒ Calcular el costo total del PMP

El cálculo del costo del plan de mantenimiento preventivo, se realizó para el gasto en que incurre la empresa semanalmente, ya que así se puede obtener el costo exacto de los gastos del mes y del año multiplicando el resultado por el número de semanas deseado, donde se incluyó la mano de obra y el costo de los repuestos. También, este gasto no se dio en general para toda la maquinaria; se hizo individual conforme las máquinas entraban al plan, para así poder presentar cada proyecto a la gerencia y lograr su aprobación.

Este cálculo se desarrolló utilizando el procedimiento establecido en el Manual de Mantenimiento Preventivo, el cual nos da la fórmula para obtener el costo de mano de obra por inspección:

$$\text{Donde: } \frac{\text{CMO} \times \text{D} \times \text{F}}{\text{CHH}}$$

CMO = Costo de mano de obra
 D = Duración de la inspección
 F = Frecuencia
 CHH = Costo de hora hombre

Para realizar entonces el cálculo del costo del PMP podemos obtener el dato del costo de hora hombre, que para el caso de la blistera EM5006 es el mecánico asignado a realizar los preventivos de esta máquina; se trata del señor Oscar Leiva, cuyo CHH podemos obtener del siguiente recuadro:

Cuadro 11. Costo de las horas hombre y especialidades del personal de mantenimiento.

Mecánico	Especialidad	CHH
Alexander Picado	Mecánico de precisión	¢978,50
Oscar Leiva	Mecánico general	¢915,00
Marden Navarro	Mecánico general	NO APLICA
Olger Mena	Mecánico auxiliar	¢550,00
Franklin Rodríguez	Eléctrico	¢915,00
Juan Carlos Rodríguez	Mecánico auxiliar	¢550,00
Carlos Chinchilla	Metalurgia / soldadura	¢780,70
Francisco Molina Martínez	Servicios generales	¢550,00
Manuel Cervantes	Servicios generales	¢780,70
Hermes Monge	Servicio a equipos auxiliares	¢735,00
Rafael Solano	Encargado de bodega	¢575,00

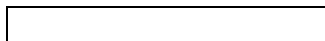
De lo anterior, y tomando los demás datos de los ítems expuestos, podemos obtener el costo de mano de obra en lo que respecta a la realización del mantenimiento preventivo, el cual nos arrojó un valor igual a 1372,5 colones semanalmente.

Para el cálculo de los costos de los repuestos (CTRE) utilizados en mantenimiento preventivo, no se pudieron utilizar los métodos comunes para encontrar dicho valor, ya que no se contaba con ninguna documentación o requisiciones a bodega de donde se pudiera obtener un aproximado de los gastos que se incurre en mantenimiento correctivo, para así obtener un aproximado de los gastos en que incurrirían para realizar el preventivo.

Por lo anterior, para obtener algún dato del costo de los repuestos para las máquinas, se optó por realizar la suma del costo de todos los recambios existentes al momento, en bodega, para así estar bajo la suposición de que el mantenimiento preventivo consumiría los repuestos de la bodega y que las nuevas compras de repuestos se realizarían para el mantenimiento correctivo de la empresa y, así, al final del año, obtener un dato más exacto del consumo de repuestos en colones por parte del mantenimiento preventivo. Por lo que, para este cálculo, se tomó un dato estimado del costo de los mismos y no un dato real, el cual tampoco se podría tomar como verdadero.

De lo anterior, el costo de la totalidad de los repuestos en bodega se estimó en alrededor de unos 850 000 colones; distribuidos en las 42 semanas restantes puntualiza un costo de 20240 colones semanales en repuestos.

Para obtener el costo total del plan de mantenimiento preventivo para esta máquina, se aplicó la siguiente fórmula:



Aplicándola obtenemos entonces, que para la máquina Blistera Argentécnica EM5006, se tiene un costo aproximado por mantenimiento preventivo de 21 610 colones semanales.

Etapa # 17⇒ Inicio del Programa de Mantenimiento Preventivo

El Programa citado, como se expuso en los objetivos específicos del mantenimiento preventivo, era un proyecto necesario por la empresa y el cual, conforme fuera avanzando, se requería su más pronta implementación en aquellos equipos que así lo requirieran, por lo que este programa tuvo una implementación paulatina, la cual inició a partir del primer preventivo entregado para la semana 10 del presente año, y siguiendo la secuencia de máquinas que la empresa determinó fueran siendo incluidas.

Esto ayudaría también a ver las fallas o problemas que presentaran los mecánicos a la hora de realizar los mantenimientos preventivos, para así tener una mejora continua, no sólo en los preventivos ya realizados, sino también en aquellos por hacer. Basándose en lo anterior, y tomando en cuenta otras necesidades de la empresa, como las expuestas en la primera etapa del plan de mantenimiento, se siguió el siguiente ordenamiento de máquinas para ir siendo incluidas en el plan:

Cuadro 12. Ordenamiento a seguir para la inclusión de las máquinas al PMP

Area	Código	Marca
Empaque	EM5006	Argentécnica
Empaque	EM5008	Argentécnica
Empaque	EM9002	Hemson
Empaque	EM9004	Hemson
Empaque	EM3012	Monobloque
Empaque	EM1010	Sarong
Compresión	EM4002	Stokes
Compresión	EM4006	Clit
Compresión	EM4007	Clit
Compresión	EM4008	Clit
Compresión	EM4010	Clit
Compresión	EM4011	Clit
Compresión	EM4012	Clit
Compresión	EM3002	Zanasi
Compresión	EM3004	Zanasi
Líquidos	MA6000	Reactor de 1000 lts
Líquidos	MA6001	Reactor de 2000 lts
Mezclas	MA2000	Horno Glatt
Mezclas	MA2002	Horno Alliance
Mezclas	MA2004	Horno Bonalds
Mezclas	MA2006	Horno Lindon Brothers
Mezclas	MA1014	Mezclador 180 kg
Mezclas	MA1015	Cromil 01
Mezclas	MA1016	Cromil 02
Mezclas	MA1015	FitzPatrick
Mezclas	MA2007	Mixer

Etapa # 18⇒ Evaluar el Programa de Mantenimiento Preventivo

La implementación paulatina del PMP, ayudó a su constante evaluación, pero esto no es suficiente para decir que dicho plan sea eficiente, por lo que se tiene programado efectuar para mediados de este año, la medición de los parámetros de funcionamiento de la máquinas y la realización de una encuesta al personal de producción, para así tener un dato más real del mejoramiento de la calidad de los productos como de los tiempos de producción. También se puede evaluar semanalmente, el mejoramiento en la eficiencia de las máquinas, revisando la bitácora de los tiempos de producción y paros, que se encuentra en cada máquina, para así observar si hay alguna mejora.

Etapa # 19⇒ Actualizar periódicamente el PMP

Un plan de mantenimiento preventivo debe estar en constante actualización, pero además de esto, se tiene pensado hacer una revisión de los planes de mantenimiento preventivo de cada máquina para el tercer trimestre del presente año, para así poder ajustar la duración y la frecuencia de las inspecciones así como especializarlas. Lo anterior favorece para tener una idea más real y clara de los beneficios del plan de mantenimiento preventivo y el tiempo de retorno proyectado de la inversión.

La actualización debe incluir:

- ✓ Revisión y actualización de las fichas técnicas de cada máquina.
- ✓ Revisión y actualización de la descripción de las inspecciones.
- ✓ Revisión y actualización de la frecuencia de cada inspección
- ✓ Revisión y actualización de los tiempos de duración de las inspecciones.
- ✓ Revisión de los problemas que se hayan tenido con respecto a las evaluaciones de las inspecciones.

Conclusiones y recomendaciones:

Después de varios meses de permanencia en la empresa y de prueba de los preventivos puestos en marcha, se citará diferentes recomendaciones y conclusiones, necesarias para una mejor implementación de los planes de mantenimiento preventivos y un mejor desarrollo de Laboratorios Stein S.A. en el área de mantenimiento y en el desarrollo de la calidad que brinda, ya que la categoría de los productos del mantenimiento tienen un enlace directo con la excelencia final del producto y de la capacidad de la compañía para cumplir con los programas de entrega.

Las recomendaciones y conclusiones son las siguientes:

- ✓ Recopilar toda la información pertinente a las máquinas como lo son los planos, manuales de usuario, procedimientos para el desarme y puestas a punto.
- ✓ Utilizar los lubricantes y repuestos establecidos en el manual del fabricante.
- ✓ Mantener dentro del surtido de repuestos de mantenimiento la cantidad necesaria de partes y subpartes para cada una de las máquinas
- ✓ Crear un programa de máximos y mínimos, para así tener un mayor control de la rotación de repuestos en bodega.
- ✓ Crear un formato u hojas de requisición a bodega, para así llevar un mayor control sobre los repuestos que fueron retirados de la bodega y para qué tipo de trabajo fueron solicitados.
- ✓ Realizar capacitaciones frecuentes a los mecánicos y electricistas, para así poder brindar un mejor servicio y llevar a cabo, de excelente forma, las inspecciones de mantenimiento preventivo.
- ✓ Dar un seguimiento riguroso al cumplimiento real de las inspecciones, para así poder medir eficientemente su cumplimiento.

- ✓ Completar la matricería de las máquinas, hacer una revisión de todos los servicios requeridos según los manuales, para que se cumplan, y así las máquinas puedan dar el rendimiento para el cual fueron creadas
- ✓ Revisar mensualmente los parámetros de funcionamiento global de los equipos, para poder medirlos contra el tiempo y proyectar metas a mediano plazo.
- ✓ Capacitar a los operarios de los equipos en cuanto a ciertas inspecciones rutinarias (ver [anexo 2](#)), para que sean ellos mismos los que se encarguen de llevarlas a cabo, para así facilitar la labor de mantenimiento, y favorecer el mejoramiento continuo, tanto del personal como de las máquinas mismas.
- ✓ Implementar el *software* de mantenimiento de la empresa, para si llevar un mejor control sobre las unidades de mantenimiento, el personal, los repuestos, las órdenes de trabajo y requisiciones a bodega.

*“Diseño y construcción de moldes en una
máquina CNC para una blistera”*

Marco teórico

Control numérico CN

Introducción

Actualmente hay un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre. Mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues éstos no permiten asimilarla en forma adecuada, de manera que es muy difícil sacar su mejor provecho. Sin embargo, se debe hacerse en la forma más adecuada, de modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

Uno de los elementos importantes dentro de este resurgir de la automatización, son las máquinas de herramientas de control numérico computarizado, las cuales brindan algunas ventajas adicionales.

Desde los orígenes del control numérico todos los esfuerzos se han encaminado a incrementar la productividad, precisión, rapidez y flexibilidad de las máquinas-herramienta. Su uso ha permitido la mecanización de piezas muy complejas, especialmente en la industria aeronáutica, que difícilmente se hubieran podido fabricar de forma manual.

La utilización de sistemas de control abiertos aportará considerables beneficios, no sólo a los fabricantes de control y fabricantes de máquina-herramienta, sino también al usuario final. Permitirá la integración de módulos propios, dando así a una empresa la posibilidad de implementar, por ejemplo, su sistema de programación específico, tanto a pie de máquina como en el departamento respectivo.

También se obtendrá una reducción del tiempo de desarrollo y un incremento de la flexibilidad en la adaptación de los controles, a las demandas especiales de las máquinas-herramienta y células de producción. Finalmente, se reducirá los costes de desarrollo, adaptación, puesta en marcha, formación, documentación y mantenimiento.

Las máquinas-herramienta de control numérico configuran una tecnología de fabricación que de la mano de la microelectrónica, la automática y la informática industrial, ha experimentado en los últimos años un desarrollo acelerado y una plena incorporación a los procesos productivos, desplazando progresivamente a las convencionales.

Su capacidad de trabajo automático y de integración de los equipos entre sí y con los sistemas de control, planificación y gestión de formación, hace del control numérico (CN), la base de apoyo a unas tecnologías de fabricación: los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM). Estas tecnologías conducen la automatización industrial a otra transición, de alcances aún desconocidos.

En la actualidad, el uso de los robots industriales está concentrado en operaciones muy simples, como tareas repetitivas que no requieren tanta precisión.

En un contexto de la industria, se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para el funcionamiento y control de la producción. En consecuencia, la robótica es una forma de automatización industrial.

Fundamentos, ventajas y clasificación

Una solución para los problemas que aquejan hoy en día a la industria, es utilizar una de las 5 formas automatizar los procesos.

Los tipos de automatización son:

- ✓ Control automático de procesos
- ✓ El procesamiento electrónico de datos
- ✓ La automatización fija
- ✓ El control numérico computarizado
- ✓ La automatización flexible.

El control automático de procesos, se refiere usualmente al manejo de procedimientos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el de refinación de petróleo.

El proceso electrónico de datos frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo, en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos mediante interfases y computadores.

La automatización fija es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo, éstos se han ido flexibilizando, al introducir algunos elementos de programación, como en el caso de los PLC'S, o Controladores Lógicos Programables.

Un mayor nivel de flexibilidad lo posee la maquinaria de control numérico computarizado. Este tipo se ha aplicado con éxito a máquinas de herramientas de control numérico (MHCN). Entre éstas podemos mencionar:

- ✓ Fresadoras CNC.
- ✓ Tornos CNC.
- ✓ Máquinas de electroerosionado
- ✓ Máquinas de corte por hilo, etc.

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los robots industriales que, en forma más genérica, se les denomina como "celdas de manufactura flexible".

Máquinas herramientas de control numérico (MHCN)

Las máquinas herramientas de control numérico (MHCN), constituyen una modalidad de automatización flexible más utilizada; son programadas para fabricar lotes de pequeño y medio tamaño de piezas de formas complicadas; los programas de *software* sustituyen a los especialistas que controlaban convencionalmente los cambios de las máquinas y constituciones que incluye las tareas y sus velocidades, así como algunas variables de control para comprobar aspectos tales como temperatura, vibración, condición del material, desgaste de las herramientas, etc., que permiten proceder a los reajustes necesarios.

Cuando una MHCN actúa de forma independiente, necesita contar con la presencia de un operario, quien se ocupa de la carga y descarga de las piezas por procesar, los programas y las herramientas.

Para determinar la conveniencia de estas máquinas en términos de coste, habrá que considerar la mano de obra, la disponibilidad de operarios especializados, tipo y grado de precisión requerida, fiabilidad de la maquinaria, etc. Algunas empresas que producen una gama estrecha de productos se han dirigido, no obstante, a las máquinas CN porque, aunque el coste de la programación sea alto, una vez hecha ésta, puede ser utilizada posteriormente sin necesidad de volver a programar.

Ventajas

- ✓ Incremento de la flexibilidad en la maquinaria (se adapta mejor a los cambios en las tareas y en los programas de producción)
- ✓ Aumento en la flexibilidad para el cambio, en la medida en que las instrucciones grabadas se pueden modificar cuando sea necesario, con lo que facilitan la adaptación a los cambios introducidos por la ingeniería de diseño.
- ✓ Reducción de necesidades de mano de obra y de inventarios, así como de los tiempos de lanzamiento, de suministro externo y de proceso.

Desventajas

- ✓ La frecuencia de errores en la programación.
- ✓ La sensibilidad del lector de las instrucciones a las averías.

También es importante mencionar que la configuración física de las máquinas no facilita la realización de cambios, así como que, en muchos casos, los operarios especializados tienen que permanecer a su lado, para controlar cómo funcionan e introducir posibles ajustes. Aunque, como muchas otras tecnologías, las CN han resuelto menos problemas de los que se esperaba; puede afirmarse, entonces, que se da una mayor flexibilidad que las convencionales a las que han sustituido, si bien ésta es mucho menor que la permitida por las máquinas CNC.

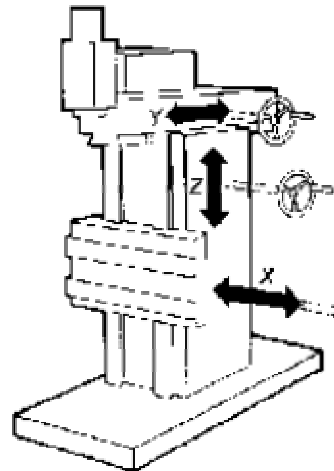
Componentes de las MHCN



FIGURA 3. MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO

Ejes principales

En la descripción de las MHCN se utiliza siempre el concepto de "eje", es decir, direcciones de los desplazamientos principales de las partes móviles de la máquina como la mesa portapiezas, cabezal, torreta.



Eje Y: desplazamiento transversal del carro portador del cabezal de dentro a fuera

Eje Z: desplazamiento transversal de la mesa portapiezas de arriba a bajo.

Eje X: desplazamiento transversal de la mesa portapiezas de izquierda a derecha

FIGURA 4. DESPLAZAMIENTOS-EJE DE UNA FRESADORA

Las MHCN están provistas de un número de ejes principales característicos, que hace factibles los trabajos de mecanizado sobre la pieza. Estos ejes se designan convencionalmente como X, Y y Z.

Generalmente las máquinas convencionales tienen de dos a tres ejes de desplazamiento, como los tornos y las fresadoras, respectivamente, pero en trabajos de mecanizado de formas complejas, se requieren MHCN dotadas de más ejes de desplazamiento.

La designación y descripción de los ejes de cada tipo de MHCN se encuentra estandarizada. La disposición de los carros móviles puede ser muy avanzada, dando origen a una gran variedad de diseños / modelos tanto en fresadoras como tornos.

Los fabricantes de MHCN determinan dichas disposiciones en función de los requerimientos, en cuanto a capacidad de carga y precisión de posicionado. Esta disposición viene condicionada por:

- ✓ La forma de la trayectoria por recorrer.
- ✓ Las propiedades de las superficies de contacto.
- ✓ Las exigencias de apriete o sellado.

Factores de mecanizado CN

Existen factores y condiciones principales que afectan el corte de metales en MHCN, y deben de tenerse en consideración a la hora de elaborar los programas de CN. Los siguientes factores son los más importantes:

- **Factor máquina-herramienta:**

La máquina-herramienta seleccionada tiene que ser capaz de llevar a cabo el trabajo de mecanizado bajo requerimientos de precisión y economía preestablecidos. El programador debe conocer las especificaciones de la máquina y condicionantes que hay que tener en cuenta a la hora de elaborar los programas CN. El diseño de las máquinas-herramienta se basa en tres consideraciones:

1. rigidez mecánica
2. estabilidad dinámica
3. rigidez térmica

El volumen de viruta extraído por unidad de tiempo o de avance, es un parámetro productivo, que depende de la potencia que la máquina-herramienta puede proporcionar para el giro de su husillo principal.

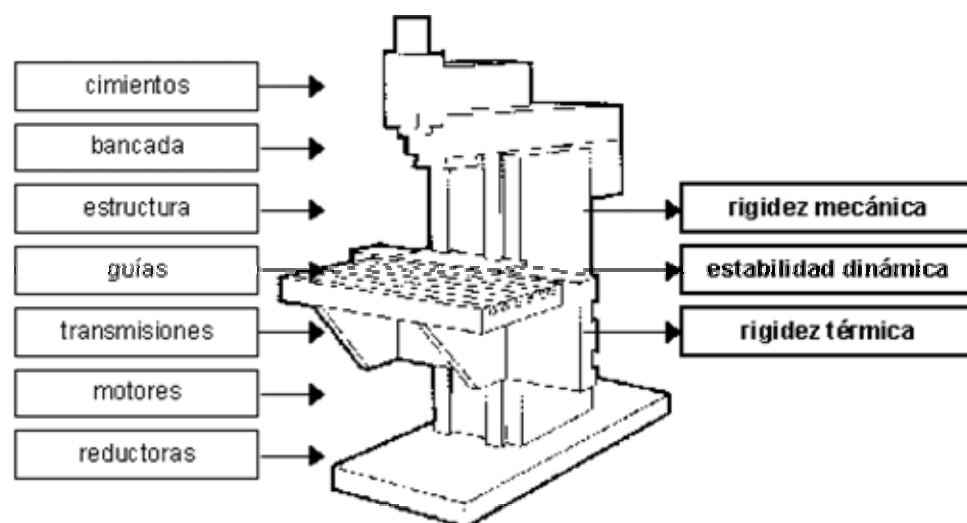


FIGURA 5. LOS FACTORES DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA

- **Refrigerante:**

Existen tres tipos de refrigerantes:

1. Las disoluciones en agua (ejemplo: soluciones salinas) presentan buenas propiedades como refrigerante pero malas como lubricante.
2. Las emulsiones (agua y aceites minerales con aditivos) incorporan las ventajas de lubricación de las sustancias grasas.
3. Los aceites de corte (con grasas y aditivos).

Se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- ✓ Los refrigerantes tienen caducidad y deben renovarse de forma regular.
- ✓ Existen algunos de ellos que atacan la piel y requieren el uso de ropa de protección y medidas de seguridad adicionales.
- ✓ Los refrigerantes pueden ser perjudiciales para determinados componentes de la máquina (picado de guías) por lo que se recomienda el uso exclusivo de aceites minerales

Para conseguir unas condiciones de mecanizado óptimas es necesaria la intervención de un refrigerante. Sus funciones son:

- ✓ Disipar el calor generado durante el corte en la punta de la herramienta manteniendo la temperatura de la pieza lo más baja posible.
- ✓ Reducir la fricción y el desgaste de la herramienta por lubricación.
- ✓ Facilitar la extracción de la viruta.
- ✓ Permitir aumentar las velocidades de corte.

- **Pieza (geometría básica):**

Un programador debe determinar qué propiedades de la pieza requieren atención especial a la hora de confeccionar el programa CN partiendo de su plano. El tamaño y la forma de la pieza afectan la elección del método y el sistema de sujeción, la presión de apriete requerida, la determinación de la herramientas y su forma de actuación (contornos especiales, internos o externos, etc.).

Un amarre carente de rigidez puede suponer la aparición de vibraciones o deflexiones en la pieza (ésta es la justificación del contrapunto o las lunetas en el torneado, o de algunos amarres especiales en fresado).

Para conseguir buenos acabados superficiales, se debe garantizar la formación de viruta favorable (mediante rompevirutas) y emplear una geometría de herramienta adecuada para el material. Se recomienda en este caso además:

- ✓ velocidades de corte elevadas,
- ✓ profundidades de corte bajas,
- ✓ avances reducidos.

Las tolerancias por conseguir en la pieza acabada, determinan el nivel de precisión con que se debe ejecutar el mecanizado (por ejemplo, estableciendo los periodos en los que se debe realizar una inspección o cambiar un útil).

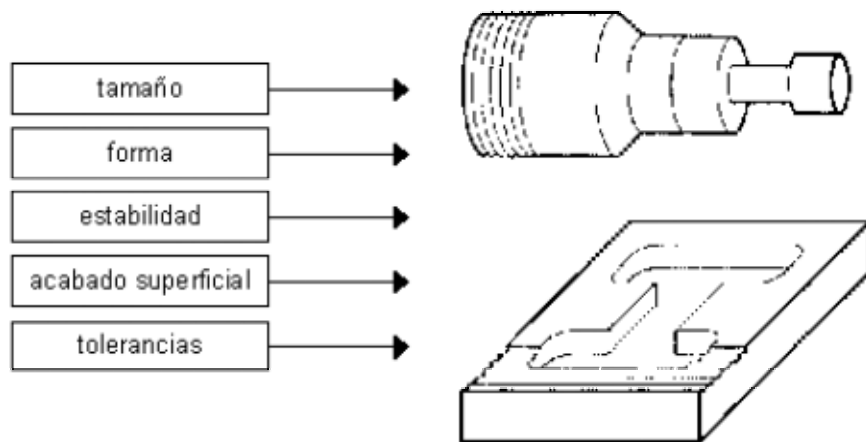


FIGURA 6. RESUMEN DE LOS FACTORES PIEZA

- **Material:**

Con referencia al material de la pieza las, características esenciales que deben ser tomadas en cuenta son la resistencia y la maquinabilidad.

La resistencia a la compresión es importante a la hora de seleccionar el sistema de amarre y las presiones de apriete (cuando se trata de un procedimiento hidráulico).

La maquinabilidad afecta a la elección de herramientas y a las fuerzas de corte por aplicar. Un síntoma característico de un mecanizado correcto es la formación de viruta favorable a velocidad de corte elevada, combinado con un bajo desgaste de herramienta y un buen acabado superficial.

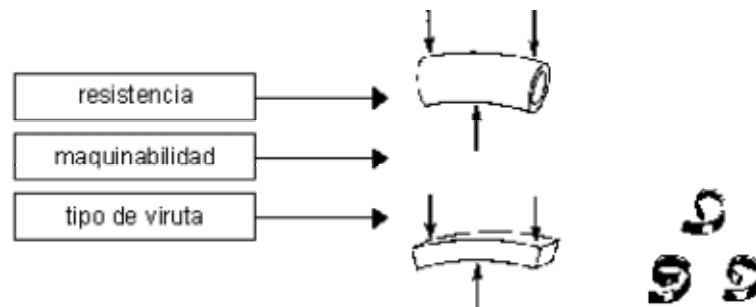


FIGURA 7. RESUMEN DE LOS FACTORES MATERIAL

La geometría y el acabado superficial de la pieza determinan la elección de las herramientas de mecanizado, donde la forma de la punta suele ser función del tipo de contorno por obtener, y sus dimensiones y materiales se eligen en concordancia con las velocidades de corte y avances.

El estado superficial deseado se obtiene mediante la selección del radio de punta de la herramienta y el avance.

- **Las virutas:**

Los tipos de viruta dependen de:

- ✓ factor de compresión,
- ✓ material de la pieza,
- ✓ velocidad de corte,
- ✓ estado superficial de flanco de desprendimiento,
- ✓ material de la herramienta,
- ✓ presencia de rompevirutas.

El factor de compresión se define como:

$$X_{\text{comp}} = \frac{a_v}{p_c}$$

siendo:

X_{comp} : factor de compresión

a_v : sección viruta, mm²

p_c : profundidad de corte, mm

Estos factores se deben conocer para la correcta determinación de los parámetros de corte necesarios, como lo son:

- ✓ velocidad de giro del cabezal,
- ✓ velocidad de corte,
- ✓ avance,
- ✓ profundidad de corte.

Todo lo anterior en función de los límites técnicos, requerimientos de acabado (calidad superficial y precisión dimensional), origina la operación de mecanizado y la pieza final, como se observa a continuación:



FIGURA 8. FACTORES POR TENER PRESENTES EN EL MECANIZADO CON MHCN

Programación de CN

A continuación se describen los movimientos de que constan las operaciones de mecanizado mediante máquinas de CN, sin considerar un lenguaje de programación. Para seguir los pasos necesarios, se requiere principalmente, información tecnológica y geométrica.

La información geométrica consiste en:

- ✓ datos dimensionales del contorno final,
- ✓ descripción de los movimientos de la herramienta
- ✓ posicionamiento en el área de trabajo del cero y puntos de referencia necesarios.

La información tecnológica consiste en:

- ✓ datos necesarios sobre la herramienta por usar,
- ✓ datos de corte (velocidad, avance, etc.)
- ✓ funciones de la máquina por ser controladas (refrigeración, etc.).

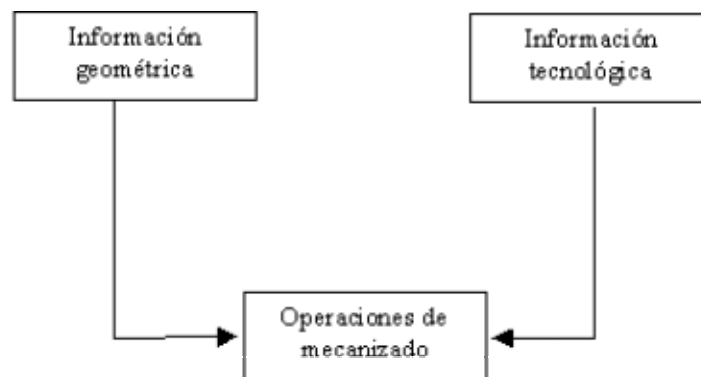


FIGURA 9. RELACIÓN ENTRE INFORMACIÓN GEOMÉTRICA Y TECNOLÓGICA PARA LOS PASOS DE MECANIZADO

Desarrollo de programas CN

¿Qué es un programa CN?

En un programa de CN, las operaciones para mecanizar una pieza en la máquina herramienta son declaradas en un formulario que el sistema de control puede entender. Un operador que conozca una máquina-herramienta convencional requiere, de una planificación de trabajo y un plano de la pieza para poder procesarla. De acuerdo con la información contenida en estos documentos, obtendrá las materias primas necesarias, herramientas, equipo de mantenimiento, etc. y, tras la preparación, comenzará inmediatamente con las operaciones de mecanizado.

La planificación de trabajo y el plano expresan al operador qué operaciones se requieren. De cualquier forma, el proceso determinado y los datos de corte seleccionados, son generalmente decididos sólo cuando se lleva a cabo el proceso de mecanizado actual.

El mecanizado siguiendo un programa CN es diferente; en este caso, todas las operaciones de mecanizado deben establecerse previamente y en el orden correcto, junto con las condiciones de avance, velocidad de giro, etc., y estos detalles, almacenarse en el programa CN.

Una vez introducido el programa CN en el sistema de control, puede ejecutarse tantas veces como se desee.

Al operador tan sólo le queda:

- ✓ preparar la máquina,
- ✓ monitorear las secuencias de mecanizado,
- ✓ efectuar la inspección,
- ✓ cargar, fijar y liberar las piezas
- ✓ recambiar las herramientas desgastadas.

Si algunas operaciones hay que llevarlas a cabo de forma diferente a la especificada en el programa CN, los puntos apropiados del programa CN deben modificarse.

En un sistema de control CNC, tales modificaciones pueden ser realizadas directamente por el operador de la máquina.

Las letras de dirección para funciones suplementarias son:

- ✓ X, Y, Z: datos de coordenadas
- ✓ F: velocidad de avance
- ✓ S: velocidad de giro

En el lenguaje de programación de un sistema de control CNC, el fabricante especifica qué instrucciones pueden programarse, cuáles funciones suplementarias son posibles en conexión con directrices individuales, y qué letras de dirección y secuencias de números forman las instrucciones y funciones suplementarias.

Cuando se introduce un programa CN, el sistema de control verifica si se han respetado las reglas del lenguaje de programación (si pueden añadirse funciones suplementarias a una instrucción). Sin embargo, la introducción por el programador de coordenadas equivocadas sólo puede hallarse durante la ejecución.

Instrucciones CN

Aquí se muestra un conjunto de importantes instrucciones de estándares establecidos, que aparecen en los lenguajes de programación usados en sistemas de control CNC.

Estas son las instrucciones:

G00:	Desplazamiento rápido
G01:	Desplazamiento lineal con avance
G02:	Desplazamiento circular, sentido horario
G03:	Desplazamiento circular, sentido anti-horario

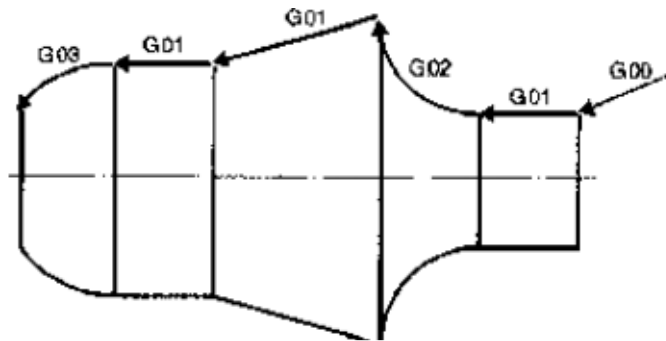


FIGURA 10. EJEMPLO DEL EMPLEO DE LOS COMANDOS G

Las instrucciones de interpolación circular, G02 y G03, se diferencian en el sentido de rotación. Las instrucciones "Interpolación circular, horario" (G02) e "Interpolación circular, antihorario" (G03) requieren las siguientes funciones suplementarias:

- ✓ coordenadas del punto destino
- ✓ introducción del radio o centro del arco
- ✓ velocidad de avance
- ✓ velocidad de giro o de corte

Aun cuando un fabricante de sistemas de control (que no siga estrictamente los estándares establecidos) no use las palabras de programa G00, G01, G02 y G03, habrá otras con el mismo efecto. Estas instrucciones tendrán entonces una letra de dirección diferente, o serán introducidas desde un teclado simbólico.

Los datos de coordenadas necesarios como funciones suplementarias, además de las instrucciones ya citadas, pueden ser introducidos de varias formas, dependiendo del tipo de control:

- ✓ en dimensiones absolutas
- ✓ en dimensiones incrementales
- ✓ mediante sentencias de ángulo suplementario
- ✓ en coordenadas polares

Las siguientes funciones suplementarias son también necesarias:

- ✓ Coordenadas del punto destino
- ✓ Velocidad de avance
- ✓ Velocidad de giro o de corte

La velocidad de avance determina la rapidez con la que la pieza es mecanizada. La elección de esta velocidad depende de:

- ✓ la herramienta (geometría y material)
- ✓ el material por ser mecanizado
- ✓ el acabado de superficie requerido
- ✓ geometría y rigidez de la herramienta

Control Numérico Computarizado CNC

¿Qué es el CNC?

CNC se refiere al control numérico de máquinas, generalmente máquinas de herramientas. Normalmente este tipo de verificación se ejerce mediante un computador, y la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa dado.

Estas máquinas son el resultado de ubicar un microordenador en cada máquina, lo que permite que los programas puedan ser almacenados y desarrollados localmente, eliminando o reduciendo un buen número de problemas operativos. Las máquinas CNC ofrecen una mayor flexibilidad, porque están dotadas de control digital en lugar de circuitos cableados, lo cual permite que se puedan incorporar con facilidad nuevas opciones y sea posible resolver los problemas de *hardware* de forma sencilla. Además, el ordenador puede analizar la precisión con que están programadas las piezas por fabricar y si han de reprogramarse antes de ponerlas en marcha.

Las CNC están conectadas con sistemas de carga y descarga de herramientas. Estas son más rápidas pues suelen disponer de sistemas para el desarrollo de programas en tiempo real y *on line*, de manera que los operadores pueden llevar a cabo con gran rapidez los cambios de ingeniería. Se ejercen mediante el siguiente proceso:

- ✓ Dibujo del procesamiento
- ✓ Programación.
- ✓ Interfase.
- ✓ Máquinas Herramientas CNC

La interfase entre el programador y la MHCN se realiza mediante la interfase, la cual puede ser una cinta perforada y codificada con la información del programa. Normalmente la MHCN posee una lectora de la cinta.

Características del CNC

La MHCN posee las siguientes ventajas:

- 😊 Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- 😊 Mayor uniformidad en los productos obtenidos.
- 😊 Un operario puede trabajar con varias máquinas a la vez.
- 😊 Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- 😊 Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- 😊 Fácil control de calidad.
- 😊 Reducción en costos de inventario.
- 😊 Es posible satisfacer pedidos urgentes.
- 😊 Se reduce la fatiga del operador.
- 😊 Mayor seguridad en las labores.
- 😊 Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.
- 😊 Fácil control de acuerdo con el programa de producción, lo cual facilita la competencia en el mercado.
- 😊 Fácil administración de la producción e inventario, lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
- 😊 Permite simular el proceso de corte, a fin de verificar que sea correcto.

Entre las desventajas podemos citar:

- 😞 Alto costo de la maquinaria.
- 😞 Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
- 😞 Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación, para un eficiente funcionamiento.
- 😞 Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado, y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
- 😞 Es necesario mantener un gran volumen de producción, a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.

Uso del CNC

¿Cuándo emplear el CNC?

Muchas veces se resuelve con base en un análisis de producción y rentabilidad; sin embargo, en otras existe un factor inercial, que impide a los empresarios realizar el salto tecnológico. En la medida en que estas personas se motiven a acercarse a estas tecnologías, surgirán múltiples alternativas financieras y de producción, que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión. Por otro lado, una vez tomado este camino, se dará una rápida transferencia tecnológica a escala de las empresas, incrementando el nivel técnico.

Los factores que se deben analizar a la hora de tomar la decisión de usar o no CNC, en términos de producción, son:

- ✓ Cuando se tienen altos volúmenes de producción.
- ✓ Cuando la frecuencia de producción de un mismo artículo, no es muy alta.
- ✓ Cuando el grado de complejidad de los artículos producidos, es alto.
- ✓ Cuando se realizan cambios en un artículo, a fin de darle actualidad o brindar una variedad de modelos.
- ✓ Cuando es necesario un alto grado de precisión.

Convencional vs. máquina CNC

Veamos ahora el contraste entre una máquina convencional y una máquina CNC

Máquina convencional MHCH

Máquina convencional CNC

La trabaja una sola persona

Una persona puede trabajar muchas máquinas.

Es necesario localizar medidas mediante el plano.

No es necesario localizar medidas de dimensionamiento.

Es necesaria la experiencia

No es necesaria la experiencia.

El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.

El programa tiene todo el control de los parámetros de corte

Existen trabajos que es imposible realizar.

Luego de que se ejecuta el programa, virtualmente se realiza cualquier trabajo.

Desarrollo del proyecto

Las necesidades actuales en el campo farmacéutico y sus avances en el alcance del bienestar de la población, hacen que la investigación y desarrollo de nuevos productos, sea constante y necesaria, para así mejorar la calidad de vida de sus usuarios y, a la vez, se requiere de grandes avances en los tipos de maquinaria destinadas a producir las cantidades necesarias para abastecer a una población.

La idea anterior crea el problema que originó el desarrollo del siguiente proyecto, el cual es el faltante de moldes para el empaque de los nuevos diseños de los productos, lo cual no sólo afecta a este tipo de máquina, sino que las de manufactura también tienen que estar en continuo cambio y desarrollo.

Se escogió resolver el problema en el área de empaque, ya que el cambio en los diseños o formas de las pastillas es más fácil de solucionar en el sector de manufactura, puesto que no se requiere de una transformación en la fisonomía de la máquina o la manera de producirla, ya que los diseños de las pastillas cambian sólo con variar los punzones intercambiables que tienen las máquinas tableteras, y éstos se pueden solicitar directamente a su fabricante, lo cual no ocurre con los que hacen las empacadoras de pastillas.

Laboratorios Stein S.A. cuenta con un mecánico de precisión que se dedica, entre otras tareas, a realizar dichos moldes de manera manual en un torno convencional, pero debido a la extrema precisión requerida en la hechura del molde, cualquier error humano o de cálculo al realizarlo, originaría la pérdida total del trabajo, la cual está estimada en 28 900 colones, ya que el tiempo aproximado para hacerlos es de 4 días de trabajo, que equivalen a 3 900 colones, y el costo del material es de 25 000 colones.

Descripción del proceso

La máquina blisteadora de la fábrica Mario Cricca S.A., modelo S-200F, tiene la función de realizar el empaque de cápsulas o pastillas en un *blister* que puede tener varias configuraciones, entre las cuales están:

- ✓ Empaque de PVC y cubierta de aluminio
- ✓ Empaque de aluminio y cubierta de aluminio (alu-alu)

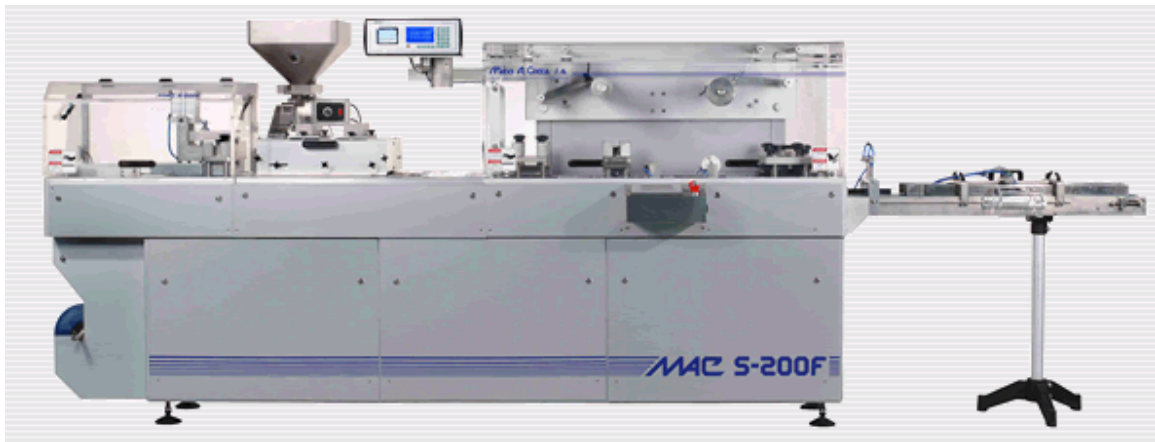


FIGURA 11. BLISTERA ARGENTÉCNICA MAC S-200F

El proceso se inicia en la estación de formado, la cual es la encargada de hacer en el material de empaque la forma de la pastilla que luego será introducida. Los diferentes materiales utilizados para el empaque varían, según la manera de realizar la forma de la cavidad donde se coloca la pastilla. Para cada proceso existe un molde diferente. Ambos se describen a continuación:

- ✓ Soplado: en este caso, el blister se hace cuando una lámina de PVC se hace pasar por una plancha de precalentado, cuya función es la de calentar la lámina de PVC, para que éste llegue a una temperatura idónea a la estación de formado, la cual se encarga de subir el molde de formado y prensarlo contra una máquina que lo sopla, haciéndolo tomar la forma de las cavidades propuestas en el molde.

- ✓ Repujado: en este proceso, el blister se hace a partir de una lámina de aluminio, la cual se hace pasar a través de un molde, el cual al subir aplasta la lámina contra otro molde que contiene el diseño de las cavidades por formar.

El blister formado en la lámina de PVC pasa luego por medio de unas prensas neumáticas a través de todas las estaciones, a razón de 100 mm por carrera de cada una; llega luego a la estación de carga, que es donde se introducen las cápsulas o pastillas.

Después de esta estación, el blister y el medicamento llegan a la estación de sellado, la cual contiene un molde con las cavidades un poco más grande que las del de formado, para que entren en forma libre y con un segrinado o moleteado en la parte superior que al ser llevado a una alta temperatura y subir sobre el material de empaque, quema la cubierta de aluminio al empaque y lo sella. Posteriormente, la estructura final es troquelada, para obtener el blister final.

Metodología utilizada para el diseño de los moldes

Para el diseño y la programación para la manufacturación de los moldes, tanto de formado como de sellado, aquellos fueron dibujados a tamaño escala con todas sus características en el programa AutoCAD, entre cuyas funciones podemos destacar: el modelado geométrico, análisis, prueba, delineación, y documentación de algún diseño. Este dibujo se paso luego al programa de manufactura asistida por computadora MasterCAM Mill Versión 8.1.1, el cual es utilizado para realizar un modelado geométrico de una pieza y, entre sus opciones, nos brinda el control numérico, planificación y control de fabricación.

Los términos CAD/CAM se utilizan para las estaciones gráficas, el nombre es un acrónimo derivado del inglés *Computer Aided Design* y *Computer Aided Manufacturing* (Diseño Asistido por Computadora y Fabricación Asistida por Computadora). CAD/CAM son disciplinas distintas, pero ambas están interrelacionadas por una base de datos común.

En realidad, CAD/CAM es un matrimonio entre numerosas disciplinas de ingeniería y fabricación, además de ser una comunicación computarizada y una función de diseño para y entre ingenieros de fabricación.

El desarrollo de los moldes de formado y sellado para la máquina Blistera EM5006 de Laboratorios Stein S.A., su función, los requerimientos de precisión, códigos CNC para su mecanizado en la máquina Mazak AJV-18N, problemas y soluciones, se presentarán a continuación.

Centro de maquinado fresadora CNC

La máquina fresadora de control numérico computarizado, para la cual se diseñaron los moldes y los códigos, fue:

Mazak AJV-18N: 21" x 16" x 20" X, Y, Z, Travel : 10,000 R.P.M.

Spindle: 32 Tool ATC: 1180 I.P.M. Rapid Traverse:

Mazatrol M-32 Control



FIGURA 12. CENTRO DE MAQUINADO MAZAK AJV-18N

La máquina Mazak AJV-18N tiene las siguientes características:

Mazak Centro de Maquinado de Doble Columna Vertical	
Tipo	AJV 18N
Controlador CNC	Mazatrol M32
Año	1993
Número de serie	103455
Movimiento máximo de la mesa (Eje-X)	560 mm
Movimiento máximo del cabezal (Eje-Y)	410 mm
Movimiento máximo de profundidad del cabezal (Eje-Z)	400 mm
Distancia entre el cabezal y la mesa	150-550 mm
Distancia entre columnas	480 mm
Medidas de la mesa	410 x 900 mm
Capacidad de carga sobre la mesa (distribuido uniformemente)	300 kg
Velocidad del cabezal	10-10,000rpm
Porta herramientas: ISO	40
Velocidad de movimiento rápido del cabezal en los ejes X y Y	30 metros/min.
Velocidad de movimiento rápido del cabezal en el eje Z	18 metros/min.
Velocidad de corte	1-8,000 mm/min.
Capacidad de herramientas en el magazín	30
Motor principal	5.5/ 9 Kw.
Peso de la máquina	4500 Kg.
Voltaje 50 Hz 3x	380/415 Voltios
Dimensiones de la máquina:	
Longitud	2352 mm
Ancho	2252 mm
Altura	2765 mm

Molde de formado

Observaciones:

El molde de formado tiene la función de realizar las diferentes formas de los *blisters* donde se ubica la pastilla o encapsulado. El molde a diseñar y construir en la máquina CNC fue en este caso, como se explicó anteriormente, es el que realiza los *blisters* por soplado. Esto porque para esta clase de proceso, se requiere de una mayor precisión a la hora de su maquinado, y es mucho más complejo que el molde para realizar las pastillas por el método de repujado.

Lo anterior se debe a que a la hora de realizar el soplado del material de empaque sobre el molde de formado, para obtener la forma de las pastillas o cápsulas, se requiere que el aire atrapado entre el molde y la lámina de PVC, antes de que sea soplado, sea evacuado por algún medio para que así, cuando la máquina sopladora se posicione, pueda formar las cavidades. Si esto no ocurriera, la misma no podría vencer la fuerza (compresión) que ejerce el aire atrapado.

Este problema se soluciona realizando una serie de agujeros transversales de muy poco tamaño en las cavidades del molde (aproximadamente 0,7 mm de diámetro) que se comunican con otra serie de agujeros longitudinales de mayor tamaño, para así dejar salir el aire atrapado. Esto requiere de una alta precisión para que los agujeros transversales se comuniquen con los longitudinales, y que éstos no atraviesen ninguna de las cavidades del molde.

Medidas:

El molde tiene forma rectangular con las siguientes medidas en milímetros:

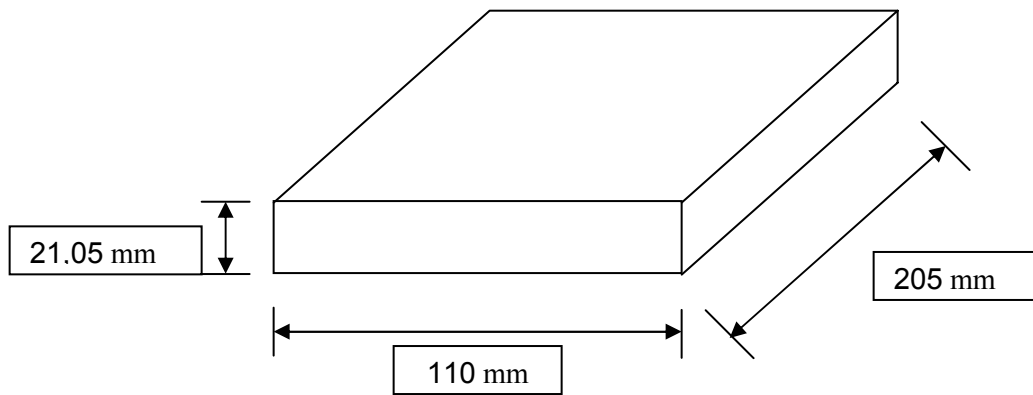


FIGURA 13. MEDIDAS EN MILÍMETROS DEL MOLDE DE FORMADO SIN MAQUINAR

Material:

Con respecto al material en que se iba a realizar el molde, no fue necesario hacer ninguna investigación en lo que respecta a la búsqueda de uno que cumpliera mejor con las propiedades de maquinabilidad y durabilidad, requeridas para fabricarlo, porque los existentes tenían un material base. Este proceso no requería de ninguna innovación; solo se necesitaba un mejor mecanizado en comparación con los que se fabricaban normalmente. La empresa ya tenía los materiales e instrumentos para realizar el molde.

Toma de medidas estándar:

Debido a que la máquina posee la posibilidad de intercambiar los moldes de formado, según la forma de la pastilla que se vaya a producir, los moldes tienen ciertas medidas y características estándar, para que éste entre a la perfección en la plancha que lo hace subir y bajar para formar las cavidades; entre las cuales podemos señalar:

- ✓ Existencia de un canal en la cara inferior para fijar el molde a la plancha de la estación de formado.

- ✓ Distancias estándar de ancho entre cavidades del *blister*, para que cuando el PVC se mueva a través de las estaciones, las cavidades formadas en éste, lo haga entre unas guías con la misma medida, para evitar movimientos del PVC que puedan originar golpes y arrugas.
- ✓ Distancias estándar de largo del *blister*, debido a que la carrera de las prensas neumáticas y el ancho del molde limitan esta medida, ya que en caso de que el *blister* formado sea muy pequeño, el molde al subir y bajar para formar las cavidades, puede aplastar cavidades ya formadas.
- ✓ Medidas del espesor del material base, ya que si se irrespeta esta medida, el cierre hermético necesario entre la máquina de soplado y el molde, origina pérdidas de aire que provocan deformidades en las cavidades del *blister*.
- ✓ Medidas del ancho y largo del molde, pues si no se le dan correctamente estas medidas el molde, se movería a través de la plancha de la estación de formado, pudiendo deformar las cavidades realizadas en el PVC.

Estas medidas fueron tomadas con la ayuda de un pie de rey o calibrador electrónico, de marca Starrett, con carrera máxima de 200 milímetros u 8 pulgadas y una incertidumbre igual a 0,01 milímetros cuando es utilizado en esta unidad y de 0,0005 pulgadas recíprocamente.

Tipo de pastilla:

La pastilla por introducir en la cavidad formada por el soplado del PVC contra el molde de formado, tiene las siguientes características:

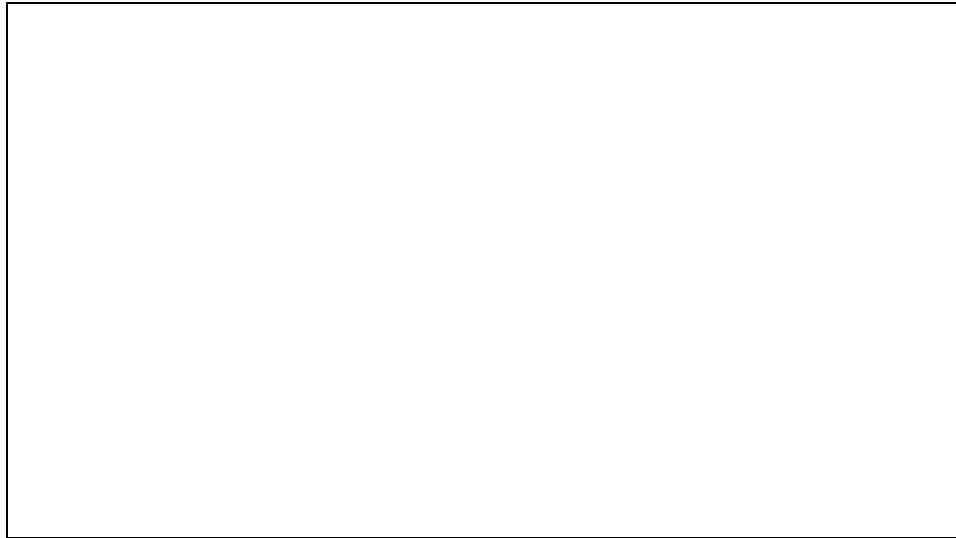


FIGURA 14. DIBUJO EN AUTOCAD DE LA FORMA Y DIMENSIONES EN MILÍMETROS DE LA PASTILLA.

Problemas y errores frecuentes en su mecanizado manual:

El mecanizado del molde en una fresadora convencional, aunque se puede realizar casi tan bien como en una fresadora CNC, requiere de un mayor cuidado por parte del mecánico de precisión, ya que cualquier error de cálculo originaría la pérdida del molde, caso que no ocurre en el mecanizado por CN. Esto se debe a que el programa se puede correr en vacío o hacer la plantilla en otro material de muy bajo costo y sin problemas de mecanizado, para corroborar su buena construcción.

Entre los errores más comunes que presentan los moldes mecanizados, cuando están a prueba y que originan malformaciones en los *blister*, están:

- ⇒ Falta de cierre hermético entre el molde de formado y la máquina de soplado.
- ⇒ Vibraciones y movimiento del molde en la plancha de la estación de formado
- ⇒ Aplastamiento de cavidades formadas por parte del molde de formado, debido a irrespeto de las distancias estándar
- ⇒ Golpes y arrugas de cavidades formadas por movimientos pronunciados del PVC al pasar por las guías que comunican las estaciones

Diseño del molde:

Después de haber tomado las medidas estándar de los moldes presentes en la empresa, se realizó su dibujo en el programa AutoCad, para tener una ficha técnica gráfica de las medidas obligatorias que debe cumplir cualquier molde de formado para esta máquina, y así ser comparado con el mecanizado de futuros moldes (ver [anexo 3](#)).

En el dibujo anterior, también se realizó el diseño del molde y las configuraciones y orientaciones que podían tener las pastillas del *blister* final, sin pasar por alto las medidas estándares antes especificadas.

Los dibujos con las orientaciones y configuraciones del *blister* final, entre las cuales estaba poner las cavidades de forma horizontal o a 45 grados respecto al *blister*, fueron llevados a la gerencia general para que tomaran las decisiones de cuál diseño se adaptaba más a las necesidades del cliente y la idea general del producto. Se tomó la medida de que la orientación de las pastillas iba a ser horizontal.

Teniendo esto como base, se sacaron las medidas principales del molde para el futuro diseño del programa de control numérico (CN), y realizar su maquinado. El dibujo de AutoCad de la vista superior del molde de formado, se presenta a continuación:

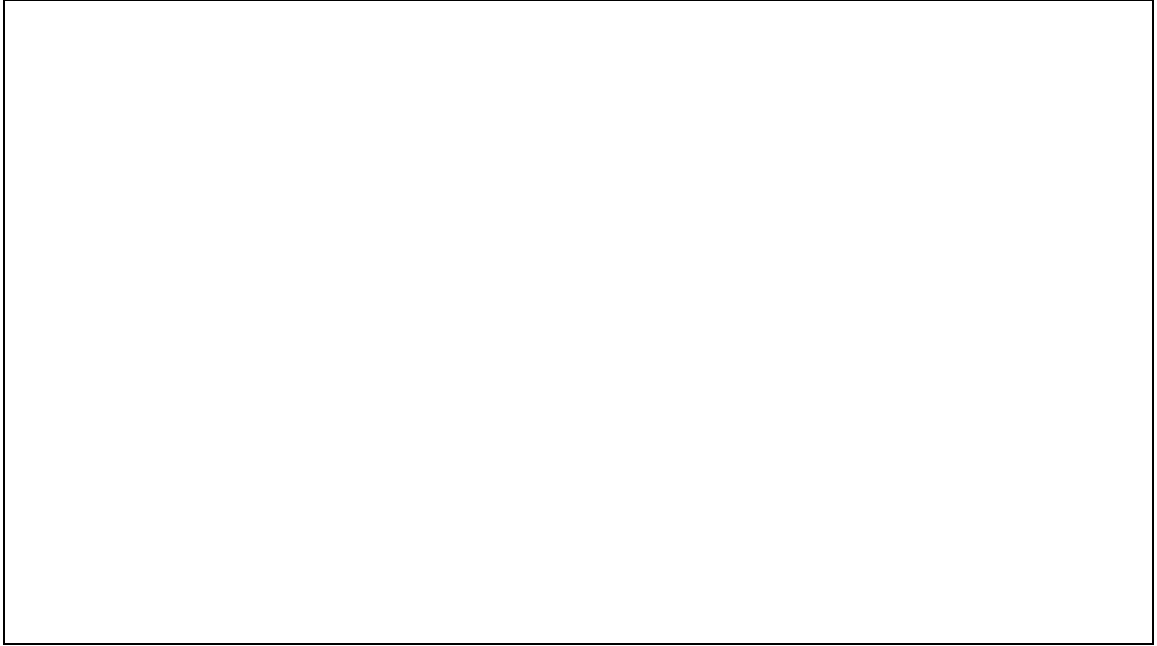


FIGURA 15. DISEÑO EN AUTOCAD DE LA VISTA SUPERIOR DEL MOLDE DE FORMADO.

Diseño del programa de control numérico:

Como se explicó antes, los programas CAD/CAM son una ágil herramienta de asistencia para la manufacturación de piezas. El procedimiento utilizado para obtener el control numérico fue el de transferir al MasterCam el dibujo hecho en AutoCad. El asistente del MasterCam nos guió para realizar su maquinado y revisarlo en su función de simulación.

Cuando el resultado final de la simulación es igual al deseado en la pieza por mecanizar, el programa nos suministra el código de control numérico para las máquinas de mecanizado por escoger entre un listado de compiladores. Es de este programa que se obtuvo la simulación del molde de formado para su maquinado superior y lateral e inferior (ver [anexo 5](#)) y el control numérico para la fabricación en la máquina Mazak AJV-18N. A continuación se presenta la simulación del mecanizado lateral y el código CNC para mecanizarlo:

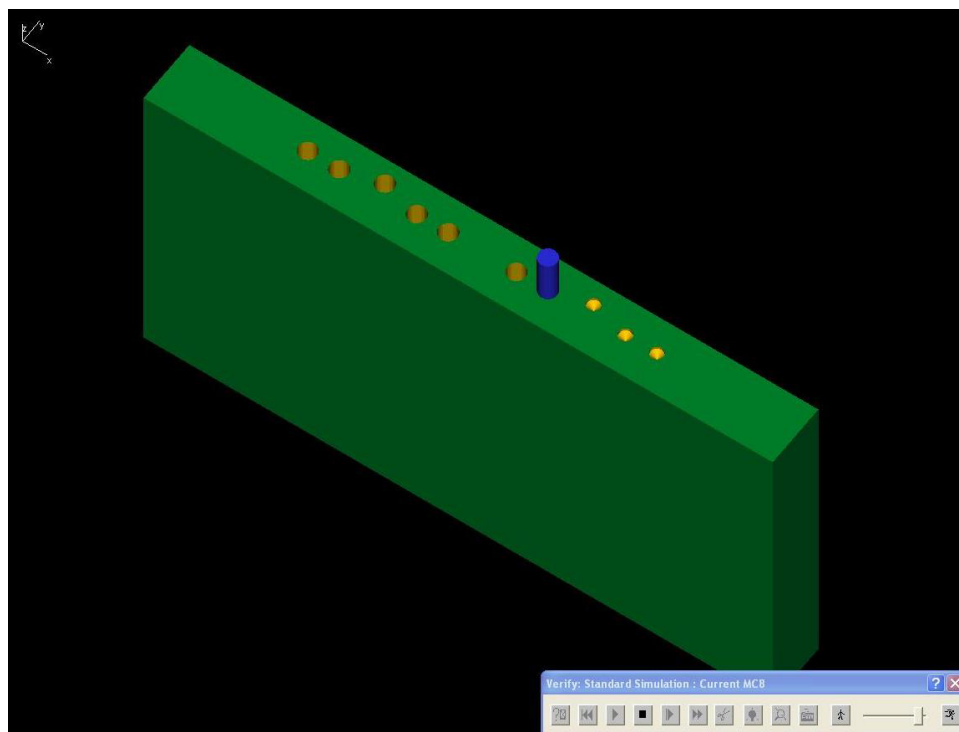


FIGURA 16. SIMULACIÓN DEL MECANIZADO LATERAL DEL MOLDE DE FORMADO

Programación CNC:

O1 (PROGRAM - LATER)
(DATE - 23-05-04 TIME - 12:40)
N1
G21
G0G40G80G90G94G98
G0G28G91Z0.
G0G28X0.Y0.
(1/4 CENTERDRILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 6.35)
T1M6
G0G54G90X45.618Y11.15S3609M3
G43H1Z100.M8
G99G83Z-3.R100.Q2.F180.4
X55.882
X68.5Y14.35
X81.118Y11.15
X91.382
X113.618
X123.882
X136.5Y14.35
X149.118Y11.15
X159.382
G80
M9
M5
G0G28G91Z0.
M01
N2
G0G40G80G90G94G98
G0G28G91Z0.
(6. DRILL TOOL - 2 DIA. OFF. - 2 LEN. - 2 DIA. - 6.)
T2M6
G0G54G90X45.618Y11.15Z100.S954M3
G43H2Z100.M8
G99G83Z-60.R100.Q2.F57.2
X55.882
X68.5Y14.35
X81.118Y11.15
X91.382
X113.618
X123.882
X136.5Y14.35
X149.118Y11.15
X159.382
G80
M9
M5
G0G28G91Z0.
G0G28X0.Y0.
M30

Molde de sellado

Observaciones:

El molde de sellado tiene la función de realizar el sellado entre la lámina de PVC, proveniente de la estación de carga con las pastillas o cápsulas dentro de las cavidades formadas en la estación de formado, y la lámina de aluminio, para así sellar la pastilla dentro del empaque, para luego ser troquelado en sus dimensiones de empaque y formar el *blister* final.

Las características de este molde en comparación con las del de formado, son:

- ⇒ La presencia de un moleteado o segrinado encargado de ejercer una sobrepresión puntual a toda la superficie de la lámina de PVC, y así realizar un mejor sellado.
- ⇒ Este tiene un mayor tamaño para cumplir con las dimensiones estándar de la plancha donde se coloca el molde.
- ⇒ Un mayor tamaño en la forma de las cavidades de este molde, para evitar que cuando el molde de sellado suba para quemar la lámina de aluminio al PVC, la cavidad con la pastilla, quede atrapada dentro de la cavidad del molde, por falta de espacio para que entre y salga con facilidad.

Medidas:

El molde de sellado tiene forma rectangular, con las siguientes medidas en milímetros:

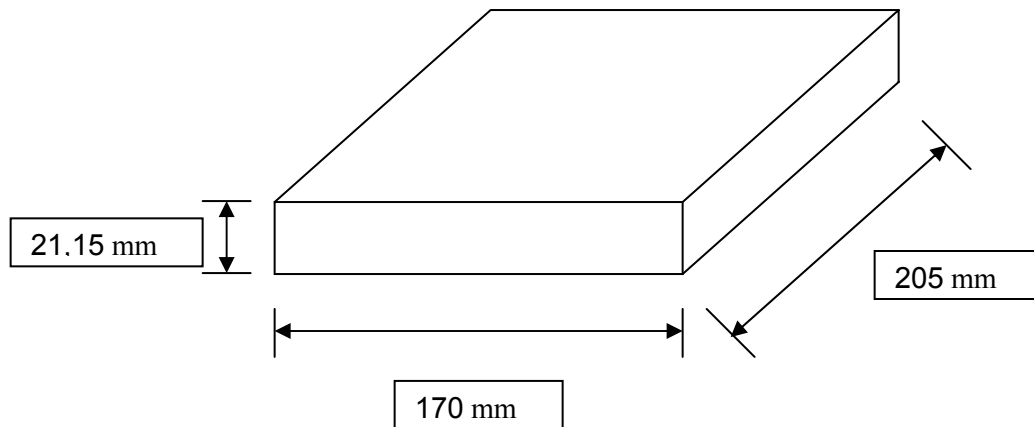


FIGURA 17. MEDIDAS EN MILÍMETROS DEL MOLDE DE SELLADO SIN MAQUINAR

Material:

Como antes se especificó en el molde de formado, el material en que se iba a realizar, no fue necesario realizar ninguna investigación, en lo que respecta a la búsqueda uno que cumpliera mejor con las propiedades de maquinabilidad y durabilidad requeridas para hacer este molde; el proceso no requería de ninguna innovación, salvo de un mejor mecanizado en comparación con los que se fabricaban normalmente.

Toma de medidas estándar:

Para la toma de medidas estándar, se utilizaron los mismos procedimientos e instrumentación ya establecidos en el molde de formado.

Problemas y errores frecuentes en su mecanizado manual:

Los errores más frecuentes en el mecanizado manual del molde de sellado, son los siguientes:

- ⇒ Problemas con el sellado de los *blister*, debido a que las dimensiones del espesor no se respetaron o el desnivel a la hora del maquinado originan que al subir la estación de sellado no logra un contacto homogéneo con la lámina de PVC y la de aluminio.
- ⇒ Vibraciones y movimiento del molde en la plancha de la estación de sellado.
- ⇒ Aplastamiento de las cavidades formadas por parte del molde de sellado, debido al irrespeto de las distancias estándar.

Diseño del molde:

Al igual que el molde de formado, se tomaron todas las medidas necesarias para realizar el diseño del molde y su dibujo en el programa AutoCad (ver [anexo 4](#)). Para el diseño de este molde se sobrepuso el dibujo del formado sobre el de sellado y se aumentaron las medidas de las cavidades del molde resultante, para así asegurarnos de que las cavidades en ambos quedaran a iguales distancias unas de otras, para evitar los problemas de aplastamiento.

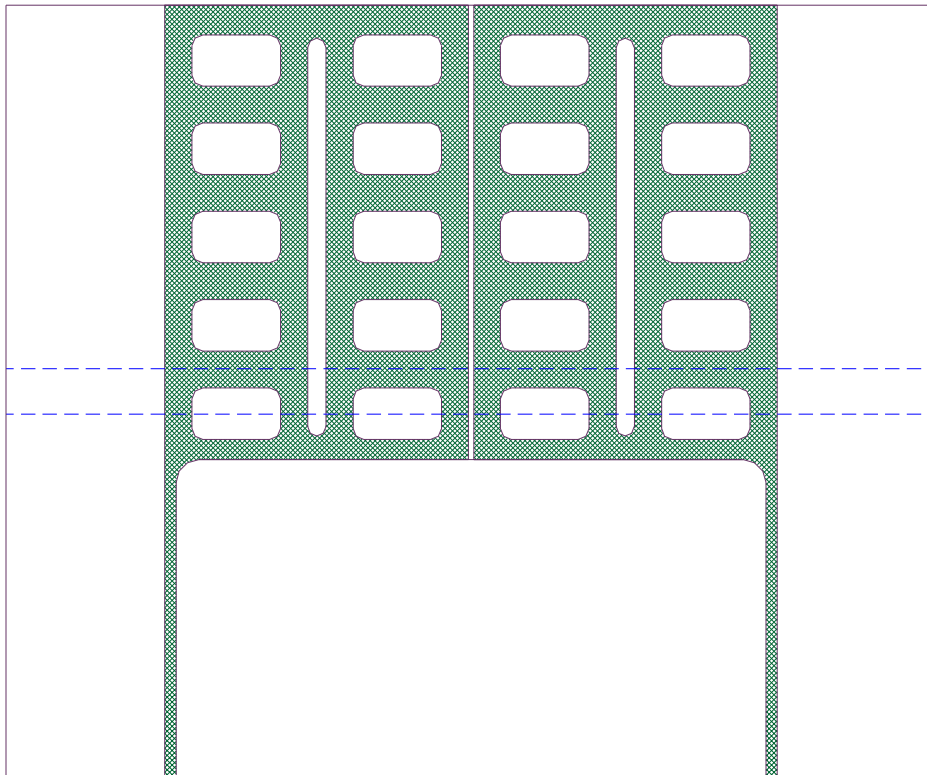


FIGURA 18. DISEÑO EN AUTOCAD DE LA VISTA SUPERIOR DEL MOLDE DE SELLADO.

Diseño del programa de control numérico:

Al igual que con el molde de formado, se utilizó el dibujo hecho en el AutoCad, para realizar el control numérico en el programa MasterCam. Cuando el resultado final de la simulación fue igual al deseado en la pieza por mecanizar, el programa nos suministró el código de control numérico. Es de este programa que se obtuvo la simulación del molde de sellado para su maquinado superior e inferior (ver [anexo 5](#)) y el control numérico para su fabricación en la máquina Mazak AJV-18N. A continuación se presenta la simulación del mecanizado superior:

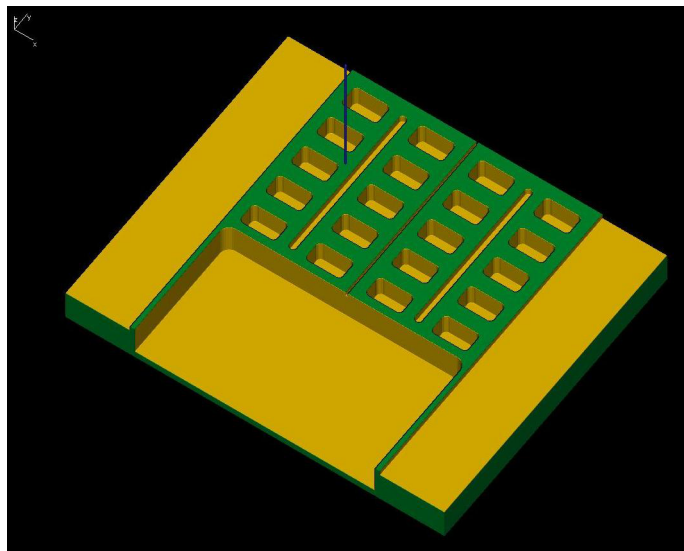


FIGURA 19. VISTA DE LA SIMULACIÓN DEL MECANIZADO FINAL DEL MOLDE DE SELLADO.

Recomendaciones:

- ⇒ Es necesario crear una base de datos de las medidas estándar con que debe cumplir cada uno de los moldes para cada una de las máquinas que los empleen, para así evitar cualquier error de medición en que pueda incurrir el mecánico de precisión cada vez que realice un molde.
- ⇒ Se debería hacer un estudio más a fondo de costos, tiempos de mecanizado, precisión, que compare el mecanizado manual de todas las piezas y moldes que se requieren en la empresa contra la compra de una máquina fresadora CNC, para así optar por alguno de los dos métodos.
- ⇒ Establecer el tiempo necesario para realizar por completo los trabajos de manufactura de moldes en la fresadora manual, para evitar que éstos sean interrumpidos por otros trabajos necesarios, que puedan originar errores, por montaje y desmonte de las piezas, entre otros.

Conclusiones:

Al finalizar el presente proyecto, se obtuvo una comparación más real entre la precisión de un mecanizado manual y el llevado a cabo en una máquina fresadora de control numérico computarizado, para así obtener una mejor idea de los principales problemas en que se incurría en su mecanizado manual y las tolerancias que se debían seguir al realizarlo.

Según lo anterior y lo planteado en este proyecto, se puede concluir, que es necesario para Laboratorios Stein S.A., la compra de un centro de mecanizado por control numérico, ya que día a día es mayor la cantidad de trabajos hechos en la fresadora manual, como la precisión que se debe tener para realizados.

Bibliografía:

Carvajal, Julio. Instructivo de curso Administración del Mantenimiento II.
Cartago: ITCR, 2003. Escuela de Ingeniería Electromecánica.

Herbert Rees. “Ingeniería de Moldes”. Cincinnati, Hanser/Gardner Publications

Mario A. Cricca. Manual del operación para la máquina envasadora automática por sistema blister MAC S-200F número de serie 406.

Rodríguez, Rafael. Instructivo del curso de Procesos de Manufactura.
Cartago: ITCR, 2003. Escuela de Ingeniería Electromecánica.

Valverde Vega, Jorge. Instructivo del curso Administración del Mantenimiento I.
Cartago: ITCR, 2001. Escuela de Ingeniería Electromecánica.

Anexos

Anexo 1.

**Manual de operación para la máquina
envasadora automática por sistema
blister MAC S-200F número de serie 406**

6 6 2004

MAC S-200 F

Máquina envasadora automática
por sistema blister
Nro. de Serie 406

Manual de Operación

Cliente:

LABORATORIOS STEIN, S.A.

Este manual es propiedad de Mario A. Cricca S.A. y contiene diseños e información de ingeniería que constituyen propiedad comercial de *Mario A. Cricca S.A.*
Cualquier uso de este Manual que no sea relacionado con la operación o mantenimiento de su máquina MAC, y cualquier derivación del contenido de este Manual a cualquier tercera parte sin el expreso consentimiento escrito de *Mario A. Cricca S.A.*, está totalmente prohibida.

Agosto de 2001

6 6 2004

SECCION 1:
DESCRIPCION

64
19.



SECCION 1: DESCRIPCION

6 2004

1.0 Información General

La principal característica de la máquina termoformadora MAC S-200F es la simple pero efectiva concepción mecánica. El material termoformado avanza paso por paso a través de varias estaciones donde el material es calentado, moldeado, llenado, sellado, precortado y cortado en trozos llamados blisters. Cada blister contiene un número específico de cavidades.

La máquina está diseñada para el rápido cambio de herramientas para diferentes aplicaciones. Puede formar blisters de varios tamaños, y opciones como el número de cavidades por blister, el tamaño y la forma de las cavidades, y el material de envasado.

Se debe tener en cuenta que la velocidad de producción de la máquina depende de factores tales como la profundidad de la cavidad o el tipo de material termoformable. Al formar blisters que son más profundos que lo standard (12mm.) la velocidad de la máquina debe ser más lenta.

NOTA: Cuando la profundidad no es especificada, se provee la profundidad standard (12mm.)

Las características de diseño de la máquina termoformadora incluyen:

- ⇒ La superficie de montaje para todos los ensambles están maquinados, lo que garantiza el alineado de todas las partes críticas de la máquina. Los cerramientos, los paneles y las cubiertas están fabricadas en materiales que responden a las normas FDA.
- ⇒ El soporte del ^{de}bobinador de material termoformable está montado en la estructura de la máquina, y el rollo de material está controlado por un mecanismo motorizado que mantiene la tensión constante del foil para evitar los dobleces.
- ⇒ Todas las temperaturas están monitoreadas electrónicamente, asegurando alta confiabilidad.

La velocidad de accionamiento del motor está controlada por un variador de frecuencia. Para evitar la pérdida del material, la máquina siempre para en un punto determinado.

- ⇒ Una amplia gama de materiales de termoformado puede ser usada en esta máquina. Estos son: PVC, PVC+PVDC, PVC-Aclar, PP, y ALU/PVC.

1.1 Opciones de la máquina

La máquina termoformadora MAC S-200F puede ser equipada con una variedad de equipos opcionales. Algunos de estas opciones disponibles son:

⇒ Luces de prevención para la parte superior de la máquina que indican el estado de la máquina.

- Rojo: Cuando la máquina está parada.
- Verde: Cuando la máquina está operando.
- Amarillo: Cuando la máquina tiene un problema.

⇒ Control fotoeléctrico que permite el registro del material preimpreso.

⇒ Detectores por sistema infrarrojo o inspectores mediante cámara de T.V. que detectan la falta de producto. Estos sistemas son acoplados con un sistema de eyección que separa el blister cuando no está completo, de los blisters buenos. También está la posibilidad de carga manual de las cavidades vacías.

⇒ Sistema de evacuación de polvo que remueve el polvo del área de carga. Este sistema está conectado cerca del área de carga donde la mayor parte del polvo se acumula.

⇒ Montaje para impresoras, que consiste de una modificación de la máquina, que permite la instalación de una impresora. Las impresoras también están disponibles a través de M.A.C.S.A.

⇒ Ayuda mecánica con accionamiento neumático, que controla la uniformidad del material cuando forma configuraciones críticas y cavidades muy profundas.

⇒ Dispositivos necesarios que permiten el formado en frío de blisters (cold forming).

⇒ Cargador de polvos y líquidos también disponibles.

Las opciones adicionales también pueden proveerse para su aplicación particular. Por favor, contactarnos por otras opciones que puedan estar disponibles.

1.2 Secuencia de operación

El sistema opera de acuerdo al principio de ciclos intermitentes. Referirse a las Figuras 1-1 para mejor ilustración de los componentes más importantes de la máquina termoformadora MAC S-200F.

6
6
2004

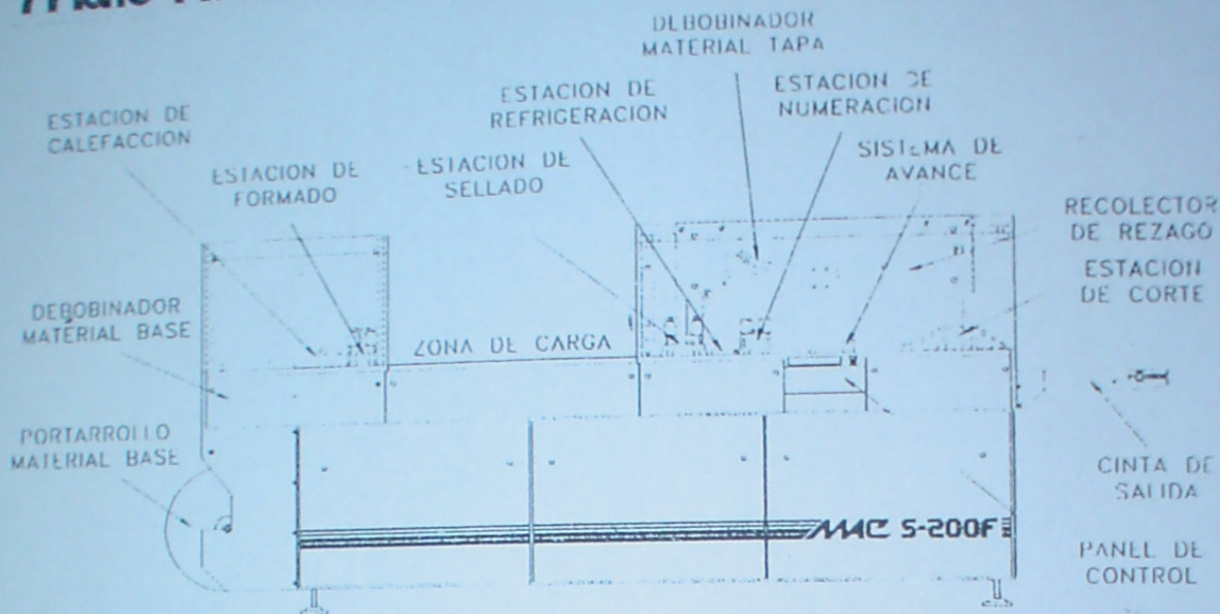


Figura 1-1

El material termoformable y el material de tapa son provistos a la máquina por motores adjuntos a los ejes de rodillos. Este material avanza a través de la máquina mediante un sistema de avance. Cuando el sistema de avance se desactiva, una mordaza neumática se activa, y mantiene el material en el lugar mientras cada estación desarrolla su función específica. Un motor adjunto al rodillo del rezago remueve el material de rezago de la máquina.

El material pasa a través de distintas estaciones ya que es traccionado a través de la máquina. El tiempo de las estaciones es determinado por levas montadas sobre el eje principal dentro de la máquina. Las distintas estaciones de la máquina son controladas por el eje, que incluye:

- ⇒ Precalentamiento/formado.
- ⇒ Sellado.
- ⇒ Codificado (Opcional).
- ⇒ Precorte (Opcional).
- ⇒ Corte.

1.3 Especificaciones de la máquina

Largo de la máquina	3770 mm.
Ancho de la máquina	980 mm.
Alto de la máquina	1500 mm.
Peso de la máquina (aprox.)	1250 Kgs.
Ancho máximo del rollo termoformable	205 mm.
Diámetro máximo del rollo termoformable	500 mm.
Diámetro interior del rollo termoformable	70-76 mm.
Ancho máximo del rollo de material de tapa	195 mm.
Diámetro máximo del rollo de material de tapa	200 mm.

Diámetro interior del rollo de material de tapa	70-76 mm.
Dimensiones máximas del blister	100 mm. x 195 mm.
Profundidad del alveolo (standard)	12 mm.
Ciclos por minuto (máximo)	60
Voltaje	220/380 VAC
Frecuencia	50/60 Hz.

6 2004

6

1.4 Sistema de accionamiento

La velocidad del motor de accionamiento principal es controlada por un accionador (PWM). Las levas de accionamiento principal están montadas sobre un eje único apoyado sobre cojinetes. Todas las estaciones están montadas sobre levas excéntricas conectadas al eje principal. Cada ciclo de la máquina, la leva rota 360° y mueve cada estación a la posición programada. Durante un ciclo de máquina, la posición del eje accionador está continuamente monitoreada por un resolver. Una llave lógica programable controla el tiempo de los distintos componentes de la máquina basado en la regeneración del resolver.

1.5 Estación de calentamiento/formado

1.5.1 Calentamiento

El material termoformable es calentado por contacto para garantizar que el material pueda ser moldeado por soplado en la sección de formado de la estación.

La sección de calentamiento de la estación consiste de una placa superior de calentamiento y una placa inferior de calentamiento, cuyas temperaturas son controladas en forma independiente y monitoreadas electrónicamente. Cada placa está hecha de aluminio, y está recubierta de teflón para evitar que se pegue el material termoformable a ésta.

En caso de ser necesario para alguna aplicación, cada placa puede ser diseñada para calentar solamente el área a formar, de acuerdo al tamaño del blister y la forma del mismo, y al tipo de material termoformable. El control independiente de temperatura de cada placa permite el termoformado de materiales multilaminares o el uso de materiales que requieren consideraciones de temperatura especiales.

1.5.2 Formado

La sección de formado de la estación consiste de una placa superior y una matriz de formado. La matriz está hecha de aluminio y está maquinada de acuerdo a la configuración del blister deseada. La matriz también es refrigerada para evitar el deformado del blister y la reducción por contracción.

Cuando la placa superior y la matriz de formado se unen, se forma un sellado hermético. Se inyecta aire presurizado desde la placa superior y fuerza el material hacia las cavidades. La fuerza de cierre está provista por un tornillo de ajuste de presión y un sistema de arandelas elásticas situadas sobre la placa superior (ver Figura 1-2).

La máquina está diseñada con una profundidad standard de cavidad de 12 mm. Otras profundidades están disponibles a pedido. Cuando se deseen blisters profundos o configuraciones especiales, la estación puede ser equipada con una ayuda mecánica para asistir en la formación de la cavidad. También se puede optar por una opción especial para permitir blister formados en frío (cold forming).

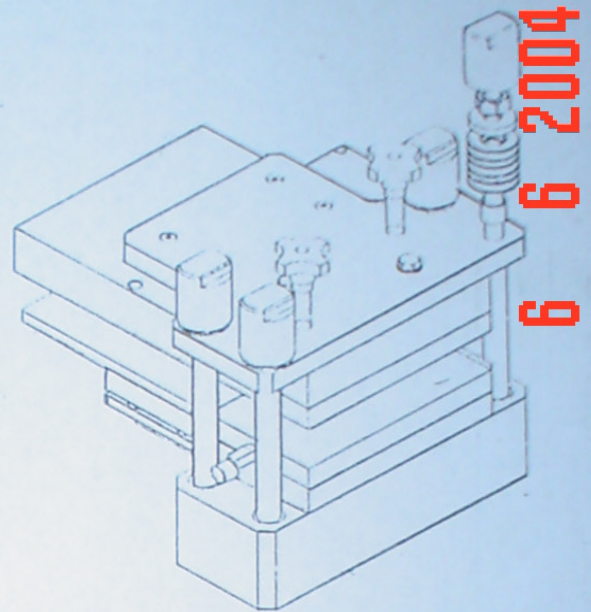


Figura 1-2

1.6 Estación de carga

Una vez que las cavidades estén formadas, el material termoformado pasa a la estación de carga (ver Figura 1-3). El tipo de sistema de carga a instalar en la máquina depende de la aplicación del cliente.

Ejemplos de sistemas de carga que pueden ser usados en la máquina:

- ⇒ Cargador universal con paletas/cepillos para tabletas.
- ⇒ Cargador dedicado.
- ⇒ Cargadores de cápsulas.
- ⇒ Bandeja para carga manual de productos.
- ⇒ Mecanismo de dosificación volumétrica para dosificar líquidos, jaleas o cremas.
- ⇒ Lienadores de polvo.

Otros tipos de sistemas de carga pueden estar disponibles.

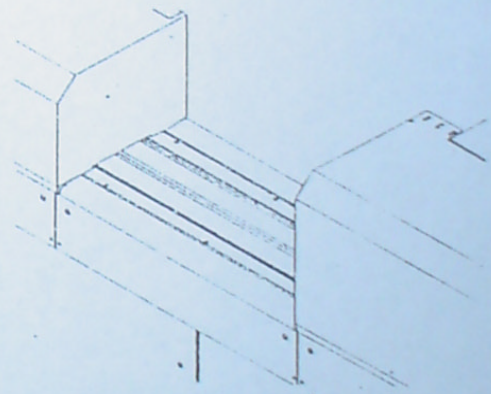


Figura 1-3

1.7 Estación de sellado

Después que los blisters están completos, son llevados a la estación de sellado (ver Figura 1-4), donde el material de tapa es sellado al material termoformado. La estación de sellado consiste de una matriz inferior y una placa superior de sellado.

El material de tapa es provisto por un rodillo motorizado. La tensión correcta del material es obtenida a través del mecanismo del rodillo. La placa superior de sellado es calentada y la temperatura es controlada electrónicamente y monitoreada. Un sistema de arandelas elásticas situadas sobre la placa superior produce una alta presión mecánica que fuerza la placa hacia abajo para sellar el material de tapa al material termoformado.

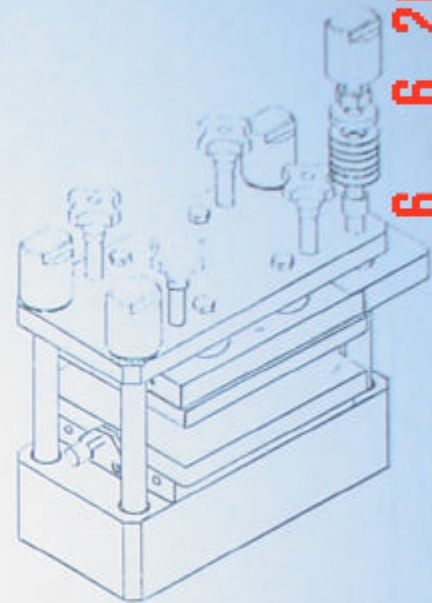


Figura 1-4

1.8 Estación de codificado (Opcional)

La estación de codificado (ver Figura 1-5) está montada sobre una leva accionada por el eje principal, y sostiene juegos de cuños que marcan la fecha y el número de lote en cada blister. Los cuños pueden ser cambiados rápidamente porque las áreas que requieren calor están separadas de la estación de codificado. Para que el marcado de los caracteres sea más legible, la presión ejercida sobre los cuños puede ser ajustada.

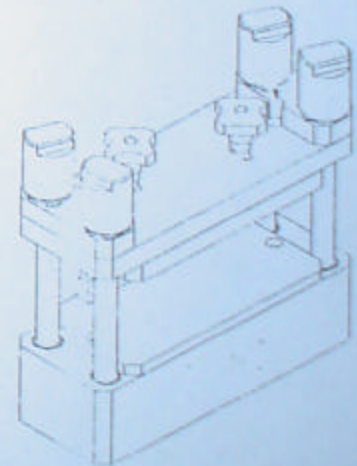


Figura 1-5

1.9 Sistema de enfriamiento

La máquina termoformadora usa agua fría para enfriar el material durante el proceso de formado y sellado. Una línea de agua fría y una línea de drenaje pueden ser conectadas directamente a la máquina. Si se requiriera, puede ser provisto un refrigerador que enfrie agua destilada entre 12°C y 18°C.

La placa inferior de la estación de formado y la placa inferior de la estación de sellado son refrigeradas para evitar el deformado del blister y disminuir la contracción durante el proceso de formado y sellado, respectivamente.

Siguiendo la estación de codificado, el material termoformado pasa a través de la estación de enfriamiento que consiste en una placa refrigerada. Se prevee un pequeño espacio entre la placa y el riel guía para permitir que el material pase sin dañarse. El propósito del enfriamiento en este punto es evitar la deformación y delaminación del material antes de los procesos de corte y precorte.

1.10 Estación de precorte

Si se requiere, los blisters pueden ser perforados para permitir cavidades individuales dentro del blister para ser separados de otras cavidades. Las perforaciones pueden ser transversales, longitudinales, o una combinación de ambas.

1.11 Estación de corte

La herramienta de corte (ver Figura 1-6) separa la banda termoformada en blisters individuales. Los blisters terminados son transferidos a la cinta transportadora y el material de rezago es rebobinado en un carretel especialmente diseñado.

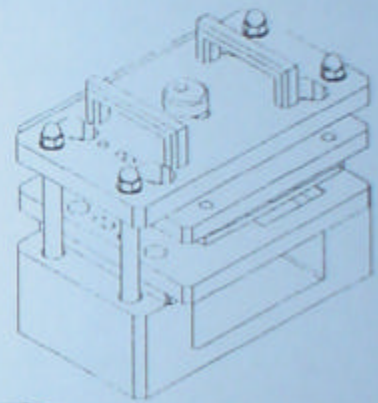


Figura 1-6

1.12 Impresora (Opcional)

La impresora es montada directamente sobre el rodillo de material de tapa. Utiliza una matriz de estampado y tinta para imprimir información tal como nombre de la compañía o producto en el material de tapa. Se puede imprimir otro tipo de información sobre el material de tapa simplemente cambiando la matriz de estampado.

1.13 Sistema de control

La máquina termoformadora automática MAC S-200F contiene un sistema de control que consiste de un centro de control y un Controlador Lógico Programable (PLC). El PLC contiene entrada analógica, salida analógica, y módulos de salida discreta. Se comunica continuamente con el centro de control y monitorea el estado de la cerradura de las puertas, temperaturas, presión de los switches, y corriente del motor.

1.14 Controladores de temperatura

La maquina posee dos o tres controladores de temperatura, dependiendo del modelo de maquina, los cuales son comunicados directamente al PLC. Las temperaturas controladas son:

- placa calefactora superior
- placa calefactora inferior (Opcional)
- calefactor de sellado.

Cada controlador monitorea la salida de la termocupla del correspondiente calefactor, y mantiene la temperatura dentro del punto programado. Las temperaturas actuales son mostradas en la pantalla de comunicacion hombre-maquina. Si un nuevo controlador es instalado, debera ser programado. Los puntos programados son informados en la Sección 4. Para mayor informacion sobre los controladores de temperatura, referirse al catalogo del proveedor provisto en este manual.

6 6 2004

SECCION 5:
MANTENIMIENTO

**SECCION 5:
MANTENIMIENTO**

6 2004

5.0 Información general

La MAC S-200F ha sido diseñada para una larga vida útil sin necesidad de mantenimiento. La clave para una operación efectiva está basada en el mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo minimiza el tiempo de parada, y alarga la vida de la máquina. Esto incluye la limpieza, la lubricación y la inspección de las partes desgastables, utilizando una tabla periódica.

5.1 Tabla de mantenimiento

En la Tabla 5-1 se informan los periodos para el mantenimiento de la MAC S-200F. Los tiempos informados son recomendaciones que han sido estimadas de fábrica. Las frecuencias de mantenimiento utilizadas in-situ deberian tener en cuenta las condiciones de operación y ser cambiadas de acuerdo a las necesidades. Los procedimientos para realizar el mantenimiento indicado son provistos en la Sección 5.2.

Nota: Los bujes que deslizan sobre las columnas de las estaciones de Formado, Sellado, Numeración o Precorte y Corte son de un material especial el cual no necesita lubricación para el buen funcionamiento. Se puede aumentar la vida útil lubricando semanalmente con lubricantes a base de silicona.

Tabla 5-1:

6 6 2004

TABLA DE MANTENIMIENTO PERIODICO		
Componente	Mantenimiento requerido	Frecuencia
Máquina entera	Limpieza	Diaria
Sistema de accionamiento principal	Reemplazar aceite en reductor	Cada 6 meses
	Chequear tensión cadena mando	Mensual
	Lubricar cadena de mando	Semanal
Estación de Calentamiento / Formado	Lubricar conectores de grasa	Semanal
	Limpiar placas calefactoras	Diario
	Limpiar matriz de formado	Diario
	Limpiar cámara de soplado	Diario
Estación de Carga	Limpiar y Lubricar	Según recomienda el proveedor
Estación de Sellado	Lubricar conectores de grasa	Semanal
	Limpiar placa superior sellado	Diario
	Limpiar matriz de sellado	Diario
Estación de Corte	Lubricar conectores de grasa	Semanal
	Limpiar matrices de corte	Diario
	Lubricar rodamientos verticales	Diario
	→ Limpiar rodamientos verticales	Diario
Cinta de Salida	Lubricar piñón de mando	Mensual
	Chequear tensión cadena mando	Mensual
	Lubricar cadena de mando	Mensual
Programador de Levas	Chequear tensión cadena mando	Mensual
	Lubricar cadena de mando	Mensual
Rieles guía	Limpiar	Diario

Los diferentes puntos de lubricación pueden observarse en la figura 5-1.

6 6 2004

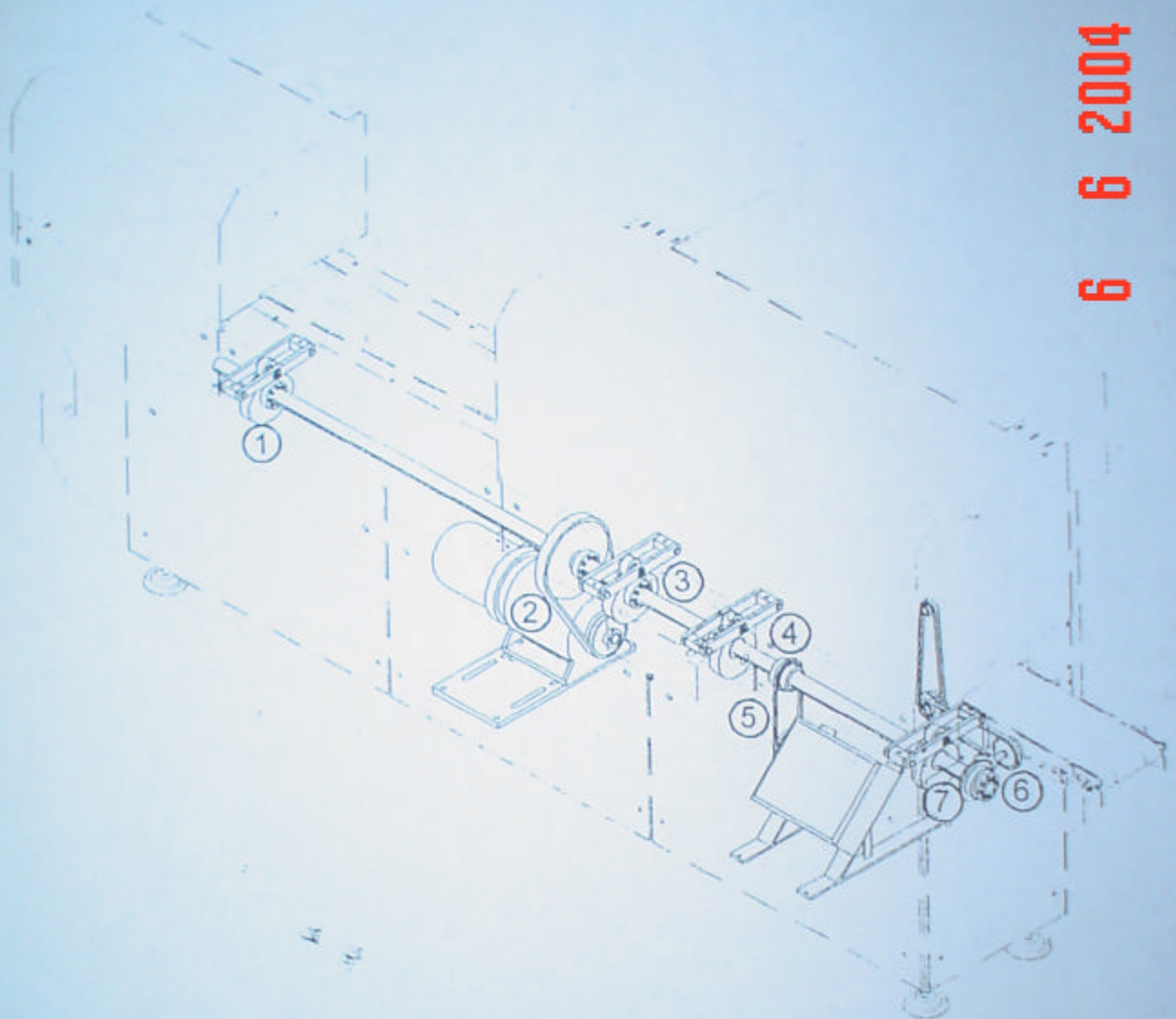


Figura 5-1

Referencias:

- 1- Conector de grasa para lubricar seguidor de Leva de la Estación de Formado
- 2- Cadena de Mando
- 3- Conector de grasa para lubricar seguidor de Leva de la Estación de Sellado
- 4- Conector de grasa para lubricar seguidor de Leva de la Estación de Numeración
- 5- Cadena de mando programador de levas
- 6- Transmisión de la Cinta de Salida
- 7- Conector de grasa para lubricar seguidor de Leva de la Estación de Corte

5.2 PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

5.2.1 Limpieza general

Para realizar la limpieza es conveniente remover las tapas laterales, y una vez al día se debería usar aire comprimido para remover cualquier producto, polvo o suciedad que pueda quedar adherida a las partes de la máquina. Es necesario limpiar minuciosamente todos los días las partes internas y externas de la máquina. Cuando se limpie la máquina, utilizar un paño suave, embebido con alcohol metílico. Utilizar otro paño suave y limpio para secar la máquina. Para limpiar las protecciones de acrílico NO UTILIZAR alcohol metílico, para tal propósito utilizar algún líquido para dar brillo a los vidrios.

5.2.2 Mantenimiento del sistema de accionamiento principal

Después de la primera semana de uso, la tensión de la cadena de accionamiento principal debe ser chequeada y ajustada si es necesario. La máquina nunca debe ser operada con la cadena floja. Después de la primera semana, chequear la tensión mensualmente. Cada semana la cadena debería ser lubricada con aceite SAE 30. El aceite en el reductor debe ser cambiado cada seis meses utilizando un aceite tipo SAE 90.

5.2.3 Mantenimiento de la estación de Calentamiento / Formado

Las matrices de formado deben ser limpiadas después de cada operación o al finalizar el día de trabajo. Antes de guardar una matriz de formado, envolverla con papel u hoja de aluminio.

NOTA: Las matrices de formado deben ser guardadas en cajas de madera o cartón y separadas de las matrices de acero o bronce para evitar golpes o rayaduras.

La cámara de soplado debe ser limpiada con un paño suave embebido con alcohol metílico cada vez que se saca de la máquina.

Lubricar los conectores de grasa para la estación semanalmente utilizando grasa multipropósito (Ver Figura 5-2).

6 6 2004

SECCION 6:
DETECCION Y SOLUCION
DE FALLAS

SECCION 6: DETECCION Y SOLUCION DE FALLAS

4002
6
6

6.0 Información general

Esta sección provee tablas de detección y solución de fallas para la MAC S-200F. Se provee información sobre determinadas causas de problemas específicos y las posibles soluciones de los mismos.

6.1 Problemas mecánicos

Esta máquina ha sido diseñada para una larga vida útil sin problemas. Los problemas mecánicos en la máquina pueden ser prevenidos, en la mayoría de los casos, con la apropiada operación y mantenimiento. Las causas más frecuentes de problemas mecánicos son:

1. Presión excesiva (sobrecarga).
2. Lubricación insuficiente.
3. Limpieza inapropiada.
4. Maltrato de los componentes.
5. Desalineación.
6. Herramental incorrecto o mal montado.

Estos problemas pueden ser controlados y previstos tomando las siguientes precauciones:

1. **Evitar presión excesiva en el herramental.** Predeterminar las presiones al mínimo necesario para formar buenos blisters.
2. **Evitar lubricación insuficiente.** Utilizar la tabla de mantenimiento preventivo para asegurar que todas las partes que requieren lubricación estén lubricadas en forma periódica. Se provee una tabla de mantenimiento preventivo en la Sección 5: Mantenimiento. El seguimiento utilizado debe ser en base a las condiciones de operación y deben ser cambiados de acuerdo a estas condiciones.
3. **Establecer y mantener un programa de limpieza** (Referirse a la Sección 5: Mantenimiento). Los programas de limpieza deben ser seguidos para evitar roturas innecesarias.
4. **Evitar el maltrato de las herramientas durante la instalación, la operación o al retirarlas de la máquina.** Guardar las herramientas apropiadamente cuando son retiradas de la máquina.

5. Asegurar que las herramientas estén ajustadas en forma segura y alineadas apropiadamente. El procedimiento apropiado para remover e instalar las herramientas puede encontrarse en la Sección 3: Cambio de herramental.
6. Asegurar que todas las herramientas sean del mismo juego y que todo el juego coincida con las especificaciones de la máquina.

4009
6
6

6.2 Procedimiento de detección y solución de problemas

Los errores específicos en que se pueden incurrir con la máquina, así como las posibles causas y soluciones sugeridas, están provistas en las tablas que proveemos a continuación.

FALLAS Y SOLUCIONES DECTECTADAS DURANTE LA OPERACIÓN		
Error	Causa	Solución
Falla Inverter	-Falta o Falla de Alimentación. -Sobrecorriente del motor.	-Revisar parámetros de configuración. -Revisar condiciones eléctricas del motor. -Apagar y volver a prender la máquina. -Reemplazar el inverter.
Falla del Drive del Servomotor	-Sobrecorriente debido a un bloqueo del carro o un esfuerzo excesivo. -Falta o falla alimentación.	-Revisar llave termomagnética. -Verificar que no haya elementos que esten bloqueando el carro. -Verificar que el material formado no se encuentre bloqueado. -Ejecutar la opción inicializar dentro del MENU MANTENIMIENTO. Esta opción hara que el drive del servomotor se autocheque y reestablezca el funcionamiento del mismo.
Parada de Emergencia	-La llave de emergencia ha sido activada	-Observar que causo la activación de la llave. Una vez resuelto el problema desactivar la llave.
Baja Presión de Aire	-La presión de entrada de aire esta por debajo de los valores especificados.	-Asegurar que la presión de entrada sea un minimo de 90PSI o 6Kg/cm2. -Chequear las conexiones de linea. -Si la lectura es mayor a 90PSI, chequear el regulador de presión y en caso de ser necesario reemplazarlo.
Baja Presión de Agua	-La presión de entrada de agua esta por debajo de los valores especificados.	-Aumentar presión de agua. -Chequear las conexiones de línea. -Chequear el funcionamiento del presostato.
Revisar Debobinador de Material de Base	-El brazo del debobinador se encuentra estable en la posición inferior. -Falla o falta alimentación al motor.	-Asegurar que el rollo del material de base no se agoto. -Verificar que no se haya cortado el material. -Chequear la habilitación del sistema. -Chequear el funcionamiento del motor que acciona el sistema. -Revisar posición de la llave termomagnética que habilita el motor.

<p>Revisar Debobinador de Material de Tapa</p>	<p>-El brazo del debobinador se encuentra estable en la posición inferior. -Falla o falta alimentación al motor.</p>	<p>-Asegurar que el rollo del material de tapa no se agoto. -Verificar que no se haya cortado el material. -Chequear la habilitación del sistema. -Chequear el funcionamiento del motor que acciona el sistema. -Revisar posición de la llave termomagnética que habilita el motor.</p>
<p>Revisar Bobinador de Rezago</p>	<p>-El brazo del bobinador se encuentra estable en la posición inferior. -Falla o falta alimentación al motor.</p>	<p>-Verificar que no se haya cortado el material. -Chequear la habilitación del sistema. -Chequear el funcionamiento del motor que acciona el sistema. -Revisar posición de la llave termomagnética que habilita el motor.</p>
<p>Protección Abierta</p>	<p>-Alguna de las puertas se encuentra abierta.</p>	<p>-Cerrar puertas en forma segura. -Revisar la posición de la llave de seguridad en el panel de control.</p>
<p>Habilitaciones Incorrectas</p>	<p>-Falta habilitar algún elemento importante para el buen funcionamiento del equipo. Los cuales son: *Debobinador Material Base *Debobinador Material Tapa *Bobinador Rezago *Pinza Avance *Pinza Retención *Marcha en Modo Continuo -La máquina opera dentro del Modo Mantenimiento.</p>	<p>-Chequear la página de Habilitaciones. -Salir de Modo Mantenimiento una vez realizado los ajustes correspondientes.</p>
<p>Calefactor Formado o Sellado No Calienta</p>	<p>-La presión de entrada de agua esta por debajo de los valores especificados. -No están conectadas las fichas que habilitan los calefactores.</p>	<p>-Los calefactores solo funcionarán cuando la presión de agua este dentro de los valores correctos.</p>
<p>Chequear Controlador de Temperatura</p>	<p>-La temperatura está fuera de límite establecido.</p>	<p>-Mal funcionamiento del calefactor. -Falla de controlador de temperatura.</p>

6 6 2004

Anexo 2.

Inspecciones rutinarias para los operarios



Verificaciones para los operarios de las blistereras:

1. Máquina este conectada
2. El filtro purgado
3. El correcto movimiento y rotación del motor
4. Temperatura uniforme en la placa de precalentado y sellado
5. Buena profundidad del blister
6. Alteraciones en la placa de formado
7. Filo de los troqueles
8. El funcionamiento de la banda transportadora
9. El estado de los resortes de todas las estaciones

Anexo 3.

Dibujos del molde de formato

Anexo 4.

Dibujos del molde de sellado

Anexo 5.

Simulación del proceso de maquinado de los moldes de formato y sellado

Simulación de la Secuencia de Maquinado de la Cara Superior del Molde de Formado

Figura 1. Maquinado de uno de los bordes del molde de formado

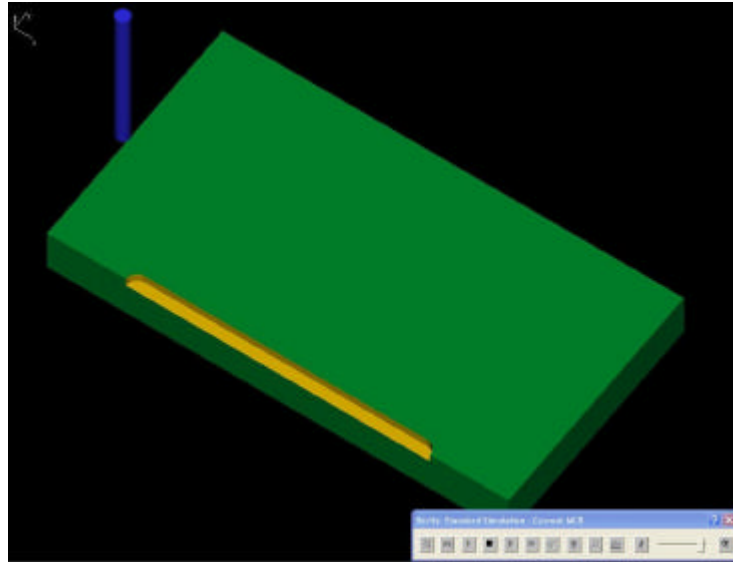


Figura 2. Maquinado de las cavidades que formaran el blister donde se colocan las pastillas.

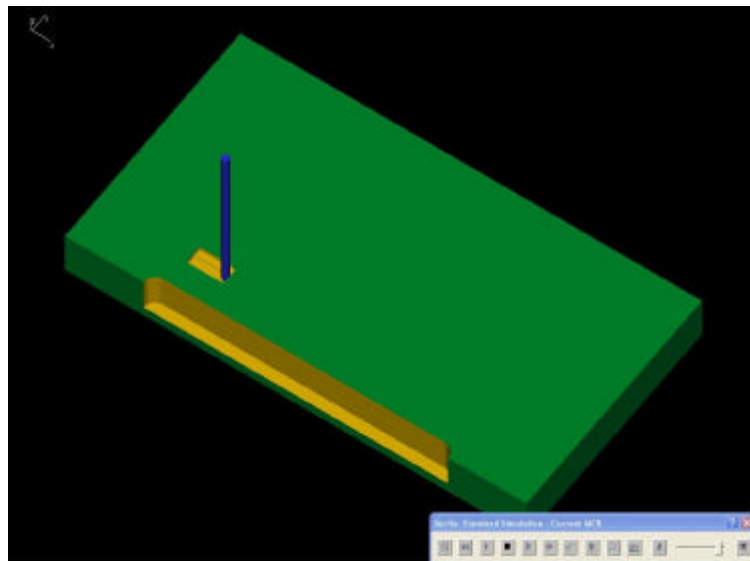


Figura 3. Maquinado del canal central del blister

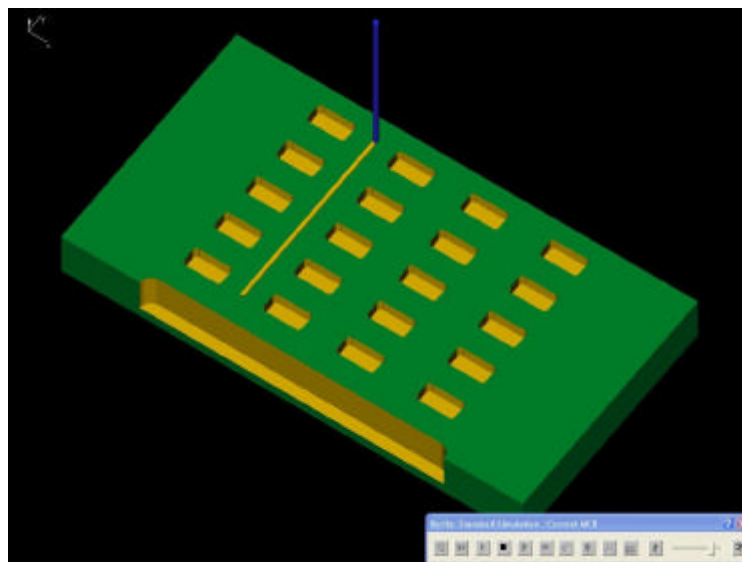


Figura 4. Maquinado de los orificios de expulsión de aire de las cavidad

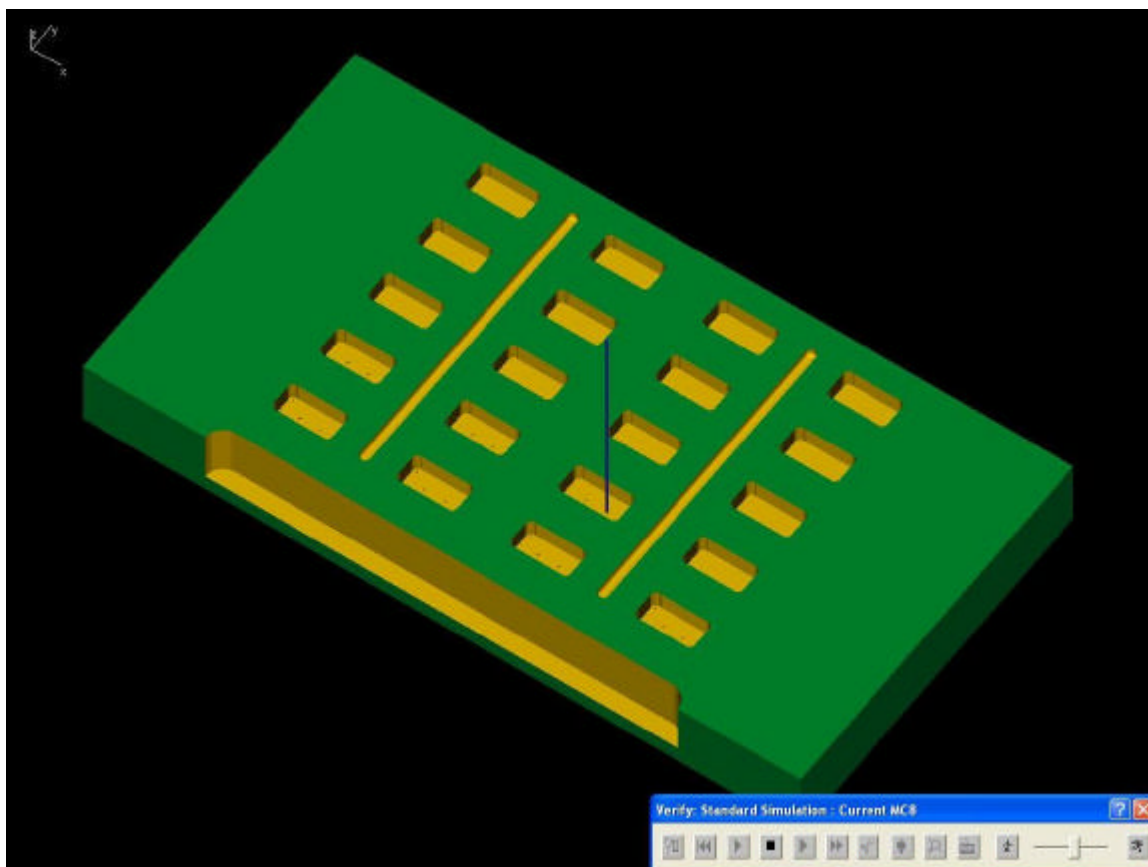
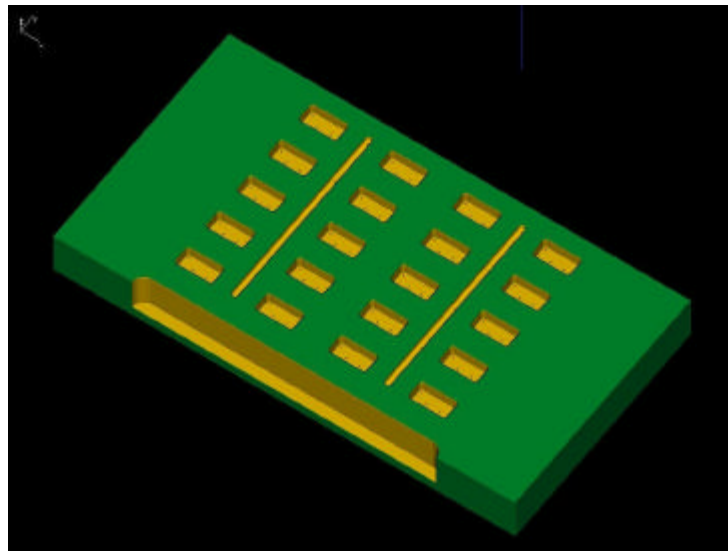


Figura 5. Simulación de la forma final de la parte superior del molde de formado posterior a su maquinado



Nota: La programación del maquinado de la cara superior en la máquina Mazak AJV-18N, no se presentará para este caso debido a su gran extensión.

Simulación de la Secuencia de Maquinado de la Cara Lateral del Molde de Formado

Figura 6. Maquinado del centropunto de guía para el taladrado de la pieza

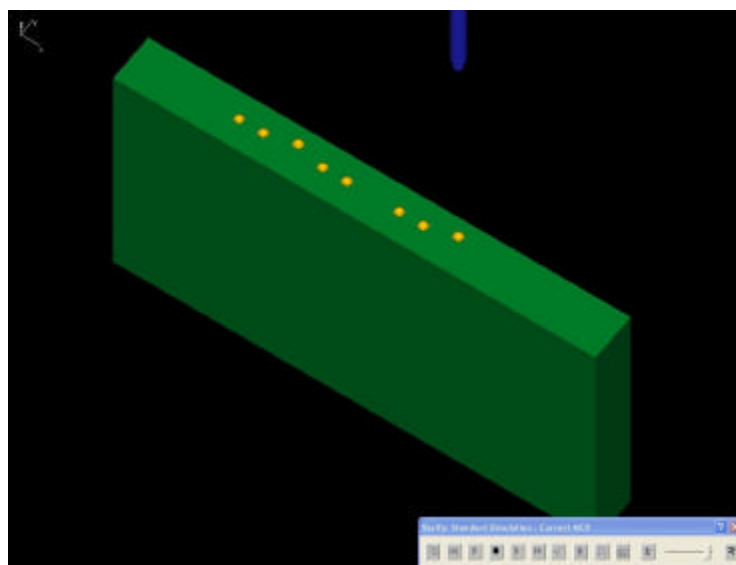
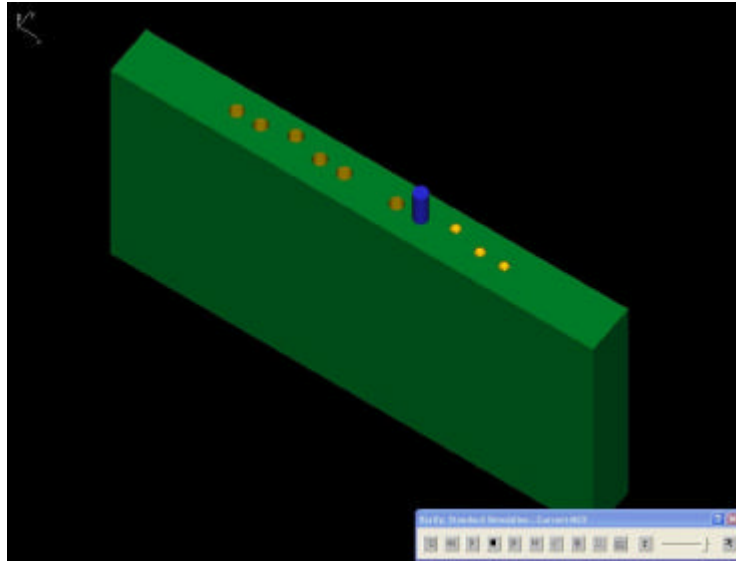


Figura 7. Perforado de la cara lateral del molde de formado



Programación del maquinado de la cara lateral del molde de formado en la máquina C.N.C Mazak AJV-18N:

```
O1(PROGRAM - LATER)
( DATE - 23-05-04 TIME - 12:40)
N1
G21
G0G40G80G90G94G98
G0G28G91Z0.
G0G28X0.Y0.
(1/4 CENTERDRILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 6.35)
T1M6
G0G54G90X45.618Y11.15S3609M3
G43H1Z100.M8
G99G83Z-3.R100.Q2.F180.4
X55.882
X68.5Y14.35
X81.118Y11.15
X91.382
X113.618
X123.882
X136.5Y14.35
X149.118Y11.15
X159.382
G80
M9
```

M5
G0G28G91Z0.
M01
N2
G0G40G80G90G94G98
G0G28G91Z0.
(6. DRILL TOOL - 2 DIA. OFF. - 2 LEN. - 2 DIA. - 6.)
T2M6
G0G54G90X45.618Y11.15Z100.S954M3
G43H2Z100.M8
G99G83Z-60.R100.Q2.F57.2
X55.882
X68.5Y14.35
X81.118Y11.15
X91.382
X113.618
X123.882
X136.5Y14.35
X149.118Y11.15
X159.382
G80
M9
M5
G0G28G91Z0.
G0G28X0.Y0.
M30

Simulación de la Secuencia de Maquinado de la Cara Superior del Molde de Sellado

Figura 8. Simulación del maquinado de los bordes de la cara superior del molde, para darles la forma requerida por la máquina

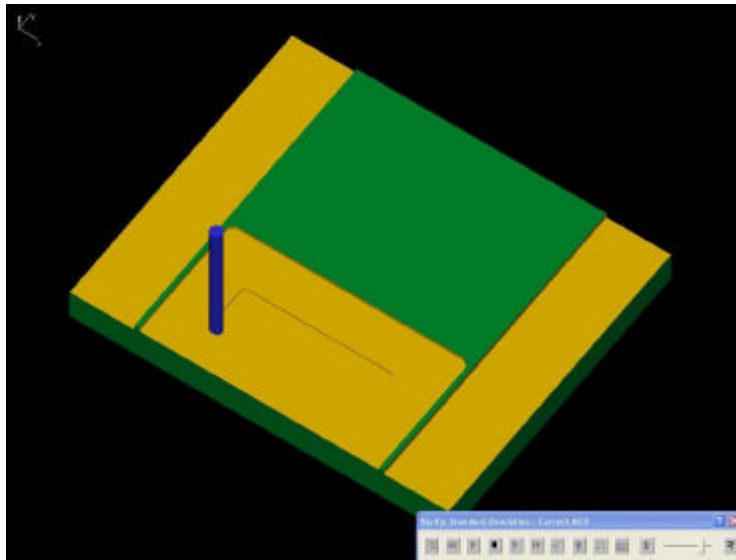
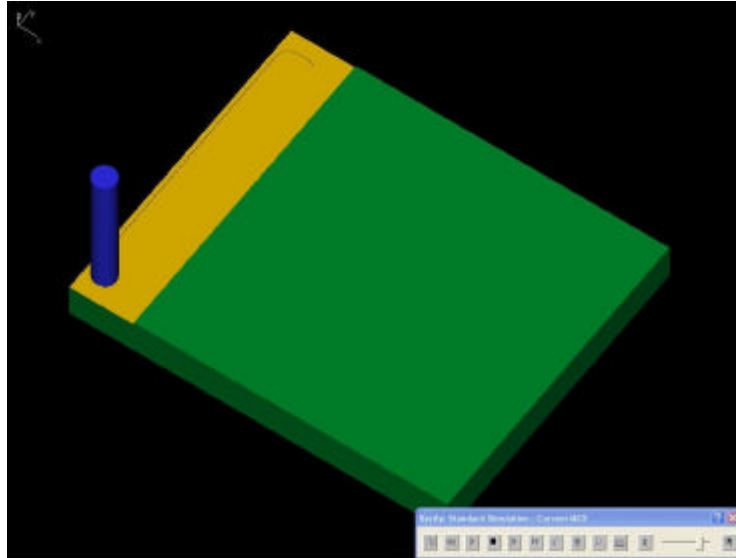


Figura 9. Maquinado de las cavidades en donde se introducirá el blister formado, para sellarlo contra la lámina de aluminio.

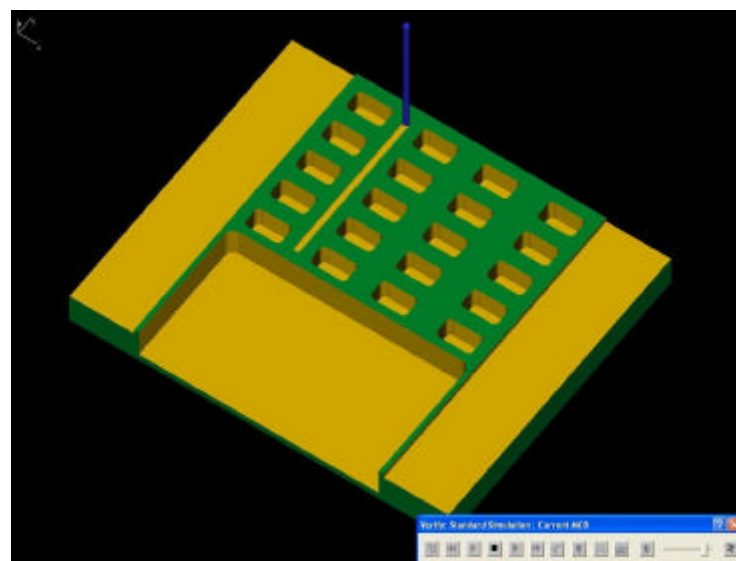
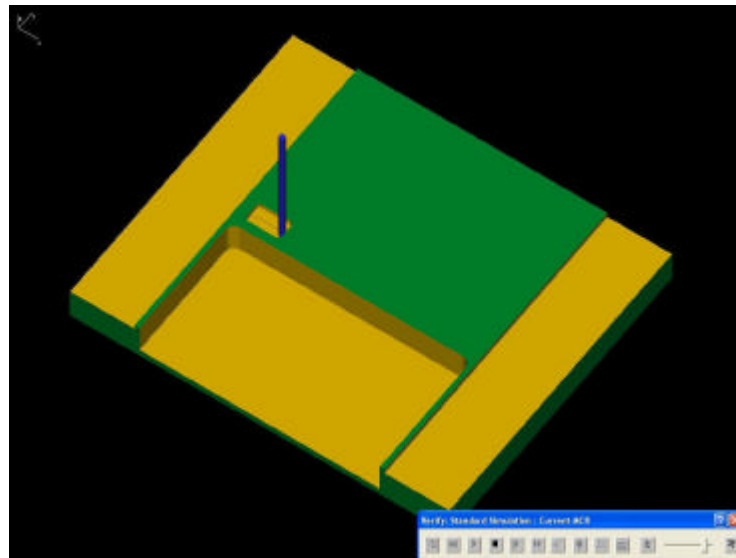
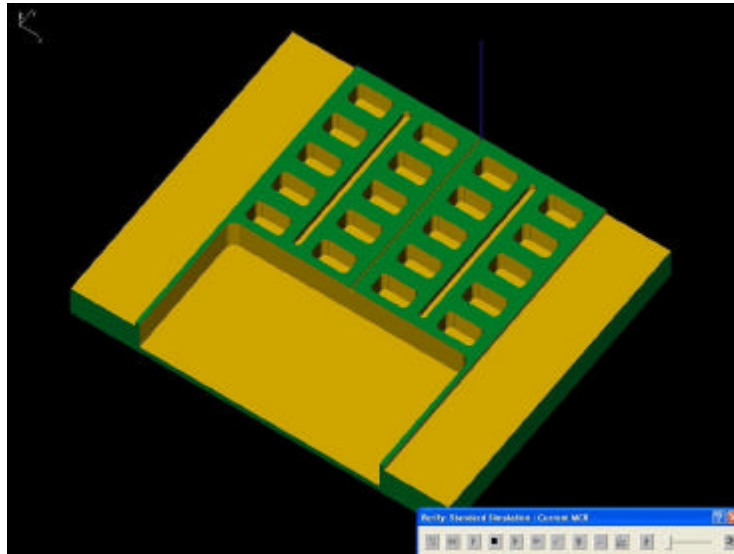


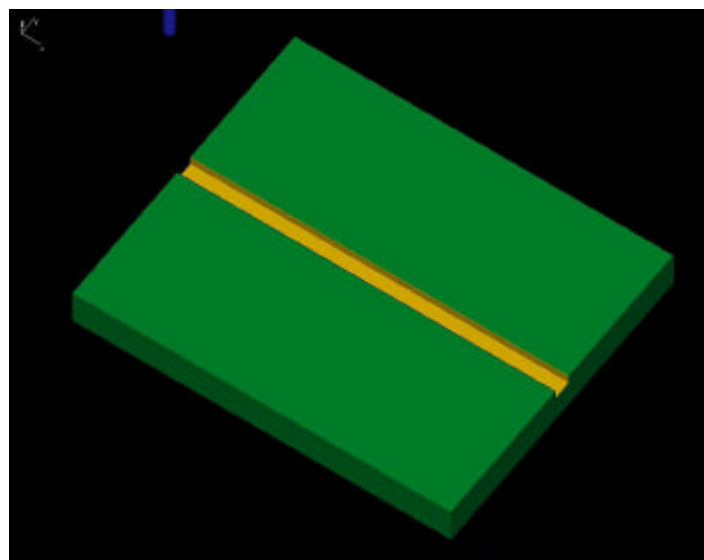
Figura 10. Simulación de la forma final de la parte superior del molde de sellado posterior a su maquinado



Nota: La programación del maquinado de la cara superior en la máquina Mazak AJV-18N, no se presentará para este caso debido a su gran extensión

Simulación de la Secuencia de Maquinado de la Cara Inferior del Molde de Sellado

Figura 11. Maquinado de el carril inferior del molde de sellado para su acomodo en la plataforma de sellado.



Programación del maquinado de la cara inferior del molde de sellado en la máquina
C.N.C Mazak AJV-18N:

O1(PROGRAM - SELLMAQ)

(DATE - 23-05-04 TIME - 12:50)

N3

G21

G0G40G80G90G94G98

G0G28G91Z0.

G0G28X0.Y0.

(1/4 FLAT ENDMILL TOOL - 3 DIA. OFF. - 3 LEN. - 3 DIA. - 6.35)

T3M6

G0G54G90X-6.35Y86.825S1854M3

G43H3Z100.M8

Z10.

G1Z-1.F163.

X0.F13.9

X205.

X211.35

G0Z100.

X-6.35

Z9.

G1Z-2.F163.

X0.F13.9

X205.

X211.35

G0Z100.

X-6.35

Z8.

G1Z-3.F163.

X0.F13.9

X205.

X211.35

G0Z100.

X-6.35

Z7.

G1Z-4.F163.

X0.F13.9

X205.

X211.35

G0Z100.

X-6.35

Z6.

G1Z-5.F163.

X0.F13.9

X205.

X211.35
G0Z100.
Y83.175
Z10.
G1Z-1.F163.
X205.F13.9
X0.
X-6.35
G0Z100.
X211.35
Z9.
G1Z-2.F163.
X205.F13.9
X0.
X-6.35
G0Z100.
X211.35
Z8.
G1Z-3.F163.
X205.F13.9
X0.
X-6.35
G0Z100.
X211.35
Z7.
G1Z-4.F163.
X205.F13.9
X0.
X-6.35
G0Z100.
X211.35
Z6.
G1Z-5.F163.
X205.F13.9
X0.
X-6.35
G0Z100.
M9
M5
G0G28G91Z0.
G0G28X0.Y0.
M30