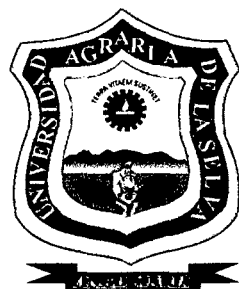


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
E INGENIERIA DE ALIMENTOS



**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA SELLADORA DE
POLIETILENO”**

TESIS

Para optar el titulo de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

JOSE ZALATIEL, GALLARDO ORTIZ

TINGO MARÍA - PERÚ

2007

Q80

G21

Gallardo Ortiz, José Z.

“Diseño y Construcción de una Máquina Selladora de Polietileno

Tingo Maria, 2007

80h.; 18 cuadros; 15 fgrs; 26 ref.; 30cm.

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria (Perú). Facultad de Industrias Alimentarias

DISEÑO Y CONSTRICCIÓN / MAQUINA SELLADORA / METODOLOGIA /

ENVASADO DE ALIMENTOS / TINGO MARIA / RUPA RUPA /

LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 - Fax: (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

"Año del Deber Ciudadano"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 07 de marzo del 2007, a horas 06:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **José Zalatiel GALLARDO ORTIZ**.

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SELLADORA DE POLIETILENO”

Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran aprobado con el calificativo de **BUENO**, en consecuencia el Bachiller: **José Zalatiel GALLARDO ORTÍZ**, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art.22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto Actualizado y los artículos 62° y 63° del Reglamento General Actualizado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 08 de marzo del 2007

.....
Ing. MSc. Pedro Vejarano Jara
Presidente

.....
Lic. MSc, Emel López Villanueva
Miembro

.....
Ing°. Alfredo Carmona Ruiz
Miembro

.....
Dr. Raúl Natividad Ferre
Asesor

DEDICATORIA

*A la memoria de mi extrañado padre Arturo,
gracias a su ejemplo y a sus sabias orientaciones,
pude alcanzar la meta que él siempre deseó para
mí*

Con profundo amor:

*A mi madre Ernila, por
su constante amor, confianza y comprensión*

Con inmenso amor:

*A mi JuVe.Bu y mi
adorada hija Fiorella, quienes hicieron posible la
obtención exitosa de mi título de Ingeniero en
Industrias Alimentarias*

Con mucho honor:

*A mis amigos estudiantes de
la Universidad Nacional Agraria de la Selva,
quienes supieron confiar en mí como su
representante estudiantil, gracias a ellos
aprendí a luchar con principios donde sea que me
encuentre.*

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Walter y Esposa por incentivar me a seguir estudios superiores, gracias a su apoyo incondicional, hicieron realidad mi carrera profesional.

Al Doctor Raúl Natividad asesor de esta tesis, por confiar en mí durante la ejecución del presente trabajo.

A la señora Carmela Pérez por su comprensión, estima y apoyo durante mi estadía en Tingo María.

A los integrantes del Jurado Calificador de esta tesis, quienes a través de sus observaciones y preguntas, me hicieron entender mejor este trabajo de investigación.

A mi fiel y amada compañera Clotilde Vega Buendía, quien hizo posible la ejecución de este trabajo de investigación, por su constante apoyo y colaboración hasta la sustentación.

INDICE

Pagina

INDICE DE CUADROS.....	10
INDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	12
I. INTRODUCCION.....	13
II. REVISION DE LITERATURA.....	15
2.1. Aspectos relacionados con los materiales.....	15
2.1.1. Selección del material.....	15
2.1.2. Fabricación de equipos.....	20
2.2. Aspectos relacionados con el envasado de alimentos.	23
2.2.1. Empacado de alimentos.....	23
2.2.2. Protección del producto a empacar.....	24
2.2.3. Características de los empaques utilizados...	24
2.2.4. Requisitos sanitarios.....	25
2.2.5. Gramaje.....	26
2.2.6. Porosidad.....	26
2.2.7. Energía absorbida por Tensión.....	26
2.2.8. Rasgamiento.....	26
2.2.9. Características del polietileno.....	27
2.3. Aspectos relacionados con la construcción de máquinas selladoras.....	27
2.3.1. Selladoras ergo.....	27

2.3.2. Las selladoras de calor continuo.....	27
2.3.3. Las selladoras electrónicas transistorizadas....	28
2.3.4. Máquinas selladoras en "L".....	28
2.3.5. Selladoras para tubos colapsibles modelo 14DS.	29
2.3.6. Características para las selladoras colapsibles....	29
2.3.7. Modelo Collapnew.....	30
2.3.8. Selladoras térmicas H-200 - H300.....	31
2.3.9. Características técnicas de selladoras por Impulso del Pie.....	32
III. MATERIALES Y METODOS.....	33
3.1. Lugar de ejecución.....	33
3.2. Materiales, equipos y herramientas.....	33
3.2.1. Material mecánico.....	34
3.2.2. Material eléctrico.....	35
3.2.3. Características del transformador.....	36
3.2.4. Equipos e instrumentos empleados para el ensamblaje, monitoreo y control de la máquina selladora.....	36
3.2.5. Herramientas utilizadas para la construcción de la máquina selladora.....	37
3.2.6. Material de empaque.....	37
3.2.7. Material de prueba o producto de envasado....	37
3.3. Métodos.....	37
3.3.1. Pruebas preliminares.....	38
3.3.2. Prueba definitiva.....	39

3.4. Datos experimentales..	51
3.4.1. Diseño experimental.....	51
3.4.2. Variables independientes.....	52
3.4.3. Tratamientos en estudio.....	52
3.4.4. Variables dependientes.....	53
3.4.5. Análisis estadístico.....	54
IV. RESULTADOS.....	59
4.1. Pruebas preliminares.....	59
4.2. Prueba definitiva.....	59
4.2.1. Selección del material.....	59
4.2.2. Diseño de la selladora.....	60
4.2.3. Eficiencia del sellado y resistencia del sachet....	61
4.3. Análisis del costo de la selladora.....	61
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	64
VII. RECOMENDACIONES.....	65
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	66
X. ANEXOS.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Tipos de películas de polietileno.....	18
2. Consumo de los principales insumos de la industria de plásticos.....	18
3. Importación de principales materias primas (1999).....	19
4. Dimensiones y medidas de las selladoras el "L.....	29
5. Características de las selladoras térmicas.....	31
6. Características de la selladoras térmicas tipo TT-300....	31
7. Características de la selladora térmica tipo 300 y 420 a pedal.....	32
8. Caracterización del material mecánico de la selladora...	34
9. Caracterización del material eléctrico de la selladora.....	35
10. características del transformador de potencia utilizado en la máquina selladora.....	36
11. Análisis de variancia, prueba F del espesor, potencia y tiempo.....	50
12. Análisis de variancia, prueba F y resistencia del los sachet.....	50
13. Prueba tukey para el espesor, potencia y tiempo de Sellado.....	51
14. Cuadro de datos experimentales.....	53
15. Cuadro de datos durante el sellado.....	55
16. Resultados experimentales de la resistencia de los sachets.....	56
17. Caracterización de la máquina selladora.....	60
18. Determinación del costo de fabricación de la selladora..	61

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
01. Diagrama de flujo preliminar del diseño y construcción de la máquina selladora de polietileno.....	38
02. Diagrama de flujo definitivo para el diseño y construcción de la máquina selladora de polietileno.....	40
03. Vista Frontal (a) y (b) Vista Posterior... ..	43
04. Vista del Ensamblaje de la Máquina.....	43
05. (a) Vista superior y (b) Ensamblaje de la vista superior... ..	44
06. Esquema de la tarjeta.....	46
07. Diagrama esquemático de componentes.....	46
08. Ensamblaje de la caja del transformador.....	47
09. Guía de instalación.....	48
10. Representación gráfica del diseño experimental de la selladora.....	52
11. Gráfico barras promedios obtenidos del espesor y potencia.....	57
12. Gráfico relación de promedios del espesor y potencia....	57
13. Gráfico relación de promedios del espesor, potencia y tiempo.....	58
14. Fotografía lateral de la selladora.....	79
15. Fotografía frontal de la selladora.....	80

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó fundamentalmente en los Laboratorios de Ingeniería de Alimentos y de Física de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo Maria y la ejecución técnica se llevó a cabo en el taller de Cromados, Niquelados y Metalmecánica DOLEY, la empresa MILKIFRUTI SRL en la ciudad de Lima en el año 2006. Con esta finalidad, se utilizó la metodología basada específicamente en el objetivo de diseñar y construir una máquina selladora evaluándose la potencia óptima así como los periodos apropiados para sellar envases de polietileno de diferentes espesores que son frecuentemente empleados para envasar alimentos. Así mismo se ha evaluado la hermeticidad del sellado en dichos empaques.

En tal estudio se efectuaron once operaciones establecidas en un diagrama de flujo, siendo las etapas más importantes el diseño y construcción de la selladora, así como la evaluación de la eficiencia observada en el sellado de los sachets y resistencia de los mismos. Todas las pruebas se efectuaron a una potencia constante de 1.5, 2.0 y 2.5W.

Los datos han sido tratados mediante dos diseños estadísticos completos al azar con arreglos factoriales de $3 \times 3 \times 3$ y 3×3 . La prueba de significación se realizó mediante el método de Tukey ($p < 0.05$). Se ha determinado una eficiencia de sellado de 91.66% y 0.19, 0.28 y 0.24 k/cm² de resistencia para los espesores de 1, 2 y 3 μ m respectivamente.

I. INTRODUCCION

En el mercado actual existen selladoras, desde artesanales hasta electrónicas, cuyos costos son generalmente elevados. Las máquinas artesanales son las preferidas por los medianos y micro empresarios, debido a su bajo costo; pero estas no son eficientes para el sellado de cantidades importantes, ya que, no pueden ser utilizadas por más de 2 a 4 horas continuas, debido a su recalentamiento. Así mismo las máquinas de fabricación importada trabajan muchas veces a una frecuencia de 50Hz y a 110 o 220V. Estas podrían deteriorarse con cierta facilidad, debido a que las redes de mediana y alta tensión se distribuyen a 60Hz en el Perú. No esta demás afirmar que la potencia suministrada a la resistencia eléctrica empleada para el sellado podría ocasionar accidentes al operador, ante cualquier eventual desperfecto. Existen selladoras importadas que tienen dos o mas resistencias planas que presentan una mayor área de sellado, que se desubican por recalentamiento y que traen como consecuencia un mayor gasto de energía y frecuentes fallas en el sellado.

Para evitar fallas técnicas y riegos en la operación observados en las máquinas importadas, se ha diseñado y luego construido una selladora cuyos patrones de potencia y tiempo óptimos han sido establecidos para el sellado de sachets de polietileno de diferentes espesores. La misma, tiene una eficiencia con autonomía de operar por más de 8 horas continuas, operando con un mínimo consumo de energía, costo mínimo de operación, es de fácil

mantenimiento y transporte y propiamente en las mismas funciones que las selladoras importadas de uso industrial inclusive. Por esta razón, el presente trabajo se ha desarrollado en base a los objetivos específicos:

- Determinar los parámetros de espesor del polietileno, potencia y tiempo de sellado para la construcción y diseño de la máquina selladora.

- Evaluar la hermeticidad del sellado en los empaques de polietileno

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos relacionados con los materiales

2.1.1. Selección del material

De acuerdo con RODOLFO, H. (1978), el ingeniero químico responsable de la selección de materiales de construcción debe tener amplios conocimientos de toda la información disponible sobre procesos básicos, para lo cual deberá elaborar un plan de selección de materiales que es el siguiente: selección preliminar, ensayos de laboratorio, interpretación de los resultados del laboratorio, comparación económica de los materiales aparentemente apropiados y la selección final. Asimismo se afirma que, el costo de adquisición de un equipo o material suele no ser un buen criterio económico al comprar diversos materiales de construcción para equipos destinados a procesos químicos. Toda estimación de costos debe incluir los puntos siguientes:

Costo total del equipo o de los materiales, costos de la instalación, costos del mantenimiento, vida útil estimada y costos de reemplazos.

2.1.1.1. Materiales plásticos

RODOLFO, H. (1978), indica que en general los materiales plásticos poseen una excelente resistencia frente a ácidos inorgánicos débiles y no son atacados por soluciones acuosas de sales inorgánicas, al contrario de lo que sucede con la mayoría de los metales

2.1.1.2. Teflón

Según RODOLFO, H. (1978) el material plástico químicamente mas resistente entre los que se conocen en la actualidad es el tetrafluoroetileno o teflón (TFE). Este material termoplástico no es afectado por ácidos ni álcalis, con excepción de los gases de fluor y cloro a temperaturas elevadas y de los gases fundidos. Sus propiedades no se alteran hasta los 500°F.

JULCA, R (1989), menciona que, los materiales plásticos son compuestos de resinas naturales o sintéticas. Casi todas las resinas plásticas son de naturaleza orgánica, teniendo en cuenta su composición C, H, O, N. Las materias primas para la fabricación de los materiales plásticos provienen del carbón mineral, petróleo o de productos vegetales. Existen dos grandes grupos de materiales plásticos.

2.1.1.3. Termoplásticos

Según JULCA, R (1989), materiales termoplásticos son aquellos que comienzan a ablandarse a partir de temperaturas próximas de 60 grados centígrados, pudiendo ser entonces moldeados sin producir ninguna alteración en su estructura química; por ejemplo los fluocarbonados, el nylon, el polietileno, los poliestírenos, los polivinilos, etc.

2.1.1.4. Plásticos termo fijos

JULCA, R (1989), indica que son aquellos que alteran su estructura química cuando son moldeados y no pueden ser ablandados nuevamente por el calor para una reforma posterior. Las temperaturas de

moldeado son mucho más altas que la de los termoplásticos; el producto terminado resiste temperaturas mucho más altas sin deformarse. Pertenecen a este grupo los plásticos epoxídicos, melánicos, fenólicos, políésteres, siliconas y formaldehído de urea. De modo general las masas o resinas plastificantes requieren de colorantes, endurecedores y estabilizadores, son muy livianos, resistentes a la humedad; tienen baja conductibilidad térmica y baja conductividad eléctrica. Los materiales plásticos más utilizados en la industria alimentaría son:

2.1.1.5. El polietileno

RODOLFO, H. (1978) menciona que el material plástico de menor precio comercialmente disponible es el polietileno. Sus propiedades mecánicas no son buenas, especialmente por encima de los 120°F y las cañerías de este material deben estar totalmente apoyadas. Cuando se les rellena con carbono, son resistentes a la luz solar y al desgaste frente a agentes atmosféricos. El polietileno resiste sólo moderadamente la acción de los disolventes, se le considera totalmente impermeable al agua, es inatacable por los ácidos y los álcalis; se le emplea para la fabricación de envases para la industria en forma de mangas, recipientes y accesorios. Son productos elásticos que tienen propiedades similares al caucho, pero resisten temperaturas hasta de 300 C°.

2.1.1.6. Clasificación

ITINTEC (1977), manifiesta que las películas se clasifican de acuerdo a la densidad del polietileno en los tipos, indicados en el cuadro 1

Las láminas de polietileno presentan una permeabilidad para el oxígeno y el bióxido de carbono que es grande en comparación con sus permeabilidades al vapor de agua. Las condiciones mecánicas de las hojas de material plástico se distinguen por sus características tales como: dilatabilidad, resistencia a la rotura y a los desgarros anexo 6.

Cuadro 1. Tipos de películas de polietileno

Tipo	Densidad Nominal (gr/cc)	Denominación
I	0.910 - 0.925	Baja densidad
II	0.926 - 0.940	Media densidad
III	0.941 - en adelante	Alta densidad

Fuente: ITINTEC /1977)

MC. GREGOR (1987), Y PANTASTICO (1979) indican que entre los materiales de plástico flexibles tenemos polietileno (baja y alta densidad y lineal), celulosa regenerada (celofán), Hidrocarburos de caucho (polifilm).

2.1.1.7. Comercialización de los envases utilizados

Cuadro 2. Consumo de principales insumos de la industria de plásticos.

Insumos (TM).	1994	1995	1996	1997	1998(*)
Poliestireno	484	430	407	297	94
Plastificantes	835	675	665	748	227
Polietileno	14,478	13,377	17,046	15,114	6,356
PVC	10,255	10,689	12,867	12,061	4,900

(*) 1998 enero – abril muestra de principales empresas. Fuente: MITINCI.

Cuadro 3. Importación de principales materias primas.

Productos	(MLL US)	(TM)
Polietileno de densidad		
Inferior a 0.94	9.42	37,590
PVC tipo suspensión	39.36	46,765
Polietileno de densidad		
Mayor a 0.94	32.14	32,754
Polipropileno	25.03	26,944
Politeraftalato de		
Etileno	24.04	23,004
Los demás poli estirenos	8.14	8,727
PVC tipo emulsión	2.16	1,640
Poli estireno expansible	0.88	663
Copo limeros de acrilonitrilo	0.30	149
Copo limeros de estireno	0.17	127
Subtotal principales prod.	171.64	178,364
TOTAL IMPORTACIÓN	290.23	229,741

Fuente: ADUANAS. (1999)

2.1.1.8. Barras cuadradas

SIDERPERU, S.A. (2006). Indica que las barras cuadradas, son productos de sección cuadrada y superficie lisa, laminadas en caliente de palanquillas de acero estructural. Debido a sus características mecánicas y su buena soldabilidad, su uso está orientado a estructuras metálicas en general, además de herrería, rejas, puertas, etc. Designación: BAC-1-A 36.

2.1.1.9. Productos tubulares

Según SIDERPERU, S.A. (2006), son productos de acero de sección variable, conformados en frío y en el caso de tubos soldados por

resistencia eléctrica, obtenidos a partir de flejes de acero cortados de bobinas laminadas en caliente o en frío.

2.1.1.10. Perfiles y platinas

De acuerdo con SIDERPERU, S.A. (2006). los ángulos LAC: son obtenidos por proceso de conformación a partir de acero laminado en caliente, y utilizados en carpintería metálica y las platinas son obtenidas de acero SAE 1009. Estos tienen una longitud de 6 metros y se expenden con las dimensiones caracterizadas en el anexo 7 a 11.

2.1.2. Fabricación de equipos

Según RODOLFO, H. (1978), gran parte de los detalles de diseño y fabricación de equipos están determinados por normas, como las “normas ASME”, estas normas pueden utilizarse para indicar ciertas especificaciones o límites de tolerancia, sin necesidad de incluir una gran cantidad de restricciones descriptivas. Los requerimientos de las fijaciones pueden indicarse satisfactoriamente, por ejemplo indicando que todas las soldaduras deben cumplir con la norma ASME. A la vez, se indica que los detalles del método de fabricación utilizado dependen del tipo de equipo y de su complejidad. Sin embargo, en general los pasos son los siguientes:

Disposición y trazado de los materiales, cortado para obtener las dimensiones correctas, tratamiento para obtener la forma deseada, fijación, prueba o ensayo, tratamiento térmico y terminación.

2.1.2.1. Disposición y trazado

RODOLFO, H. (1978), menciona que el primer paso en el montaje de un equipo consiste en la disposición de las diversas partes, sobre la base de las instrucciones detalladas preparadas por su fabricante. Las piezas planas de metal o de otro material se marcan para indicar donde deben cortarse o formarse. Se deben tener en cuenta las pérdidas ocasionadas por el hecho de cortar, la contracción producida al soldar o las deformaciones que se producen en las diversas operaciones de conformación.

Cuando el equipo comienza a tomar forma, será necesario marcar los lugares donde van las salidas y los diversos agregados. Es así que la operación de disposición y trazado continúa durante la fabricación y montaje. Las tolerancias son de importancia crítica, un trazado exacto es absolutamente esencial, con los debidos márgenes para las deformaciones, contracciones y pérdidas.

2.1.2.2. Cortado

RODOLFO, H. (1978), menciona que para cortar los metales marcados se pueden utilizar diversos métodos. Si se trata de láminas relativamente delgadas, el cizallamiento resulta el método mas barato. El borde que resulta al efectuar esta operación puede no ser apto para soldar, puede requerir de una operación adicional de maquinado o pulido.

Frecuentemente se utiliza el corte por soplete para seccionar metales. Este método puede utilizarse para cortar y al mismo tiempo preparar un borde biselado apto para soldar. El acero al carbono

puede cortarse fácilmente con una llama de oxígeno y acetileno. Los efectos del calor son menores que los que se producen al soldar.

2.1.2.3. Formado

RODOLFO, H. (1978), indica que una vez que los materiales de construcción han sido cortados el paso siguiente consiste en darles la forma deseada. Esto se puede lograr mediante métodos diversos, como laminado, doblado, prensado, martillado o repujado, en ciertos casos, es necesario calentar para realizar la operación.

Cuando han concluido las diversas operaciones destinadas a dar forma al material, las diferentes partes se ensamblan y se las une para asegurarlas. Las uniones pueden hacerse mediante criques o gatos, guinches calzas o por otros medios. Cuando todas las piezas encajan perfectamente, las costuras más importantes pueden soldarse en algunos puntos, como preparación para la fijación final.

2.1.2.4. Fijación

Según indica RODOLFO, H. (1978), para esta operación se pueden utilizar remaches, pero es mucho más común y se obtienen mejores resultados con la soldadura eléctrica. La calidad de la soldadura tiene una gran importancia, porque la capacidad del equipo de resistir presiones y condiciones corrosivas depende frecuentemente de las condiciones de soldaduras. A pesar de que las soldaduras pueden ser más resistentes que el propio material utilizado, los ingenieros de diseño suelen suponer que las mismas no son perfectas y les asignan eficiencias que van del 80 al 95%.

2.1.2.5. Tipo de soldadura

RODOLFO, H. (1978), manifiesta que el tipo de soldadura mas común es la de arco eléctrico manual, que emplea un electrodo aproximadamente de 14 a 16 pulgadas de longitud y se emite un arco eléctrico entre el electrodo y el material a soldar. El electrodo funde formando el material de relleno y al mismo tiempo funde el metal que se suelda. El electrodo posee una cubierta especial que contiene un fundente que elimina las impurezas del metal, que flotan en el fundente, pero al mismo tiempo protege al metal del aire hasta que se ha solidificado y enfriado por debajo de la temperatura correspondiente al rojo. El tipo del electrodo y del fundente depende de los materiales y de las condiciones de la soldadura.

2.1.2.6. Terminación

RODOLFO, H. (1978), dice que la terminación consiste en la preparación final del equipo para su transporte; finalmente puede ser necesario el arenado, pulido y pintado.

2.2. Aspectos relacionados con el envasado de alimentos

2.2.1. Empacado de alimentos

Según EFEENBERGER (1968), envasar los alimentos tiene por objeto conservar la calidad durante el almacenaje y transporte de los alimentos. Los artículos envasados deben quedar protegidos contra influencias perjudiciales tales como: Acciones químicas: (Captación de agua o vapor de agua, penetración de aire u otros gases), acciones Físicas: (Radiaciones de luz), temperatura, polvo, desecación, deterioro mecánico, etc) y Acciones higiénicas y biológicas: (Ingreso de microorganismos patógenos responsables de alteraciones de los alimentos por insectos, parásitos, etc).

Según indica HEISS (1978), el material de empaque o envasado deberá ser compatible con el producto en cuestión, garantizando que el material que lo constituye no imparta aromas o malos olores al producto y que no existan sustancias solubles con efecto tóxico en el material que constituye el empaque. Por otra parte el empaque debe ser práctico, es decir que pueda llenarse cómoda y fácilmente y cerrarse a perfección, aparte de que el producto pueda distribuirse y almacenarse convenientemente

2.2.2. Protección del producto a empacar

De acuerdo con POZO, H (1999), la envoltura flexible también informa al consumidor final, sobre la forma de utilizar el producto; cual sea la composición de este, la fecha de vencimiento, el precio a través del código de barras y la razón social del fabricante. Asimismo, las envolturas flexibles proporcionan diversas barreras al producto a empacar en su interacción con el medio ambiente. Sin esta barrera el producto podría verse afectado por diversas condiciones ambientales como: La humedad que afecta a los productos como las galletas, fideos, gelatina en gránulos, etc. El oxígeno, que afecta a los productos como los embutidos, mayonesa, etc. Las bacterias, la luz, el polvo, etc, causan impacto de marketing en el punto de venta.

2.2.3. Características de los empaques utilizados

SÁNCHEZ, E (1998), indica que los envases fabricados con material plástico, en su caso, no podrán contener monómeros residuales de estireno, de cloruro de vinilo, de acrilonitrilo o de cualquier otro monómero

residual, o sustancias que puedan ser consideradas nocivas para la salud, en cantidades superiores a los límites máximos permitidos.

Según indica POZO, H (1999), los convertidores de envolturas flexibles cuentan con diferentes substratos para diseñar la envoltura que satisfaga las necesidades de barrera que el producto requiere. Los substratos que comúnmente se emplean son los siguientes: papel, polietileno, polipropileno, PVC, aluminio, film metalizado, poliéster y nylon, etc.

KUNNE, G (1976), menciona que cada substrato tiene sus características de barrera alta, media, baja, y muy baja a los distintos factores ambientales como son la humedad, el oxígeno, etc. Se pueden combinar diversos substratos para fabricar envolturas de 1, 2, 3 o más capas, cada una de las cuales aportan a la envoltura final sus barreras específicas.

2.2.4. Requisitos sanitarios

De acuerdo con ITINTEC (1977), las películas plásticas para el envasado de alimentos deberán cumplir las siguientes características: No deben ceder al alimento, bebidas o producto alimentario, sustancias que puedan determinar modificación de este durante su tiempo de comercialización y utilización. Las películas plásticas no deben presentar migración de sustancias pigmentantes hacia los alimentos.

De acuerdo con PLANK, R (1963), las láminas de polietileno, debido a su bajo precio y buenas propiedades (alta densidad) han encontrado la mayor difusión entre todas las sustancias plásticas, a continuación del celofán. Se ofrecen bajo los nombres comerciales: Polyten, Suponen,

supraten en forma de tubos y también en forma de hojas o de bolsas planas o con pliegues laterales.

Según RUBINI, A (1999), existen pruebas de laboratorio que permiten controlar las características principales de los envases flexibles, y de esta manera mantener y mejorar la calidad de los productos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente al menor costo, estas son:

2.2.5. Gramaje.

Sus controles son principalmente con fines económicos, debido a que el, polietileno y PVC se comercializan en función al peso. Normas: APP TA 10, ISO 536.

2.2.6. Porosidad

Mide la resistencia al aire a través del plástico para asegurar el llenado óptimo de los sacos. Norma: TAPPIT 480, ISO 5636.

2.2.7. Energía absorbida por tensión.

RUBINI, A (1999), dice que es un indicador de la resistencia del saco a las caldas. Norma: TAPPIT 484.

2.2.8. Rasgamiento.

RUBINI, A (1999), menciona que es un indicador de la resistencia a la rotura de sacos cosidos porque estos se debilitan por las perforaciones. Normas: TAPPIT 807/810, ISO 2759.

2.2.9. Características del polietileno

DESROSIER, N (1977), manifiesta que se ha utilizado para el empaqueo definitivo y transporte del producto, el polietileno de alta densidad, que es material plástico cristalino opaco cuya densidad varía entre 0.941 a 0.965 g/cm³. Sus propiedades ópticas, coeficiente de fricción, resistencia al bloqueo y la impresión son dependientes de las condiciones de destrucción, modificaciones y tratamientos subsecuentes del polímero. La alta densidad del polietileno ofrece una mayor resistencia al aceite. La permeabilidad al vapor de agua y gas del polietileno decrece conforme la densidad se incrementa todas las películas de polietileno son excelentes barreras para el agua pero bastante pobres contra el nitrógeno, oxígeno y el dióxido de carbono. El polietileno es inerte a la mayoría de compuestos químicos, sin embargo aceites animales, vegetales y minerales son absorbidos por el polietileno y pueden causarle hinchazón y decoloración.

2.3. Aspectos relacionados con la construcción de máquinas selladoras

2.3.1. Selladoras ergo

De acuerdo con ROBOTICA, (2006), La línea de selladoras incluye dos tipos, la de calor continuo y la electrónica transistorizada.

2.3.2. Las selladoras de calor continuo.

ROBOTICA, (2006), manifiesta que son recomendadas para empresas que mantienen un alto volumen de sellado que permita al equipo permanecer encendido todo el tiempo. Son de menor inversión inicial y garantizan un adecuado sello para la mayoría de los empaques.

2.3.3. Las selladoras electrónicas transistorizadas.

Según ROBOTICA, (2006), consumen energía únicamente en el momento del sellado, presentan como principales ventajas el sello hermético que las hace óptimas para líquidos- Reducen el gasto en energía, no requieren precalentamiento ni alcanzan altas temperaturas.

2.3.4. Máquinas selladoras en "L"

ROBOTICA, (2006), manifiesta que La máquina selladora en "L" esta diseñada para empacar todo tipo de productos con dos fines: Hacer un manejo del producto final empacándolo y entregándolo a su destino final, o introducir el paquete empacado en un túnel para termoencogimiento, que le de un acabado aún mejor al final del proceso. Fabricada en acero Cold Rolled, consta de dos juegos de barras selladoras dispuestas en un ángulo de 90°, los cuales sellan y cortan el material en el que se va a empacar, (opcional: accionamiento neumático con control de tiempo de cierre y exposición). Está dotada de portarrollos y una mesa de trabajo donde se puede manejar el producto, haciendo de esta una máquina muy útil y fácil de operar.

Cuadro 4. Dimensiones y medidas de las selladoras el “L”

Dimensiones	Medidas
Alto (cm)	90
Ancho (cm)	40
longitud de las barras (cm)	50
ancho máximo del producto (cm)	120
longitud de la maquina (cm)	110
Alto (cm)	90
Precio (\$)	7500

Fuente: ROBOTICA, (2006)

2.3.5. Selladoras para tubos colapsibles modelo 14DS

ROBOTICA, (2006), indica que estas selladoras tienen la característica de sellar polietileno, polipropileno, P.V.C., laminados, con un sistema de sellado electrónico transistorizado, con temperatura en ambas barras de la selladora, permitiendo el sellado de empaques gruesos, que requieran un manejo hermético del producto empacado acomodándose así a cualquier necesidad de sellado de sus empaques flexibles a ese nivel, permiten alcanzar longitudes de sellado: de 30 o 40 cm. bajo accionamiento manual o por pedal, fabricada en ángulo y lámina CR calibre 18 o en acero inoxidable.

2.3.6. Características de las selladoras colapsibles

ROBOTICA, (2006), menciona que su construcción es de tipo vertical, se maneja manualmente por medio de un pedal, que se desplaza suavemente al ser accionado por el operario. Esta máquina esta diseñada

para sellar tubos colapsibles plásticos los cuales pueden contener variedad de cremas y líquidos, siempre y cuando su composición no incida sobre un buen sellado. El sellado se realiza por medio de un sistema electrónico transistorizado, el cual consume energía únicamente en el momento del sellado. La cantidad a sellar, por cada operación, oscila entre 7 y 12 tubos, dependiendo del tamaño de los mismos, con molde en madera que se fabrica según diámetro del tubo a sellar. La mesa de trabajo es de altura regulable lo que amplía la capacidad de admitir tubos con diferentes longitudes.

2.3.7. Modelo Collapnew

ROBOTICA, (2006), indica que La selladora modelo Collapnew ha sido diseñada con avanzados sistemas neumáticos, garantiza una presión constante y gran calidad de sellado. Está además, equipada con dos temporizadores, uno encargado de graduar el tiempo de sellado, y otro para medir el tiempo de enfriamiento. Posee además control de temperatura para los diferentes calibres de tubos a sellar. El sellado se realiza por medio de un sistema electrónico transistorizado, el cual consume energía únicamente en el momento del sellado. La cantidad a sellar por operación varía entre 7 y 12 tubos, dependiendo del tamaño. La mesa de trabajo es de altura graduable lo que amplía la capacidad de admitir tubos con diferentes longitudes. Esta máquina ha sido diseñada para sellar cualquier tipo y calibre de tubo colapsible plástico, aunque se encuentre impregnado de producto en el borde en el momento de sellado. Está fabricada en acero.

2.3.8. Selladoras térmicas H-200-H300

ROVEBLOC, S.A. (2006). Indica que estas pequeñas soldadoras de sobremesa han sido diseñadas para el cierre de bolsas de papel-poliamida, papel-papel, aluminio. Consta de un termostato para fijar la temperatura de trabajo, son sencillas y económicas.

Cuadro 5. Características de las Selladoras térmicas

Característica	H-200	H-300
Largo soldadura (mm)	200	300
Ancho soldadura (mm.)	7	7
Consumo (W)	80	130
Voltaje (V.)	220	200
Peso neto (Kg.)	2'100	3'500

Fuente: ROVEBLOC, S.A. (2006).

Las características de otros tipos de selladoras térmicas, se presentan en los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Características de las Selladoras térmicas tipo TT-300

Característica	TT-300+ mesa	TT-300 Semiautomática
Largo soldadura (mm)	300	300
Ancho soldadura (mm.)	10	10
Voltaje (V.)	220 V. 500 W.	220 V. 500 W.
Peso bruto (Kg)	27	27

Fuente: ROVEBLOC, S.A. (2006).

Cuadro 7. Características de las Selladoras Térmicas Tipo 300 y 420 SPC a pedal.

Característica	300 SPC	420 SPC
Largo soldadura(mm)	300	420
Ancho soldadura (mm.)	12	12
Potencia (W)	1000	1250
Peso bruto (Kg.)	14	16
Embalaje cartón (cm.)	37x37x18	46x37x18

Fuente: ROVEBLOC, S.A. (2006).

2.3.9. Características técnicas de las selladoras por impulso del pie

Según LIPARI. (2006), Constan de un Indicador luminoso de comienzo y fin de operación, regulador electrónico de tiempo, ajustable de acuerdo al espesor del material a sellar, construidas en chapa D.D., recubiertas con pintura epóxica, coberturas de acero inoxidable de 0,6mm de espesor, indicadas para sellar polietileno, polipropileno y similares, cuyo espesor no supere los 150 μ m y una producción recomendada de 300-400 sellados por hora.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó fundamentalmente en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos y el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y la ejecución técnica se llevó a cabo en el Taller de Cromados, Niquelados y Metalmecánica DOLEY, en la empresa MILKIFRUTI Srl. de la ciudad de Lima, durante el año 2006. Las variables de investigación fueron: el espesor, potencia, tiempo de sellado y la hermeticidad del sellado

3.2. Materiales, equipos y herramientas

En los cuadros 8, 9 y 10 se muestran las cantidades y características de los materiales utilizados para la construcción de la selladora

3.2.1. Material mecánico

Cuadro 8. Caracterización del material mecánico de la selladora

Descripción	Denominación	Dimensiones	Peso (Kg/m)	Total (Kg/m)
7m ángulos	LA36	3cm x 3mm	0.932	6.524
1m tees	TEEA36	11/2' x 11/2' x 1/8'	1.84	1.84
2 m Platinas	PLAT A36	3cm x 3mm	0.80	1.60
2 m Platinas	PLAT A36	½' x 2mm	0.48	0.96
0.50m fierro cuadrado	BAC-1-A 36	3/8' x 33cm	1.27	0.635
1m U de aluminio	UA L	½' x 33cm x 2mm	0.40	0.40
0.50m.tubo cuadrado	TC A36	2' x 1'x 2mm	1.76	0.88
20 estoboles con tuerca	ESA36	1' x ¼'		
2 estoboles	ESA36	4' x ¼'		
20 Autorroscantes	ASA36	½' x 1/8'		
44 Arandelas	OSA36	¼' x 4mm		
1m ² Láminas metal	LSA36	2mm		
2 resortes	resorte	1/8' x 25mm		
2 resortes	resorte	½' x 5cm		
12 Barras soldadura	Punto azul	¼' x 16cm		
4 Lijas para metal	Para metal	40, 60, 100,120		

Fuente: SIDERPERU S.A. (2006) y ACEROS AREQUIPA S.A. (2006)

3.2.2. Material eléctrico

Cuadro 9. Caracterización del material eléctrico de la selladora

Descripción	Denominación	Dimensiones
- 4 Terminales	tipo asa	1/16'
- 3m Soldadura de estaño	60% y 40 %	10 m
- 36 cm jebe	Mucroporoso	¾' x ½'
- 1 silicona	star nº 750	Sachet 100cc.
- 1m asbesto	Lámina	½' x 2mm
- 1 Cinta teflón	Lámina	½' x 2mm
- 4 Aislantes de baquelita	arandela	½' x 1/8' x 6mm
- 50 cm resistencia	Nicróm	Nº 20
- 1 Tarjeta circuitos	laminada	6 x 7cm.
- 45 Chapas de Transf.	Chapas	1 ¾'
- 2m Cable eléctrico	Vulcanizado	Nº 16
- 3m Cable eléctrico	AWG	Nº 16
- 15m. Cable eléctrico	Bobinado	Nº 14
	bobinado	Nº 22
- 84m Cable eléctrico	3M	½'
- 1 Cinta aislante	3M	½'
- 1 Cinta masking tape	Manga	1, 2 y 3 μ m
- 2kg de polietileno	alambre	820 Ω , 1W
- 1 Resistencia R ₁	alambre	270 Ω , 1W
- 1 Resistencia R ₁	alambre	1.5 Ω , 1W
- 1 Resistencia R ₁	Estabilizador	IN4007
- 2 Diodos	Zener silicio	6V y 2W
- 1 Diodo	Led simple	Emisión difusa
- 1 Plumón	Indeleble	Punta fina
- Cloruro férrico	-----	100 cc.
- 1 Relay normalmente abierto	Tupo caja	24V x 10A
- 1 Condensador C ₁	Polarizado	450V, 4.7 μ f
- 1 Condensador C ₂	polarizado	50V, 10 μ f
- 1 Transistores.	PNP	MCR.100-8
- 1 Transistores	PNP	C458 o C828

3.2.3. Características del transformador

El transformador de potencia utilizado en la máquina construida tiene la estructura y características operativas, se muestra en el cuadro 10:

Cuadro 10. Características del transformador de potencia utilizado en la máquina selladora.

Elemento	Característica	Formula
Chapas entrada	45 de 1 $\frac{3}{4}$ '	-----
Entrada	220v	-----
Salida	20v	-----
Nep	409 vueltas	$\frac{Ep}{Es} = \frac{Nebp}{Neps}$
Nes	59 vueltas	
Potencia	500 W	P = I eficaz x E eficaz
Imaxp	2.27 A	$J = \frac{I}{Scu}$
Imaxs	25.0 A	
NCuP	22 AWG	Lbp x Factor
NCUS	14 AUG	Lbs x Factor
Peso CuP	250 gr.	
Peso CuS	270 gr.	Pm x Nep
Lbp	83.5 m.	Pm x Nes
Lbs	14.5 m.	
Núcleo	4.5 x 4.45	b x h

3.2.4. Equipos e instrumentos empleados para el ensamblaje, monitoreo y control de la máquina selladora

- Máquina soldadora eléctrica modelo jpg .110033, 250 kv marca Hobart
- Multímetro digital marca Panasonic. modelo: 928A
- Multímetro analógico marca Sanwa modelo: 360 Rx 100

3.2.5. Herramientas utilizadas para la construcción de la máquina selladora

- Brocas de taladro de diferentes medidas
- Pistola de soldar estaño de 100W y 30W
- Absorbedor de soldadura
- Una fuente de 0 a 25 v. AC regulable
- Taladro de mano y de banco
- Un juego de destornilladores y alicates
- Cautín tipos punta y pistola
- Protoboard

3.2.6. Material de empaque

- 2kg de mangas de polietileno de espesores $1 \mu\text{m}$
- 2kg de mangas de polietileno de espesores $2 \mu\text{m}$
- 2kg de mangas de polietileno de espesores $3 \mu\text{m}$

3.2.7. Material de prueba o producto de envasado

El material de prueba envasado fue agua potable. Para ello se han utilizando mangas de polietileno en forma de sachets. También, eventualmente se han empleado otros productos como yogurt, néctar de aguaje y mazamorra morada.

3.3. Métodos

La secuencia de las pruebas se describe seguidamente.

3.3.1. Pruebas preliminares

En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo preliminar del diseño y construcción de la máquina selladora



Figura 1. Diagrama de flujo preliminar del diseño y construcción de la máquina selladora de polietileno.

3.3.1.1. Diseño del transformador

Se construyó un transformador de 500W con una tensión de entrada en el primario de 220V y salidas de 20, 30 y 40V, en el secundario.

3.3.1.2. Control de la potencia

La potencia óptima fue establecida al regular el sistema electrónico a través de un potenciómetro incorporado a la etapa de entrada del circuito. Este elemento se halla conectado en serie con la resistencia de nicrom y a uno de los bornes del transformador.

3.3.1.3. Instalación en chasis

En esta operación, se instaló el transformador y el potenciómetro en un chasis provisional de madera con la finalidad de probar sellados.

3.3.1.4. Pruebas de sellado

Se realizaron sellados de envases de polietileno de diversos espesores, en formas de sachet, sometiéndolos a los diferentes valores de potencia térmica, tal como se aprecia en el anexo 1.

3.3.2. Prueba definitiva

Con los valores obtenidos para los parámetros requeridos para la construcción de la máquina, se realizaron las pruebas definitivas. Estas últimas, ayudaron a establecer las dimensiones de la selladora y el valor de los parámetros de potencia, tiempo y el espesor de las mangas de polietileno. Estas características, se muestran en la figura 2.

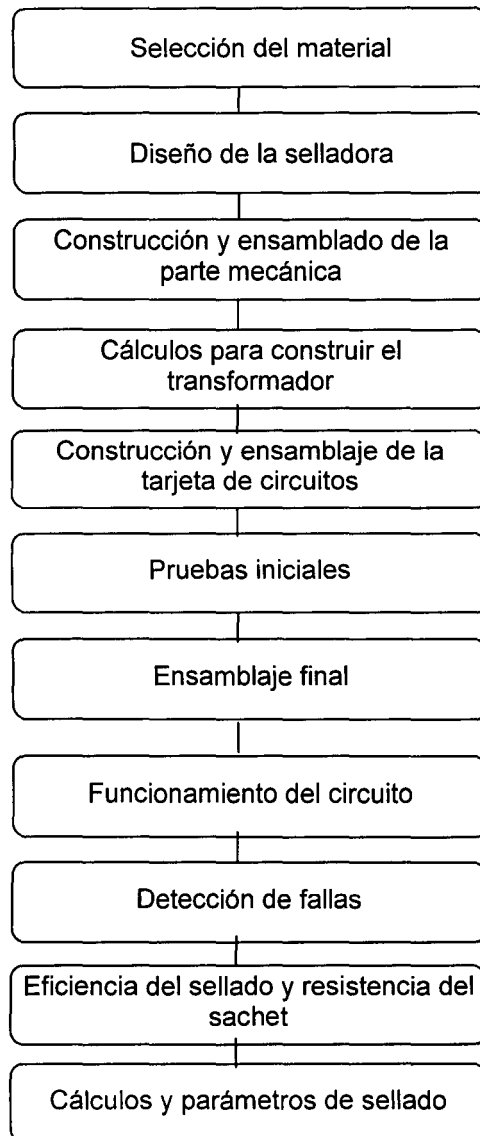


Figura 2. Diagrama de flujo definitivo para el diseño y construcción de la máquina selladora de polietileno.

3.3.2.1. Selección del material

Los materiales se seleccionaron teniendo en cuenta las propiedades mecánicas. Así mismo se verificó las dimensiones, y la limpieza aparente del material a envasar.

3.3.2.2. Diseño de la selladora

Se elaboró un juego de planos, tal como se indica en las figuras del 3 a 5, teniendo en cuenta el material a sellar, producto a envasar, la capacidad de producción, consumo de energía, mantenimiento, transporte de la máquina y seguridad del operador.

La máquina ha sido diseñada para atender el requerimiento de pequeñas cantidades de producción, aproximadamente de 1500 a 2000 sachets por hora, volumen de producción que supera a las selladoras existentes de su tipo en el mercado. Los sachets deben ser de 3.5 a 5 cm. de ancho y de 5 a 20cm de largo.

El transformador de potencia, alimenta energía a una resistencia de nicróm N° 20 y de 33 cm. de longitud útil. Asimismo, se utilizó un potenciómetro que permitía regular la potencia necesaria para cada espesor a sellar. El área de sellado ha sido aislada de tal forma que no tenga fugas de calor por sobrecalentamiento. Para el mantenimiento de la parte electrónica de la máquina, se estableció en el diseño que los componentes de la misma se hallaran en un sector visible y de fácil acceso.

Para facilitar el transporte de la máquina, en el diseño se tuvo en cuenta su peso estructural y la versatilidad de su ensamblaje. Por esta razón, se ha utilizado piezas estructurales metálicas que hacen de la máquina un equipo relativamente liviano. En la mesa de sellado, las canaletas de alimentación y la caja del transformador se han empleado laminas de acero galvanizado tal como se reporta en el cuadro 8. También se ha incidido en que la mesa de sellado constara de dos partes, una de ellas movable y

desmontable. Las canaletas se han diseñado de tal manera que es posible regular el ancho de la manga a sellar.

El costo de fabricación de la máquina selladora ha demostrado ser menor comparado con las existentes en el mercado, para fines similares; pues se utilizaron materiales de costos más baratos y que no impongan barreras en su funcionamiento. Para ofrecer estabilidad a la máquina; se colocaron cuatro tornillos estoboles en los vértices inferiores de la máquina, que permitirán empotrarlo al piso.

Así mismo, por ser una máquina orientada al trabajo de producción artesanal o de pequeña escala, esta sería utilizada en microempresas que generalmente son conducidas por mujeres. Por esta razón, esta se ha diseñado considerando que el operador tendría una estatura media de 1.60m. Para ello se colocaron dos resortes de expansión, conectadas a la mordaza superior y al pedal, que ejercen esfuerzos máximos de hasta 10 Kgf.

Para facilitar el mantenimiento fijamos las cintas de teflón con cinta Masking Tape sobre la resistencia eléctrica. La resistencia eléctrica se acopla a su vez a dos terminales tipo ojo de 1/36' entre las mordazas. Asimismo, se ha acoplado un pulsador y una lámpara piloto de Neón en la mesa de sellado, con la finalidad de que el operador pueda observar el inicio y fin del sellado.

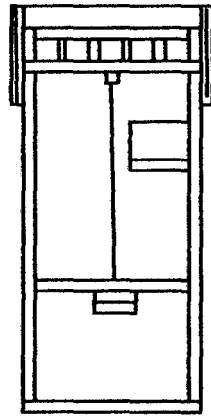
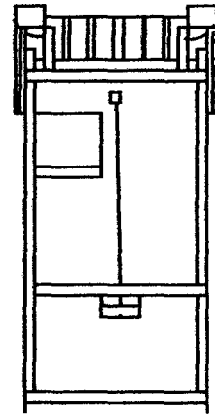


Figura 3. (a) Vista frontal



(b) Vista posterior

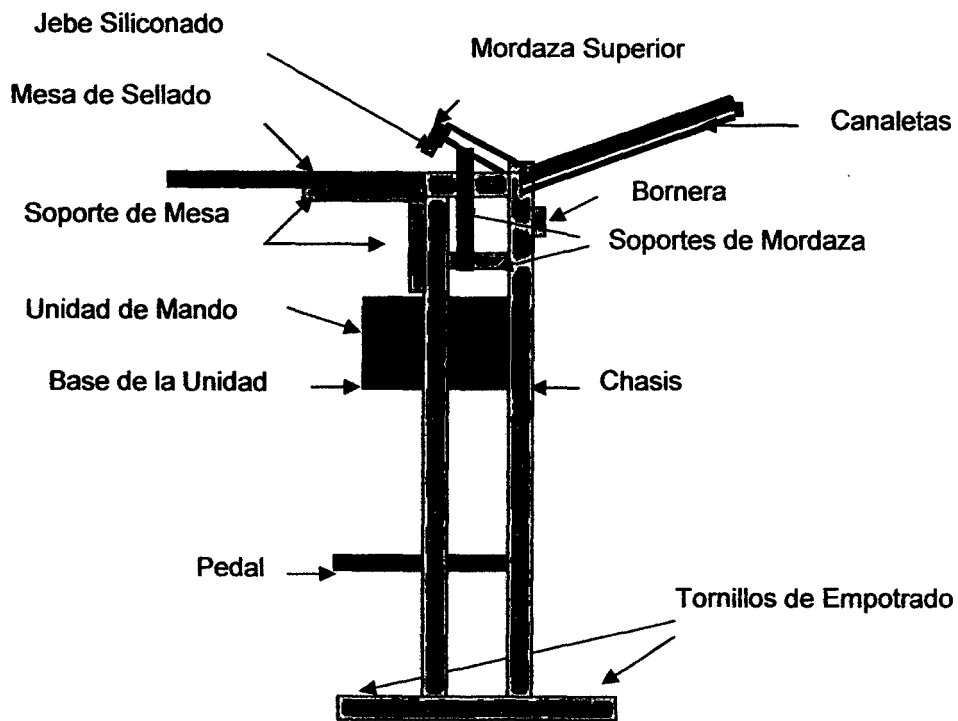


Figura 4. Vista del ensamblaje de la máquina

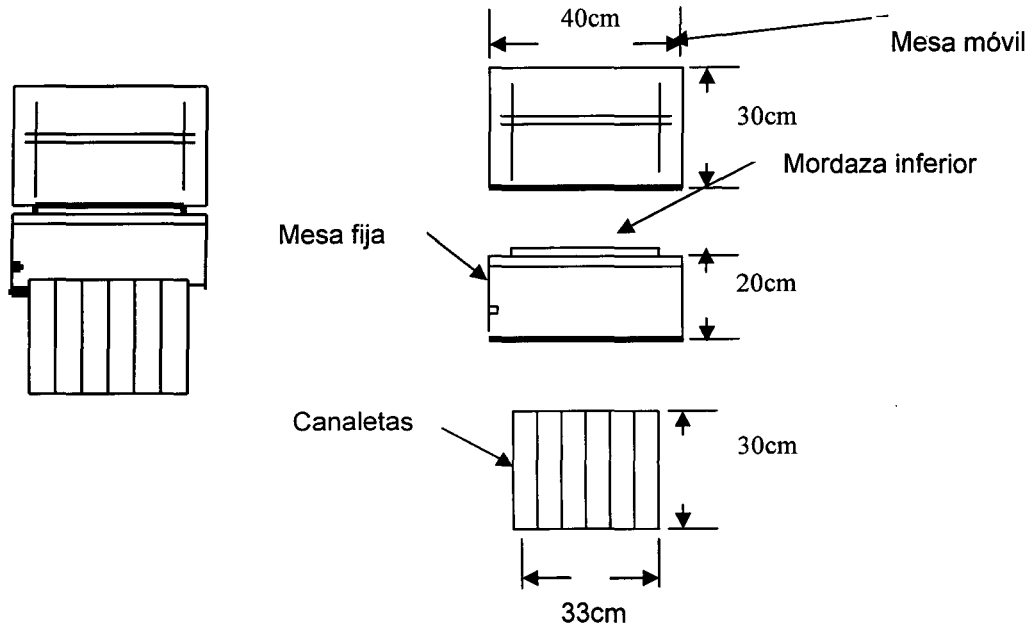


Figura 5. (a) Vista superior (b) Ensamblaje de la vista superior

3.3.2.3. Construcción y ensamblado de la parte mecánica.

Durante el *soldado del chasis*, se utilizó ángulos de 3cm.x 3mm Soldados con dimensiones de 20cm de ancho, 40cm de largo y 89cm de alto.

La mordaza superior consta de dos soportes de platinas de 3cm.x 3mm soldada a 45° de inclinación con respecto a la mordaza inferior, que se encuentra entornillada al chasis, consta de una barra cuadrada de acero laminado en caliente de 3/8' y de 33 cm de longitud

La Mesa de sellado, consta de dos partes una fija de 20x 40 cm y otra móvil de 30x 40 cm, que se desplaza verticalmente según el tamaño del sachet a sellar. Sobre aquella se colocó una "U" de aluminio de 33 cm x 1/2', que sirve como regla reguladora del tamaño del sachet.

Las Canaletas se construyeron de láminas de 2 mm de 30 cm x 33cm con seis reguladores de aluminio de 3/8", que se desplazan horizontalmente de acuerdo al ancho de la manga a utilizar

El Pedal se construyó con ángulos de 3cm x 3mm de 8 x 30cm de largo y han sido empotrados al chasis a 26cm del piso. En el centro, se colocó una platina de 1/2" x 60cm de largo conectado a la mordaza superior.

El pintado de la máquina, e realizó con base sincromato anticorrosivo y esmalte sintético previo lijado de las partes a pintar, luego se procedió a ensamblar.

3.3.2.4. Construcción y ensamblaje de la tarjeta de circuitos

Para definir las características de la tarjeta de circuitos, los elementos fueron instalados en una base "protoboard", que a su vez permitió determinar de modo aproximado el área correspondiente y la funcionalidad del circuito diseñado. Una vez determinada el área de la tarjeta el circuito electrónico ha sido diseñado utilizando un plumón indeleble, teniendo en cuenta los lugares donde estarán ubicados los elementos. Culminado el diseño, la tarjeta donde se deben insertarse los diversos componentes eléctricos y electrónicos, se introduce en una bandeja pequeña conteniendo cloruro férrico produciéndose una reacción redox. Para eliminar los residuos de CuCl_2 y otros, la tarjeta se lava con abundante agua y se seca. Finalmente se realizaron las perforaciones respectivas en los puntos donde corresponde instalar a los elementos eléctricos y electrónicos. (figura 6.)

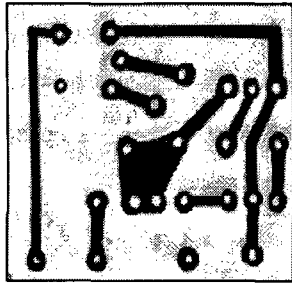


Figura 6. Esquema de la tarjeta

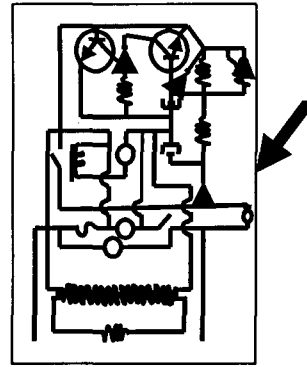


Figura 7. Diagrama esquemático de componentes

3.3.2.5. Pruebas iniciales

De acuerdo a lo sugerido por APAZA, H., L. (2000), antes de hacer el montaje final, se realiza una prueba preliminar de la tarjeta, para verificar su correcto ensamblaje y funcionamiento. Se conectó provisionalmente el primario a los terminales de entrada del circuito. También fue instalado provisionalmente el potenciómetro y un voltímetro, otorgándole 220V AC en la entrada. Seguidamente se tomó información del potencial eléctrico de salida en función de la variación de la resistencia eléctrica del potenciómetro en el rango de entre 0 a 20 voltios aproximadamente. Luego se hizo una inspección térmica a los componentes eléctricos, revisando que no se hayan recalentado. Se verificó también de inmediato, la posición de los componentes que fueron instalados según el diagrama esquemático construido. Finalmente, fue revisada minuciosamente toda la estructura física del diseño, antes de proceder a su-ensamblaje final.

3.3.2.6. Ensamblaje final

Para el ensamblaje final se ha construido una caja metálica, como la que se muestra en la (figura 8). Según GARCIA, R., (1998). esta caja esta formada por dos elementos, una base en forma de “U” que sirve como soporte al transformador, la tarjeta y en la parte frontal se empotra ,el interruptor general, potenciómetro con perilla, porta fusible, una lámpara piloto de neón y un diodo LED que sirven como indicadores del encendido. Así mismo, se colocó un aislante plástico entre el tornillo, la tarjeta y la caja, para evitar que la soldadura de la tarjeta haga contacto con la caja o el tornillo. Finalmente se efectuaron, las conexiones de estos elementos, realizándose una prueba preliminar del ensamblaje.

La tarjeta esta formada por dos diodos rectificadores D_1 , D_2 , un D_3 Diodo Zener que regula el voltaje de entrada al relay, los condensadores C_1 , C_2 , las resistencias R_1 , R_2 , R_3 , el LED D_4 sirven como indicadores del funcionamiento de la selladora. La etapa de regulación esta compuesta por los transistores T_1 , T_2 y sus componentes asociados como el relay. El voltaje de salida se regula por medio del potenciómetro, P_1

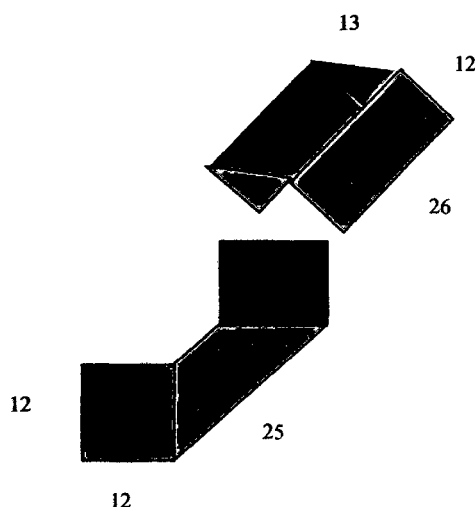


Figura 8. Ensamblaje de la caja del transformador

Sobre la mordaza inferior se ha colocado una cinta de asbesto y teflón de 2 x 33cm. de largo, con la finalidad de evitar fugas de calor. Fijamos sobre el la cinta de teflón la resistencia eléctrica de Nicróm, colocándolo en ambos extremos a un punto móvil que es empujado por un resorte, permitiéndole estirarse y encogerse cada vez que se dilata cuando se acciona el pulsador. El punto entre el terminal de la resistencia y la mesa de sellado se aislaron, para evitar fugas de energía. Seguidamente, fue recubierta la resistencia eléctrica de Nicrom con otra cinta de teflón con las mismas dimensiones anteriores. Esta fue fijada con cinta masking tape, para evitar el contacto del material envasado con la resistencia eléctrica. En la mordaza superior se instaló una "U" de aluminio donde se colocó un jebe microporoso siliconado, que también se cubrió con cinta de teflón entornillado en sus extremos. Se instalaron luego, los terminales de energía eléctrica a los extremos de la resistencia de Nicróm. Finalmente, se atornilló la bornera en el chasis y se instalaron todas las conexiones de la fuente a la mesa de trabajo

3.3.2.7. Funcionamiento del circuito

El diagrama esquemático que se muestra en la figura 7 sirve para analizar el funcionamiento de la fuente de alimentación de la selladora. La entrada de la fuente, se conecta a la red eléctrica de 220 voltios de corriente alterna, luego se conecta a la tarjeta y de esta al transformador, tal como se indica en la figura 9.

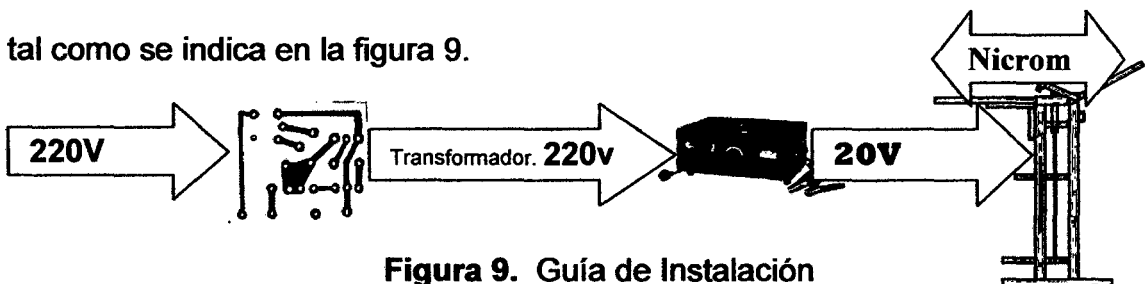


Figura 9. Guía de Instalación

3.3.2.8. Detección de fallas

Se tomaron algunas precauciones como la siguiente:

De acuerdo con las técnicas convencionales, se enciende la fuente y se observa si hay calentamiento excesivo o un olor a quemado en algún elemento, se apaga rápidamente y se desconecta. Mediante el tacto, con mucho cuidado se revisa primordialmente los diodos rectificadores, los transistores y el potenciómetro.

3.3.2.9. Eficiencia del sellado y resistencia del sachet

Para determinar la eficiencia del sellado, se procesaron 72 sachets de 100cc conteniendo agua potable. Estos fueron cerrados en grupos de tres con cada espesor (E_1 , E_2 , E_3), a una determinada potencia (P_1 , P_2 , P_3) y tiempo (T_1 , T_2 , T_3). Luego, aquellas muestras fueron analizadas y sometidas a presión con la finalidad de determinar la cantidad de sachets correctamente sellados. Se realizaron las pruebas de hermeticidad y resistencia de los sachets sellados en volúmenes de 25, 50 y 100 cc por espesor. Para ello se utilizó un dispositivo que consta de un manómetro, una bombilla y una mordaza que presiona el producto previamente envasado. Las pruebas mencionadas, permitieron determinar la cantidad de sachets con fallas de sellado y la resistencia o capacidad de carga que puede soportar cada sachet tal como se indica en el cuadro 16.

3.3.2.10. Cálculos y parámetros de sellado

En los cuadros 11 y 12 se muestran el Análisis de variancia para el espesor, potencia, tiempo, eficiencia del sellado y la resistencia del sachet

Cuadro 11. Análisis de variancia y prueba F del espesor, potencia y tiempo de sellado

Fuentes	GL	SC	CM	F_c	probab.
Efecto E	2	0.227	0.114	4.56	*
Efecto P	2	64.301	32.151	1286.04	**
Efecto T	2	0.301	0.151	6.04	**
Interacción EP	4	0.582	0.146	5.84	**
Interacción ET	4	0.592	0.148	5.92	**
Interacción PT	4	1.178	0.295	11.80	**
Interacción EPT	8	1.049	0.131	5.24	**
Error experimental	54	1.333	0.025	----	----
Total	80	69.56	-----	-----	-----

Cuadro 12. Análisis de variancia y prueba F para la resistencia del los sachet

Fuentes	GL	SC	CM	F_c	F_{0.05}
Bloques	4	0.097	0.02425	0.7549	NS
Factor E	2	93.66	46.8300	1457.7432	**
Factor V	2	0.025	0.01250	0.3891	NS
Int. VE	4	0.065	0.01625	0.5058	NS
Error	32	1.028	0.03213		
Total	44	94.878			

Cuadro 13. Prueba tukey para el espesor, potencia y tiempo de sellado

Promedios	Influencia
E₂ = 1.33 a	Si
E₁ = 1.22 ab	
E₃ = 1.22 abc	no
T₂ = 1.33 abcd	
T₁ = 1.23 abcde	no
T₃ = 1.19 abcdef	
P₂ = 1.93 abcdefg	
P₃ = 1.85 abcdefgh	no
P₁ = 0	No hay sellado

3.4. Datos experimentales

3.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental se muestrah en la figura 10, la cual nos permitió evaluar el espesor, potencia útil y el tiempo de sellado. En nuestro caso se aplicará un diseño completo al azar con arreglo factorial, con tres factores (E, P y T), tres niveles (e = 3, p = 3 y t = 3) y tres repeticiones (r = 3).

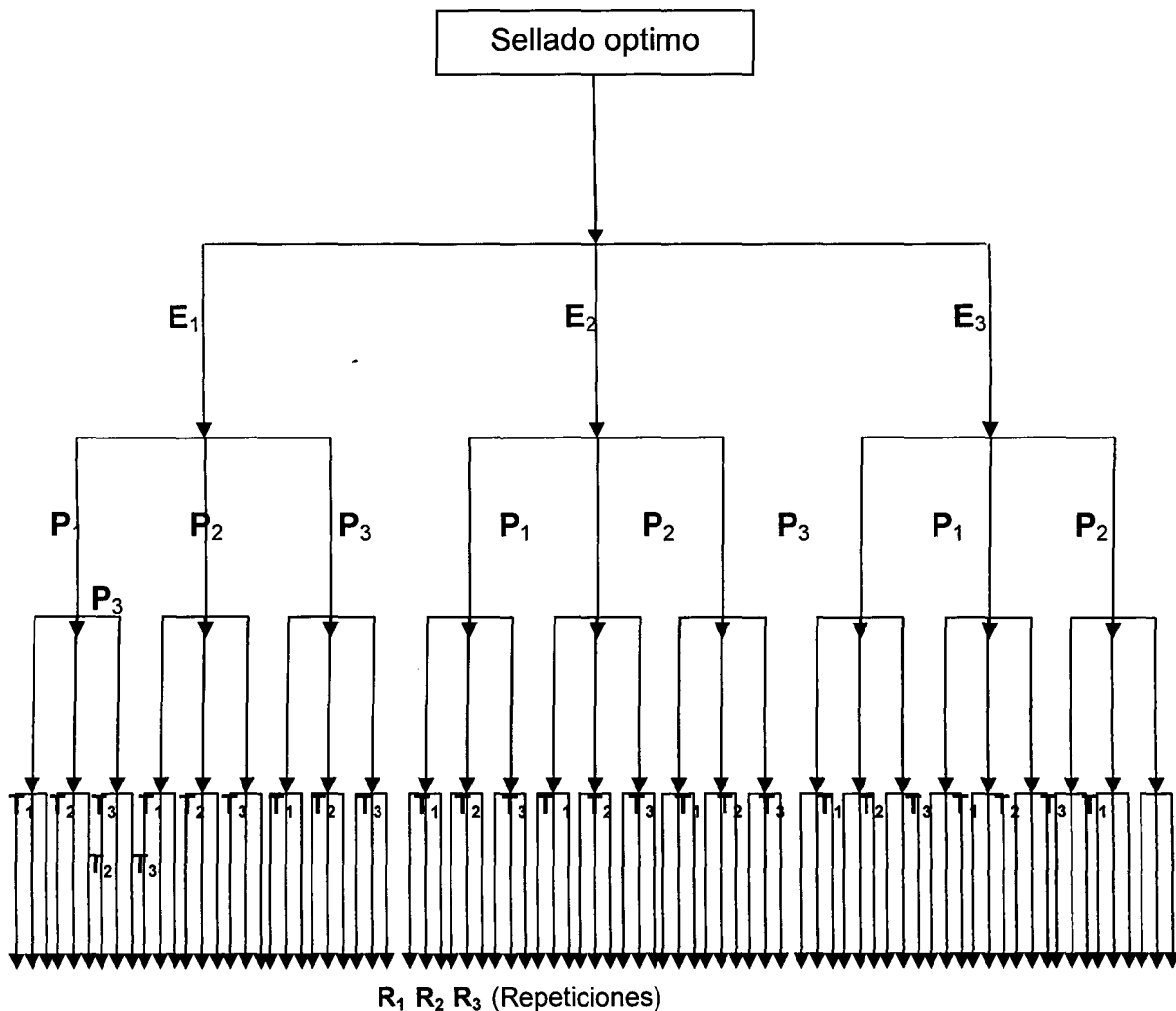


Figura 10. Representación grafica del diseño experimental de la selladora

3.4.2. Variables independientes

Las variables independientes fueron espesor y volumen

3.4.3. Tratamientos en estudio

En el cuadro 14 se muestra las combinaciones en estudio

Cuadro 14. Datos experimentales

(S)	E ₁			E ₂			E ₃			(μ m)
	P	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	(W)
T ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	
	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	
T ₂	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	Tratamientos
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	
	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	
T ₃	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	R ₁	
	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	
	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	R ₃	

Donde:

P = potencia, E = espesor, T = tiempo de sellado y R = número de Repeticiones

3.4.4. Variables dependientes

Potencia (w), Tiempo(s), Eficiencia del sellado (%), y la resistencia del sachet (Kg/cm²)

3.4.5. Análisis estadístico

Para evaluar el diseño experimental de la figura 14, se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial de $3 \times 3 \times 3$ con tres niveles y tres repeticiones que hacen un total de 81 observaciones

3.4.5.1. Características del experimento

Factor E = espesor del polietileno, niveles:

$$E_1 = 1 \mu m$$

$$E_2 = 2 \mu m$$

$$E_3 = 3 \mu m$$

Factor P = Potencia útil, niveles:

$$P_1 = 1.5W$$

$$P_2 = 2.0W$$

$$P_3 = 2.5W$$

Factor T = Tiempo de sellado, niveles:

$$T_1 = 2 s$$

$$T_2 = 3 s$$

$$T_3 = 4 s$$

Repeticiones (r) = 3

CALZADA, J., (1982) Y SILVA. D, A. (1990), mencionan que, cuando se estudian simultáneamente dos o más factores, cada uno incluyendo una serie de tratamientos, se tiene los experimentos factoriales. En estos casos hay que considerar el arreglo y la distribución. Permitiendo el estudio de los efectos principales, efectos de interacción de los factores, efectos simples y efectos cruzados. Por lo que para la resistencia del sachet

se utilizó un (DBCA) en arreglo factorial de 3 x 3 utilizando como factores al espesor (E) y volumen (V) con 5 repeticiones que hacen un total de 45 sachets estudiados.

Cuadro 15. Cuadro de datos obtenidos durante el sellado

	E ₁			E ₂			E ₃			Totales
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	
T ₁	0	2	1	0	2	2	0	2	2	34
	0	2	2	0	2	2	0	2	2	
	0	2	1	0	2	2	0	2	2	
T ₂	0	2	2	0	2	2	0	2	2	36
	0	2	2	0	2	2	0	2	2	
	0	2	2	0	2	2	0	2	2	
T ₃	0	1	2	0	2	2	0	2	1	32
	0	2	2	0	2	2	0	2	1	
	0	2	2	0	2	2	0	2	1	
E	33			36			33			102
P	0			50			52			102
EP	0	17	16	0	18	18	0	18	15	102
ET	10	12	11	12	12	12	12	12	9	102
PT	0	0	0	18	18	14	16	18	18	102

3.4.5.2. Características del experimento

Factor E = Espesor del polietileno, niveles:

$$E_1 = 1 \mu m$$

$$E_2 = 2 \mu m$$

$$E_3 = 3 \mu m$$

Factor V = Volumen envasado, niveles:

$$V_1 = 25\text{cm}^3$$

$$V_2 = 50\text{cm}^3$$

$$V_3 = 100\text{cm}^3$$

Numero de bloques = 5

Repeticiones (r) = 5

Numero de parcelas = 9 por bloque

Cuadro 16. Resultados experimentales de la resistencia de los sachets

Bloques	E ₁			E ₂			E ₃			Total Bloques
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	
I	1.75	1.50	1.50	3.50	3.50	3.25	5.25	5.25	5.00	30.50
II	1.50	1.75	1.50	3.50	3.00	3.25	5.00	5.00	5.25	29.75
III	1.25	1.75	1.50	3.00	3.25	3.50	5.25	5.00	5.00	29.50
IV	1.50	1.50	1.75	3.25	3.50	3.50	5.25	5.00	5.25	30.50
V	1.75	1.50	1.75	3.00	3.00	3.50	5.00	5.25	5.00	29.75
VE	7.75	8.00	8.00	16.25	16.25	17	25.75	25.50	25.50	150
V	23.75			49.50			76.75			150
E	49.75			49.75			50.50			150

Para la eficiencia de sellado fue necesario realizar la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad con la finalidad de seleccionar los tratamientos óptimos. En las Figuras 11, 12 y 13 se muestran las relaciones entre los valores obtenidos para la potencia y tiempo de acuerdo al espesor utilizado.

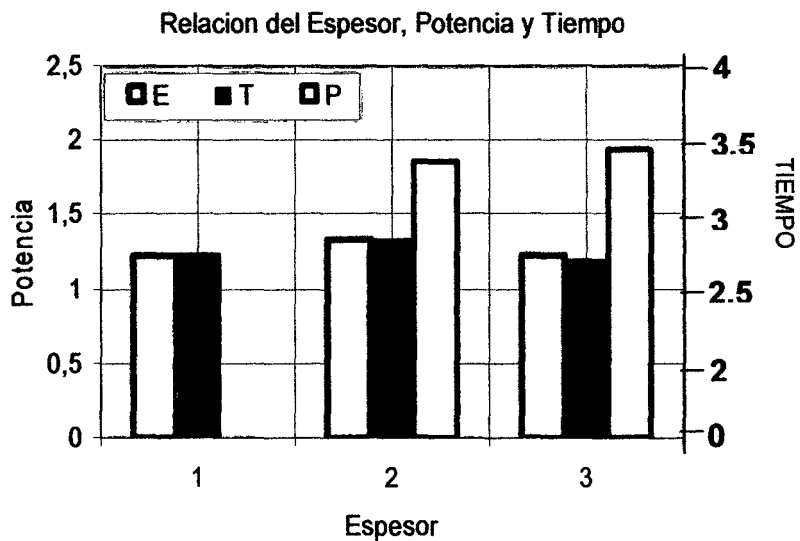


Figura 11. Gráfico barras promedios del espesor y potencia

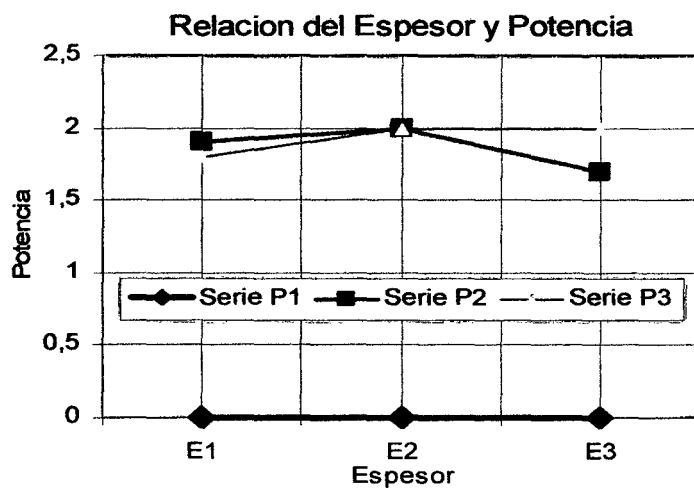


Figura 12. Gráfico de superficies promedios del espesor y potencia

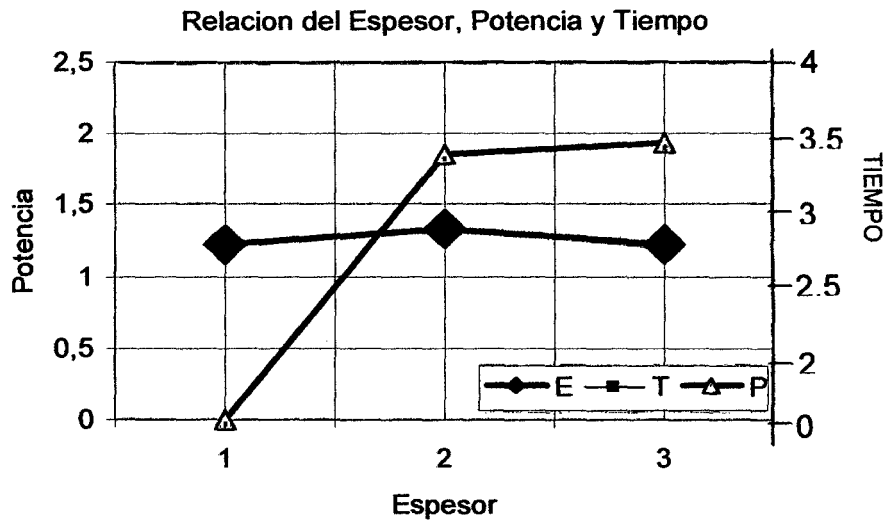


Figura 13. Gráfico relación de promedios del espesor, potencia y tiempo

IV. RESULTADOS

4.1. Pruebas preliminares

En el anexo 1 se muestra los resultados de las pruebas preliminares realizados en el sellado de polietileno de 1, 2 y 3 μ m de espesor por cada voltaje en el secundario del transformador.

4.2. Prueba definitiva

En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo definitivo que se utilizó para el diseño y construcción de la máquina selladora.

4.2.1. Selección del material

En los cuadros 8 y 9 se muestran los materiales utilizados para la construcción de la máquina selladora.

4.2.1.1. Material mecánico

Se eligieron láminas y ángulos de acero laminado en caliente debido a las cualidades de sus propiedades mecánicas (anexos 2, 7, 8, 9,10 y 11), y los tornillos tipo estoboles, arandelas, autorroscantes y resortes Zincados.

4.2.1.2. Material eléctrico y electrónico

En cuanto al material eléctrico se emplearon elementos de procedencia japonesa o Americana y son los siguientes:

- 4 Resistores,
- 3 Diodos,
- 1 Relay tipo caja,

- 2 Condensadores,
- 2 Transistores,
- 1 LED (Light Emission Diode) de 2 vatios.

4.2.2. Diseño de la selladora.

En el cuadro 17 se muestran la caracterización de la máquina.

Cuadro 17. Caracterización de la máquina selladora

Característica	Modelo 25-33P
Tipo	Mecánica a pedal
Área de sellado	6.66 cm ² .
Capacidad	2,000 sachets /h
Potencia utilizada	2.0 W/h
Voltaje de entrada	220 v
Voltaje de salida	20 v
Nicrom	N° 20
Espesores	1, 2 y 3 μ m
Tiempo de sellado	3 s
Color	Blanco
Peso	40kg
Altura	1m.
Largo	40cm.
Ancho	20cm.
6 Sachets por sellado	manga de 3 a 5cm.

4.2.3. Eficiencia del sellado y resistencia del sachet

Se produjeron 27 selladas de las cuales se obtuvieron 72 sachets los que fueron sometidos a observación y presión, determinándose que nueve no sellaron ni cortaron cuatro sachets que sellaron y no cortaron, dos que sellaron y cortaron con fuga de líquido y sesenta y seis sachets sellaron correctamente, que corresponden a un 91.66% de eficiencia de sellado, 2.77% de que sellaron y cortaron con fuga y 5.75% que sellaron y no cortaron, como el ANVA resultó significativo. En la prueba de Tuckey se determinó que las combinaciones ($E_2 P_2 T_1$, $E_2 P_2 T_2$, $E_2 P_2 T_3$, $E_2 P_3 T_1$, $E_2 P_3 T_2$, $E_2 P_3 T_3$) son los tratamientos óptimos. Con respecto a la resistencia de los sachets, de los 45 sachets evaluados, no se obtuvo ningún sachet con falla (ninguno se abrió por la parte sellada), determinándose así la resistencia de los sachets de 0.19, 0.28 y 0.24 K/cm² para los espesores 1, 2 y 3 μ m de espesor respectivamente.

4.3. Análisis de costos para la fabricación de la selladora

En el cuadro 18 se muestra el análisis del costo de fabricación de la máquina selladora

Cuadro 18. Determinación del Costo de fabricación de la selladora

Partida	Costo(\$)
Materia prima	200
Mano de obra directa	130
Gastos de operación	20
Costo de Fabricación	350

* Cambio al 12/12/2006: 1 dólar = 3.2 soles

V. DISCUSION

En el cuadro 16 se observa la resistencia mecánica de sachets sellados cuyos espesores son de 1, 2 y 3 μ m respectivamente, ante cargas mecánicas de 4.75kgf, 9.9kgf y 15.35kgf, hasta su rompimiento. En el cuadro 11 del análisis de variancia para los controles efectuados de potencia, espesor y tiempo de sellado; se observó que en todos los casos existe alta diferencia significativa con excepción del factor espesor que resultó significativo. En el cuadro 12 de ANVA de la hermeticidad y resistencia del sachet se observa que solamente hay diferencia altamente significativa entre los espesores, que indica que la potencia es variable de acuerdo al número de espesor utilizado. De acuerdo a la figura 12 se observa que la relación existente entre el espesor y la potencia utilizada es directamente proporcional hasta 2W de potencia útil y luego se vuelve inversamente proporcional. Esto confirma que a partir de este punto se requiere de menos potencia para el sellado óptimo del espesor dos. También se observa que para el espesor tres la relación se mantiene constante a partir de los 2W indicando que el espesor tres es sellado correctamente desde los 2W. Así mismo se observa que en el intervalo de cero a 1.5W de potencia no se produce el sellado. En la figura 13 se observa que el tiempo con relación al espesor cambia proporcionalmente hasta el espesor dos y luego desciende con tendencia a mantenerse estable. En cambio la potencia utilizada en el sellado asciende más fuerte y se estabiliza a los 2W, con tendencia a subir. En el cuadro 13 se observa que las combinaciones E_2 analizadas según la prueba de Tukey tienen el mayor promedio, lo que indica que la mayor eficiencia de sellado se produjo en el espesor dos. Así como el menor promedio fue para el tiempo de sellado tres. Los tratamientos

correspondientes a E_1 y E_3 son estadísticamente iguales, que indican que la eficiencia de sellado en los espesores uno, y tres fue la misma por otro lado se observa que T_1 , T_2 y T_3 son estadísticamente iguales que indican que el factor tiempo no ha influido en la eficiencia del sellado. Luego se observó que P_3 y P_2 son estadísticamente iguales que expresa que el sellado eficiente fue igual a la potencia dos y tres. Finalmente el promedio P_1 igual a cero indica que a la potencia uno no se produce el sellado y que por lo tanto no se tomó en cuenta para evaluar el sellado de los sachets.

VI. CONCLUSIONES

Los niveles óptimos para el sellado de sachets con la máquina construida se observaron en las combinaciones del espesor dos, potencia de 2w y 3w y los tiempos 2, 3 y 4 segundos la misma que puede operar en forma indefinida y sin recalentamientos, debido al aislamiento adecuado del área de sellado; presentando fácil mantenimiento, transporte y seguridad del operador. Se obtuvo una eficiencia de sellado del 91.66%.

La hermeticidad del sellado para los espesores 1, 2 y 3 μ m envasados en sachets de 25, 50 y 100 cc fue óptima ya que de los 45 sachets sometidos a presión ninguno sufrió daños por la parte sellada, obteniéndose una resistencia al rompimiento de los sachets en valores de 0.19, 0.28 y 0.24 Kg/cm² respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES.

Utilizar esta máquina para el sellado de polietileno de 1, 2 y 3 μ m de espesor en sachets de 25, 50 y 100cc para envasar alimentos con bajas concentraciones de productos corrosivos al acero laminado en caliente tipo LAC –acero SAE 1009 como los que fabrica SIDERPERU.

Realizar estudios de automatización de esta máquina utilizando dispositivos tecnológicos modernos de tal manera que pueda ser mas eficiente y versátil, que permita sellar otros materiales (PVC, laminados, poliéster, etc.), de otras formas de sellado (vertical por ejemplo), con la finalidad de obtener la eficiencia y hermeticidad requeridas para sellado optimo, utilizando espesores mayores a 3 μ m.

Implementar un sistema de alimentación continúa, que esté diseñado y construido de acuerdo al material a envasar. Con ello se lograría el funcionamiento de esta máquina en forma indefinida.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ACEROS AREQUIPA (2006) Productos (<http://www.acerosarequipa.com>, Documento, 18 de diciembre. 2006)
- ALIAGA, R. 2000. Multitester teoría y practica. Lima, Perú, Editorial O.P., 40p.
- APAZA, H., L. 2000. Fuentes de alimentación. Lima, Perú, Editorial. Universo S.A., 50 p.
- BEISER A. 1978. Física aplicada a la tecnología y la Ingeniería. Colombia. Editorial McGraw-Hill Latinoamericana .S.A., 274p.
- CALZADA BENZA, J. 1982. Métodos estadísticos para La investigación. Lima, Perú, Editorial Milagros S.A., 645p.
- DESROSIER, N. 1977. Conservación de alimentos. México, Editorial Continental S.A., 479p.
- EFEENBERGER, G. y SCHOTTE, K. 1968. Empaquetado de la carne y productos cárnicos. Zaragoza, España, Editorial. Acribia, 195p.
- Electrónica. 2005. Centro Internacional Latino. Lima, Perú, 1(2): 25 - 42
- GARCIA, VILLARREAL R., J. 1998. Dispositivos y componentes electrónicos. Lima, Perú, Editorial Consorcio integrado de electrónica e informática. S.A., 240p.
- GUEVARA H., E. 1998. Rebobinado de transformadores y auto transformadores. Lima, Perú, Editorial O.P., 151p.Tomos I y II
- HEISS, R. 1978. Principio de envasado de los alimentos. Zaragoza, España, Editorial Acribia, 270p.
- ITINTEC. 1977. Normas técnicas 399.098. Lima, Perú, s.n. 189p.

- JUERGEN, S.H. 1978. Introducción de la higiene de los alimentos. Zaragoza, España, Editorial Acribia, 200p.
- JULCA, R. 1989. Órganos de máquinas y mecanismos en las industrias alimentarias. Tingo Maria, Perú, 14p. Primera parte.
- KUNNE, G. 1976. Envases y embalajes de plástico. Barcelona, España, s.n. 154p.
- LIPARI. 2006, selladoras de polifilm PVC, de pie Selladoras de polietileno, (<http://www.lipari.com.ar/esp/productos01.htm>, documento, 16 de diciembre. 2007)
- MC. GREGOR. 1987. Manual del transporte de productos tropicales. Washington, EE. UU., Editorial D.C., 148p.
- PANTASTICO. E.R.B. 1979. Fisiología de la post utilización de las frutas y hortalizas tropicales y subtropicales, recolección y manejo. México, Editorial Continental, 663p.
- PLANK, R. 1963. El empleo del frío en la industria de la alimentación. Barcelona, Editorial Reverte, 385p.
- POZO, H. 1999. Envases flexibles. Lima, Perú, Editorial Navarrete. 30p.
- ROBOTICA, 2006, Selladoras térmicas y de pie selladoras de polietileno, (<http://www.xbot.es/webs/robotika/tutoriales.htm#regenerar> documento, 16 de diciembre. 2006)
- RODOLFO, H. 1978. Plant design and economics for chemical engineers 2 editorial. New Cork, EEUU, Mc Graw-Hill book Company 682p.

ROVEBLOC, S.A. 2006. Maquinaria para envase y embalaje,

(http://www.rovebloc.com/selladoras_H200.html, documento, 16 de diciembre. 2006)

RUBINI, A. 1999. Guía de la industria de envases y embalajes. Lima, Perú, Editorial Navarrete, 134p.

SANCHES, E. 1998. Normas legales. Lima, Perú, Editorial El peruano, 15p.

SIDERPERU, S.A. 2006. Tubos perfiles y platinas

(<http://www.sider.com.pe/sidernet/principal.html>, documento, 16 de diciembre 2006).

SILVA, D, A. 1990. Recopilación de datos y su análisis estadístico Consejo de Investigación Científica. Tingo Maria, Perú, mimeografiado. 110p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las pruebas preliminares en el sellado de polietileno a diferentes voltajes en

Salida	20 voltios				30 voltios				40 voltios			
Espesor (μ)	V (V)	R (Ω)	I (A)	P (W/S)	V (V)	R (Ω)	I (A)	P (W/S)	V (V)	R (Ω)	I (A)	P (W/S)
1	15	200	0.075	1.125	16	140	0.114	1.83	12	60	0.2	2.4
2	17	350	0.049	0.826	19	170	0.112	2.12	14	70	0.2	2.8
3	19	500	0.038	0.722	22	200	0.110	2.42	16	80	0.2	3.2

Anexo 2. Propiedades mecánicas del acero laminado en caliente

<i>Propiedad</i>	<i>Rango</i>
Resistencia a la tracción	4020 – 5660 (Kg/cm ²)
Limite de fluencia mínimo	2530 (Kg/cm ²)
Alargamiento en 200(m)	12.5 – 17.5 (%)
Espesores	1.8 – 3.3 (mm)
Lados	$\frac{3}{4}$ - 2 (pulgadas)
Doblado a 180°	Bueno
Soldabilidad	Buena
Presentación	Barras de 6(m)

Fuente: ACEROS AREQUIPA (2006)

Anexo 3. Valores (J) de potencia aparenta en porcentaje

Potencia aparente (VA)	(%) a sumar
1 – 5	8.0
6 - 10	7.8
11 – 15	7.5
16 – 20	7.0
21 – 25	6.8
26 – 30	6.6
31 – 40	6.4
41 - 50	6.2
51 - 60	6.0
61 – 70	5.8
71 – 80	5.6
81 – 100	5.4
101 – 150	5.2
151 – 200	5.1
201 – 300	5.0
301 – 500	4.9
501 – 700	4.8
701 - 1000	4.7

Fuente: GUEVARA H., EFRAIN. (1998).

Anexo 4. Densidades de corriente según la potencia aparente del transformador.

Potencia aparente (P)		Densidad de la corriente (J)	
	(VA)		(A / mm²)
0.8	a	1	1.6
1.1	a	3	1.8
3.1	a	5	2.0
5.1	a	8	2.5
8.1	a	10	3.0
11.1	a	15	3.5
16	a	20	4.0
21	a	30	4.5
31	a	40	5.0
41	a	50	5.5
51	a	60	6.0
61	a	100	6.2
101	a	200	6.4
201	a	300	6.6
301	a	400	6.8
401	a	600	7.0
601	a	800	7.2
801	a	1000	7.4

Fuente: GUEVARA H., EFRAIN. (1998).

Anexo 5. Tabla de diámetros, secciones pesos y resistencias eléctricas de los hilos de cobre para bobinados (GALGA AMERICAN A.W.G.)

A.W.G.	Diámetro		Sección		Peso (Gr/ m)	Resis. Por(Km)
	(Mils)	(mm)	(Mils ²)	(Mm ²)		
44	1.978	0.050	3.072	0.002	0.017	8,701.2
43	2.221	0.056	3.873	0.0025	0.022	6,899.9
42	2.494	0.063	4.884	0.003	0.028	5,472.7
41	2.800	0.071	7.842	0.004	0.035	4,340.7
40	3.145	0.080	7.766	0.005	0.045	3,441.7
39	3.531	0.090	9.793	0.006	0.056	2,729.1
38	3.965	0.101	12.35	0.008	0.071	2,164.1
37	4.453	0.103	15.57	0.010	0.089	1,716.2
36	5.000	0.127	19.63	0.013	0.112	1,360.95
35	5.615	0.143	24.76	0.016	0.142	1,079.44
34	6.305	0.160	31.22	0.020	0.180	856.01
33	7.080	0.180	39.37	0.025	0.226	678.83
32	7.950	0.202	49.64	0.032	0.285	538.41
31	8.928	0.227	62.60	0.040	0.359	426.85
30	10.03	0.255	78.94	0.051	0.453	339.59
29	11.96	0.286	99.54	0.064	0.571	268.51
28	12.64	0.321	125.5	0.081	0.720	212.93
27	14.20	0.361	158.3	0.102	0.908	168.87
26	15.94	0.405	199.6	0.129	1.145	133.89
25	17.90	0.455	251.7	0.162	1.443	106.20
24	20.10	0.511	317.3	0.205	1.820	84.22
23	22.57	0.573	400.1	0.258	2.295	66.80
22	25.35	0.644	504.6	0.326	2.894	52.95
21	28.46	0.723	636.3	0.411	3.649	41.997
20	31.96	0.812	802.3	0.518	4.602	33.302
19	35.86	0.912	1,102	0.635	5.802	26.415
18	40.30	1.024	1,276	0.823	7.317	20.949
17	45.26	1.150	1,609	1.038	9.226	16.615
16	50.82	1.291	2,028	1.309	11.63	13.177
15	57.07	1.450	2,558	1.650	14.67	10.447
14	64.08	1.628	2,325	2.081	18.50	8.285
13	71.96	1.828	4,067	2.624	23.33	6.572
12	80.81	2.053	5,129	3.309	29.42	5.210
11	90.74	2.305	6,467	4.172	37.09	4.134
10	101.9	2.588	8,155	5.262	46.77	3.277
9	114.4	2.906	10,280	6.634	58.98	2.599
8	128.5	3.264	12,979	8.366	74.37	2.061
7	144.3	3.665	16,350	10.55	93.78	1.635
6	162.0	4.115	20,620	13.30	118.3	1.296
5	181.9	4.621	26,000	16.77	149.1	1.028
4	204.3	5.189	32,780	21.15	188.0	0.815
3	229.4	5.827	41,340	26.67	237.1	0.646
2	257.6	6.544	52,130	33.63	299.0	0.513
1	289.3	7.348	65,730	52.41	377.0	0.407
0	324.9	8.252	82,89	53.58	475.4	0.322
00	364.8	9.266	104,500	67.43	599.5	0.256
000	409.6	10.40	131,800	85.03	755.9	0.203
0000	460.0	11.68	166,200	107.2	953.2	0.161

Fuente: ALIAGA, R. (2000).

Anexo 6. Polietileno de alta densidad (PEHD)

Resistencia a la tracción (N/mm²)	21,35 a 38,0	(23)
Alargamiento hasta la ruptura (%)	20 a 1.300	(700)
Resistencia a la flexión/mm ²)	30 a 40	(35)
Modulo de elasticidad (N/mm ²)	415 a 1.240	(1.000)
Punto de ablande vicat (°C)	120	
Temperatura limite de empleo (°C)	60 a 120	
Inflamabilidad	Arde lentamente ,las gotas arden cayendo	
Transparencia	Transparente opaco	
Absorción de agua en 24h 3mm de espesor (%)	0,01	
-resistencia a los solventes orgánicos	Buena por debajo de 80°C	
Resistencia a los ácidos débiles	Excelente	
Resistencia a los ácidos fuertes	Atacado lentamente, por ácidos oxidantes	
Resistencia a los álcalis débiles	Excelente	
Resistencia a los álcalis fuertes	excelente	
Constante dieléctrica a 1.000 Hz	2,30 a 2,35	
Cualidades para el moldeado	Excelente	
Temperatura de moldeado por inyección(°C)	150 a 315	
densidad	0,941 – 0,965	(0,95)

Fuente ITINTEC (1977).

Anexo 7. Dimensiones y pesos nominales de los ángulos en el Sistema Inglés

Dimensiones (Pulg)	Peso estimado		
	(lb/pie)	(kg/m)	(kg/6m)
1 1/2 x 1 1/2 x 1/8	1.230	1.830	10.983
1 1/2 x 1 1/2 x 3/16	1.800	2.679	16.072
1 1/2 x 1 1/2 x 1/4	2.340	3.482	20.894
1 3/4 x 1 3/4 x 1/8	1.440	2.143	12.858
1 3/4 x 1 3/4 x 3/16	2.120	3.155	18.929
1 3/4 x 1 3/4 x 1/4	2.770	4.122	24.733
2 x 2 x 1/8	1.650	2.455	14.733
2 x 2 x 3/16	2.440	3.631	21.787
2 x 2 x 1/4	3.190	4.747	28.483
2 x 2 x 5/16	3.920	5.834	35.002
2 x 2 x 3/8	4.700	6.994	41.966
2 1/2 x 2 1/2 x 3/16	3.070	4.569	27.412
2 1/2 x 2 1/2 x 1/4	4.100	6.101	36.609
2 1/2 x 2 1/2 x 5/16	5.000	7.441	44.645
2 1/2 x 2 1/2 x 3/8	5.900	8.780	52.681
3 x 3 x 1/4	4.900	7.292	43.752
3 x 3 x 5/16	6.100	9.078	54.467
3 x 3 x 3/8	7.200	10.715	64.289
3 x 3 x 1/2	9.400	13.989	83.932

Fuente: ACEROS AREQUIPA (2006)

Anexo 8. Dimensiones y pesos nominales de los ángulos en el Sistema Métrico

Dimensiones (mm)	Peso estimado	
	(kg/m)	(kg/6m)
20 x 20 x 2.5	0.736	4.416
20 x 20 x 3.0	0.871	5.226
25 x 25 x 2.5	0.932	5.592
25 x 25 x 3.0	1.106	6.636
25 x 25 x 4.5	1.606	9.636
25 x 25 x 6.0	2.070	12.420
30 x 30 x 2.5	1.128	6.768
30 x 30 x 3.5	1.341	8.046
30 x 30 x 4.5	1.959	11.754
30 x 30 x 6.0	2.541	15.246
100 x 100 x 6.0	9.234	55.458
100 x 100 x 10.0	15.011	90.066
100 x 100 x 12.0	17.801	106.806

Fuente: ACEROS AREQUIPA (2006)

Anexo 9. Tolerancias dimensionales de forma de los ángulos.

Sistema métrico (mm)	Longitud del ala (mm)	Error (mm)	Espesor (mm)
ISO	20		
675/V_	25	± 1.0	± 1.50
1976	30		
(E)			
Sistema	1		
Inglês	½		
ASTM	¾	± 1.2	2
A36/	2		
A36M_96	2	± 1.6	3
(pulgadas)	½		
	3		5
	3	± 2.4	
	½		
	4		

- Flecha Máxima: 12 mm.

- Tolerancia de Longitud: + 50 mm

Fuente: ACEROS AREQUIPA (2006)

Anexo 10. Dimensiones y pesos nominales para las platinas.

Diámetro (pulg)	Peso estimado	
	(kg/m)	(kg/6 m)
1/8 x 1/2	0.33	1.98
1/8 x 5/8	0.39	2.34
1/8 x 3/4	0.48	2.88
1/8 x 1	0.64	3.84
1/8 x 1 1/4	0.80	4.80
1/8 x 1 1/2	0.97	5.82
1/8 x 2	1.28	7.68
3/16 x 1/2	0.48	2.88
3/16 x 5/8	0.61	3.66
3/16 x 3/4	0.74	4.44
3/16 x 1	0.98	5.88
3/16 x 1 1/4	1.23	7.38
3/16 x 1 1/2	1.56	9.69
3/16 x 2	1.90	11.40
3/16 x 2 1/2	2.38	14.28
1/4 x 1/2	0.64	3.84
1/4 x 5/8	0.80	4.80
1/4 x 3/4	0.95	5.70
1/4 x 1	1.28	7.68
1/4 x 1 1/4	1.61	9.66
1/4 x 1 1/2	1.92	11.52
1/4 x 2	2.54	15.24
1/4 x 2 1/2	3.18	19.08
1/4 x 3	3.81	22.86
1/4 x 4	5.06	30.36
3/8 x 1	1.92	11.52
3/8 x 1 1/4	2.38	14.28
3/8 x 1 1/2	2.87	17.22
3/8 x 2	3.82	22.92
3/8 x 2 1/2	4.77	28.62
3/8 x 3	5.74	34.44
3/8 x 4	7.60	45.60
1/2 x 1	2.54	15.24
1/2 x 1 1/2	3.84	23.04
1/2 x 2	5.09	30.54
1/2 x 2 1/2	6.35	38.10
1/2 x 3	7.63	45.78
1/2 x 4	10.17	61.02
5/8 x 4	12.73	76.38
3/4 x 4	15.18	91.08
1 x 3	15.18	91.08
1 x 4	20.34	122.04

Fuente: ACEROS AREQUIPA (2006)

Anexo 11. Dimensiones de los ángulos LAC

Lados (mm)						
Espesor (Pulg)	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0	3.3
$\frac{3}{4}'' \times \frac{3}{4}''$	X	X	X	X		
1'' x 1''	X	X	X	X		
1 $\frac{1}{4}$ '' x 1 $\frac{1}{4}$ ''		X	X	X	X	
1 $\frac{1}{2}$ '' x 1 $\frac{1}{2}$ ''		X	X	X	X	X
2'' x 2''			X	X	X	X

Fuente: SIDERPERU, S.A. (2006).

Anexo 12. Chapas comerciales.

H	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$	1
(Pulg)	$\frac{11}{8}$	$\frac{11}{4}$	$\frac{13}{4}$	2
	$\frac{21}{4}$	$\frac{21}{2}$	$\frac{31}{8}$	

Espesores de 0.5 y 1 mm.

Fuente: GUEVARA H., EFRAIN. (1998).

Anexo 13. Fotografía de la máquina selladora ensamblada

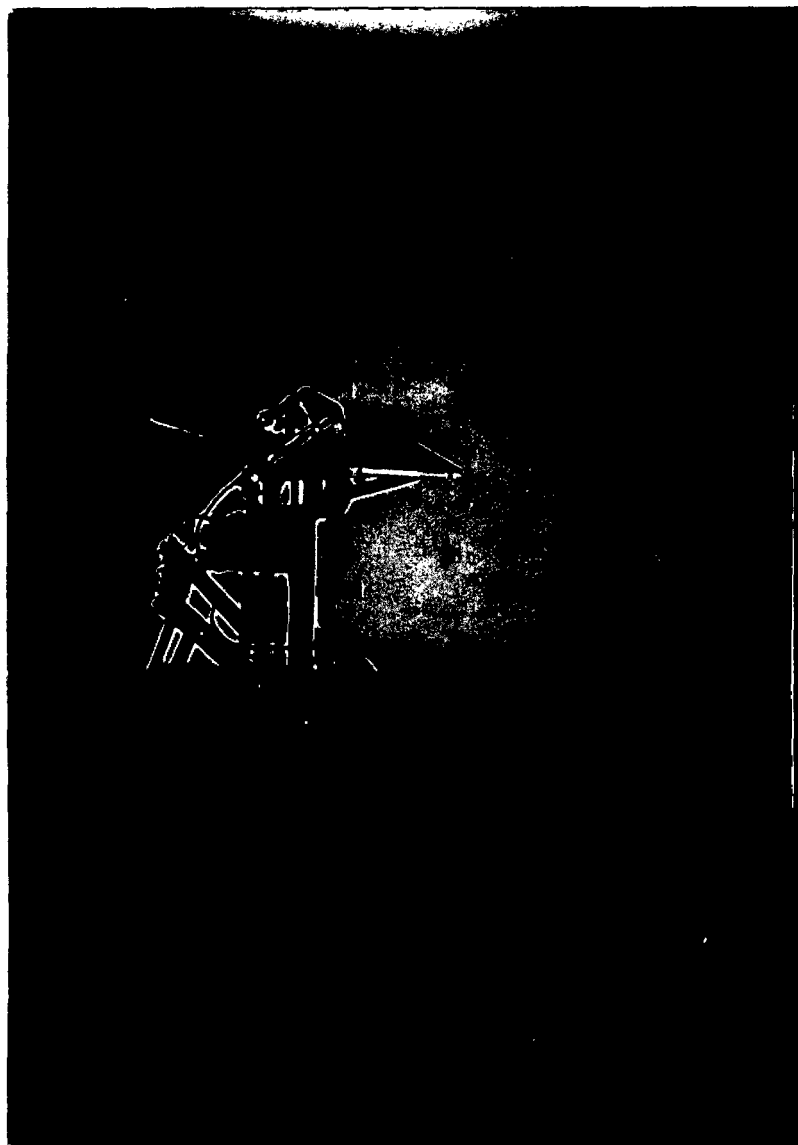


Figura 14. Fotografía lateral de la selladora

Anexo 13. Fotografía de la máquina selladora ensamblada

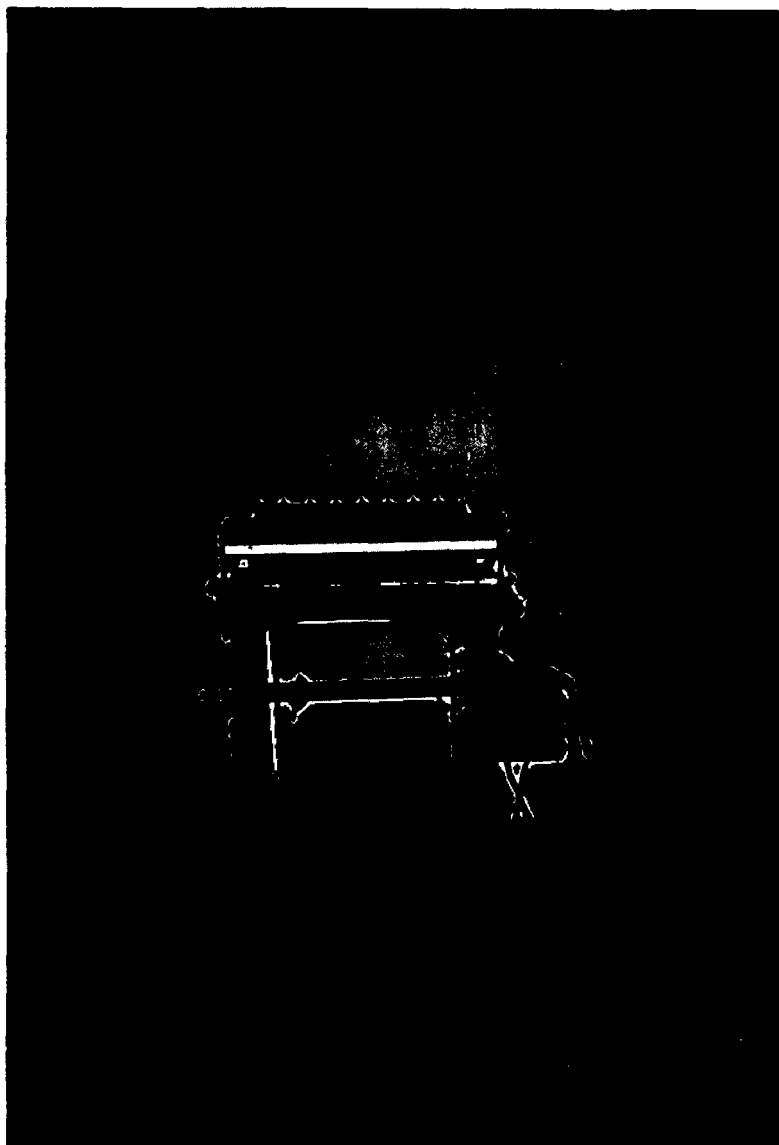


Figura 15. Fotografía frontal de la selladora