

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PUCP**

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PROCESADORA DE LÁTEX  
NATURAL PARA PRODUCIR LÁMINAS DE CAUCHO**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de  
BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA**

**MECATRÓNICA**

**AUTOR**

Jorge Luis Asmat Cáceres

**ASESOR:**

Luis Enrique García Zevallos

Lima, diciembre, 2020

## RESUMEN

La producción de látex natural es una actividad realizada por diversas comunidades amazónicas, todas ellas empleando métodos artesanales y con limitado apoyo técnico. Los ingresos por exportación del cuero vegetal han significado poco más de 5% de las exportaciones no tradicionales del Perú en el año 2010, aumentando constantemente año a año dada la nueva demanda mundial interesada en remplazar el uso de subproductos de los combustibles fósiles por alternativas menos contaminantes. A pesar de todos los factores que hacen favorable la inversión en esta actividad, las comunidades productoras de cuero vegetal no han sido apoyadas activamente estancando la producción a procesos tradicionales, los cuales, tienen menor productividad y seguridad que los procesos industriales usados en otros países. Ante tal problemática, el objetivo general del presente trabajo consiste en el diseño de una procesadora de látex natural para producir láminas de caucho. La ventaja radica en que los procesos al ser automatizados en su mayoría, requieren una mínima intervención de mano de obra, serán más rápidos, se estandarizarán los productos siguiendo normativas de la asociación internacional de caucho y se evitara el contacto directo de las personas con las reacciones químicas producto del coagulado del látex. La procesadora se encarga de 4 procesos, el tamizado del látex para la separación de impurezas, el control de calidad de la mezcla a través de una cámara e inteligencia artificial, el mezclado del látex con el coagulante y el dispensado de la mezcla en una bandeja para su coagulación. El producto final es una plancha de látex de dimensiones 50 mm de espesor con 0.6 metros de ancho y 0.8 metros de largo. Para ser usada en la fabricación de láminas de caucho RSS1

# ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN .....	i
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	3
1.1 PROBLEMÁTICA.....	3
1.2 IMPORTANCIA DEL LÁTEX NATURAL PARA EL PERÚ.....	7
1.3 PROCESO ARTESANAL PARA LÁMINAS SECAS (RSS).....	10
1.4 FACTORES DE RIESGO EN EL PROCESO ARTESANAL.....	16
1.5 CARACTERÍSTICAS DEL LÁTEX Y DEL RSS1 .....	17
1.6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	18
1.6.1 Objetivos.....	18
1.6.2 Alcance .....	19
1.6.3 Metodología.....	19
1.7 ESTADO DEL ARTE.....	20
1.7.1 Tamizadoras.....	20
1.7.2 Sustancias para coagulado .....	23
1.7.3 Sensores .....	24
1.7.4 Mecanismos y actuadores .....	27
DISEÑO CONCEPTUAL.....	35
2.1 LISTA DE REQUERIMIENTOS .....	35
2.2 ESTRUCTURA DE FUNCIONES .....	39
2.3 MATRIZ MORFOLÓGICA .....	49
2.4 CONCEPTOS DE SOLUCIÓN .....	53



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características para la exportación según el grado RSS.....	6
Tabla 1.2: Superficie cosechada y rendimientos del caucho natural en los países productores	8
Tabla 1.3: Trabajos durante el año para la producción y el cuidado de la shiringa.....	12
Tabla 1.4: Propiedades del látex natural .....	17
Tabla 1.5: Propiedades de las láminas de caucho ahumado .....	18
Tabla 1.6: Tabla comparativa entre productos comerciales.....	23
Tabla 1.7: Comparación de sustancias químicas usadas en la coagulación.....	24
Tabla 1.8. Tabla comparativa de sensores de posición.....	27
Tabla 1.9: Tabla comparativa entre procesos artesanales.....	28
Tabla 1.10.Tabla comparativa de motores .....	31
Tabla 1.11 Tabla comparativa controladores.....	34
Tabla 2.1. Solución del subsistema de materia.....	49
Tabla 2.2. Solución del subsistema de actuación.....	50
Tabla 2.3.Solución del subsistema de energía .....	50
Tabla 2.4.Solución del subsistema de medición .....	51
Tabla 2.5. Solución del subsistema de interacción con el usuario.....	51
Tabla 2.6.Solución del subsistema de control.....	52
Tabla 2.7.Sistema de puntajes de la norma VDI-2225 .....	59
Tabla 2.8 .Sistema de pesos para la evaluación de los conceptos.....	60
Tabla 2.9.Comparación de aspectos técnicos de los conceptos de solución.....	66
Tabla 2.10.Comparación de aspectos económicos de los conceptos de solución.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa potencial de la shiringa en la Amazonía Peruana.....	3
Figura 1.2: Exportaciones del sector cuero, calzado y artículos complementarios (CC&CC)..	5
Figura 1.3: Flujo de procesos para la producción de láminas secas de látex.....	11
Figura 1.4: Proceso de sangría del árbol de shiringa.....	11
Figura 1.5: Proceso de tamizado del látex.....	13
Figura 1.6: Proceso de coagulado del látex.....	13
Figura 1.7: Proceso de laminado del látex.....	14
Figura 1.8: Proceso de oreado del látex.....	15
Figura 1.9: Proceso de embalaje del látex.....	15
Figura 1.10. Dispositivo de tamizado N° JPH0978519A.....	21
Figura 1.11. Máquina de tamizado RX-201906.....	22
Figura 1.12. Máquina tamizadora de pantalla vibratoria - VIRTO.....	22
Figura 1.13. Sensor capacitivo.....	25
Figura 1.14. Sensor inductivo.....	25
Figura 1.15. Sensor fotoeléctrico difuso.....	26
Figura 1.16. Sensor fin de carrera.....	26
Figura 1.17. Tamiz de 400 µm marca FILTRA VIBRACION.....	27
Figura 1.18. Tela metálica forma A marca HAVER & BOECKER.....	28
Figura 1.19. Cribas vibratorias.....	29
Figura 1.20. Motor paso a paso.....	30
Figura 1.21. Motor DC.....	30
Figura 1.22. Válvula de regulación del gas.....	31
Figura 1.23. Electroválvula ON/OFF normalmente abierta.....	32

Figura 1.24. PLC Siemens .....	33
Figura 1.25.Sistema embebido MyRio .....	33
Figura 2.1.Black box.....	40
Figura 2.2. Subsistema de control.....	41
Figura 2.3. Subsistema de interacción con el usuario.....	42
Figura 2.4. Subsistema de energía .....	42
Figura 2.5. Subsistema de medición .....	43
Figura 2.6. Subsistema de actuación.....	44
Figura 2.7. Subsistema de materia .....	45
Figura 2.8.Estructura de funciones global .....	48
Figura 2.9.Concepto de solución 1 .....	54
Figura 2.10.Detalles de concepto de solución 1 .....	54
Figura 2.11.Concepto de solución 2 .....	56
Figura 2.12.Detalles del concepto de solución 2 .....	56
Figura 2.13.Detalle del sistema de mezclado.....	57
Figura 2.14.Concepto de solución 3 .....	58
Figura 2.15.Detalle del concepto de solución 3.....	59
Figura 2.16.Comparación de conceptos de solución en base a aspectos técnicos .....	67
Figura 2.17.Comparación de conceptos de solución en base a aspectos económicos .....	68
Figura 2.18. Comparación de los promedios técnico-económico de los conceptos .....	69
Figura 2.19. Modelo 3D preliminar.....	70
Figura 2.20. Detalle de modelo 3D.....	72



## INTRODUCCIÓN

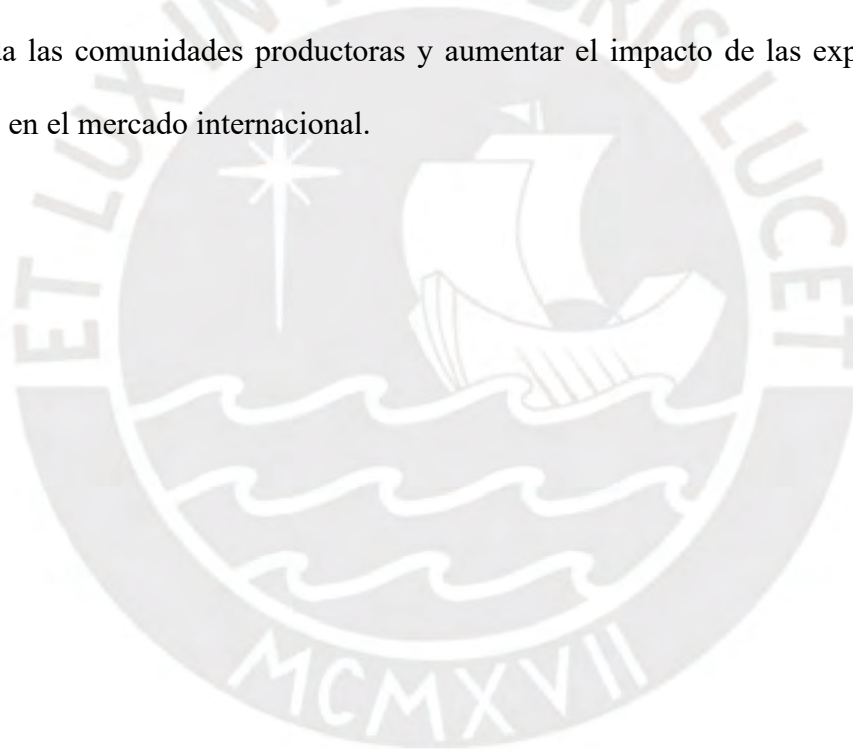
En siglo XIX las primeras comunidades productoras de cuero vegetal fueron fundadas en el Perú y, desde entonces, la producción de cuero ha continuado mejorando la tecnología involucrada en sus procesos y de esa manera mejorando sus productos. Sin embargo, estas mejoras en los productos son dadas, principalmente, por el uso de químicos que son peligrosos para la salud de los productores, es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo diseñar una máquina automática que producirá láminas de caucho a partir del látex extraído del árbol de shiringa.

Para lograr este objetivo se han analizado las tecnologías actuales relacionadas a la producción de láminas de caucho, lo que ha permitido identificar la falta de productores nacionales y extranjeros que brinden procesadoras especializadas dirigidas al pequeño y mediano productor. Así mismo, se logró encontrar la información suficiente para poder documentar un estado del arte que permitió entender los mecanismos, actuadores y sensores necesarios para poder implementar el diseño de la procesadora, así como, comprender las soluciones que actualmente la industria implementa a los subprocesos necesarios para cumplir con el proceso general que es producir una lámina de caucho.

Se analizó la información previamente mencionada y se establecieron los requerimientos necesarios que deberá tener la procesadora para poder cumplir su objetivo como una máquina para el pequeño y mediano productor, por lo tanto, se necesita una máquina compacta, de bajo precio, capaz de ser fabricada en fábricas nacionales, con un peso pertinente para su transporte y capaz de operar en las condiciones que hay en una comunidad amazónica productora de cuero. Del mismo modo, se analizó y detalló cada uno de los subsistemas necesarios para poder cumplir con el procesamiento de látex natural. Además, como se puede observar en el análisis realizado en el capítulo de diseño conceptual, el concepto óptimo destaca por su tamaño



compacto, el cual es necesario ya que se busca que las maquinas puedan ocupar el espacio que en la actualidad los shiringueros usan para producir láminas de caucho; por su seguridad y fácil mantenimiento, primordiales para asegurar su constate funcionamiento sin averías, y destaca por su bajo costo, pues se ha priorizado el uso de partes disponibles en el mercado nacional; el bajo uso de energía, ya que muchas comunidades no tienen acceso a la red eléctrica y deben usar un generador, y la fácil fabricación de sus partes en talleres locales peruanos lo cual facilitará el acceso a repuestos y la fácil creación de más máquinas. Además, al estar basado en las tecnologías industriales que se usan en los principales exportadores de cuero vegetal, el diseño podrá ser escalable para la producción en mayor cantidad, así se podría impulsar en mayor medida las comunidades productoras y aumentar el impacto de las exportaciones de cuero vegetal en el mercado internacional.



# 1. CAPÍTULO 1

## ANTECEDENTES

En el presente capítulo, se explican los temas relacionados a la problemática actual sobre la producción de látex natural, los beneficios que atrae la inversión en esta actividad, el proceso artesanal y sus limitaciones, la propuesta de solución planteada, y el estado del arte en el que se muestra la tecnología existente relacionada con el proceso productivo.

### 1.1 PROBLEMÁTICA

El Perú posee una gran reserva de bosques con diversidad de árboles en su territorio entre ellos está el *Hevea Brasilienses* (árbol de shiringa), como se puede ver en la figura 1.1, este se encuentra en diferentes partes de la Amazonía peruana (Ucayali, San Martín, Loreto, Madre de Dios) y les brinda a las comunidades amazónicas un medio para subsistir a través de la extracción, procesamiento y venta del caucho de origen vegetal.

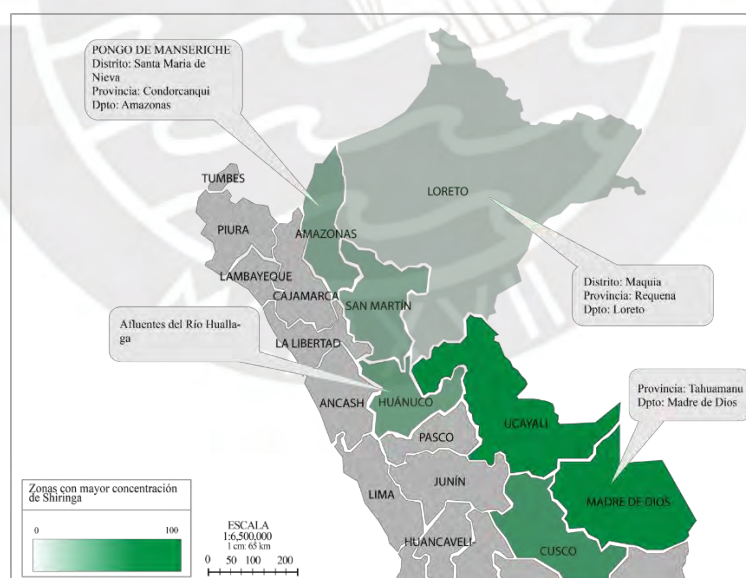


Figura 1.1: Mapa de zonas con potencial para producir látex vegetal.

Tomado de “Guía Técnica para el Aprovechamiento y Comercialización del Látex de shiringa de Bosques Naturales”, ECOMUSA.

La producción de caucho a través de los árboles de shiringa comenzó a finales del siglo XIX, dando origen a varias comunidades en Madre de Dios tales como los Alerta, Iberia e Iñapari. Posteriormente, finalizando los años setenta, la inversión en este tipo de actividad disminuyó drásticamente, aunque continuó practicándose por las comunidades amazónicas de manera complementaria a otras actividades, sumándose a su identidad cultural. (Velarde, 2010)

Desde el inicio del 2005 la extracción de shiringa renació en la amazonia, en la provincia de Tahuamanu, un conjunto de pobladores se agrupó para fundar ECOMUSA (Empresas Comunales y Multicomunales de Servicios Agropecuarios), una empresa con el objetivo de establecer una relación amigable con el bosque amazónico mediante una extracción responsable del látex natural, buscando establecer métodos de producción rentables y capaces de competir en el mercado internacional (ECOMUSA, 2015). Además, en comunidades indígenas como las Awajún y Wampis, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Ministerio de Agricultura y Riego, en el año 2018, realizó capacitaciones a los miembros para que puedan trabajar la shiringa.

El renovado interés por la producción de látex natural se puede relacionar al creciente aumento de exportación que hay en el sector de cuero, calzado y artículos complementarios el cual, como se puede ver en la figura 1.2, para el año 1998 era menor al 1% de las exportaciones no tradicionales, ha aumentado un 31.3% a lo largo de 7 años impulsado principalmente por los mayores envíos de cueros y pieles, los cuales detentan el 83% del total exportado por el sector. (PENX. 2006)

La necesidad y producción del caucho natural presenta un crecimiento notable en el mundo durante los últimos años, explicado principalmente su uso en el sector automotriz, principalmente en la fabricación de llantas, la demanda de guantes para uso clínico, preservativos y la inestabilidad al alza del precio del petróleo lo que incentiva la sustitución del caucho sintético por el natural. (PENX. 2006)



Figura 1.2: Exportaciones del sector cuero, calzado y artículos complementarios (CC&CC).

Tomado de “Plan operativo exportador del sector cuero, calzado y artículos complementarios”, PENX.

Sin embargo, la producción nacional de tipo artesanal no cuenta con los recursos técnico-económicos para estandarizar una producción acorde a las exigencias de los mercados internacionales, el cual exige ciertas características en los cueros vegetales para facilitar su comercialización. Las láminas de caucho ahumadas o RSS (por sus siglas en inglés, Ribbed Smoked Sheet) son clasificadas comercialmente en grados de acuerdo a su color, consistencia e impurezas (Food and Agriculture Organization, 2003):

- RSS IX, alta calidad, homogéneo, claro y puro
- RSS1, buena calidad, tono claro
- RSS2, Buena calidad, tono pálido oscuro
- RSS3, calidad media, pálido oscuro
- RSS4, menor calidad, tono marrón
- RSS5, baja calidad, tono marrón oscuro

En la tabla 1.1 se presentan las condiciones que los exportadores internacionales imponen sobre cada clasificación para poder ser (o no) aceptadas y comercializadas.

Tabla 1.1: Características para la exportación según el grado RSS

Tomado de “International standards of quality and packing for natural rubber grades”,

Grado	Condiciones inaceptables	Condiciones aceptables
RRS1	No son aceptables las manchas de oxidación, láminas débilmente calentadas, sub curadas, sobre ahumadas, opacas y quemadas.	Son aceptables pequeños rastros de moho seco en el empaque, pero el moho no debe penetrar dentro de la paca. Se permiten pequeñas burbujas dispersas de cabeza de alfiler.
RRS2	No son aceptables las manchas de oxidación, láminas débilmente calentadas, poco curadas, demasiado ahumadas, opacas y quemadas.	Se aceptan rastros leves de óxido y moho seco en el empaque y las hojas interiores, pero no debe ser > 5% de las pacas muestreadas. Se permiten pequeñas burbujas y pequeñas motas de corteza.
RRS3	No son aceptables las manchas de oxidación, láminas débilmente calentadas, demasiado ahumadas, opacas y quemadas.	Se aceptan rastros leves de óxido y moho seco en el empaque y las hojas interiores, pero no debe ser > 10% de las pacas muestreadas. Se permiten pequeñas burbujas, pequeñas manchas de corteza, pequeñas manchas de color.
RRS4	No son aceptables las manchas de oxidación, láminas débilmente calentadas, poco curadas, demasiado ahumadas (que exceden el grado mostrado en las muestras), láminas opacas y quemadas	Se aceptan leves rastros de óxido y moho seco en el empaque y las hojas interiores, pero no debe ser > 20% de las pacas muestreadas. Se permiten partículas negras de tamaño mediano, burbujas, manchas translúcidas, goma ligeramente pegajosa o sobre ahumada.
RRS5	No son aceptables las manchas de oxidación, láminas débilmente calentadas y quemadas.	Se aceptan rastros de óxido y moho seco en el empaque y las hojas interiores, pero no debe ser > 30% de las pacas muestreadas. Partículas grandes, burbujas o cortezas, pequeñas manchas o ampollas, goma ligeramente pegajosa, ligeramente curada o demasiado ahumada, se permiten manchas.

Se puede entonces entender el crecimiento de la producción nacional de esta última década, abriéndose una oportunidad de inversión económica en esta actividad. Sin embargo, los procesos aún requieren estandarizarse y la ausencia de maquinaria especializada dificulta esta



necesidad, dejando libre la posibilidad del error humano en la producción del cuero vegetal pues queda a criterio del artesano la cantidad de material a emplear, la duración y las características cada procedimiento. Todo esto trae como consecuencia un producto de poca calidad y reduce la rentabilidad de esta actividad para las comunidades shiringueras.

## **1.2 IMPORTANCIA DEL LÁTEX NATURAL PARA EL PERÚ**

La inversión en la explotación de la shiringa genera beneficios ambientales, económicos y sociales para el estado peruano. En el siguiente subcapítulo presentamos lo más relevante.

### **1.2.1 Aspectos ambientales.**

El poco control que se ejerce sobre el cuidado del bosque amazónico, por parte del estado peruano, ha permitido la expansión de la tala ilegal. Esta actividad penada daña los suelos de los bosques, genera erosión en la tierra, rebalses de ríos, etc. (Velarde, 2010). El establecimiento de cultivos de shiringa en la selva amazónica, en zonas tradicionalmente devastadas por la tala de supervivencia, traerían una serie de beneficios, tales como:

- **Recuperación de las áreas deforestadas:**

El cultivo o la reforestación de la shiringa permite la recuperación de terrenos degradados o en estado de degradación, lo que puede resultar en un aumento de la biodiversidad o la oferta de hábitats, incrementando la fauna. El árbol de shiringa llega a su edad útil después de los 7 años de iniciada su plantación y al final de la vida útil de la planta está habrá producido más de 37 toneladas de caucho (Mengel y Kirby, 1987).

Como se puede ver en la tabla 1.2, en la actualidad los países asiáticos son los que dominan el mercado de exportación de caucho natural, con aproximadamente el 92% de la producción mundial, mientras que los países de África y América poseen el 6% y 2% respectivamente. La producción en los países predominantes se hace usualmente en pequeñas granjas que no



sobrepasan las 2 hectáreas en extensión, pero presentan unos excelentes rendimientos en sus plantas transformadoras.

Tabla 1.2: Superficie cosechada y rendimientos del caucho natural en los países productores

Tomado de “Cadena del caucho en Colombia. Una mirada global a su estructura y dinámica 1991-2005”

Puesto	País	1999		2003	
		Área Plantada Ha.	Rendimiento Tn/Ha	Área Plantada Ha.	Rendimiento Tn/Ha
1	Indonesia	2.300.000	0,70	2.700.000	0,60
2	Tailandia	1.548.000	1,42	1.991.000	1,52
3	Malasia	1.400.000	0,55	1.193.000	0,50
4	Vietnam	394.900	0,63	506.000	0,77
5	China	417.970	1,17	420.000	1,31
6	India	387.000	1,56	400.000	1,63
7	Nigeria	297.500	0,36	330.000	0,34
8	Sri Lanka	158.154	0,61	157.000	0,57
9	Liberia	100.000	1,00	115.000	0,94
10	Brasil	75.000	0,93	102.000	0,94

- **Ciclo hidrológico:**

El cultivo de shiringa puede almacenar hasta el 68% de las precipitaciones, a diferencia de los bosques naturales que sólo almacenan el 50%, por lo que el escurrimiento superficial es casi nulo debido a la retención y el buen drenaje del suelo (Velarde, 2010).

- **Reciclaje de nutrientes:**

A diferencia de otros cultivos, la shiringa tiene baja exigencia en la cantidad de nutrientes que necesita del suelo por lo que puede desarrollarse en suelos donde el suelo se ha degradado de manera grave (Velarde, 2010).

### 1.2.2 Aspectos económicos.

- El cultivo de shiringa es una fuente de trabajo permanente e ingresos para las familias que se dedican a esta actividad. Una familia con seis hectáreas

cultivadas y una productividad de 1300 kg de jebe al año puede generar un ingreso de 6000 soles mensuales. Además, las seis hectáreas de cultivo se pueden trabajar con solo una persona al prolongar los días de sangría (Velarde, 2010).

- Los precios caucho natural, en los últimos años, tiene una tendencia al aumento en el mercado nacional e internacional (PENX. 2006).

### **1.2.3 Aspectos sociales.**

- La actividad shiringera en la zona amazónica del Perú ya es parte de la cultura y junta tradiciones con más de 100 años de antigüedad.
- La sangría de los árboles de shiringa requiere mano de obra por lo que genera puestos de trabajo que evita la migración de personas de sus comunidades a las ciudades, evitando problemas sociales como la delincuencia, abuso de menores, etc.
- Un módulo de 3 hectáreas puede generar de 4 a 5 salarios mínimos a una familia si se procesa bien el látex para un producto RRS3.
- La generación de materia prima en este sector (láminas secas ahumadas o cuero vegetal) contribuye al fortalecimiento de otros sectores como la pequeña y mediana empresa encargada de confeccionar zapatos, carteras, correas, etc.

### **1.2.4 Comunidades beneficiadas.**

Las principales comunidades que se benefician de la explotación del cuero vegetal del árbol de shiringa son:

- Los habitantes de los pueblos de Alerta, Iberia e Iñapari han producido cuero vegetal por casi 100 años. Recientemente con las capacitaciones del estado sus

productos han subido de calidad y hay logrado generar mayor ingreso económico.

- Los Awajún y Wampis, comunidades indígenas de Alto Marañón, que han sido asediada por la tala ilegal y la minería ilegal, han encontrado en la producción de cuero vegetal una nueva fuente de ingresos económicos y una razón para el cuidado de la selva amazónica.

### **1.3 PROCESO ARTESANAL PARA LÁMINAS SECAS (RSS)**

El látex es un polímero disperso en agua que contiene sustancias orgánicas y minerales (Universidad de Barcelona, 2016). Este polímero se encuentra en un conjunto de células llamadas laticíferas, estas células se encuentran en diferentes plantas distribuidas por varios países del mundo, entre las que se destacan las del tipo Hevea, cuyos cultivos se encuentran en las zonas de Asia, África y América del sur (Adriana Andrade,2005)

El proceso artesanal que hoy en día se usa en las comunidades shiringueras para la obtención de las láminas secas ahumadas, como se observa en la figura 1.3, comienza con la extracción del látex, posteriormente se mezcla con insumos pesados para que coagule, se lamina, se deja secar y por último se empaca y almacena para su posterior venta.

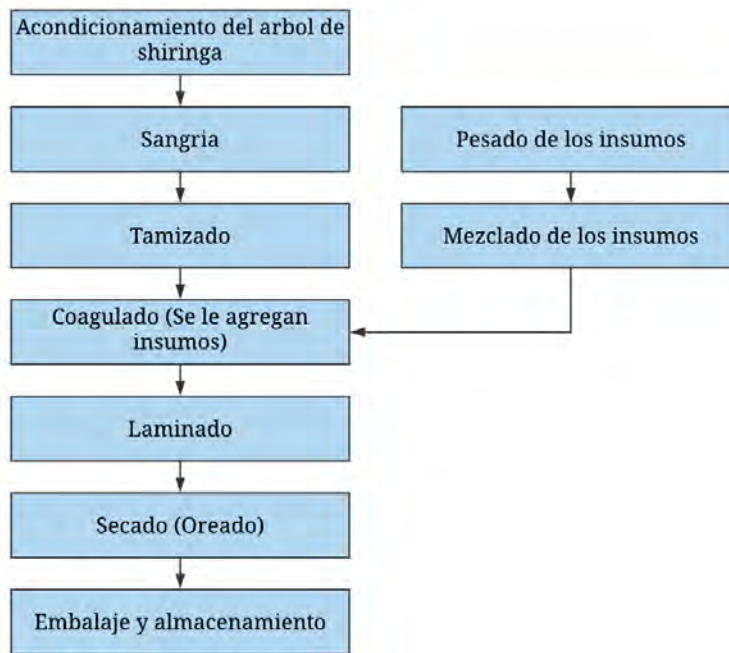


Figura 1.3: Flujo de procesos para la producción de láminas secas de látex.

(ECOMUSA, 2015)

### 1.3.1 La Sangría:

La extracción del látex de los árboles es una actividad que no daña internamente a la planta, y se realiza a través de la sangría (Figura 1.4), esta consiste en el corte de la corteza del árbol para alcanzar varios vasos laticíferos de los cuales gotea el caucho.



Figura 1.4: Proceso de sangría del árbol de shiringa.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

La primera sangría de un árbol de shiringa se debe hacer después de los primeros 7 años de haber sido plantado el árbol. Desde ese momento en adelante, se programan dos temporadas de extracción, siendo la primera entre los meses de abril y agosto, y la segunda entre los meses de octubre y diciembre (como se indica en la tabla 1.3). Con esas restricciones el árbol podrá proveer látex cada dos o tres días a la semana, por los siguientes 25 a 30 años.

Tabla 1.3: Trabajos durante el año para la producción y el cuidado de la shiringa.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

Época del año	Actividades del shiringuero
Enero, febrero y marzo	A partir de enero y hasta marzo el árbol de la shiringa expulsa sus semillas. Entre febrero y marzo, el shiringuero da inicio a los trabajos de mantenimiento y limpieza de las estradas (zona de árboles de shiringa recorrida por un camino).
Abril, mayo, junio, julio y agosto	En abril cesan las lluvias y el shiringuero finaliza la limpieza de estradas; paralelamente realiza la selección y primera limpieza de los paños en cada árbol que se trabajarán en el año; luego inicia el aprovechamiento del látex. A esta etapa se le conoce como “zafra grande” por ser la época de mayor producción de látex.
Setiembre	En setiembre la shiringa inicia la etapa de floración. El shiringuero suspende la extracción para no afectar este proceso natural de la especie. Durante este tiempo, el shiringuero trabaja su chacra y al mismo tiempo realiza el mantenimiento de las estradas.
Octubre, noviembre y diciembre	A partir de octubre se reinicia la etapa de aprovechamiento de látex que se conoce como “zafra chica”. En este periodo las lluvias empiezan a afectar la producción. Desde noviembre el árbol de la shiringa empieza a producir sus frutos.

### 1.3.2 Tamizado:

Durante este proceso el látex extraído de los árboles de shiringa es separado de las impurezas (coágulos, insectos, hojas, flores, etc.). Para ello, se usa un cernidor o telas de malla (Figura 1.5).





Figura 1.5: Proceso de tamizado del látex.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

### 1.3.3 Coagulado:

Para este proceso se pone sobre una bandeja un litro de látex y agua, dependiendo del espesor del látex se puede agregar o disminuir agua. Luego se revuelve con una paleta para proceder a agregar los insumos químicos diluidos. Se añade 50 ml de bisulfito de sodio (ya diluido en agua); y después, se agrega 100 ml de ácido cítrico (ya diluido en agua). Después se revuelve para que todo se mezcle (Figura 1.6).

Durante este proceso pueden aparecer burbujas las cuales deben ser retiradas con la paleta para evitar la aparición de poros. Una vez realizada la limpieza se deja reposar hasta que el agua recobra su transparencia y el coágulo de látex se encuentre en la parte inferior de la bandeja.



Figura 1.6: Proceso de coagulado del látex.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA



### 1.3.4 Laminado:

Una vez que ha coagulado, se debe retirar de manera cuidadosa el coágulo. Luego, se pasa por la prensa laminadora repetidas veces hasta llegar a un espesor entre 1.5 a 3 mm.

La operación debe hacerse por dos personas para así evitar que la lámina se desgarre o termine con un espesor no uniforme, lo que reduce su precio de venta y ocasionalmente el rechazo del comprador. Al finalizar con el laminado se procede al lavado con agua limpia (Figura 1.7).



Figura 1.7: Proceso de laminado del látex.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

### 1.3.5 Oreado y secado:

Una vez laminado se cuelga evitando que se toquen sus extremos. El oreado se debe realizar en un ambiente techado con corrientes de aire, para agilizar el secado de forma natural (Figura 1.8). El humo procedente de la combustión de la leña propia de la zona, permite el secado y el característico color y olor ahumado de la lámina. La temperatura de secado debe ser de 45-50 C y este proceso se realiza durante 4 horas en las cuales se voltea las láminas para obtener un secado uniforme, hasta que tomen una coloración ámbar.



Figura 1.8: Proceso de oreado del látex.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

### 1.3.6 Almacenamiento y embalaje:

Las láminas secas deben ser almacenadas en lugares cerrados sobre superficies elevadas para evitar su contacto con la humedad del suelo, para luego ser transportadas al lugar de acopio principal (Figura 1.9). En ese lugar las láminas son clasificadas según la calidad obtenida y se pesan en bloques de 30 kg (La presentación debe ser en bloques de 30 kg (Química Miralles, 2020)). Posteriormente son embaladas en plástico para su venta a la autoridad respectiva.



Figura 1.9: Proceso de embalaje del látex.

Tomado de “Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales”, ECOMUSA

## 1.4 FACTORES DE RIESGO EN EL PROCESO ARTESANAL

En el proceso de elaboración de las láminas secas se hace uso de sustancias químicas ácidas (bisulfito de sodio y ácido cítrico), por ello es necesario el uso de equipamiento de seguridad o en caso contrario se podría dañar el estado de salud de las personas.

### **Bisulfito de sodio:**

El bisulfito de sodio es un sólido blanco cristalino que se encuentra con frecuencia como solución líquida. Este es usado como conservante de alimentos, en fabricación de papel, etc. El bisulfito de sodio es tóxico al contacto con la piel, por ello requiere el uso de guantes, ropa larga, protección ocular y protección respiratoria pues el bisulfito es corrosivo cuando está en una solución con agua.

El mal uso del elemento o los accidentes pueden generar en la persona irritación en la nariz, garganta o pulmones y el contacto prolongado puede producir quemaduras graves en la piel o en los ojos.

### **Ácido cítrico:**

El ácido cítrico es un sólido translúcido que se usa mayormente en la empresa farmacéutica y es uno de los principales aditivos alimentarios, usado como antioxidante, conservante y acidulante.

El ácido cítrico no es tan peligroso como el bisulfito de sodio, pero de igual manera necesita que las personas que lo manipulen tengan protección ocular, protección respiratoria y guantes. La inhalación de este ácido producirá una leve tos e irritación, el contacto con los ojos puede producir irritación, destrucción de los tejidos y al contacto con la piel genera una leve irritación que no debería persistir en el tiempo.

## 1.5 CARACTERÍSTICAS DEL LÁTEX Y DEL RSS1

La materia prima de la procesadora de láminas secas es el látex vegetal, líquido blanco o amarillento gomoso extraído de la shiringa (*Hevea brasiliensis*). Al ser cien por ciento natural, este material presenta propiedades distintas a él análogo derivado del petróleo, estas propiedades son necesarias para el diseño y se presentarán en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Propiedades del látex natural (Universidad de Barcelona, s.f.).

Propiedades	
Conductibilidad	Aislante eléctrico
Densidad	0.92 - 0.93 g/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de Poisson	0.499 - 0.5
Módulo elástico	0.0015 - 0.0025 GPa
Resistencia mecánica a la compresión	22 - 33 MPa
Conductividad térmica	0.1 - 0.14 W/m·K
Grado de viscosidad	a 20° c de 200 a 600
Temperatura mínima de utilización	(-56.2) - (-43.2) °C
Temperatura máxima de utilización	68.9 - 107 °C
Temperatura de secado	45 - 50 °C
Reciclabilidad	No reciclable
Resistencia al oxígeno	Muy baja, fácilmente oxidable
Resistencia a los ácidos	Muy buena
PH	10 a 11

Las láminas de caucho natural de clasificación RSS1 consisten principalmente de cis-1, 4 polisopreno con pequeñas cantidades de constituyentes que no son caucho, como proteínas o lípidos (Química Miralles, 2020). Para poder ser admitido en esta clasificación se deben cumplir propiedades exigidas por los importadores (Tabla 1.5)

Tabla 1.5: Propiedades de las láminas de caucho ahumado (RSS1) (Química Miralles, 2020).

Propiedades	Limites
Contenido de impurezas	0.05% Max.
Contenido de Cenizas	0.6% Max.
Nitrógeno	0.6% Max.
Materia Volátil	0.8% Max.
Plasticidad Inicial Wallace (PO)	30 Min.
Índice de Retención de Plasticidad (PRI)	60 Min.
Medidas Estándar	1x0.5x0.003 m

## 1.6 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Se plantea el diseño de una procesadora de látex natural para producción de láminas de caucho que cuente con procesos de tamizado, mezclado, coagulado y disposición final, permitiendo dar un tratamiento uniforme y controlado con la finalidad de estandarizar el producto final.

### 1.6.1 Objetivos

En esta sección se presentarán los objetivos generales y específicos que se deben lograr para poder diseñar de manera correcta la propuesta de solución de la procesadora de látex natural.

Objetivo general:

- Diseñar una máquina automática para producir láminas de caucho a partir de látex natural con capacidad de 30 kg por lote de procesamiento.

Objetivos específicos:

- Plantear la metodología a usar y realizar el estado del arte que sirva de soporte al desarrollo de la solución.

- Establecer los procesos necesarios en la máquina para la elaboración de las láminas de caucho.
- Establecer los requerimientos necesarios para el diseño de la máquina semiautomática para producir láminas de caucho a partir de látex natural y posibles demandas de los usuarios.
- Desarrollar conceptos de solución viables a partir de una matriz morfológica, considerando principios de funcionamiento adecuados para cada uno de los procesos de fabricación de las láminas de caucho.
- Definir el concepto de solución óptimo a partir de la evaluación técnico-económica de los conceptos de solución propuestos

### **1.6.2 Alcance**

Diseño una máquina procesadora de látex natural con capacidad para 30 kg de látex por lote de procesamiento, para la producción de láminas de 50 mm de espesor con 0.6 metros de ancho y 0.8 metros de largo. No se considera como parte del proyecto la implementación de la máquina.

### **1.6.3 Metodología**

La metodología que se sigue en este trabajo de fin de carrera es la metodología de diseño mecatrónica (VDI 2221). A continuación, se explican los pasos a seguir según esta metodología.

- Definir la problemática.
- Plantear los objetivos generales, objetivos específicos y la propuesta de solución.
- Revisar el estado del arte asociado a la máquina que se planea diseñar o en su defecto a los procesos que la compondrán teniendo en cuenta tesis, patentes y



productos comerciales.

- Establecer las exigencias que requiere el diseño de la máquina para determinar las funciones que debe cumplir, las señales, materia y energía que usara, además de los componentes mecánicos, eléctricos y de control necesarios para su funcionamiento.
- Realizar una matriz morfológica de cada función usando la información recopilada en el estado del arte.
- Proponer conceptos de solución en base a la matriz morfológica y hallar el concepto de solución óptimo en base al análisis técnico-económico.
- Realizar un diseño preliminar del concepto de solución óptimo.

## **1.7 ESTADO DEL ARTE**

En el presente subcapítulo se presentarán máquinas comerciales que se encarguen de la producción de caucho, patentes y tesis de estudios previos, sensores, actuadores, controladores aplicables al sistema con el fin de asimilar conocimientos previos que serán de ayuda para la realización del diseño.

### **1.7.1 Tamizadoras**

En el proceso de producción de láminas secas, el primer paso es el tamizado del látex extraído de la shiringa, pues durante el proceso de sangría al líquido ingresan impurezas, tales como, insectos, hojas, corteza de árbol, etc. Para este proceso existen varios métodos, los cuales van a ser presentados en esta sección.

#### **1.7.1.1 Patentes de máquinas para tamizado.**

## Dispositivo de tamizado (Sieving device) N° JPH0978519A

Un dispositivo de tamizado automático de dos niveles, el primer nivel es una caja metálica hueca con una tela metálica en la parte inferior, la tela metálica cuenta con orificios de mayor tamaño que el del segundo nivel para una primera etapa de tamizado. El segundo nivel es una caja no hueca que servirá como almacenamiento y que también cuenta con una tela metálica para una segunda etapa de tamización. Un dispositivo excitador es el encargado de hacer vibrar a las cajas y de esta forma comenzar el proceso de tamizar. Con el objetivo de reducir las vibraciones hacia el exterior las cajas están sujetas por resortes de manera vertical y horizontal. El diseño final es liviano, compacto y genera pocas vibraciones hacia el exterior.

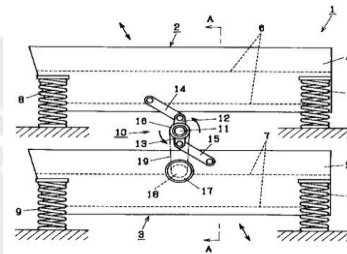


Figura 1.10. Dispositivo de tamizado N° JPH0978519A

Tomado de

[https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/017072925/publication/JPH0978519A?q=sieving%20&classified\\_by=epo.org](https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/017072925/publication/JPH0978519A?q=sieving%20&classified_by=epo.org)

### 1.7.1.2 Máquinas comerciales para tamizado

#### Máquina de tamizado RX-201906

Tamizadora vibratoria rotatoria de acero inoxidable multicapa, tamizadora que usa el mecanismo de cribas vibratorias circulares, es decir, funcionan utilizando la excitación indirecta de la malla de la criba. Todo el marco de la pantalla está impulsado por masas de desequilibrio, que producen un movimiento vibratorio circular. Esta tamizadora cuenta con un

mecanismo de descarga de impurezas por lo que puede funcionar de manera continua. Cuenta con 3 capas de mallas de criba para mejorar el cernido.

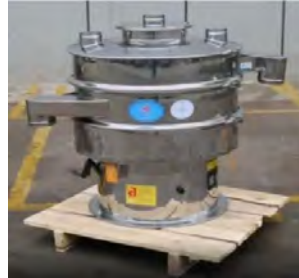


Figura 1.11. Máquina de tamizado RX-201906

Tomado de <https://resure.en.made-in-china.com/product/PBExWdelghUr/China-Milk-Liquid-Sieving-Apply-Multi-Layer-Stainless-Steel-Rotary-Vibrating-Sieve-Machine-Price.html>

### **Máquina tamizadora de pantalla vibratoria (Circular vibrating screener)- VIRTO**

Tamiz vibratorio VPM de alta calidad, capaz de separar polvos finos de sustancias líquidas. Cuenta con sistemas de limpieza automática de malla para trabajos continuos, con cribas de tamaños distintos para las diferentes necesidades de la industria. Cuenta con el mecanismo de cribas vibratorias circulares.



Figura 1.12. Máquina tamizadora de pantalla vibratoria - VIRTO

Tomado de <https://www.directindustry.com/prod/virto-group/product-64574-583621.html>

Tabla 1.6: Tabla comparativa entre máquinas tamizadoras comerciales.

	Tamizadora RX-201906	Tamizadora de pantalla vibratoria - VIRTO
Automatización	Completamente automáticas	
Costo	Alto (US \$ 1000)	- (No especifica)
Tamaño (m <sup>2</sup> )	1.5	2.7
Existencia en el mercado actual	No	No
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Sistema de expulsión de impurezas	Si	Si
Origen	China	Italia
Tipo de materia prima	Sólidos granulados y líquidos	Líquidos
Alimentación eléctrica	Trifásica	No especifica

### 1.7.2 Sustancias para coagulado

Después de tamizada la materia prima, el siguiente proceso por el cual debe pasar el látex es el de coagulado, el látex es una suspensión de partículas microscópicas de caucho natural en un líquido. Estas partículas son las que dispersan la luz haciendo lucir al látex blanco lechoso, estas partículas están cargadas por lo que se repelen entre ellas, el proceso de coagulación la sustancia acida agregada elimina esta repulsión por lo que las partículas se asientan y forman la lámina de caucho (BASF, 2020).

Tabla 1.7: Comparación de sustancias químicas usadas en la coagulación.

Tipo de ácido	Ácidos fuertes (Ej. bisulfito de sodio)	Ácido fórmico (PH 3.75)	Ácidos débiles (ácido acético)
Efecto en el látex	El uso de ácidos más fuertes hace que el pH baje demasiado rápido y de manera no homogénea. Como resultado, el látex se coagula de manera desigual, lo que puede afectar sus propiedades mecánicas.	El ácido fórmico tiene el pH necesario para descargar las partículas suspendidas de caucho garantizando un caucho de alta calidad.	Los ácidos más débiles, como el ácido acético, son menos eficientes que el ácido fórmico y dan como resultado un consumo de ácido mucho mayor.
Costo	Medio	Medio	Barato

Tomado de <http://www.intermediates.basf.com/chemicals/formic-acid/latex-coagulation>

### 1.7.3 Sensores

Los sensores que se presentaran a continuación son los más usados y comerciales, además de ser los que están incluidos en las Máquinas presentadas en las secciones anteriores. Se realizó una breve descripción de los componentes y al final se realizó un cuadro comparativo sobre sus características.

#### Sensores de posición

Para que el diseño de la procesadora pueda manejar materia de manera correcta debe poseer sensores que informen sobre el desplazamiento y posición de esta. En la industria existen diversos sensores con diferentes principios capaces de cumplir esta función, en la siguiente sección se explica cada uno de ellos y su forma de uso.

### **Sensor capacitivo:**

Este sensor se basa en el cambio de la capacitancia medida, que depende de varios factores, entre ellos, la distancia, la constante dieléctrica del material, el tamaño, etc. Tiene la ventaja de poder reconocer materiales metálicos y no metálicos. Sin embargo, para que funcione correctamente la distancia el sensor debe ser posicionado a una corta distancia del material.

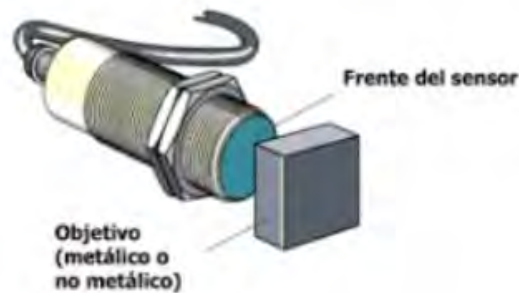


Figura 1.13. Sensor capacitivo

Tomado de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-proximidad-capacitivo/>

### **Sensor inductivo:**

Estos sensores son capaces de detectar solo materiales metálicos. El rango de detección no es mucho mayor que el sensor capacitivo, sin embargo, se pueden usar para detectar objetos detrás de protecciones de no muy gran grosor, por lo que, pueden ser encapsulados para su protección.



Figura 1.14. Sensor inductivo

Tomado de <https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-proximidad-inductivos/1348346/>



### **Sensor fotoeléctrico difuso:**

Sensores que se basan en la emisión de un haz de luz hacia un objeto distante, que actúa como reflector volviendo el haz de luz al sensor. El receptor detecta la cantidad de luz, activándose solo cuando se llega a un valor umbral (CONTRINEX., n.d.).



Figura 1.15. Sensor fotoeléctrico difuso

Tomado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/position-laser-displace-level-switch-transducer-sensor-60618853624.html>

### **Sensor de fin de carrera:**

Sensores generalmente compuestos por dos secciones un cuerpo donde se encuentran los contactos y un cabezal que será empujado hasta que se haga contacto. Son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final de un recorrido para detectar los límites.



Figura 1.16. Sensor fin de carrera

Tomado de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/micro-switch-limit-switch-lxw5-11g1-lxw5-11n1-lxw5-11d1-lxw5-11g2-lxw5-11q1-lxw5-11m-lxw5-11q2-lxw5-11g3-62105515807.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.3c341d7bHF7Gj1>

Tabla 1.8. Tabla comparativa de sensores de posición

Característica	Capacitivo	Inductivo	Fotoeléctrico	Fin de carrera
Costo	Medio	Medio	Medio	Medio
Precisión	Media	Media	Media	Alta
Distancia de detección	Corta	Corta	Corta	Contacto directo
Existencia mercado local	Si	Si	Si	Si
Tamaño	Mediano	Mediano	Mediano	Media/Pequeño

### 1.7.4 Mecanismos y actuadores

Se detallarán aquellos componentes eléctricos y mecánicos que ayudarán a la automatización de la procesadora.

#### Mecanismos en el proceso de tamizado

Se detallarán aquellos mecanismos o soluciones que se pueden usar para el diseño del proceso de tamizado

#### Tamiz de 400 $\mu\text{m}$ FILTRA VIBRACION

En el proceso artesanal la tamización se puede hacer usando dos métodos, el primero es a través de tamices simples de 4  $\mu\text{m}$ , con los que mientras una persona vacía el líquido, la otra se encarga de agitar el tamiz y de esa forma limpiar el líquido de impurezas. Las desventajas de este método es que el tamiz tiene dimensiones pequeñas por lo que no puede con flujos grandes de líquidos además de la necesidad de al menos una persona para cumplir el proceso.



Figura 1.17. Tamiz de 400  $\mu\text{m}$  marca FILTRA VIBRACION  
Tomado de <http://filtra.com/tamices-zarandas/>

## Telas metálicas para tamizado HAVER & BOECKER

El segundo método artesanal para la tamización del látex vegetal es el uso de telas metálicas las cuales pueden tomar un mayor flujo de líquido pues la única limitación es el tamaño de la misma tela metálica y el envase debajo de esta, sin embargo, aún requiere de al menos una persona para cumplir su función.

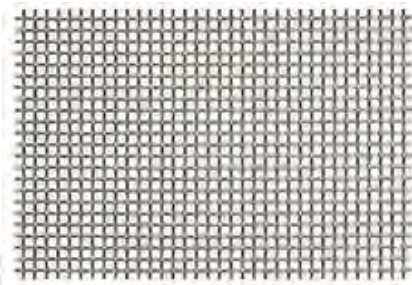


Figura 1.18. Tela metálica forma A marca HAVER & BOECKER

Tomado de <https://www.weavingideas.com/es/sieben-und-klasieren/medios-de-tamizado/tejidos-de-malla-cuadrada-rectangular/>

Tabla 1.9: Tabla comparativa entre procesos artesanales.

Mecanismo	Tamiz de 400 $\mu\text{m}$	Tela metálica forma A
Marca	FILTRA VIBRACION	HAVER & BOECKER
Automatización	Necesita al menos una persona para llevar a cabo el proceso de tamizar	
Costo	Bajo (S/ 95)	Bajo – Medio (Depende del tamaño)
Tamaño	60 cm de diámetro Max	Variable (Depende del pedido)
Existencia en el mercado actual	Si	Si
Material	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Adaptabilidad para el diseño	Media	Alta

## Cribas vibratorias

El sistema más usado para la tamización a nivel industrial es el uso de cribas vibratorias que pueden ser circulares o lineares. El sistema más simple consiste en un filtro soportado por resortes que le permiten vibrar libremente mientras minimiza el consumo de energía y evita la transmisión de vibraciones al exterior. El conjunto es equipado con un motor giratorio de peso desequilibrado que crea vibraciones inerciales, las cuales ayudaran a mantener el flujo de material y separarlo de sus impurezas. Los filtros pueden ser de una sola capa, usados generalmente para tamizar, o multicapas, usados generalmente para la clasificación de material. El ángulo óptimo de vibración es de 15 a 30 grados.

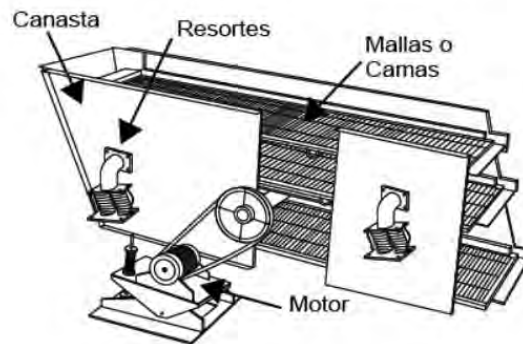


Figura 1.19. Cribas vibratorias  
Tomado de <https://trituracionymolienda.com/Cribas.html>

## Motores

Se detallarán los motores que se podrán usar en los distintos procesos de la máquina, sus principios de funcionamiento, así como sus ventajas y desventajas

### Motor a pasos

El motor a pasos es un actuador cuyo principio de funcionamiento se basa en el desplazamiento angular discreto (pasos) en función a una serie de impulsos eléctricos en sus bobinados en una forma específica. Son excelentes motores para posicionamiento, control de velocidad y manejo de bajas velocidades con un alto torque. Sin embargo, presenta desventajas como son la baja

eficiencia, pues se generan pérdidas independientemente de la carga, el sobrecalentamiento, el bajo torque a altas velocidad y su control en lazo abierto.



Figura 1.20. Motor paso a paso  
Tomado de <https://trituracionymolienda.com/Cribas.html>

### Motor DC

El motor DC basa su funcionamiento en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, movimiento rotario generado por el rotor y el estator dentro del motor. Son motores económicos y con gran diversidad. Además, permite el control a través de una onda PWM para variar su giro y su velocidad. Sin embargo, son motores con bajo torque y puede llegar a dañarse el eje si no se instala de manera correcta.



Figura 1.21. Motor DC  
Tomado de [https://www.hsiangneng.com/es/product/Motor-de-cinta-DC-90V-220V-en-83-mm-con-par-grande-de-1-3-HP/treadmill-motor\\_HN830.html](https://www.hsiangneng.com/es/product/Motor-de-cinta-DC-90V-220V-en-83-mm-con-par-grande-de-1-3-HP/treadmill-motor_HN830.html)

Tabla 1.10. Tabla comparativa de motores

Características	Motor a paso a paso	Motor DC
Costo	Medio	Medio
Torque	Alto	Medio
Exactitud	Baja	Media
Controlabilidad	Lazo abierto	Control simple
Ruido	Alto	Bajo

## Válvulas

Las válvulas de control regulan el flujo que pasa a través de él. Son clasificadas por el fluido a controlar considerando su densidad y temperatura. Existen 2 tipos de válvulas según su funcionamiento: electroválvula proporcional y electroválvula ON/OFF.

### Electroválvula proporcional

Este tipo de válvula basa su funcionamiento en el control del caudal de manera proporcional a la corriente que recibe. Cuando se activa la bobina interna, la armadura es atraída hacia el interior del tubo debido a la fuerza electromagnética, el flujo se controla a través del movimiento de la armadura.



Figura 1.22. Válvula de regulación del gas

Tomado de <https://www.directindustry.es/prod/aris-stellantrieb-gmbh/product-13875-1865027.html>



## Electroválvula ON/OFF

Válvulas que permiten un control todo o nada. Estas válvulas contienen una bobina eléctrica que crea un campo magnético para su funcionamiento. Con capacidad de alimentarse con corriente continua o alterna y diferentes tiempos de apertura basado en el modelo.



Figura 1.23. Electroválvula ON/OFF normalmente abierta

Tomado de <https://www.domodesk.com/1130-electrovalvula-gas-normalmente-abierta-semiautomatica-clase-a.html>

## Controladores

Para poder automatizar todo el proceso se necesita el uso de un controlador que permita dirigir los diferentes actuadores y recopilar la información de los sensores. Los sistemas de control pueden ser de lazo abierto o cerrado. En los sistemas de lazos cerrados, los controladores reciben información de las variables del proceso a través de los sensores y actúan en consecuencia para lograr el estado deseado, en los sistemas de lazo abierto este proceso no ocurre. A continuación, se presentarán hardware existente para el control de un sistema.

## PLC

El controlador lógico programable es el controlador más común usado en la industria debido a su robustez y su gran flexibilidad para adaptarse a los procesos en la industria. Cuenta con una memoria programable, capacidad de control secuencial, lógica y funciones aritméticas. Además, múltiples entradas y salidas tanto digitales como analógicas y al ser un sistema modular se le pueden agregar o remplazar modulo extras.



Figura 1.24. PLC Siemens  
Tomado de <http://www.siemens.com/>

### **Sistemas embebidos**

A diferencia del PLC son sistemas diseñados para resolver una tarea específica. Compuesto principalmente por un CPU, fuente de alimentación, batería, entradas y salidas tanto analógicas como digitales, filtros, reloj en tiempo real, etc. A diferencia del PLC este sistema no es modular pues todos sus componentes están integrados en la misma placa.



Figura 1.25. Sistema embebido MyRio  
Tomado de <https://es.aliexpress.com/item/32998966006.html>

Tabla 1.11 Tabla comparativa controladores

Características	PLC	Sistemas embebidos
Configuración	Sistema modular	Sistema integrado
Programación	Por técnicos	Fabricantes/Técnicos
Instalación	Programación y puesta en marcha	Plug-and-play
Funcionalidad	Control en tiempo real crítico	Control en tiempo real acrítico
Uso	Genérico	Específico para un conjunto de funciones
Coste	Alto	Medio
Restricciones físicas	Adaptable	No adaptable por producción
Personalización de hardware	No disponibles	Según necesidad y pedido
Interacción usuario-máquina	HMI	Adaptable

## 2. CAPÍTULO 2

### DISEÑO CONCEPTUAL

En este capítulo se detallarán los requerimientos que la máquina debe cumplir en función a distintos parámetros, como son el tipo de energía, las fuerzas necesarias para los procesos, etc. Tomando en cuenta esos requerimientos se presentarán funciones que contiene el sistema para poder relacionar las variables de entrada con los productos de salida. Además, se presenta la matriz morfológica que sirve como guía para el diseño de las propuestas de solución. Por último, se detalla el análisis técnico y económico de las propuestas de solución con el fin de obtener el concepto más óptimo.

#### 2.1 LISTA DE REQUERIMIENTOS

El proyecto requiere de ciertas exigencias (Ver tabla 10) demandadas por el cliente y las necesidades del proceso que la máquina ejecutara, con el fin de cumplir con el objetivo general, producir láminas de caucho. Algunos de los requerimientos son exigencias que la máquina debe cumplir al terminar el diseño y otros, son deseos que se plantean para su posible implementación.

- **Función principal:** Producir láminas de caucho a partir de látex natural con capacidad de procesamiento máxima de 30 kg por lote.
- **Geometría:** La máquina cuenta con módulos de tamizado, mezclado y coagulado. Dichos módulos ocuparan un volumen no mayor a 2 metros de largo, 1.5 metros de ancho y 1.5 metros de alto, estas dimensiones son basadas en la comparación con máquinas comerciales.
- **Cinemática:** La máquina realizará movimientos rotacionales y lineales para sus diferentes procesos. Además, la máquina no debe ser movilizada mientras este activo el proceso.
- **Fuerzas:** La máquina deber ejercer una fuerza de batido necesaria para poder mezclar el coagulante con el látex tamizado.
- **Materia:** La materia de ingreso será el látex vegetal con no más de 8 horas

después de la extracción. La materia de salida serán los desechos producto de los procesos internos y el producto final, la lámina de caucho.

- **Energía:**

La energía que entrará al sistema será:

- ✓ Energía eléctrica: monofásica 220 VAC a 60Hz. pues esto se requeriría que el usuario emplee un generador eléctrico a petróleo cuyo uso es muy común en zona de selva.

La energía que sale del sistema es:

- ✓ Energía acústica: producto de las alarmas que la máquina tendrá y los procesos que se ejercerán.
- ✓ Energía lumínica: producto de los indicadores.

- **Material:** Basándonos en el material más común usado en la industria para los procesos relacionados con el caucho vegetal, el material de fabricación debe ser resistente a la corrosión y a la vibración.

- **Señales**

Las señales que entraran al sistema son:

- ✓ Señal de encendido y apagado: la cual permitirá energizar toda la máquina y dar comienzo al proceso.
- ✓ Señal de inicio de proceso: Señal que da inicio al proceso de tamizado de un lote nuevo de látex de caucho, el sistema no requiere de una señal de fin de proceso pues finaliza automáticamente al finalizar el último subproceso.
- ✓ Parada de emergencia: para detener el proceso de manera inmediata ante una falla o comportamiento inusual.

Las señales que saldrán del sistema son:

- ✓ Señal del estado del proceso: para indicar que proceso se está llevando a cabo la máquina.
- ✓ Señal de alarma: se activará en caso ocurra algún

imprevisto en el funcionamiento de la procesadora.

- ✓ Señal de fin de proceso: la cual servirá para indicar que se puede comenzar un nuevo lote.

- **Control:** Los procesos a automatizar son:
  - ✓ El proceso de tamizado, la velocidad de vibración debe ser la adecuada para poder separar el látex de sus impurezas sin quedar estancado.
  - ✓ El proceso de dispensado del coagulante sobre la mezcla.
  - ✓ El proceso de batido de la mezcla.
  - ✓ El proceso de dispensado de la mezcla.
- **Electrónica:** Los procesos tendrán sensores de velocidad, presencia y nivel, pues estas son las variables que se necesitan controlar en todos los procesos. También se tendrá un controlador del proceso y circuitos electrónicos de potencia para manejar los actuadores.
- **Software:** El sistema se desarrollará con un software libre para evitar el incremento de costos.
- **Comunicación:** Las señales transmitidas desde el controlador hacia los actuadores y desde los sensores hacia el controlador serán mediante cableado empleando protocolos de comunicación estándar.
- **Seguridad:** El diseño debe facilitar el cumplimiento de la ley No. 29789 referente a la seguridad y salud en el trabajo como es el redondeo de bordes, señales de seguridad, parada de emergencia y la correcta señalización del equipo requerido.
- **Ergonomía:** El diseño cumplirá con la ley norma básica de ergonomía peruana (N.º 375-2008-TR), evitando cualquier carga mayor a los 15 kg,



además, las superficies de trabajo estarán en un plano pertinente para la fácil manipulación y se facilitara la identificación de los procesos a los operarios.

- **Fabricación:** Los procesos de fabricación de las partes que componen la máquina deberán poder ser realizadas en talleres locales para aligerar los costos pues debe ser viable para las comunidades amazónicas.
- **Montaje:** Se requerirá un anclaje al suelo, además se emplearán uniones atornilladas para unir los distintos módulos de la máquina.
- **Transporte:** Para su transporte requiere ser desmontada en módulos de no más de 80 kg cada uno para poder ser movilizadas por 4 operarios hacia un vehículo de carga, de esta forma se cumplirá con la ley 20.949 que indica que cada trabajador no debe cargar más de 25 kg.
- **Uso:** La máquina será usada principalmente en regiones amazónicas que tengan actividad de extracción por lo que trabajará en condiciones como: un rango de humedad: entre 78 a 80%, rango de temperatura: entre 16 a 33 C y altitud máxima de 500 m.s.n.m.
- **Mantenimiento:** Las piezas que tengan mayor desgaste deberán ser de fácil adquisición en el mercado local, de esta forma, para facilitar el mantenimiento correctivo. Además, El diseño debe permitir el fácil acceso a los procesos de mantenimiento.
- **Costos:** El diseño no deberá superar un costo de S/10320.
- **Plazos de entrega:** El proyecto se desarrollará en 8 meses calendario con una fecha de cierre para el 01 de diciembre de 2020.

## 2.2 ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Para definir las funciones que tiene el sistema, primero se realiza un modelo más simple y abstracto del proceso, llamado black box. En este esquema solo se presentan las entradas y salidas que se identificaron en la lista de requerimientos, pero sin tener en cuenta los procesos internos. Luego, se describe un listado de las funciones parciales del sistema que le permiten cumplir con su función principal. Por último, se presenta la estructura de funciones global con las conexiones entre subsistemas.

### 2.2.1 Black box

El diseño de la máquina procesadora de látex natural contempla la implementación de distintos tipos de entradas y salidas, como se muestra en la figura 2.1. A continuación, se mostrarán las entradas y salidas del sistema.

#### ENTRADAS

- **Energía eléctrica:** Se considera una energía trifásica de 220 V a 60 Hz la cual proviene de los generadores que algunas comunidades poseen para suplir de electricidad a sus casas o, en las comunidades que tienen acceso a la red de energía peruana, de la red eléctrica nacional.
- **Señal de encendido/apagado:** Señal que permitirá el encendido o apagado de la máquina.
- **Parada de emergencia:** Señal que será accionada por el operario en caso de que ocurra algún desperfecto en los procesos y se necesite detener la máquina.
- **Señal de inicio de proceso:** Señal que será accionada por el operario para iniciar la producción de un nuevo lote.
- **Látex vegetal:** Látex que no debe pasar las 8 horas de haber sido extraído para evitar el oxidado.

- Coagulante: Mezcla de ácido y agua que facilita la coagulación del látex.

## SALIDAS

- Energía térmica: Calor producido por los movimientos en los procesos.
- Energía acústica: Sonidos producidos por el sistema de funcionamiento.
- Energía lumínica: Producida en el subsistema de interacción con el usuario.
- Vibraciones: Producidas por los motores y los sistemas en movimiento.
- Señal de estado del proceso: Señal que informa del estado de los procesos de producción.
- Señal de alarma: Señal emitida cuando ocurre algún desperfecto en la máquina.
- Señal de fin de proceso: Señal emitida al finalizar el proceso de producción de un lote.
- Láminas de caucho: Producto final obtenido al finalizar los procesos del sistema.
- Residuos de caucho: Residuos producto del coagulado de las láminas.
- Residuos de látex: Residuos restantes en el tamiz, tubería o en el proceso de coagulado.
- Residuos de coagulante: Residuos restantes en la tolva para coagulante, tubería o en el proceso de coagulado.

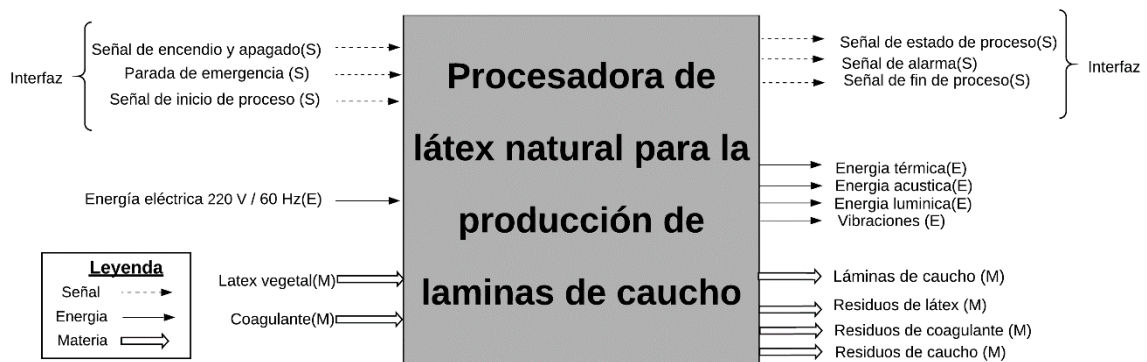


Figura 2.1.Black box

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.2 Lista de funciones

A continuación, se presenta un listado de funciones consideradas para el sistema, así como una breve explicación de cada una. Además, se presenta la estructura de funciones que integra estas funciones parciales y el black box.

### Subsistema de control

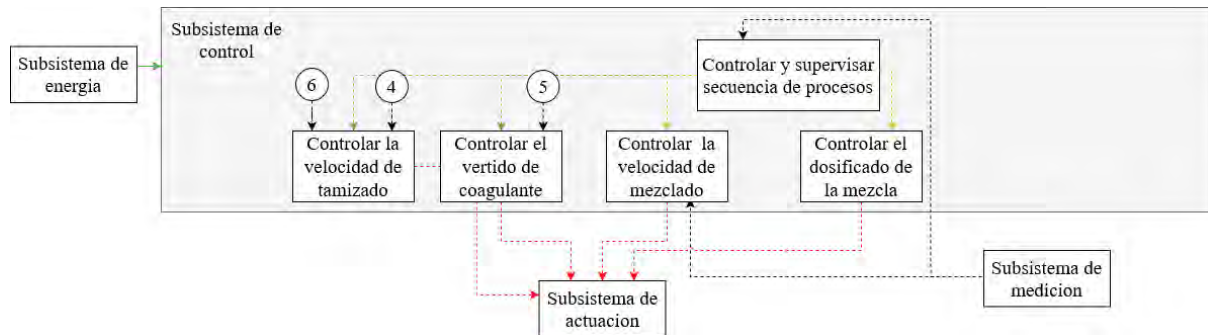


Figura 2.2. Subsistema de control

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.2:

- Controlar variables que están encargadas del correcto funcionamiento de los subsistemas y las variables que estos poseen, tales como:
  - Controlar y supervisar la secuencia de procesos.
  - Controlar la velocidad de tamizado.
  - Controlar el vertido de coagulante.
  - Controlar la velocidad de mezclado.
  - Controlar el dosificado de la mezcla.

## Subsistema de interacción con el usuario



Figura 2.3. Subsistema de interacción con el usuario

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.3:

- Recibir información: función encargada de esperar la señal de inicio de proceso.
- Administrar información: función encargada de enviar al controlador la información que se recibe en la interfaz de usuario.
- Mostrar información: función encargada de activar la alarma de fin de proceso una vez que se haya concluido con el lote a procesar y de mostrar el estado del proceso.

## Subsistema de energía

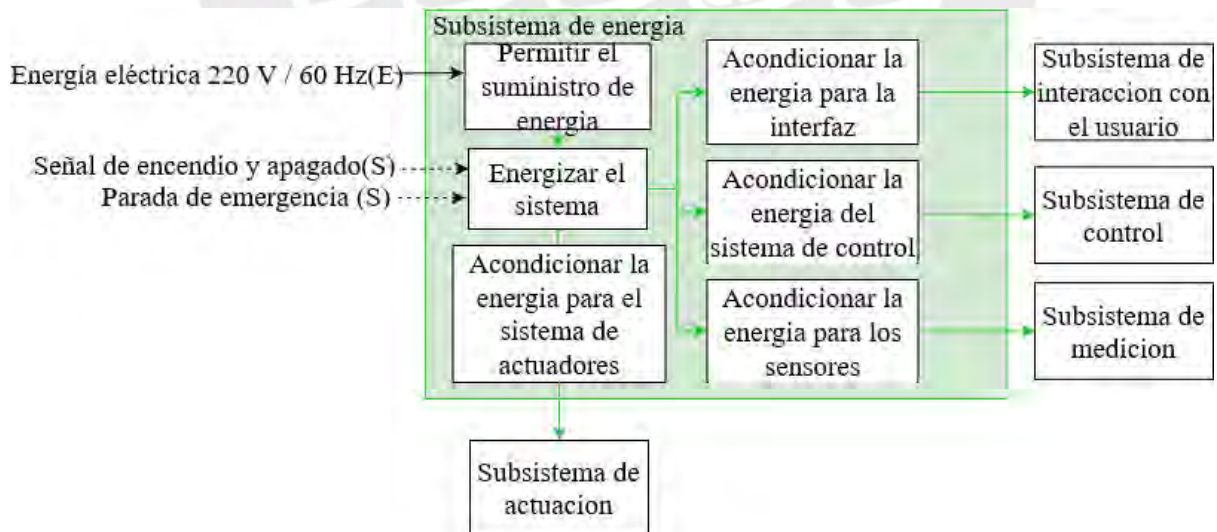


Figura 2.4. Subsistema de energía

Fuente: Elaboración propia



A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.4:

- Permitir suministro de energía: función encargada de administrar la energía una vez prendido o cortar el suministro ante una emergencia.
- Acondicionar la energía para los actuadores: función que regula el voltaje al necesario para los actuadores.
- Acondicionar la energía para la interfaz: función que regula el voltaje al necesario para la interfaz.
- Acondicionar la energía para el subsistema de control: función que regula el voltaje al necesario para el sistema de control.
- Acondicionar energía para los sensores: función que regula el voltaje al necesario para los sensores.

### Subsistema de medición

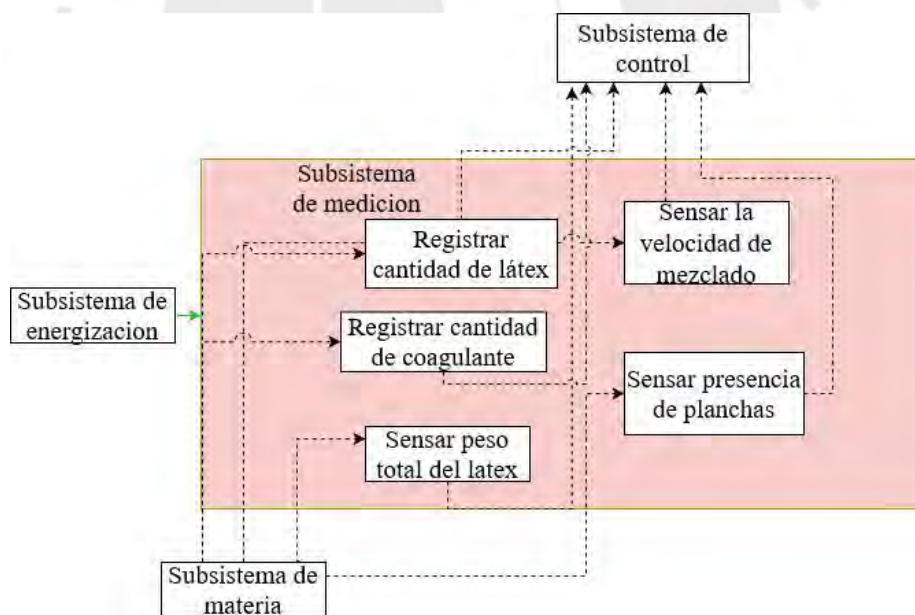


Figura 2.5. Subsistema de medición

Fuente: Elaboración propia



A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.5:

- Sensor peso total del látex: función que registra y envía el peso total del látex ingresado al controlador.
- Registrar cantidad de látex: función que registra y envía la cantidad restante de látex que ha sido ingresado.
- Registrar cantidad de coagulante: función que registra y envía la cantidad restante de coagulante que ha sido ingresado.
- Sensor velocidad de mezclado: función que registra y envía al controlador la velocidad de mezclado.
- Sensor presencia de planchas: función que se encarga de sensor si el módulo acabo su proceso, es decir, los coagulados ya están listo para ser retirado.

### Subsistema de actuación

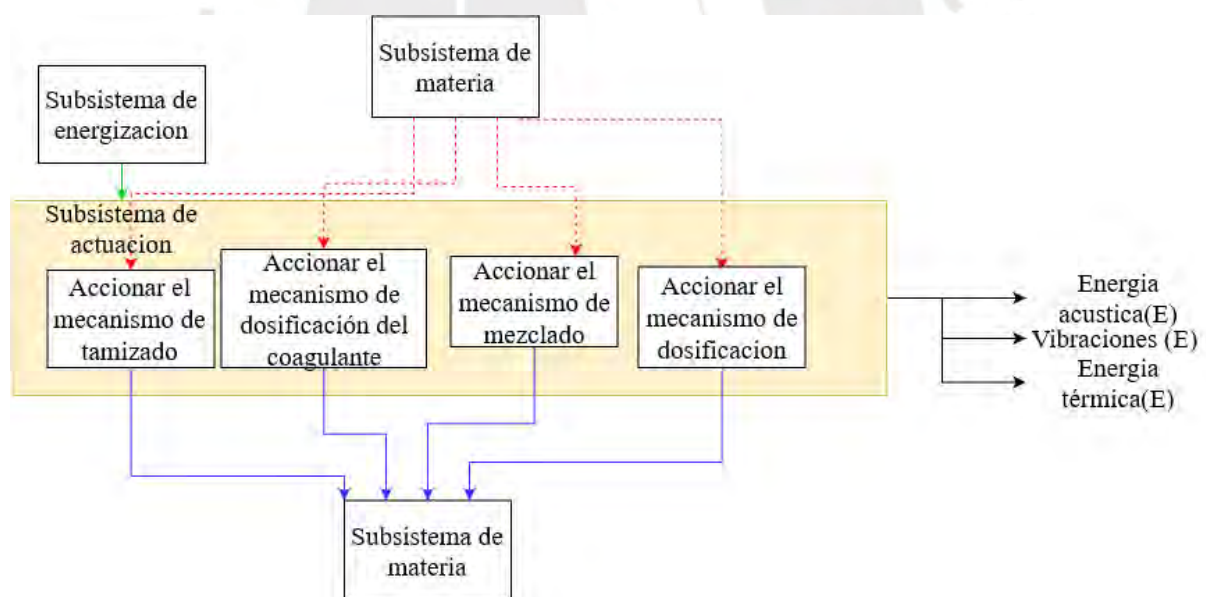


Figura 2.6. Subsistema de actuación

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.6:

- Accionar mecanismo de tamizado: función que permite la separación del látex vegetal de las impurezas.
- Accionar el mecanismo de dosificación del coagulante: función que agrega el químico necesario para la coagulación.
- Accionar el mecanismo de mezclado: función que permite el mezclado de la sustancia química con el látex, necesario en el coagulado.
- Accionar el mecanismo de dosificación: función que dosifica la mezcla a su lugar de almacenamiento en el cual se producirá la coagulación.

### Subsistema de materia

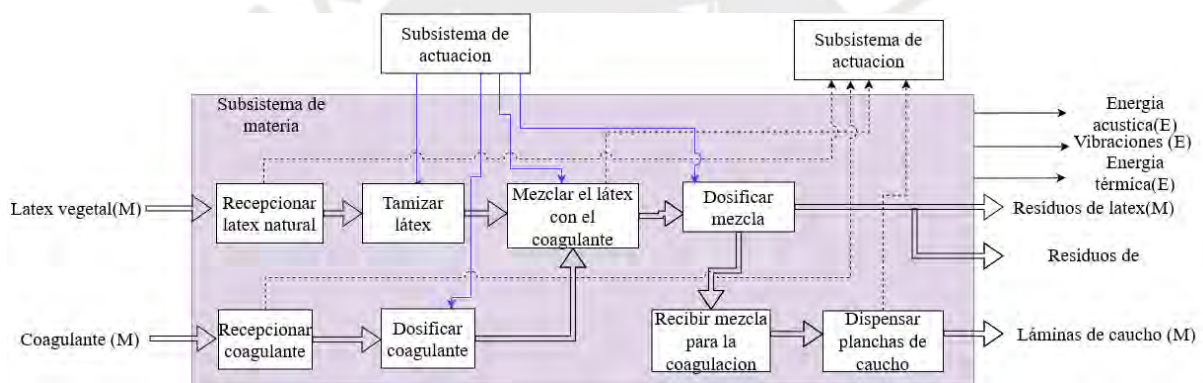


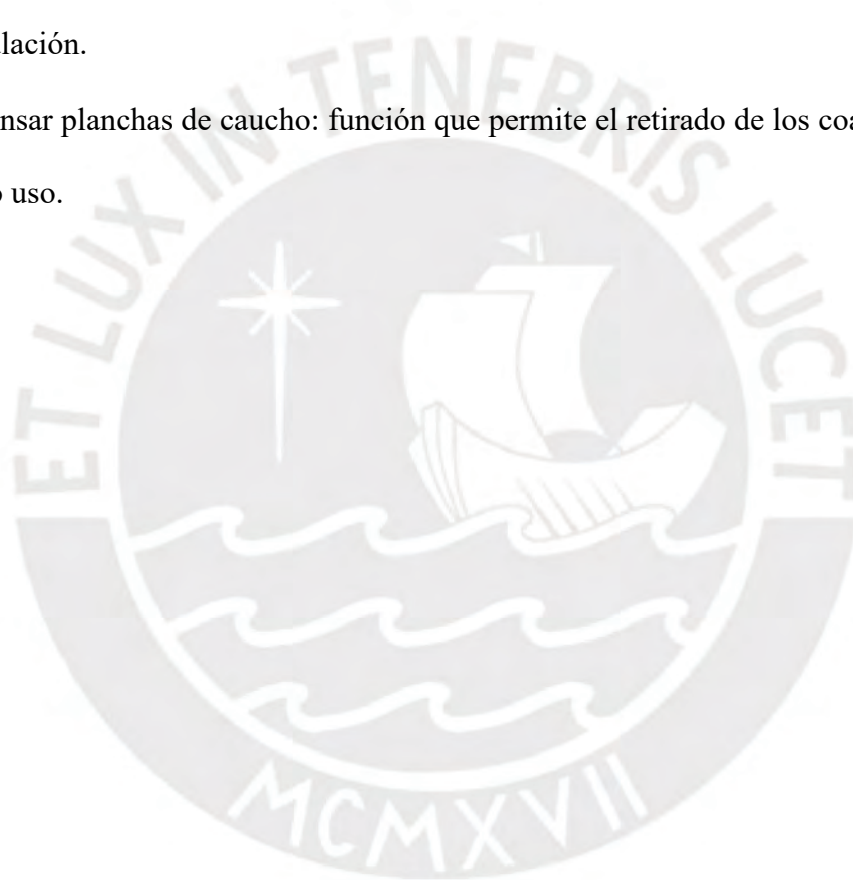
Figura 2.7. Subsistema de materia

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los bloques mostrados en la Figura 2.7:

- Recepcionar látex natural: función que permite el ingreso, y posible almacenamiento temporal, de látex natural
- Tamizar látex: función que permite la separación del látex y sus impurezas.
- Mezclar el látex con el coagulante: función que mezcla los químicos con el látex vegetal, paso necesario para el coagulado.

- Recepcionar el coagulante: función que permite el ingreso y almacenamiento del coagulante.
- Dosificar coagulante: función que permite agregar la cantidad necesaria de coagulante al látex tamizado para su posterior coagulación.
- Dosificar mezcla: función que permite separar el total de la mezcla en partes más pequeñas.
- Recibir mezcla para la coagulación: función que almacena la mezcla hasta su coagulación.
- Dispensar planchas de caucho: función que permite el retirado de los coágulos para su futuro uso.



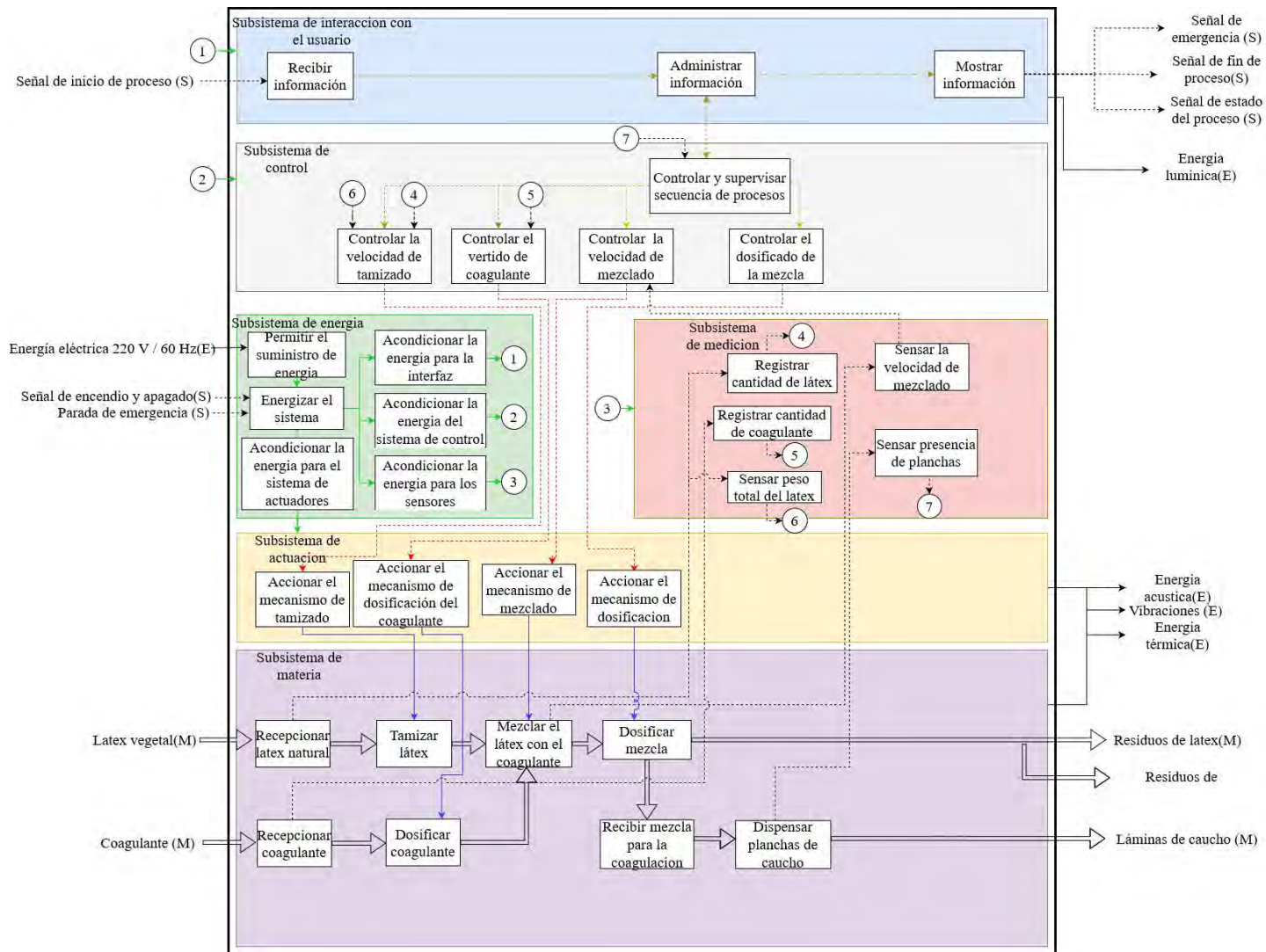


Figura 2.8. Estructura de funciones global

## 2.3 MATRIZ MORFOLÓGICA

Para cada subsistema presentado en la estructura de funciones global (Figura 2.8) se plantea un máximo de tres portadores de soluciones agrupados por subsistemas como se muestran en las siguientes tablas.

Para poder realizar el almacenamiento, colocación, dosificación, mezclado y retirado de la materia se tiene al subsistema de materia. A continuación, en la tabla 2.1 se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución.

Tabla 2.1. Solución del subsistema de materia

<b>Funciones</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Recepcionar látex natural	Manual	Depósito de almacenamiento	
Tamizar látex	Tela de algodón para tamizar	Tamiz	Tela metálica
Recepcionar coagulante	Tanque para líquidos		
Dosificar coagulante	Electroválvula para líquidos		Dosificador neumático
Mezclar el látex con el coagulante	Mezcladora vertical de rastrillos		Mezcladora horizontal helicoidal
Dosificar mezcla	Electroválvula para líquidos		Dosificador neumático
Recibir mezcla para la coagulación	Bandejas	Noria de bandejas	Transportador de bandejas
Dispensar planchas de caucho	Manual		Faja

El subsistema de actuación está compuesto por todos los accionadores de los mecanismos que constituyen el sistema de materia, a continuación, en la tabla 2.2 se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución.



Tabla 2.2. Solución del subsistema de actuación

<b>Funciones</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Accionar mecanismo de tamizado	Motor de vibración		Motor DC
Accionar el mecanismo de dosificación del coagulante	Electroválvula para líquidos		Dosificador neumático
Accionar mecanismo de mezclado	Motor DC		
Accionar el mecanismo de dosificación del coagulante	Electroválvula para líquidos		Dosificador neumático

Para poder generar los movimientos necesarios en los mecanismos, el sistema debe contar con energía, esta es suplida por el subsistema de energía. A continuación, en la tabla 2.3 se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución.

Tabla 2.3.Solución del subsistema de energía

<b>Funciones</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Permitir suministro de energía	Disyuntor	Interruptor rotativo	
Energizar el sistema	Fuente conmutada		Fuente lineal
Acondicionar la energía para el sistema de actuadores	Regulador de voltaje		
Acondicionar la energía para la interfaz			
Acondicionar la energía para el sistema de control			
Acondicionar la energía para el sistema de medición			



El subsistema de medición es el encargado de identificar las variables de los diferentes procesos del sistema. A continuación, en la tabla 2.4 se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución.

Tabla 2.4. Solución del subsistema de medición

<b>Funciones</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Registrar cantidad de látex	Sensor de peso	Sensor de nivel	Sensor de nivel
Registrar cantidad de coagulante		ultrasónico	capacitivo
Sensar peso total de mezcla	Sensor de nivel ultrasónico		
Sensar velocidad de mezclado	Encoder		Tacómetro en el eje
Sensar presencia de coagulados	Sensor capacitivo	Sensor fotoeléctrico	

El subsistema de interacción con el usuario es el encargado de recibir las señales que el operario aplique sobre el sistema, así como de informar al operario de diferentes señales que el sistema busque transmitir. A continuación, en la tabla 2.5 se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución

Tabla 2.5. Solución del subsistema de interacción con el usuario

<b>Funciones</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Recibir información	Panel de control	Panel de control	HMI
Mostrar información	Bocina + Panel de leds		

Para poder cumplir con su función principal el sistema contara con un subsistema de control, el cual recibe las señales captadas por el subsistema de medición y, a través del subsistema de actuación, accionara los mecanismos del subsistema de materia. A continuación, en la tabla 2.6

se presentan las soluciones que se dan para cada función de cada uno de los 3 conceptos de solución

Tabla 2.6.Solución del subsistema de control

<b>Funciones</b>		<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Hardware	Controlador	PLC		PID industrial
Software	Controlar y supervisar la secuencia de procesos.	Algoritmo		PID
	Controlar la velocidad de tamizado.	Lazo abierto		
	Controlar el vertido de coagulante.			
	Controlar la velocidad de mezclado.			
	Controlar el dosificado de la mezcla.			

## 2.4 CONCEPTOS DE SOLUCIÓN

### Concepto de solución 1

El primer concepto de solución busca minimizar el costo total de la procesadora, por lo cual para el ingreso del material se tendrá a una persona ayudando al proceso, esta persona es la encargada de verter el látex en telas de algodón (1) diseñadas para tamizar hasta que todo el proceso de tamizado se termine. El tamizado es efectuado por el movimiento vibratorio de un motor vibratorio atornillado en un tamizador (2). El látex tamizado pasa a la sección de mezclado donde es mezclado con el coagulante, previamente almacenado en una tolva para líquidos (3), pertinente dependiendo de su peso, determinado por un sensor capacitivo de nivel (4). Después del mezclado, se tiene el proceso de dosificado para el cual se usa una electroválvula on-off para líquido y tuberías para líquidos (5), la mezcla total es depositada en una bandeja para su coagulación (15), posteriormente se corta cada lote de manera manual y cada lote es lavado por una persona y usado en un proceso posterior. La energización de la procesadora es activada a través de un disyuntor (10), esta corriente es acondicionada por una fuente conmutada y step-downs (14) para alimentar al sistema de control, sensores, actuadores e interacción por el usuario. Este último se compone de un botón para el inicio del proceso (9), circulinas (8) para los avisos de estado de proceso y fin de proceso, un botón de emergencia (11) para desenergizar la máquina en caso de falla y una pantalla led (12) para brindar información adicional de los procesos, todos ellos posicionados en el panel de control. Por último, el control de la procesadora se hace a través de un PLC (13).

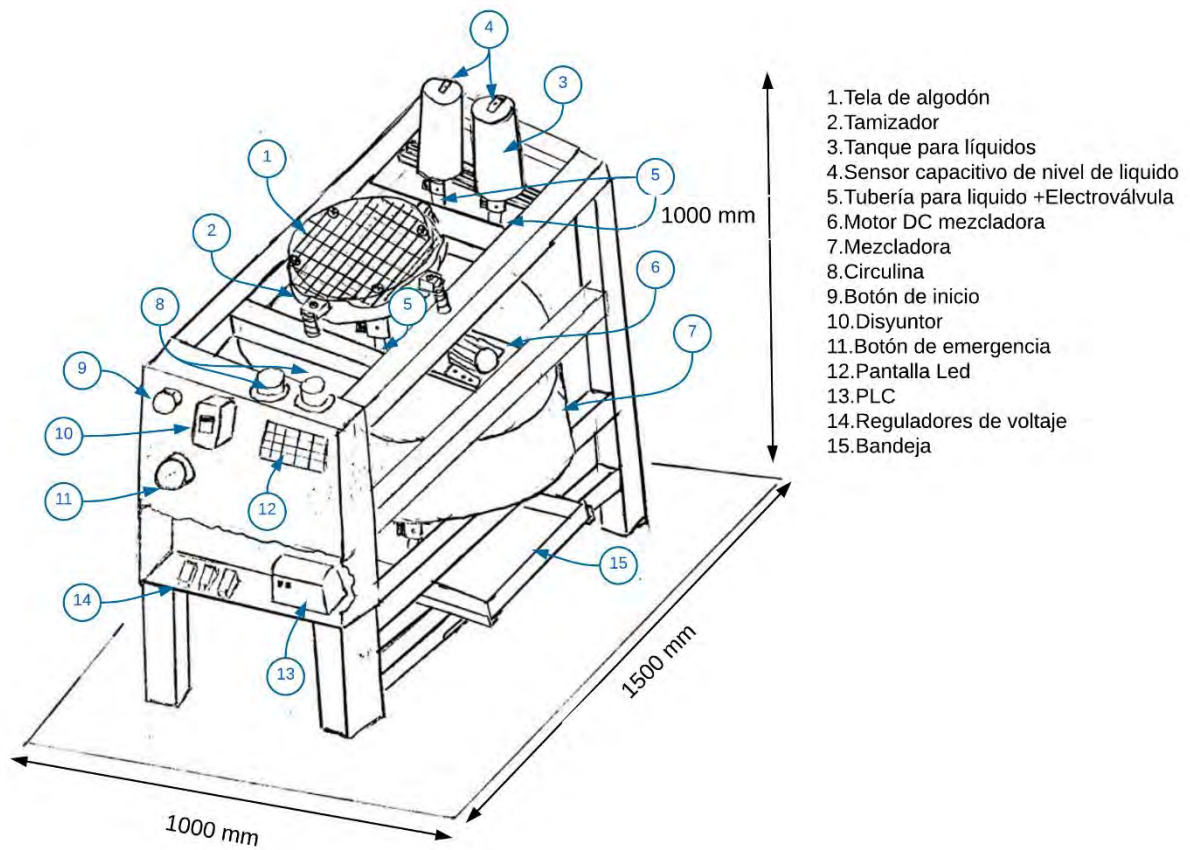


Figura 2.9. Concepto de solución 1

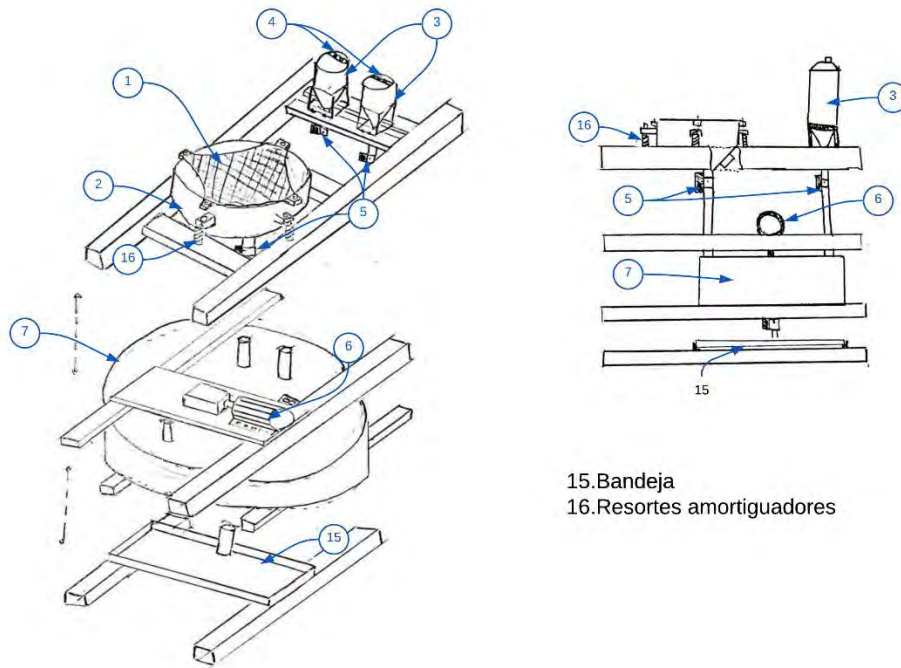


Figura 2.10. Detalles de concepto de solución 1

## Concepto de solución 2

El segundo concepto busca tener un buen equilibrio tecnológico y de precio por lo cual, al comenzar el proceso una persona vierte el látex en una tolva con un tamizador (1) accionado por un motor de vibración, de esta forma el tamizado es automático. Después del tamizado, el látex pasa al proceso de mezclado en el cual se le agrega coagulante, previamente almacenado en una tolva para líquidos (3), de manera pertinente dependiendo del peso del látex, este peso es determinado por sensores capacitivos de nivel posicionados en la parte superior de las tolvas. La mezcladora es accionada por un motor DC (6) posicionado en la parte superior de la mezcladora. Posteriormente, la mezcla es separada en lotes a través del dispensado accionado por unas electroválvulas y sus respectivas tuberías para líquidos (5), cada lote es depositado en una noria de bandejas (15), accionado por un motor DC donde ocurre el proceso de coagulado y, una vez terminado, se retira cada lote de manera manual, se lava y está lista para su uso en posteriores procesos. La energización de la procesadora es activada a través de un interruptor rotativo (10), esta corriente es acondicionada por fuentes conmutadas y step-downs (14) para alimentar al sistema de control, sensores, actuadores e interacción por el usuario. Este último se compone de un botón para el inicio del proceso (9), una pantalla de leds (12) para los avisos de estado de proceso, una circunferencia (8) para el aviso de fin de proceso y un botón de emergencia (11) para desenergizar la máquina en caso de falla, todas ellas integradas en el panel de control. El control de la procesadora se hace a través de un PLC.



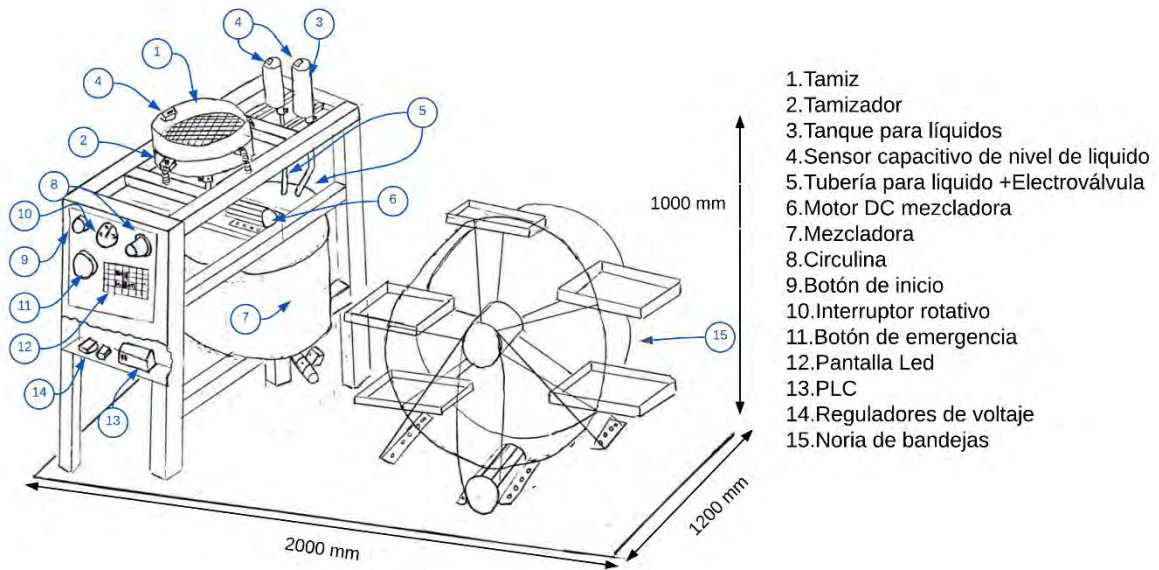


Figura 2.11. Concepto de solución 2

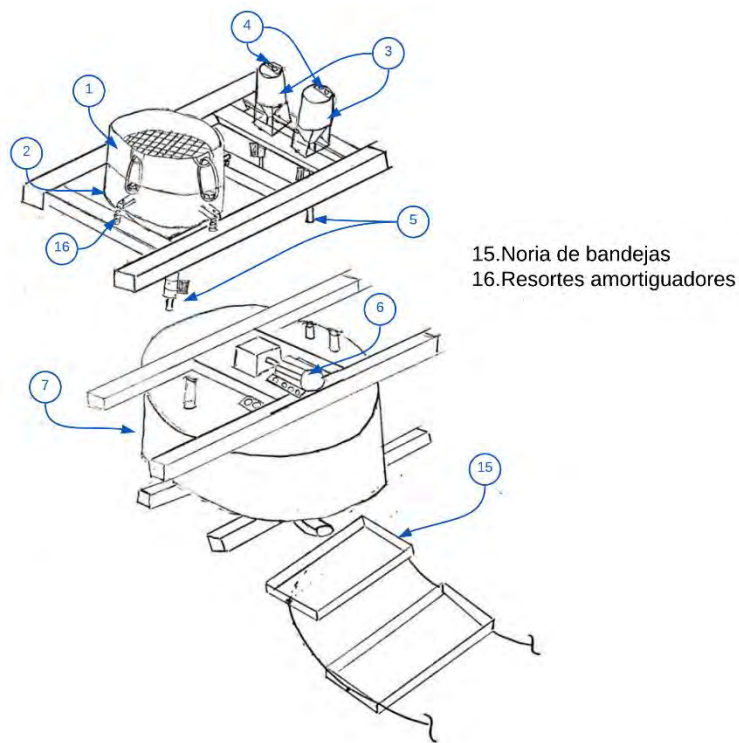


Figura 2.12. Detalles del concepto de solución 2

La figura 2.13 muestra el detalle del sistema de mezclado de las soluciones 1 y 2 compuesto por el motor DC de la mezcladora, una caja reductora que transmite el movimiento del eje del



motor al eje del agitador, el tanque de la mezcladora junto a las paletas de mezclado, además de las tuberías de líquido provenientes del tamizador, del almacenamiento de coagulante y la de salida a la sección de coagulado. También, se muestra un detalle de la caja reductora y de los engranajes helicoidales que lo componen.

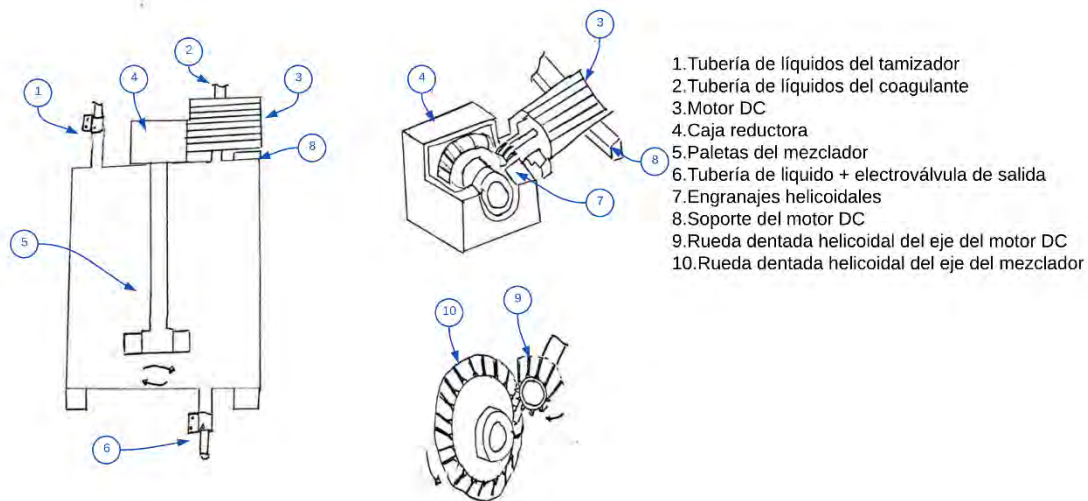


Figura 2.13. Detalle del sistema de mezclado

### Concepto de solución 3

El tercer concepto busca optar por las tecnológicas que generarían el proceso con mejor precisión y automatización, el látex es almacenado en una primera tolva la cual contara con una malla tamizadora (1) para evitar que pasen las impurezas, el tamizado se hace gracias a la vibración producida por un motor vibratorio posicionado en el tamizador (2). Una vez tamizado, el látex pasara a la etapa de mezclado (7) a través de un sistema de tuberías para líquidos y dispensadores neumáticos (5), cuando llega al tanque de mezclado se le agregara la cantidad de coagulante, previamente almacenado en una tolva para líquidos (3), pertinente dependiendo del peso total del látex, este peso es determinado por los sensores capacitivos de nivel. El mezclado es accionado por un motor DC (6) ubicado en la parte inferior izquierda de la máquina y un sistema de fajas. El proceso de dosificación de la mezcla se hace a través de un dosificador neumático especializado para líquidos alimentado por un sistema de

alimentación neumático (8). La mezcla es dosificada a una transportadora de bandejas (16) para facilitar así su extracción para su posterior lavado, este es accionado por un sistema de cadenas y un motor DC (9). Una vez terminada la coagulación cada lote puede ser usado en posteriores procesos. La energización de la procesadora es activada a través de un interruptor rotativo (10), esta corriente es acondicionada por fuentes lineales (15) para alimentar al sistema de control, sensores, actuadores e interacción por el usuario. Este último se compone de un HMI (12) que permite iniciar el proceso y observar el estado del mismo, además cuenta con un botón de emergencia para desenergizar la máquina en caso de falla. El control de la procesadora se hace a través de un PID industrial (13) que se debe diseñar para cumplir todas las funciones necesarias.

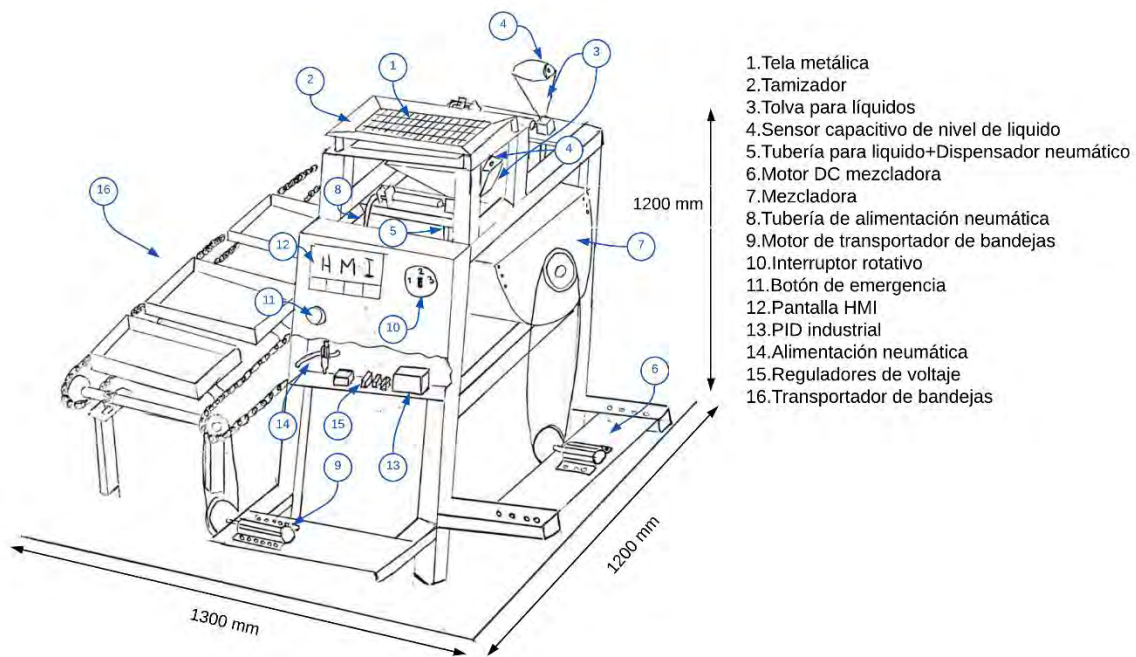
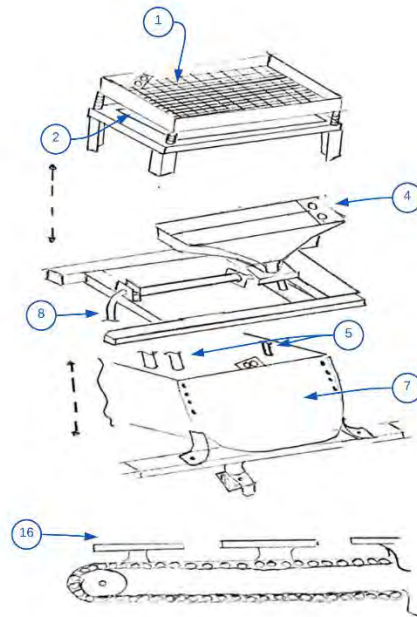


Figura 2.14. Concepto de solución 3



16. Transportador de bandejas

Figura 2.15. Detalle del concepto de solución 3

### 2.4.1 Análisis técnico - económico

En esta subsección se realizó una evaluación de carácter técnico y económico a cada uno de los 3 conceptos de solución planteados. A cada aspecto de una solución se le asignó un puntaje entre 0 a 4 siguiendo la norma VDI-2225 (Tabla 2.7). El cual significa que tan bien el concepto se desempeña en cada aspecto técnico o económico.

Tabla 2.7. Sistema de puntajes de la norma VDI-2225

Puntos	Significado
0	Insuficiente
1	Apenas aceptable
2	Suficiente
3	Buena
4	Muy buena (ideal)

Además, cada parámetro tiene asignado un peso que significa el nivel de importancia que dicho parámetro tiene para el diseñador (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 .Sistema de pesos para la evaluación de los conceptos

Puntos	Significado
1	Levemente importante
2	Importante
3	Muy importante
4	Bastante importante

A continuación, se describen cada uno de los criterios que se usaran en la evaluación.

#### **Aspectos económicos:**

- Fácil adquisición de repuestos: Basado en los componentes seleccionados se aprecia si es que estos son comunes en el mercado peruano o deben ser importados de manera internacional. Dado que este aspecto afecta directamente al tiempo de espera para recibir el producto en caso sea necesario un mantenimiento y, por ende, afecta la producción, este aspecto posee un peso de 3.
  - Solución 1: Ya que el uso de telas de algodón ya es el estándar para los tamizados en la selva y los materiales del resto de la máquina son accesibles en el mercado nacional a esta solución se le asigna un puntaje de 3.
  - Solución 2: La solución 2 cuenta con un tamizador que deberá ser importado pues la empresa que los vende no está en el mercado local, por ello, su puntaje asignado será 2.

- Solución 3: Todos los mecanismos y partes necesarias para la construcción de la solución 3 son accesibles en el mercado nacional, por ello, el puntaje asignado será 3.
- Menor costo tecnológico: Relacionado con el costo de los dispositivos, además de costos extras como el costo de exportación, tales como motores, tornillos, fajas, baterías. Debido a que este aspecto genera un cambio en el precio, pero no muy significativo el peso relativo a este aspecto es 1.
  - Solución 1: Dado que la solución 1 busco abaratar los costos al máximo su puntaje asignado será 3.
  - Solución 2: A pesar de que la mayoría de los elementos que componen a la solución 2 son parte del mercado nacional y tienen un precio accesible, el tamizador deberá ser exportado, sin embargo, dado su bajo precio, el puntaje asignado a esta solución es 3.
  - Solución 3: A diferencia de las otras soluciones, la solución 3 propone el uso de un mecanismo neumático, este mecanismo aumentaría los costos por lo que esta solución tendrá un puntaje de 2.
- Fácil fabricación: Relacionado a la dificultad de la fabricación del sistema, considerando la complejidad de los mecanismos y la complejidad de los procesos involucrados en su fabricación, además, de su fácil ensamblaje, considerando los costos para la realización de cada aspecto. Ya que uno de los requerimientos plantea que la máquina pueda ser producto de talleres nacionales y cercanos a la zona de uso el peso relativo a este aspecto es 3.
  - Solución 1: La solución 1 busca facilitar el acceso a sus partes y su fácil ensamblaje por lo cual su puntaje asignado es 3.



- Solución 2: La solución 2 carece de partes complicadas y tiene un diseño simple y accesible en el mercado nacional por lo cual su puntaje asignado es 2.
- Solución 3: Dado que la solución 3 es la única que usa un sistema neumático, lo cual implica el uso de más partes y la correcta conexión de estas, el puntaje asignado a esta solución es 1.
- Fácil mantenimiento: Facilidad para poder brindar un mantenimiento adecuado, teniendo en cuenta la complejidad del mantenimiento, la facilidad de la operación de cambio de repuestos y de la disponibilidad adquisición de dichos a un precio razonable en el mercado. Ya que la máquina será de uso de comunidades shiringueras, que no necesariamente tienen conocimiento técnico, se debe tener consideración en este aspecto por lo que su peso relativo es 3.
  - Solución 1: La dificultad de quitar pequeños restos de tela de algodón de las sujeciones y de las tuberías, pues estas se dañan si no se tiene un correcto cuidado, podrían generar una mayor dificultad en el mantenimiento por lo cual el puntaje asignado a esta solución es 2.
  - Solución 2: Dado que cada parte de la solución 2 se podrá desmontar para su lavado, en este aspecto la solución tendrá un puntaje de 3.
  - Solución 3: Dado que la solución numero 3 propone un sistema neumático, este podría complicar la facilidad de mantenimiento pues son sistemas que requieren mayor cuidado, por ello el puntaje asignado es 2.
- Uso de energía: Relacionado directamente con la cantidad de componentes que la solución presenta y el consumo eléctrico que estos tendrán, dado que algunas comunidades no tienen acceso a la red eléctrica peruana el consumo eléctrico debe ser el mínimo posible por lo cual el peso relativo de este aspecto es 4.



- Solución 1,2: Al hacer uso solo de motores, sensores y electroválvulas ambas soluciones no generan una gran demanda energética, por lo que su puntaje asignado es de 3.
- Solución 3: Al necesitar un sistema neumático, el gasto energético de la solución 3 es mayor que el de las otras soluciones, por ello el puntaje asignado es de 2.

### **Aspectos técnicos:**

- **Tamaño:** Relacionado con las dimensiones máximas del sistema, este parámetro se relaciona directamente con la ergonomía del operario pues a mayor tamaño de la máquina el operario podría necesitar usar escaleras para poder verter el látex y hacer el mantenimiento. Ya que este aspecto puede ser solucionado de maneras sencillas el peso relativo de este aspecto es 1.
  - Solución 1, 3: por las características propias de los mecanismos que se usan para la producción de látex, estas dos soluciones son compactas por lo cual su puntaje asignado es 3.
  - Solución 2: Al querer entregar el producto en pequeños paquetes y por ello más fáciles de movilizar, la solución 2 usa una noria de bandejas, esto genera unas dimensiones mayores y por ello recibe el puntaje de 1.
- **Productividad:** Si ejecuta los procesos necesarios para obtener el producto final de forma eficiente y eficaz. siendo eficaz el hecho de llegar a obtener una plancha o planchas de caucho y eficiente el que lo haga en un tiempo prudente. Ya que se busca maximizar la producción y minimizar la complejidad de los complejos el peso relativo a este aspecto es 3.

- Solución 1, 2: Dado que la productividad de estas soluciones solo está relacionada directamente con la energía que pueda brindar la comunidad a la máquina su puntaje asignado es de 3.
- Solución 3: Dado que esta solución tiene que tomar en cuenta el estado del sistema neumático y no solo la energía eléctrica que le brinda la comunidad, el puntaje de esta solución es de 2.
- Seguridad: Definido como lo robusto que puede ser el sistema para evitar averías u colisiones durante sus procesos, además, de la protección que brinda al operario. Dado que la máquina trabaja con químicos relativamente ácidos y procesos de gran velocidad el peso de este aspecto es 4.
  - Solución 1, 2: Como la lista de requerimientos indica, la seguridad en las soluciones es primordial, por ello, en las primeras dos soluciones todas las conexiones eléctricas y los mecanismos están posicionados de tal manera que se proteja al operario al no en contacto directo, por lo cual sus puntuaciones son 3.
  - Solución 3: Dado el uso de un sistema neumático y la sensibilidad de este a ambientes abrasivos, ya que la máquina será usada en comunidades selváticas las averías podrían ser más frecuentes por lo cual el puntaje asignado es de 1.
- Sensibilidad al ambiente: Que tan propenso es el sistema de ser afectado por perturbaciones, por ejemplo, que la humedad o la temperatura del medio ambiente dañe partes importantes para el proceso de la máquina o en que el operario pueda generar fallas en el momento de su intervención. Dado que este aspecto está relacionado con la capacidad de la máquina de evitar productos defectuosos el peso relativo de este aspecto es 3.

- Solución 1, 2: Ambas soluciones requerirán del operario para cerciorar que los métodos de tamizado estén correctamente posicionados, en caso de que no, el proceso podría ejecutarse mal o no ejecutarse por lo cual ambas soluciones tienen un puntaje de 2.
- Solución 3: La solución 3 prescinde del chequeo visual del operario en sus métodos de tamizado, además de estar controlado por sistemas neumáticos y control en lazo cerrado, por ello su puntuación es 3.
- Complejidad: Se mide según la cantidad de movimientos, procesamiento, etc. que necesite la solución para cumplir con el objetivo, además de la dificultad de asimilación para los operarios de las comunidades. Dado que se relaciona directamente con la velocidad de producción el peso relativo de este aspecto es 2.
  - Solución 1: Los procesos que componen la solución 1 son similares a los usados de manera rudimentaria en las comunidades por lo cual su puntaje asignado es 3.
  - Solución 2, 3: Ambas soluciones necesitaran de una capacitación para los comuneros, ya que presentan nuevas formas de producción de caucho, como el dispensado neumático o el uso de tamices especiales para el tamizado por lo que ambas tendrán un puntaje de 2.

En la tabla 2.9 y 2.10 se detallan los puntajes asignados y se muestran los promedios de cada solución con respecto al puntaje ideal.

Tabla 2.9.Comparación de aspectos técnicos de los conceptos de solución

Aspectos técnicos		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Ideal	
Nro.	Criterio	G	P	PxG	P	PxG	P	PxG	P	PxG
1	Tamaño	1	3	3	1	1	3	3	4	4
2	Productividad	3	3	9	3	9	2	6	4	12
3	Seguridad	4	3	12	3	12	1	4	4	16
4	Sensibilidad al ambiente	3	2	6	2	6	3	9	4	12
5	Complejidad	2	3	6	2	4	2	4	4	8
Suma				36		32		26	20	52
Promedio				0.692		0.615		0.5	1	1

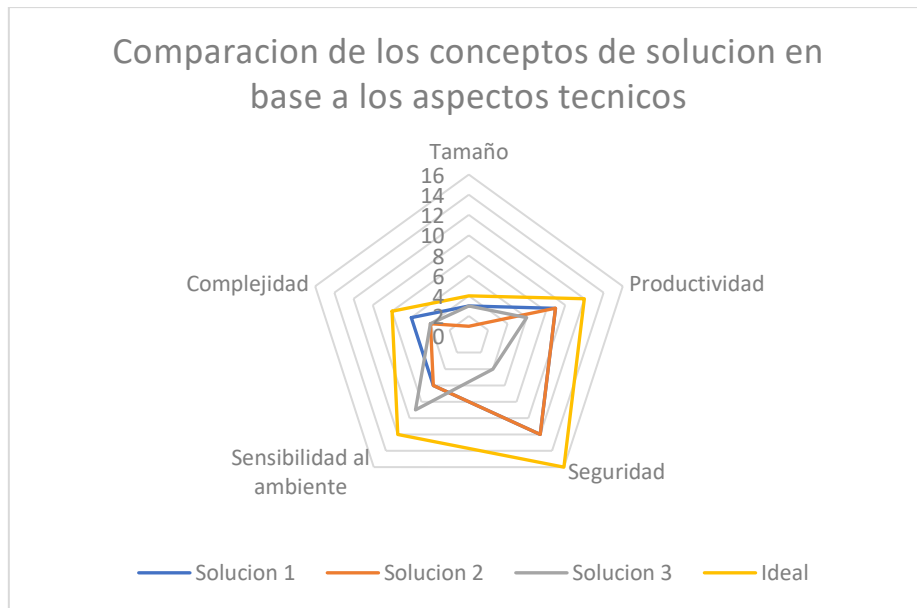
Tabla 2.10.Comparación de aspectos económicos de los conceptos de solución

Aspectos económicos		Solución 1			Solución 2		Solución 3		Ideal	
Nro.	Criterio	G	P	PxG	P	PxG	P	PxG	P	PxG
1	Fácil adquisición de repuestos	3	3	9	3	9	2	6	4	12
2	Menor costo tecnológico	1	3	3	3	3	2	2	4	4
3	Fácil fabricación	3	3	9	2	6	1	3	4	12
4	Fácil mantenimiento	3	2	6	3	9	2	6	4	12
5	Uso de energía	4	3	12	3	12	2	8	4	16
Suma				39		39		25	20	56
Promedio				0.696		0.696		0.446	1	1

### Elección de la alternativa más óptima

Después de realizado el análisis de los criterios técnicos y económicos, la siguiente etapa consiste en realizar apoyos gráficos que faciliten la identificación del sistema más óptimo. Entre estos gráficos tenemos: el grafico radial, donde podremos comparar cada uno de los conceptos de solución con el concepto optimo (figura 2.16 y figura 2.17) y observar con mayor claridad las fortalezas de cada sistema; y la recta de aproximación al sistema optimo (figura 2.18), donde se intersecan los valores finales de los promedios de cada solución y luego se compare la distancia de dichos puntos a la recta ideal, siendo la alternativa más óptima la que tenga la menor distancia a dicha recta.

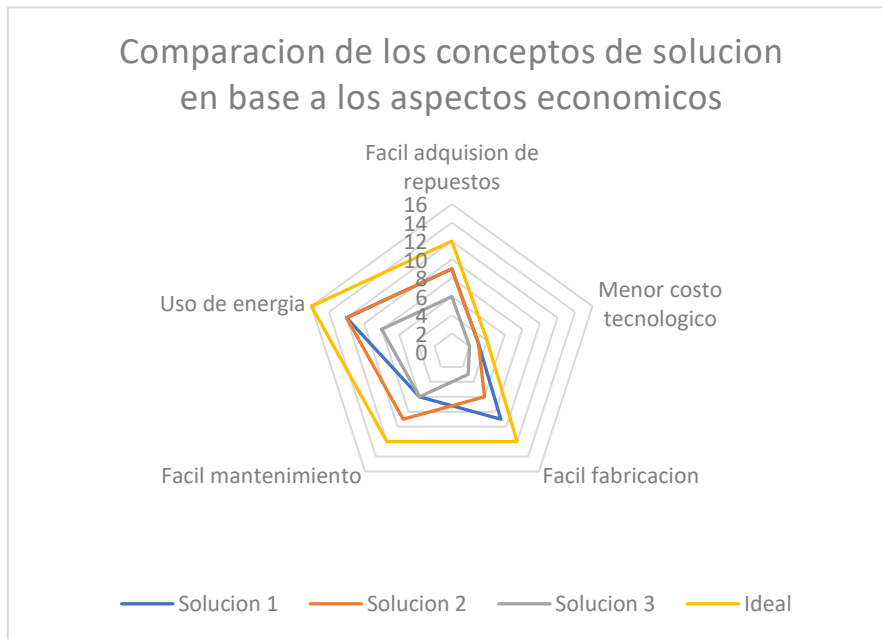
Figura 2.16. Comparación de conceptos de solución en base a aspectos técnicos



Las conclusiones que podemos obtener de la figura 2.16 son:

- La solución ideal da mayor importancia a los criterios de seguridad, uso de energía, es decir valora un sistema de bajo gasto energético y alta seguridad.
- La solución 1 es la que presenta un polígono con similitud al polígono ideal.
- La solución 2 también genera un polígono con similitud al ideal sin embargo presenta deficiencias por su alta complejidad y gran tamaño.
- La solución 3 presenta un polígono con gran discrepancia con el ideal ya que a diferencia de las demás soluciones esta solución usa componentes neumáticos que afectan su seguridad y agregan complejidad.

Figura 2.17. Comparación de conceptos de solución en base a aspectos económicos

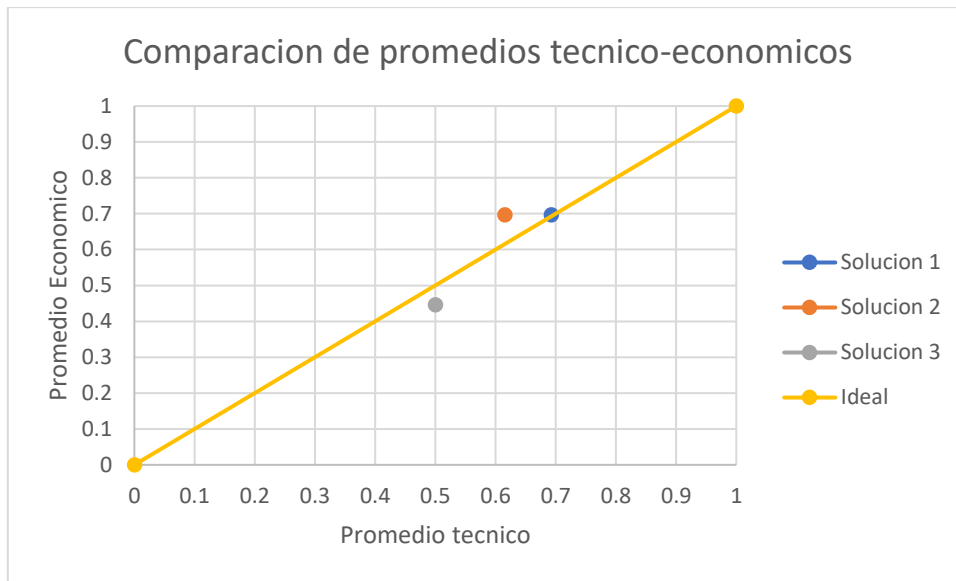


Las conclusiones que podemos obtener de la figura 2.17 son:

- La solución ideal da mayor importancia a los criterios de seguridad, uso de energía, es decir valora un sistema de bajo gasto energético y alta seguridad.
- La solución 1 es la que presenta un polígono parcialmente igual al polígono ideal, pero con una carencia en la facilidad de mantenimiento ya que el uso de telas de algodón para tamizar puede generar problemas a la hora de hacer los cambios como roturas de la tela o mala sujeción.
- La solución 2 es la que presenta un polígono con similitud al polígono ideal con carencias en la fácil fabricación.
- La solución 3 presenta la mayor cantidad de carencias entre las 3 soluciones.



Figura 2.18. Comparación de los promedios técnico-económico de los conceptos de solución



Después del análisis a las figuras, se puede concluir que el concepto de solución 1 es el más óptimo pues presenta la menor distancia al concepto ideal y por la similitud de sus polígonos al polígono ideal.

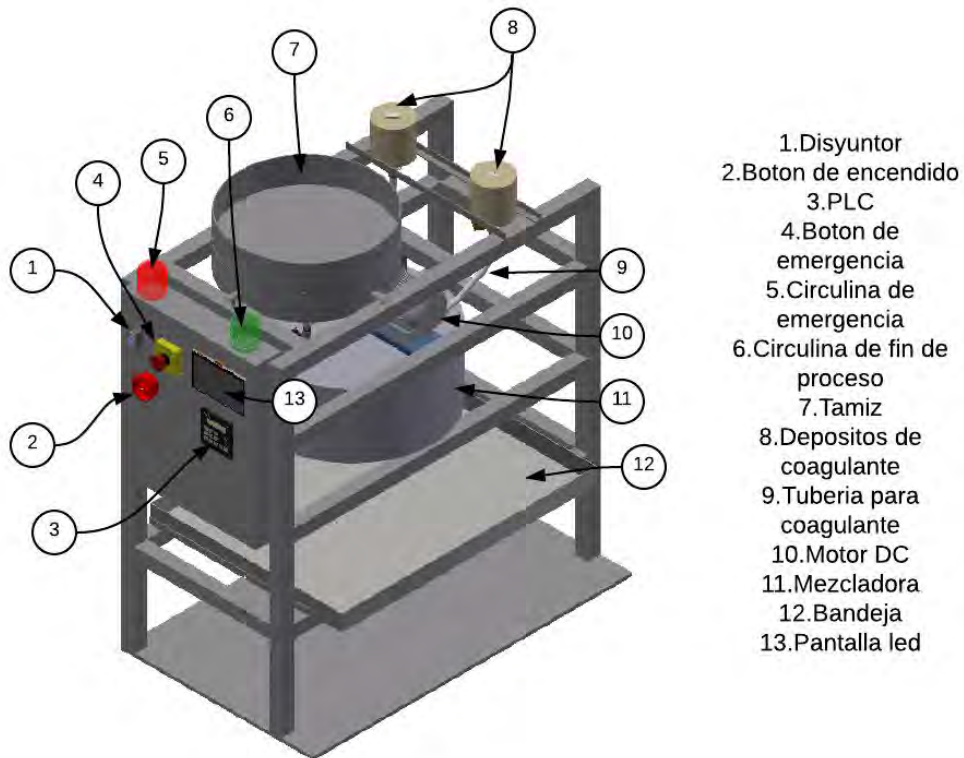
En la figura 2.19 se muestra el modelo 3D preliminar de la solución óptima. Ya que el concepto de solución 1 fue el más cercano al óptimo, este es usado como base para el concepto de solución óptimo, la descripción del concepto de solución óptimo se brinda a continuación:

El proceso comienza cuando el operario energice la máquina al conectarla a una fuente de energía de 220 V a 60 Hz, después debe permitir la energización usando el disyuntor (1) posicionado en el panel de control en la parte frontal. La energía pasa por una fuente conmutada para después ser regulada por step-downs y finalmente alimenta cada uno de los actuadores y sensores de la máquina. La máquina cuenta con un botón de emergencia (4) para desenergizar la máquina en caso de fallas.

Después de energizada y que la máquina no presente ninguna alarma, el operario debería comenzar con el vertido del látex, éste es depositado en un tamiz (7) de 500 mm de diámetro y 16 mm de altura, el cual está posicionado sobre una plataforma vibratoria y luego presionará

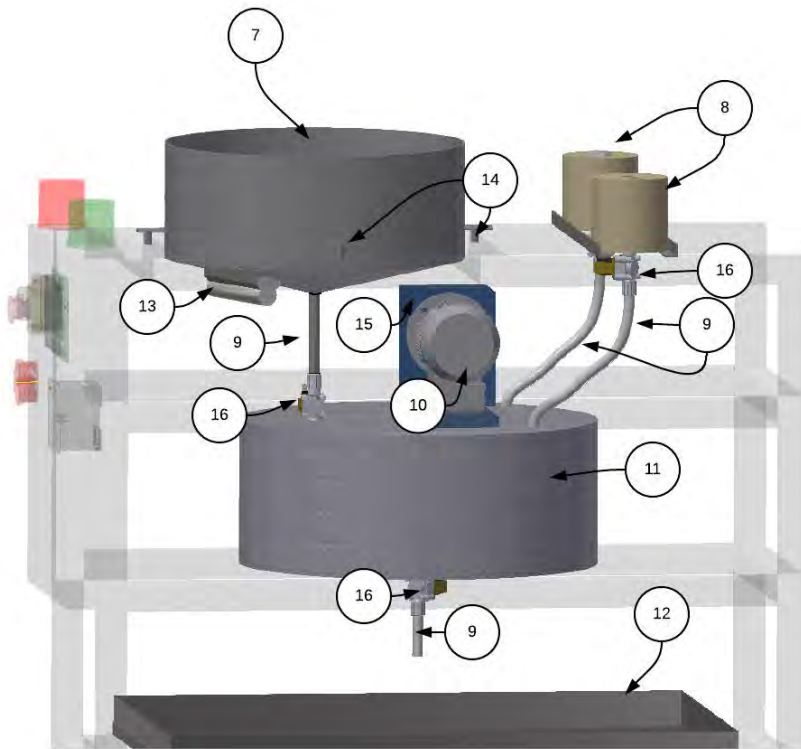
el botón de encendido de la máquina (2). La vibración se genera a través de un sistema de vibración compuestos por un actuador eléctrico (motor vibratorio) y apoyado en resortes para permitir la vibración. Una vez terminado el proceso de tamizado, la electroválvula de la sección de tamizado permite el ingreso del látex a la mezcladora. Seguidamente el sistema de control de la máquina calcula el coagulante necesario que se debe verter en la mezcladora para la coagulación del látex, este es hallado usando un cálculo simple pues la cantidad de coagulante necesario está directamente relacionado con el látex total a procesar a razón de 1 kg de látex necesita 100 ml de coagulante y 1 litro de agua. Este coagulante esta almacenado en tanques para líquidos (8) y vertidos a través de una tubería (9) que tiene una electroválvula para su control. Después de que el coagulante necesario sea vertido en la mezcladora el proceso de mezclado comienza, este proceso es accionado por un motor DC (10) acoplado a una caja reductora para girar las paletas de la mezcladora (11). Después de terminado el proceso de mezclado (15 min). La mezcla es vertida en una bandeja posicionada en la parte inferior de la máquina. Esta está posicionada en una corredera que permite su fácil retirado. El control total de la máquina se hace a través de un PLC (3) y las alarmas y avisos que se presenten en el proceso serán brindados a través de una pantalla led (13) y circulinas (5 y 6).

Figura 2.19. Modelo 3D preliminar



En la figura 2.20 se muestran detalles de la maquina iniciando con el motor vibratorio (13) usado para el tamizado del látex, las electroválvulas usadas para la dosificación de látex, el coagulante y la mezcla (16), así como las tuberías que conectaras los distintos componentes (9). Por último, se muestra la posición del motor DC de la mezcladora (10) y su conexión con la caja reductora (15), la cual permite la transmisión del torque del motor para girar las paletas vibratorias.

Figura 2.20. Detalle de modelo 3D



- 7. Tamiz
- 8. Depositos de coagulante
- 9. Tuberia para coagulante
- 10. Motor DC
- 11. Mezcladora
- 12. Bandeja
- 13. Motor vibratorio
- 14. Soportes del tamizador
- 15. Caja reductora
- 16. Electrovalvulas



### 3. CAPÍTULO 3

#### CONCLUSIONES

- Se identificó los mecanismos y elementos necesarios para la producción de láminas de caucho, esto se logró a través de la recopilación de información sobre los mecanismos usados en las máquinas de producción industrial de láminas de caucho, además, de los procesos artesanales usados de manera histórica por los productores de láminas de caucho.
- Se logró identificar los requerimientos técnicos y económicos pertinentes para la elaboración de la procesadora de látex, además, con las tecnologías del estado del arte se definió la estructura matriz morfológica.
- Combinando los anteriores dos pasos se definieron los procesos necesarios para la producción de láminas de caucho y se logró elaborar los conceptos de solución que podrían cumplir con esos procesos.
- Por último, al evaluar los conceptos de solución se logró definir el concepto óptimo y, con ligeros cambios para mejorar sus características, se logró diseñar el concepto final de una procesadora de látex natural para la producción de láminas de caucho, siendo este el principal objetivo del presente trabajo. La cual cumple con las características técnicas y económicas necesarias para su implementación en comunidades amazónicas, así como una fácil escalabilidad por su diseño, basado en procesos industriales.

## BIBLIOGRAFÍA

¿Qué es un termistor? | OMEGA Engineering. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://es.omega.com/prodinfo/termistores.html>

Alberto, M., Cornejo, V., Mostajo, G. E., Ministro De Agricultura, O., Willian, R., Arteaga, A., Viceministro, D., Agrarias, P., Enrique, J., Carvajal, G., Vetter, J. L., Malleux, R., Directora General, H., Talledo Hernández, P., Helbert, P., Herrera, A., Cuba, V. P., Aponte, E. C., Mendoza, A., ... Fernández, B. (2019). *República Del Perú Servicio Nacional Forestal Y De Fauna Silvestre-Serfor*. <http://www.serfor.gob.pe>

Arian Control & Instrumentation. (2013). Tipos de termocupla. *Arian S.A Santiago de Chile*, 10. <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>

Awajún | BDPI. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://bdpi.cultura.gob.pe/pueblos/awajun>

*catalogo-de-productos-conservados.pdf*. (n.d.).

*Censos 2017: En Madre de Dios viven 141 070 personas – Censos Nacionales 2017*. (n.d.). Retrieved May 8, 2020, from <http://censo2017.inei.gob.pe/censos-2017-en-madre-de-dios-viven-141-070-personas/>

Condori Yajahuanca, E. A. (2015). Guía técnica para el aprovechamiento y comercialización de látex de shiringa de bosques naturales Empresa Comunal Jebe Natural del MAP Tahuamanu, ECOMUSA. *World Wildlife Fund Inc.*, 1, 33. [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/manual\\_shiringa\\_final.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/manual_shiringa_final.pdf)

*DOCUMENTAL LA SHIRINGA por Luis Abanto R - YouTube*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://www.youtube.com/watch?v=mIgzHIVQRXA>

Identificación, S. (n.d.). *Hoja de seguridad Ácido cítrico MSDS*.

Lupaca, M. A. (2019). Tostadora automática para granos de quinua mediante aire caliente.



*Repositorio - PUCP*. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/13620>

Madre, E. N., Perú, D. E. D., Del, D., Torres, C., Leonor, L., & Calderón, M. (2010). *El cultivo de la*. 1–60.

MINAM. (2019). Madre de Dios. *History*, 1–2. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/madre-dios-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>

Nascimento, K. R. do, Pastore Júnior, F., & Peres Júnior, J. B. R. (2015). *Produção De Borracha Fdl E Fsa: Guia De Treinamento*. 28. [https://d3nehc6y19qzo4.cloudfront.net/downloads/guia\\_borracha\\_fdl\\_fsa.pdf](https://d3nehc6y19qzo4.cloudfront.net/downloads/guia_borracha_fdl_fsa.pdf)

PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <http://iinei.inei.gob.pe/microdatos/>

*Produccion de caucho - YouTube*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from [https://www.youtube.com/watch?v=Tgfg-\\_nnzU4](https://www.youtube.com/watch?v=Tgfg-_nnzU4)

*Ribbed Smoked Sheets (RSS) | ALCAN RUBBER UK LTD*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://www.alcanrubber.com/node/20>

*RTD frente a termistores*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://es.omega.com/prodinfo/rtd-vs-thermistores.html>

*SERFOR ayuda a 136 familias awajún y wampis en comercialización de recurso natural | Sociedad - La República*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://larepublica.pe/sociedad/2019/06/29/serfor-ayuda-a-136-familias-awajun-y-wampis-en-comercializacion-de-recurso-natural/>

*Wampis | BDPI*. (n.d.). Retrieved May 9, 2020, from <https://bdpi.cultura.gob.pe/pueblos/wampis>

## Anexos

MOVERLO A SU LUGAR DE ORIGEN

### Anexo 1: Lista de requerimientos

A continuación, en la tabla 1.1 y 1.2 se indican los requerimientos necesarios que tiene la procesadora de látex natural, de la misma forma se clasifican estos requerimientos en dos clases

E: Exigencia y D: Deseo.

Tabla 1.1: Tabla de requerimientos

<b>LISTA DE REQUERIMIENTOS</b>		Página 1
<b>Tipo</b>	<b>D / E</b>	<b>Requerimiento</b>
FUNCIÓN PRINCIPAL	E	Producir láminas de caucho a partir de látex natural con capacidad de procesamiento máximo de 30 kg por lote.
GEOMETRIA	D	La máquina cuenta con módulos de tamizado y coagulado, que ocuparan un volumen no mayor a 2 metros de largo, 1.5 metros de ancho y 1.5 metros de alto
CINEMATICA	E	La máquina realizará movimientos rotacionales en los procesos de tamizado y coagulado, y lineales para el desplazamiento de la materia y los procesos de laminado.
	E	La máquina no deberá desplazarse mientras esté en funcionamiento.
FUERZAS	E	La máquina deber ejercer una fuerza de batido necesaria para poder mezclar el coagulante con el látex tamizado.
ENERGIA ENTRANTE	E	Energía eléctrica monofásica 220 VAC a 60Hz.
ENERGIA SALIENTE	E	Energía acústica en forma de alarmas y avisos.
	E	Energía lumínica para los indicadores.
MATERIA ENTRANTE	E	Látex natural del árbol de Shiringa con un tiempo no mayor a 8 horas de extracción.
	E	Coagulante
MATERIA SALIENTE	E	Láminas de caucho
	E	Desechos producto de los procesos
MATERIAL	E	El material de fabricación debe ser resistente a la corrosión y a la vibración.
SEÑALES ENTRANTES	E	Señal de encendido/Apagado
	E	Señal de inicio de proceso
	E	Señal de parada de emergencia
SEÑALES SALIENTES	E	Señal del estado del proceso
	E	Señal de alarma acústica y visual

	E	Señal de fin de proceso
--	---	-------------------------

Tabla 2: Tabla de requerimientos

LISTA DE REQUERIMIENTOS		Página 2
Tipo	D / E	Requerimiento
CONTROL	E	Control de las velocidades de tamizado.
	E	Control de cantidades de los coagulantes agregados a la mezcla
	E	Control de la velocidad de batido en la coagulación.
ELECTRONICA	E	Los procesos tendrán sensores de velocidad, presencia y peso pues estas son las variables que se necesitan controlar en todos los procesos. También se tendrá un controlador del proceso y circuitos electrónicos de potencia para manejar los actuadores.
SOFTWARE	E	El sistema se desarrollará con un software libre
COMUNICACION	E	Las señales transmitidas y recibidas por los sensores y actuadores serán mediante cables empleando protocolos de comunicación estándar.
SEGURIDAD	E	El diseño debe facilitar el cumplimiento de la ley No. 29789 referente a la seguridad y salud en el trabajo como es el redondeo de bordes, señales de seguridad, parada de emergencia y la correcta señalización del equipo requerido.
ERGONOMIA	E	El diseño cumplirá con la ley norma básica de ergonomía peruana (N.º 375-2008-TR), evitando cualquier carga mayor a los 15 kg, además, las superficies de trabajo estarán en un plano pertinente para la fácil manipulación y se facilitara la identificación de los procesos a los operarios.
FABRICACION	D	Los procesos de fabricación de las partes que componen la máquina deberán poder ser realizadas en talleres locales.
MONTAJE	E	Se requerirá un anclaje al suelo, además se emplearán uniones atornilladas para unir los distintos módulos de la máquina.
TRANSPORTE	D	Para su transporte requiere ser desmontada en módulos de no más de 80 kg cada uno para poder ser movilizadas por 4 operarios hacia un vehículo de carga
USO	E	La máquina será usada en ambientes con un rango de humedad: entre 78 a 80%, rango de temperatura: entre 16 a 33 °C y altitud máxima de 500 m.s.n.m.
MANTENIMIENTO	E	Las piezas de mayor desgaste deberán ser de fácil adquisición en el mercado local.
	D	El diseño debe permitir el fácil acceso a los procesos de mantenimiento.

COSTOS	D	El diseño no deberá superar un costo de S/10320.
PLAZOS	E	El proyecto se desarrollará en 8 meses calendario con una fecha de cierre para el 01 de diciembre de 2020.

## Anexo 2: Matriz morfológica tabla

A continuación, se presenta la matriz morfológica explicada, la cual contendrá por cada función al menos 3 propuestas con una imagen respectiva que hace referencia a los mecanismos o soluciones que se plantean usar para cumplir esa función.








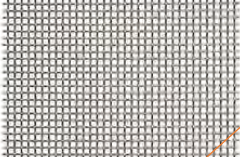

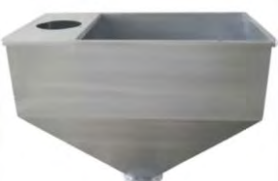


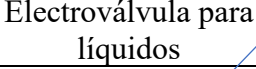

Solución 1	Solución 2	Solución 3
		

Tabla 2.1: Solución del subsistema de materia

Función	Portador de solución		
	1	2	3
Recepcionar latex natural	Depósito de almacenamiento 	Tanque para líquidos 	Manual 
Tamizar látex	Tamiz 	Tela metálica 	Tela de algodón intercambiable 
Recepcionar coagulante	Depósito de almacenamiento 	Tanque para líquidos 	Manual 
Dosificar coagulante	Electroválvula para líquidos 	Dosificador Neumático 	

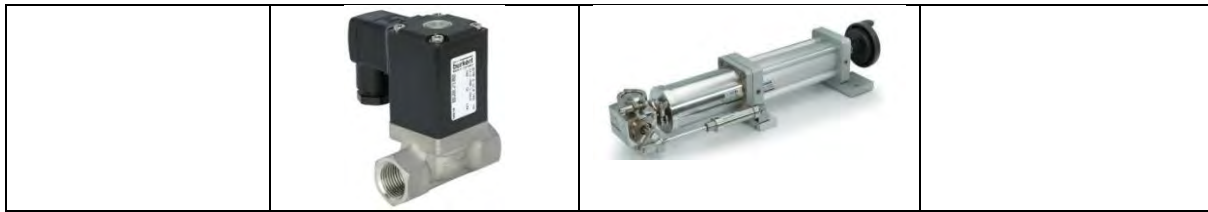









Tabla 2.2: Solución del subsistema de materia

Función	Portador de solución		
	1	2	3
Mezclar el látex con el coagulante	Mezcladora vertical de rastrillos 	Mezcladora horizontal helicoidal 	
Dosificar mezcla	Electroválvula para líquidos 	Dosificador Neumático 	
Recibir mezcla para la coagulación	Noria de bandejas 	Transportador de bandejas 	Bandeja 




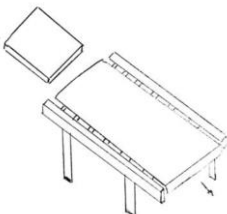








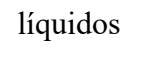

Dispensar planchas de caucho	Rodillos 	Faja 	Manual 
------------------------------	---	--	---

Tabla 2.3: Solución del subsistema de actuación

Función	Portador de solución		
	1	2	3
Accionar mecanismo de tamizado	Motor DC 	Motor AC 	Motor de vibración 
Accionar el mecanismo de dosificación del coagulante	Electroválvula para líquidos 	Dosificador Neumático 	
Accionar mecanismo de mezclado	Motor DC 	Motor AC 	
Accionar el mecanismo de	Electroválvula para líquidos 	Dosificador Neumático 	





dosificación del coagulante			
--------------------------------	---	--	--



Tabla 2.4: Solución del subsistema de energía



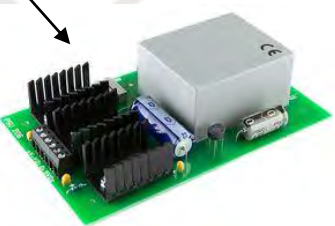

Función	Portador de solución	
	1	2
Permitir suministro de energía	Interruptor rotativo 	Disyuntor 
Energizar el sistema	Fuente conmutada 	Fuente lineal 
Acondicionar la energía para el sistema de actuadores	Regulador de voltaje 	
Acondicionar la energía para la interfaz		
Acondicionar la energía para el sistema de control		
Acondicionar la energía para el sistema de medición		

Tabla 2.5: Solución del subsistema de medición



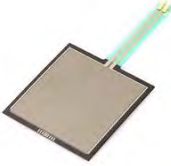
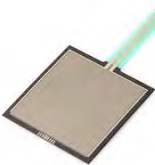
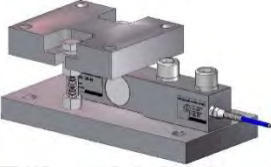














Función	Portador de solución		
	1	2	3
Registrar cantidad de látex	Sensor de nivel ultrasonico 	Sensor de nivel capacitivo 	Sensor de peso 
Registrar cantidad de coagulante			
Sensar peso total de mezcla	Sensor de peso 	Celda de carga 	Sensor de nivel ultrasonico 
Sensar velocidad de mezclado	Encoder 	Tacometro en el eje 	
Sensar presencia de coagulados	Sensor capacitvo 	Sensor inductivo 	Sensor fotoeléctrico difuso 

Tabla 2.6: Solución del subsistema de interacción con el usuario y control

Función		Portador de solución		
		1	2	3
Recibir información		Panel de control 	HMI 	Panel de control 
Mostrar información				Bocina + Panel de leds  
SOFTWARE	Controlar variables	PLC 	Sistema embebido 	PID industrial 
	Controlar y supervisar la secuencia de procesos.	Algoritmos		
SOFTWARE	Controlar la velocidad de tamizado.	Lazo abierto	Redes neuronales	PID
	Controlar el vertido de coagulante.			
	Controlar la velocidad de mezclado.			
	Controlar el dosificado de la mezcla.			