



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE
PULPA DE PAPEL EN MÁQUINA MOLDEADORA HUHTAMAKI LEO 1500 PARA LA
FABRICACIÓN DE BANDEJAS DE ALIMENTOS EN LA EMPRESA GUAMOLSA**

Carlos Giovanni Hernández Martínez

Asesorado por Msc. Ing. Angel Enrique López Flores

Guatemala, marzo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE
PULPA DE PAPEL EN MÁQUINA MOLDEADORA HUHTAMAKI LEO 1500 PARA LA
FABRICACIÓN DE BANDEJAS DE ALIMENTOS EN LA EMPRESA GUAMOLSA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS GIOVANNI HERNÁNDEZ MARTINEZ
ASESORADO POR EL MSC. ING. ANGEL ENRIQUE LÓPEZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE PULPA DE PAPEL EN MÁQUINA MOLDEADORA HUHTAMAKI LEO 1500 PARA LA FABRICACIÓN DE BANDEJAS DE ALIMENTOS EN LA EMPRESA GUAMOLSA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 22 de febrero de 2013.



Carlos Giovanni Hernández Martínez



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MIMPP-0004-2013

Guatemala, 22 de febrero de 2013.

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánico Industrial
Presente.

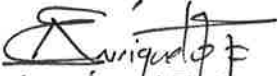
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Carlos Giovanni Hernández Martínez** con carné número **2002-16468**, quien optó la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Ingeniería Mantenimiento**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

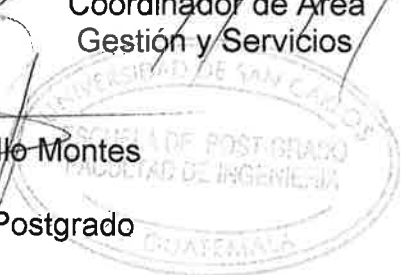
“Id y enseñad a todos”


Msc. Ing. Ángel Enrique López Flores
Asesor (a)


César Akú Castillo Msc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,973
Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado

Ángel Enrique López Flores
Ingeniero Mecánico Electrónico
Teléfono 2418-9142




Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.066.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE PULPA DE PAPEL EN MÁQUINA MOLDEADORA HUHTAMAKI LEO 1500 PARA LA FABRICACIÓN DE BANDEJAS DE ALIMENTOS EN LA EMPRESA GUAMOLSA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Giovanni Hernández Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA AUTOMATIZACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DE PULPA DE PAPEL EN MÁQUINA MOLDEADORA HUHTAMAKI LEO 1500 PARA LA FABRICACIÓN DE BANDEJAS DE ALIMENTOS EN LA EMPRESA GUAMOLSA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Giovanni Hernández Martínez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la oportunidad de vivir, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, permitirme salud y fuerzas para seguir adelante y no desmayar, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Mis padres

Manuel Hernández (q.e.p.d.) y Francisca Martínez (q.e.p.d.) Gracias por haberme dado todo en la vida, lo que tengo y lo que soy se lo debo a ellos, soy el reflejo de sus enseñanzas y orientaciones. Gracias por todo ese sacrificio que hicieron, este triunfo es reflejo de la calidad de padres ejemplares, gracias por haberme guiado de esa manera, el triunfo más que ser mío es un triunfo suyo.

Mi esposa

Marianela Artiga, por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales. Gracias por su amor comprensión al estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo.

Mis hijos

Jean Carlos, Karla Gimena y Ayleen Evangelina por ser ángeles en mi vida y la hermosa luz que ilumina todos mis días.

Mis hermanos

Víctor y Eugenia, que mi esfuerzo y triunfo sea un ejemplo para que ellos puedan cumplir con sus metas, gracias por haber ayudado a moldear mi forma de ser y por haber estado en cada momento de mi vida.

Mis abuelos

En especial Margarita, por ser una segunda madre por quererme y apoyarme siempre.

Mis sobrinos

Para que vean en mí un ejemplo a seguir.

Mis tíos y primos

Por su apoyo, ejemplo y consejos.

Mis amigos

A quienes de una u otra manera han incidido positivamente en mi formación académica, con sus palabras de apoyo y ayuda desinteresada durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser fuente de conocimiento y permitirme hacer realidad este sueño.
Facultad de Ingeniería	Por la formación académica y profesional que me brindo.
Mi asesor	Por su colaboración para realizar el presente trabajo.
Guatemala de Moldeados S.A.	Por permitirme realizar en sus instalaciones mi trabajo de graduación y en especial al personal del departamento de mantenimiento.
Centro de Formación Técnico Profesional San Juan Bosco	Por las grandes oportunidades de trabajar, estudiar y permitirme acercarme a este gran triunfo.

7.2.	Moldeo de pulpa de papel.....	22
7.2.1.	Moldeadora Huhtamaki Leotech 1500.....	22
7.2.1.1.	Método de moldeo.....	23
7.2.1.2.	Moldeo por succión	23
7.2.2.	Moldeo.....	24
7.2.3.	Componentes de la moldeadora	26
7.3.	Operación de secado	27
7.3.1.	Horno secador.....	27
7.3.2.	Operación del horno secador	27
7.4.	Embalaje y almacenaje	28
7.4.1.	Apilado del producto.....	29
7.4.2.	Almacenamiento de producto terminado.....	30
7.5.	Funcionamiento actual del control de proceso	30
7.5.1.	Variables de proceso.....	31
7.5.1.1.	Velocidad de máquina.....	31
7.5.1.2.	Temperatura del secador	32
7.5.1.3.	Consistencia de trabajo y consistencia de cuba.....	32
7.5.1.4.	Consistencia.....	32
7.5.1.5.	Drenaje.....	32
7.5.1.6.	Ph (potencial de hidrógeno)	32
7.5.1.7.	Formulación y peso por <i>batch</i>	33
7.6.	Diseño del sistema para la automatización del proceso.....	33
8.	CONTENIDO	35
9.	RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS.....	39
10.	FUENTE DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS	43

11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	45
12.	METODOLOGÍA.....	47
13.	BIBLIOGRAFÍA	51
14.	ANEXOS	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Impeler de pulper	17
2.	Esquema de un pulper	18
3.	Tamiz o criba (comer).....	19
4.	HD Cleaner (limpiador centrifugo)	21
5.	Esquema del moldeo por inyección presurizada	23
6.	Moldeo por succión	24
7.	Productos en pulpa de papel.....	25
8.	Separadores para huevos en pulpa de papel.....	26
9.	Horno secador.....	28
10.	Compactador vertical	29
11.	Almacenamiento de producto terminado.....	30
12.	Sistema controlador de consistencia.....	34

TABLAS

I.	Presupuesto	39
----	-------------------	----

GLOSARIO

Aditivo	Grupo de sustancias químicas específicas que se agregan durante el procesamiento, su objetivo principal es modificar el comportamiento u otorgar propiedades beneficiosas a la pulpa de papel.
Bandejas de pulpa moldeada	Son unos de los envases tradicionales para envasar huevos, y también para el ordenamiento de la fruta dentro de cajas y anaqueles. Se usan también como componentes de confinamiento o amortiguación interior.
Batido	Es el más antiguo de los procesos de preparación de la pasta y consiste en mezclar al mismo tiempo, en suspensión acuosa, los diferentes materiales y en impartirles, mediante una acción mecánica, las propiedades que determinan las características del producto final.
Consistencia	Por consistencia se entiende el porcentaje, en peso, de fibra en cualquier combinación de fibra y agua. Puede expresarse en términos de porcentaje sobre fibra seca a la estufa o seca al aire.

Embalar	Colocar envases primarios, secundarios y productos sueltos en un recipiente grande; integrar una unidad de carga con el propósito de almacenarlos y transportarlos.
Empaque	Nombre genérico que en ocasiones se usa para describir la industria y el comercio de los envases y embalajes, material de amortiguamiento.
Estibar	Apilar contenedores o cajas, uno sobre otro.
Etiqueta	Pieza de papel, película u hoja de aluminio que se fija a un envase o embalaje. Generalmente contiene diseños gráficos e información impresa relativa al producto.
Mezcla de materiales	La pulpa es la mezcla, en determinadas proporciones, de materiales fibrosos y de otro tipo que se están acondicionando o preparando para la máquina de papel.
<i>Pallets</i>	Son configuraciones estructurales planas en madera para altas cargas, de 200 a 1500 kilogramos aproximadamente, cuya función fundamental es servir de base para la manipulación, transporte y apilamiento de cargas.

Permeabilidad	Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado.
pH	Una expresión de la intensidad de las condiciones alcalinas o ácidas de un líquido. Puede variar entre 0 y 14, en donde 0 es lo más ácido y 7 es neutral. Cuerpos de agua naturales normalmente tienen un pH entre 6,5 y 8,5.
Precipitación	Remoción de sólidos peligrosos en desperdicios líquidos para permitir su eliminación segura.
Pulpa	Es el material fibroso preparado y listo para el proceso de preparación de la pulpa o pasta de papel.
Refinación	Es también un proceso mecánico al cual se sujetan las fibras, algunas veces después del batido, o a veces independientemente de él.
Tarima	Plataforma móvil de madera, plástico, metal o cartón reforzado, utilizada para facilitar el manejo de mercancías y embalajes (con el apoyo de un montacargas), así como para integrar cargas unitarias con el fin de almacenarlas o transportarlas.

RESUMEN

La empresa Guatemala de Moldeados ubicada en el kilómetro 74 autopista Puerto Quetzal, Masagua Escuintla, inicia operaciones en el 2002 para asegurar el abastecimiento de productos en pulpa de papel a los avicultores nacionales quienes importaban sus productos a precios elevados y dificultades logísticas.

La primera línea de producción con la que inicio Guamolsa, fue con la moldeadora Huhtamaki Leo 1500, diseñada por el fabricante con operación manual, conforme el tiempo aumento la demanda de los productos en pulpa moldeada creando la necesidad de mejorar la producción y buscar mejorar la eficiencia de la línea de producción de la moldeadora Huhtamaki Leo 1500, para controlar las variables dentro del proceso y garantizar la uniformidad del peso del producto y características físicas.

La automatización que se incorpora en la línea de producción conduce a procesos productivos de alto nivel y confiabilidad fundamentada en calidad, costo y tiempo de entrega de los productos, manteniendo la disponibilidad y confiabilidad de los equipos garantizando y aumentando la eficiencia global de producción.

En la industria de procesos de pulpa moldeada, la calidad de los productos es fundamental para su aceptación por parte del consumidor y competir en un mercado más exigente, la automatización de los procesos tiene un papel importante en el control de las variables de proceso, dando como resultado una estandarización en la calidad de los productos.

En el presente trabajo se desarrolló el diseño y la implementación de la automatización para la moldeadora Huhtamaki Leo 1500 efectiva y confiable, centralizando los controles en pantalla táctil, considerando las variables en la consistencia de pulpa moldeada que es la base y que afecta a todo el proceso, con este desarrollo se podrá obtener un proceso continuo y eficiente.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla dentro de las líneas de investigación de la Maestría en Mantenimiento, Escuela de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el área de automatización en la subdivisión de PLC's y control de variables, describiendo la bases fundamentales para la realización de la automatización de la alimentación de pulpa de papel, nivel de cuba, alimentación y recirculación de agua, en moldeadora Huhtamaki Leo 1500.

Este modelo de moldeadora fue diseñada para operar la alimentación de pulpa de papel con un control muy rudimentario que a través de válvulas manuales los operarios manipulan en base a su criterio y experiencia en busca de mantener la mezcla de agua y pulpa en 1% de consistencia que es el punto óptimo para la fabricación de bandejas de alimentos, lo cual genera variación de peso y defectos en el proceso y reducción en el estándar de la calidad del producto terminado.

El motor de impulsa y motiva a los directivos a invertir en la automatización que se desarrollara en el proceso de fabricación de bandejas en moldeadora Leo 1500 para asegurar la calidad de los productos y mantener la empresa en los niveles adecuados de competencia, manteniendo un estándar de operación, obliga a tomar acciones encaminadas a buscar la automatización en la alimentación de mezcla por medio de pantalla táctil, PLC's que gobiernan los lazos de control que comandan el funcionamiento de servo válvulas para mantener por medio de un controlador y un transductor de presión más confiable y eficiente el control de la apertura de alimentación de agua y pulpa

garantizando los parámetros establecidos, la consistencia requerida y un nivel de tanque de almacenamiento constante.

Se espera obtener un incremento en la eficiencia de producción de la moldeadora generada por la automatización con lo cual el tiempo de retorno de la inversión se tendrá en un menor tiempo, incrementando la seguridad del proceso, la reducción de tiempos perdidos y reducción de costos por reprocesos.

También permitirá al personal operar los equipos en forma manual, automática y grafica donde podrá asustar las variables de proceso: velocidad, consistencia y niveles, mejorando el entorno de su puesto de trabajo.

En el primer capítulo se describe el proceso para la elaboración de bandejas de alimentos en pulpa de papel, la maquinaria y equipos.

En el segundo capítulo se describe el funcionamiento del actual proceso y se definen las variables del proceso que fueron tomadas en cuenta.

En el tercer capítulo se describe todos los componentes y equipos necesarios en la automatización del proceso de pulpa moldeada.

En el cuarto capítulos describen los sistemas de control según su tecnología utilizadas para la automatización y algunos elementos como válvulas, actuadores, sensores, y servomotores.

En el capítulo cinco se describen los sistemas de control, el control lógico programable que es la base en la automatización de procesos, también la explicación de los lenguajes de programación.

En el capítulo seis se detallan las conclusiones del desarrollo de la automatización, las recomendaciones de la propuesta desarrollada.

2. ANTECEDENTES

La empresa Huhtamaki lleva el nombre del fundador Sr. Heikki Huhtamaki que en 1920 se estableció en el Kokkola Finlandia occidental, iniciando a fabricar máquinas moldeadoras en 1960 con el nombre de Polarpak consolidándose en 1970 como empresa líder en Europa, fue cambiado el nombre en 1986 por Polarcup. En 1988 fijo el objetivo estratégico de convertirse en líder en la fabricación de procesos de moldeo en fibra de papel con la fabricación de moldeadoras Leotech.

Estas máquinas son fabricadas contra pedido y actualmente fabrican los modelos de moldeadoras Leotech 2000 y 3000 las cuales son de mayor velocidad de producción, con mayor tecnología y más eficientes, una de las plantas que cuenta con el mayor número de moldeadoras Leo 1500 es la empresa turca Dentas Kagit que también tiene operaciones en Croacia, se desconoce el dato de moldeadoras en este país con las cuales producen diversos productos en pulpa moldeada en las condiciones de fabricación y operación original. El dato exacto de fabricación de moldeadoras Leo 1500 alrededor del mundo son aproximadamente unas 1 200 de las cuales no se tiene referencia de velocidad en golpes por minuto y automatización.

Actualmente Guatemala de Moldeados S.A. , cuenta con 3 líneas de producción marca Huhtamaki, para el moldeo de pulpa donde la línea de producción de moldeadora Leo 1500 es la única que cuenta con controles de proceso manual y la de menor capacidad de producción, donde las variables de proceso no son medidos eficientemente y depende de la experiencia y criterio de los de los operarios variando la calidad de los productos al no tener controles

automatizados que ajusten la consistencia de la pulpa de papel restándole eficiencia y productividad.

Considerando y analizando la velocidad actual de 36 golpes por minuto con la que se trababa esta máquina diseñada para trabajar a 30 golpes por minuto y comparando tecnología y funcionamiento con modelo de moldeadoras Leo 2000 con mayor eficiencia, se puede automatizar el proceso actual de moldeadora Leo 500 realizando otras modificaciones y adaptación de equipos más modernos, mejorando la tecnología del diseño de moldeadoras Leo 2000 en el proceso de moldeo de Leo 1500.

La preparación de la pulpa es total mente automática con control de nivel y consistencia de 4% se diluye al 1% (M. van Bussel Manual de máquinas de moldeo Leotech 2000).

3. OBJETIVOS

General

Diseñar e implementar la automatización en la alimentación de pulpa de papel en máquina moldeadora Huhtamaki Leo 1500 para la fabricación de bandejas de alimentos, garantizar la consistencia al 1% en tanque de almacenamiento, el nivel de cuba en el proceso y mejorar la calidad del producto terminado.

Específicos

1. Diseñar el control de nivel y modificación de cuba de moldeadora.
2. Centralizar el arranque, operación, control y ajuste de los equipos de la moldeadora en pantalla táctil.
3. Garantizar la estabilidad de las variables de proceso por medio de supervisión y ajuste en pantalla táctil.
4. Automatizar la alimentación de pulpa de papel al 1% de consistencia en tanque de almacenamiento y nivel de cuba en moldeadora Leo 1500.
5. Diseñar y configurar el programa de PLC's maestro esclavo y lazos de control automático de las variables de proceso.

4. JUSTIFICACIÓN

Los procesos industriales abarcan desde labores totalmente manuales, pasando por los sistemas hombre-máquina hasta los sistemas automatizados donde la mano de obra consiste en ejercer control de proceso mejorando las condiciones de trabajo del operario facilitando la labor de supervisión y ajuste de las variables que intervienen en el proceso.

Otra premisa importante es la calidad que deben cumplir los productos exigidos por empresas certificadas donde actualmente se vende el producto a nivel nacional y centroamericano, esto ha generado que la empresa busque la mejora de la alimentación de la pulpa de papel para controlar y mantener la consistencia al 1% a través de la automatización en moldeadora Huhtamaki Leo 1500.

En el proceso de pulpa moldeada es fundamental mantener constante los parámetros de consistencia al 1%, temperatura, caudal, flujo, nivel, velocidad y otros, que mediante la automatización se mantiene en otros modelo de moldeadoras Huhtamaki.

Una de las preguntas claves que realiza el empresario al proponérsele un proyecto de automatización es si ese proyecto logrará resolver el o los problemas para los cuales se diseñó o si incrementará las ganancias de la empresa.

La automatización que se propone en la alimentación de pulpa de papel conduce a procesos productivos de alto nivel, confiabilidad, calidad, manteniendo y garantizando la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, aumentando la eficiencia global de producción y reducción de costos por reprocesos, mejorar los objetivos de la empresa.

Teniendo en cuenta la situación actual de la moldeadora Huhtamaki Leo 1500 se deben resolver los problemas por la variación de proceso, estableciendo los objetivos claros realistas y cuantificables para que el proyecto tenga éxito y esto se determinará por el grado de cumplimiento de los mismos.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño original de la alimentación de pulpa de papel en moldeadora Huhtamaki Leo 1500 no permite una estabilización eficiente y rápida con el modelo del controlador de consistencia en la mezcla de agua y pulpa de papel al 1% con una velocidad de producción mayor a 30 golpes por minuto.

El control de presión y caudal de la mezcla se realiza de forma manual por medio de válvulas de cuchilla, dos para la pulpa de papel y una para el agua que diluye la consistencia de 4% a 1% en el tanque de almacenamiento.

La mezcla de agua y pulpa de papel pasa por un mezclador cilíndrico colocado en la tubería antes de entrar en el tanque de mezcla, donde está colocado al centro el tubo de burbuja que es alimentado por aire comprimido en el extremo superior que convierte la salida por diferencial de presión en una señal eléctrica en el *display* del controlador indicando la consistencia

El tubo de burbuja debe estar por encima del fondo 5 milímetros y 8 milímetros bajo la superficie del agua, estos valores dependerán de las condiciones de la pulpa de papel y la composición química del agua, toda variación en este punto del proceso no garantiza la consistencia al 1% hacia la cuba de la moldeadora donde no se tiene ningún instrumento para medir el nivel, esta actividad se realiza de forma manual y a criterio del operario.

Al rebalsar la cuba el operario abre una válvula para recircular la pulpa de papel hacia el tanque de almacenamiento también afectando la consistencia en el tanque.

La operación manual en el nivel de tanque, cuba y control de consistencia de la moldeadora genera dificultad en la estabilización del proceso aumentando la merma por variación de peso, costo de los productos por reproceso, generando disminución en los estándares de calidad del producto terminado, dificultando aumentar la velocidad de la moldeadora.

A raíz del análisis actual de las condiciones operativas surgen las siguientes preguntas:

- ¿De qué forma se puede disminuir los tiempos de arranque, la estabilización del proceso y el reproceso de merma húmeda?
- ¿Qué modificaciones y cambios se deben realizar para estructurar la automatización de la moldeadora?
- ¿Cómo controlar y ajustar las variables de proceso de forma centralizada por medio de la automatización?
- ¿Cómo lograr una mezcla de agua y pulpa para garantizar una dilución de consistencia al 1%?
- ¿De qué forma se puede lograr aumentar la eficiencia de producción en la moldeadora?

6. ALCANCES

Los alcances del presente trabajo están enfocados específicamente a la línea de producción de moldeadora Huhtamaki Leo 1500 de la empresa Guamolsa.

- Se determinará la viabilidad de la automatización propuesta, su rentabilidad, sus ventajas y su monto de inversión.
- Se definirá un plan de trabajo para realización de la implementación en tiempo y forma.
- Por política de la empresa, la revelación de algunas cifras y cierta información que consideran importantes de resguardar, no se mencionarán en este protocolo.
- Como referencia de automatización y control de variables de procesos a personas interesadas en aplicar la información.

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

7.1. Descripción del proceso para elaboración de bandejas en pulpa de papel

Los procesos de producción de pulpa de papel son mecánicas, se transporta por tubería directamente a las máquinas moldeadoras y requiere un único tratamiento químico para la eliminación de la tinta del periódico y otros tipos de papel, la mayoría es reciclado y se reduce a pulpa mecánicamente pasando por el área de preparación de pulpa, sistema de limpieza, moldeado y secado.

Este proceso de desfibrado consiste en separar las fibras de los distintos materiales y mantenerlas en suspensión en agua, de acuerdo a la formulación de papel estandarizada con una distribución en peso de 50% fibras largas y cortas.

7.1.1. Preparación de pulpa de papel

El proceso inicia con la colocación en la banda transportadora de las cantidades necesarias de cada tipo de fibra hasta llegar a un peso de 340 kilogramos mientras el operador y el ayudante hacen esto el pulper o desfibrador de baja consistencia, está siendo llenado con 5 metros cúbicos de agua a 55°C al llegar a su nivel, se activa la banda transportadora la cual descarga los 340 kilogramos de fibra en el pulper y comienza el proceso de agitación (desfibrado) en este momento el ayudante vierte de manera manual 30 kilogramos de carbonato de calcio a la mezcla.

El desfibrado es realizado por el efecto agitador que genera el impeler de la parte inferior del pulper sumado al efecto de los deflectores que se encuentran dentro del tanque y la modificación interna a pulper tipo "D" y la temperatura del agua en que se disolvió la fibra. Una vez finalizado el proceso del desfibrado el producto es trasegado al tanque Dump Chest a través de la bomba PMP-01, el cual tiene un nivel máximo de 10 metros cúbicos, luego de esto de acuerdo al requerimiento del tanque 4% se comienza el proceso de limpieza para poder llenar este tanque, en este momento se activa la limpieza para ello la bomba PMP-02 comienza el trasiego de la pulpa hacia el HD-Cleaner, este dispositivo separa los materiales sólidos extraños por efecto de un torbellino formado por la diferencia de presiones con que ingresan el agua y la pulpa de papel a este equipo, lo cual hace que se separen las materias sólidas más pesadas y precipiten al fondo de este equipo, de acá el producto es enviado al Comer.

Este equipo hace otro tamizaje de la pasta al hacer que un impeler produzca fuerza centrífuga y con la ayuda de una canasta filtro que posee orificios de 3 milímetros, pueda filtrar aun más las impurezas de acá el producto sucio del filtrado es enviado a la zaranda vibratoria la cual a través de agua y vibración retira los últimos residuos grandes a la pulpa y el producto limpio lo vuelve a ingresar al HD Cleaner, mientras que el producto limpio del comer es trasegado al tanque del 4%. Entre el comer y el HD Cleaner existe un medidor de presión el cual opera la válvula automática V-38 la cual sirve de alivio al sistema de limpieza para evitar una sobre carga.

La bomba que trasiega el producto del tanque 4% a los tanques 1% de cada línea es la PMP-04 y la bomba que trasiega el agua para el pulper es la PMP-05 que toma el agua de la fosa de drenaje, así mismo la PMP-03

proporciona el agua para el comer, zaranda y HD Cleaner la cual proviene del tanque de agua de proceso T-19080.

7.1.1.1. Desfibrado o trituración del papel (pulpeado)

Este proceso se realiza en máquinas llamadas *desfibrador o pulper* cuyo objetivo es triturar el papel para separar las fibras de celulosa (romper los enlaces fibra-fibra), por medio de la energía mecánica (agitación fuerte) y térmica que facilita la separación.

Esta etapa es de vital importancia en todo el proceso, y las condiciones que en ella se establezcan influirán directamente sobre la efectividad de todo el sistema. Este proceso es llevado a cabo en una maquina llamada *pulper o desfibrador* (dispositivo semejante a una batidora de gran tamaño), donde el papel puede ingresar en forma de pacas (muchas hojas de papel) o a granel (papel desmenuzado), donde se tritura para separar las fibras de celulosa. En el pulper se disgrega el papel, se produce el hinchamiento de las fibras y comienza a producirse la separación de la tinta y demás contaminantes, como consecuencia del agregado de agua y productos químicos y del aumento de temperatura de la fricción generada por el movimiento.

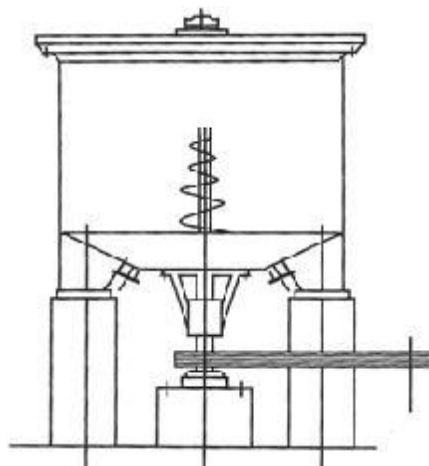
Figura 1. **Impeler de pulper**



Fuente: proceso Guamolsa.

El pulper normalmente se encuentra a nivel superior del piso, en cuyo interior se encuentra una gran hélice que al girar hace que el material se desmenuce y sea evacuado por una cámara de extracción. Al añadir el papel, comienza el proceso de disgregación de fibras, primero por el impacto al caer los fardos, después por el rozamiento de la hélice con la pasta y finalmente por el rozamiento de las mismas fibras entre sí. Esta acción genera calor que ayuda a la dispersión.

Figura 2. **Esquema de un pulper**



Fuente: manual de máquina de moldeo Leotech 2000.

Entre las variables involucradas en esta etapa se destacan las siguientes:

- Tiempo de pulpeado: entre 8 y 14 a 1 200 revoluciones por minuto.
- Consistencia de la pasta: un 3 o 8% de contenido sólido (papel que no se ha convertido en pulpa).
- Proporción de agua en relación al papel reciclado: consistencia (%): 100 gramos de papel seco / 10 ml de agua

- Temperatura: 60°C., esta temperatura ayuda a la separación de las fibras.

El proceso consiste en reducir el material seco a forma de pulpa, agregando la cantidad suficiente de agua para adaptarlo al proceso y liberarlo del exceso de fibras u otros materiales no desmenuzados. En el proceso de pulpeo se logra un grado aceptable de separación de fibras. La fibra se pone en suspensión y puede ser convenientemente transportada por bombeo.

7.1.1.2. Tamizado y limpieza de la pulpa de papel

La limpieza por medios mecánicos de la pasta se realiza en una variedad de equipos diseñados específicamente para remover los distintos tipos de contaminantes que pueden estar presentes. De acuerdo al mecanismo que opera en la separación se pueden dividir entre los que separan por diferencias de tamaño y los que separan por diferencia de densidad.

Entre los primeros se encuentran los tamices, ya sean de agujeros o ranuras, presurizados o no, de alta o baja consistencia, etc.

Figura 3. Tamiz o criba (comer)



Fuente: Proceso Guamolsa.

En el segundo grupo están los limpiadores centrífugos o hidrociclones, de los cuales existe gran variedad de diseños. Por ejemplo limpiadores para eliminar contaminantes más livianos que la pasta o para contaminantes más pesados.

Normalmente el sistema utilizado es una combinación de los tipos mencionados, y se puede decir que prácticamente todos los sistemas incorporan una secuencia de separación de contaminantes gruesos (*coarse screening*) luego del pulpeado, seguida por una etapa de tamizado fino y finalmente una limpieza centrífuga. A su vez cada uno de estos módulos puede estar formado por más de una etapa, y la complejidad del sistema dependerá como siempre de los requerimientos finales, la calidad de la materia prima y consideraciones económicas.

Los parámetros principales que caracterizan la separación de este tipo de equipos son la eficiencia de remoción de contaminantes y la tasa de rechazo de sólidos. Cuanto mayor sea la tasa de rechazo mayor será la eficiencia de remoción, pero también lo será la pérdida de fibras. Por lo tanto ambos parámetros deben ser controlados. Es común emplear sistemas en cascada donde los rechazos de la primera separación son tratados posteriormente para recuperar las fibras perdidas. Existen sistemas que utilizan tres etapas, y en algunos casos hasta cuatro, con lo cual se mejora sustancialmente el rendimiento.

Figura 4. **HD Cleaner (limpiador centrifugo)**



Fuente: proceso Guamolsa.

7.1.1.3. Controlador de consistencia

El proceso en las moldeadoras Leotech comienza con el llenado del tanque 1% mediante la bomba PMP-03 el producto es trasegado y regulado por la válvula automática V-10 la cual dosifica la cantidad de pulpa que ingresa al tanque de acuerdo a lo solicitado por el operador desde el tablero de mando, antes de ingresar al tanque la pulpa se une al agua de proceso la cual es trasegada por medio de la bomba PMP-04 y dosificada por la válvula automática V-11 que también es controlada desde el panel, la pulpa y el agua pasan a través de un mezclador e ingresan primero al medidor de consistencia, quien envía la lectura al tablero de control, luego por rebalse cae al tanque 1%,

una vez la pulpa de papel se encuentra en el tanque 1% es trasegada por la PMP-002 a la cuba de la moldeadora,

El ingreso de la pulpa de papel es dosificado a la moldeadora a través de la válvula automática V-44 controlada desde el panel de control, una vez se tiene la cuba en el nivel deseado se activa el vacío a través de las válvulas V-57 y V-58, se abre el aire para la transferencia molde-molde y molde banda, se comienza la formación se debe tener cuidado de que la temperatura del secador sea la correcta (250 – 270°C), al estabilizar el proceso en el peso y velocidad deseados se deben de revisar los parámetros de secado de máquina y humedad contenida constantemente así como el encolado y las presiones de vacío y de aire para mantener constante el proceso de trabajo.

7.2. Moldeo de pulpa de papel

La máquina de moldeadora forma el producto, por medio de moldes colocados en el rotor de formación y transferencia. La pulpa de papel es prensada en los moldes y durante este proceso bombas de vacío succionan el agua posible de extraer. El producto moldeado es transferido hacia el horno secador.

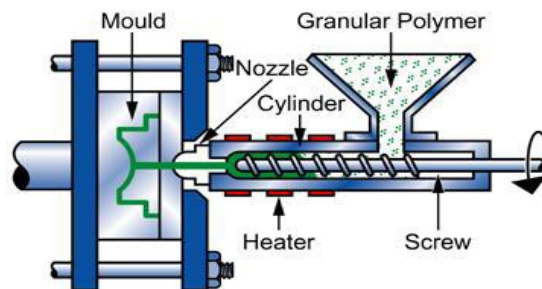
7.2.1. Moldeadora Huhtamaki Leotech 1500

La moldeadora está formada por dos rotores rotativos con cuatro secciones planas constituidas por dos cavidades en cada sección donde se montan los moldes de formación y transferencia para que se preñe la pulpa y succionan toda el agua posible de extraer por medio de bombas de vacío, mediante soplado por aire comprimido se transfiere el producto moldeado al secador.

7.2.1.1. Método de moldeado

El moldeado se produce en máquinas semiautomáticas. La pulpa ingresa al molde y el producto se forma por soplado de aire presurizado y caliente. El producto obtenido contiene un 45% de humedad, que se elimina más tarde.

Figura 5. Esquema del moldeado por inyección presurizada

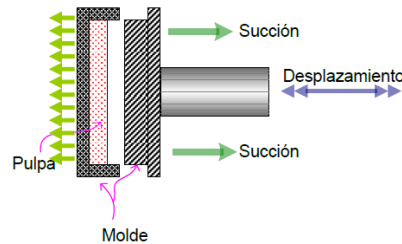


Fuente: [http:// wikipedia/ tipos de moldeado](http://wikipedia/tipos%20de%20moldeo).

7.2.1.2. Moldeo por succión

La pulpa está en contacto con un lado del molde y el producto se forma por vacío en su lado opuesto. El producto formado contiene el 85% de humedad, la que se elimina en un secado. El producto formado se prensa con la ayuda de matrices calientes, lo que proporciona moldeados rígidos y lisos, que pueden ser impresos en una cara.

Figura 6. **Moldeo por succión**



Fuente: [http:// wikipedia/ tipos de moldeo](http://wikipedia/tipos%20de%20moldeo)

7.2.2. Moldeo

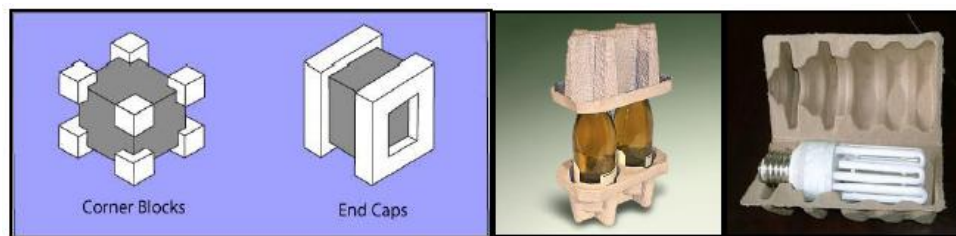
La máquina moldeadora forma el producto por medio de moldes, la pulpa de papel es prensada en los moldes y durante este proceso bombas de vacío, succionan lo posible de extraer. El producto moldeado es transferido hacia el secador mediante el soplado con aire comprimido que viene de un compresor. (Ampliación planta de pulpa Chimolsa/ 2007).

Los productos moldeados en este proceso son los siguientes:

Históricamente, los productos de pulpa de papel tuvieron la función de proteger distintas mercancías de posibles golpes que modificasen su integridad. Es el empaque amortiguador por excelencia, muestra un mejor desempeño en la absorción de impactos que los demás materiales usados como amortiguadores. Entre sus ventajas se encuentra el poder producirse con papel reciclado (diarios, revistas y cartones), ser ambientalmente amigable, y una materia prima económica. La desventaja respecto a los plásticos, es que solo admite deformarse drásticamente 1 vez, quedando inutilizable para futuros usos.

Estos productos se hallan diseñados para ordenar y optimizar el espacio de guardado, y proteger de agresiones e impactos. Un claro ejemplo de estos es el maple de huevos. Que optimiza el espacio para 30 huevos, facilita el apilado y los protege de golpes.

Figura 7. **Productos en pulpa de papel**

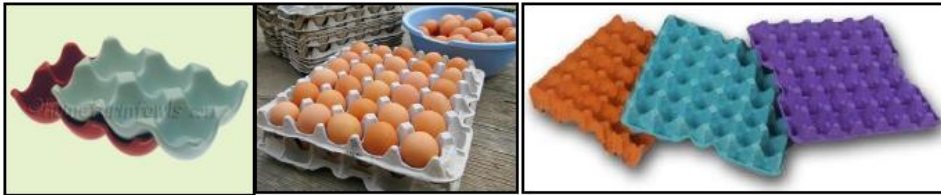


Fuente: diseño de productos de pulpa moldeada/ 2011.

Tienen un alto grado de diseño reflejado en piezas de encastrés, partes que hacen de bisagras, o solo la morfología estudiada para resistir grandes impactos con espesores mínimos. Pueden percibirse a primera impresión como productos sin diseño, pero la verdad es que tienen un alto grado de desarrollo, lo que sucede es que son meramente funcionales, en donde el diseño actúa solo sobre el plano funcional-tecnológico, excluyendo completamente los aspectos estéticos del producto.

En la actualidad, los empaques de pulpa moldeada están comenzando a reflejar aspectos estéticos relacionados con la sensibilidad del usuario al utilizarlo.

Figura 8. **Separadores para huevos en pulpa de papel**



Fuente: diseño de productos de pulpa moldeada/ 2011.

7.2.3. **Componentes de la moldeadora**

Los componentes principales que intervienen en el proceso de pulpa moldeada son los siguientes:

- Bomba centrífuga para agua de alta presión: está compuesta por un motor y bomba centrífuga vertical unido por medio de un acople de rejilla
- Bomba centrífuga de pasta: la función de esta bomba es succionar de un tanque la pulpa para alimentar la cuba de la moldeadora.
- Bomba de vacío: esta bomba se encarga de formar el vacío en los ductos de soplado para extraer el agua a la pulpa en el punto de transferencia y formación en cada sección del rotor
- Bomba de agua blanca: esta bomba centrífuga se encarga de que toda el agua extraída de la pulpa regrese al tanque de agua para su reutilización
- Controlador de consistencia: es un sistema compuesto por un medidor diferencial de presión y un controlador electrónico que funciona con una señal eléctrica de 4 a 20 miliamperios.
- Agitador: es un elemento mecánico con aspas en la punta acoplado a un reductor y motor para mantener la homogenización de la pulpa y el agua.

7.3. Operación de secado

Es otra parte del proceso después de caer en las parrillas el producto formado en el punto de formación y transferencia de la moldeadora es transportado por medio mecánico de cadenas hacia el interior del horno secador.

7.3.1. Horno secador

En él se extrae gran parte del agua remanente del producto por evaporación, para lo cual se utilizan calentadores de aire. Los separadores formados ingresan a un secador continuo de paso múltiple de 6 capas, ingresa por la parte superior y salen por la misma entrada, pero por la parte inferior. El tiempo de permanencia será de 5 a 7 minutos, dependiendo de la velocidad de la maquina moldeadora.

7.3.2. Operación del horno secador

Es operado por la misma persona que opera la moldeadora, cuando se inicia el proceso se debe verificar que el tanque de aceite tenga carga, que el *blower* del quemador y motor circulador estén funcionando, luego se debe esperar a que el secador alcance la temperatura solicitada para poder comenzar el proceso de secado, todos los comandos de manejo se hacen desde la pantalla digital en las Leo 2000 y desde el panel de control en la Leo 1500, se debe estar pendiente de que la temperatura no se eleve demasiado para evitar problemas de quemado de separadores.

Figura 9. **Horno secador**



Fuente: proceso Guamolsa.

7.4. Embalaje y almacenaje

El producto sale del horno y cae a una banda transportadora semicircular pasando por un contador automático que marca 140 unidades por cada paquete, el operario se encarga de realizar la actividad de apilado y entarimar los paquetes.

7.4.1. Apilado del producto

En esta área se tiene a una persona por máquina. El proceso es bastante sencillo, el apilador espera a que el producto (separadores secos) salgan de las parrillas de la máquina hacia la banda transportadora, luego espera a que la máquina cuente los separadores por medio de un contador eléctrico que acciona una válvula para realizar una marca con agua con la cantidad seteada, 140 (SP 30 y *Pee wee*) o 120 separadores (SP 20), el apilador toma el paquete y lo revisa para separar material con algún tipo de problema de calidad o dañado, al verificar que todo está bien se procede a colocar el paquete en la compactadora o *estaker* vertical u horizontal, la cual le dará la altura final al paquete, al estar compactado se le coloca la etiqueta y la bolsa correspondiente hasta completar la tarima. Es necesario llamar al montacarguista para que retire la tarima y la pese en espera de la liberación de control de calidad y su posterior recepción de parte de bodega de producto terminado.

Figura 10. **Compactador vertical**



Fuente: proceso Guamolsa.

7.4.2. Almacenamiento de producto terminado

Los paquetes serán compactados y sellados para formar las pacas. Las pacas formadas de paquetes serán transportadas a la bodega de producto terminado en carretillas de plataforma y serán almacenadas en tarimas de donde serán trasladadas al área de carga y descarga por medio de un montacargas.

Figura 11. **Almacenamiento de producto terminado**



Fuente: proceso Guamolsa.

7.5. Funcionamiento actual del control de proceso

Actualmente a través de un medidor diferencial de presión que manda señal a un controlador que gobierna un actuador que alimenta agua y una válvula de cuchilla que se abre manualmente alimenta pulpa, si el operario abre o cierra la válvula muy rápido varia la consistencia de la mezcla distorsionando el peso, la calidad y la formación en la moldeadora del producto. El control

actual es manual a criterio del operario cuando requiere aumentar o disminuir el nivel del tanque de pulpa de papel.

7.5.1. Variables de proceso

Los procesos industriales tienen su propósito principal el de transformar materias primas en un producto final, la instrumentación provee el significado del proceso para asegurar que sean elaborados apropiadamente.

Un proceso puede ser descrito como la secuencia de cambios en una sustancia química o física incluyendo parámetros como el flujo, nivel, presión temperatura, como muchos otros.

En todo proceso tenemos diversas variables, las cuales afectan las entradas o salidas del proceso, temperatura, nivel, flujo, presión son las variables más comunes en los procesos industriales, las cuales son monitoreadas y controladas por medio de la instrumentación del proceso.

Los instrumentos son diseñados para medir, indicar, controlar o almacenar la información de las variables del proceso

7.5.1.1. Velocidad de máquina

Las velocidades de máquina se encuentran sujetas a las variables de proceso como lo es el drenaje del producto, el secado, la consistencia y las condiciones de vacío pero en términos generales las velocidades máximas de cada máquina son 36 golpes por minuto.

7.5.1.2. Temperatura del secador

La temperatura normal de trabajo para el secador depende de la humedad contenida en el separador y del tipo de separador que se esté produciendo; las temperaturas de trabajo normalmente oscilan entre 280 – 300 °C.

7.5.1.3. Consistencia de trabajo y consistencia de cuba

El valor de la consistencia de trabajo actualmente se mide únicamente en el tanque 4% y debe estar en un rango entre 3,5 y 4 %, la consistencia en cuba no se mide como parte de los requerimientos de control pero al hacer un análisis se obtuvieron 1,2 – 1,5 % el parámetro debe ser al 1 % con una variación +- 0,2.

7.5.1.4. Consistencia

Es la relación del peso de fibra seca con respecto al peso total de fibra húmeda más los aditivos en la muestra de una suspensión fibrosa.

7.5.1.5. Drenaje

Es el volumen de agua contenido en un porcentaje de fibras largas y cortas la cual puedo extraer mediante la aplicación de calor.

7.5.1.6. Ph (potencial de hidrógeno)

Es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H₃O⁺] presentes en determinadas sustancias,

en nuestro proceso es necesario controlarlo ya que de ello depende la absorción de la resina y la estabilidad de la pulpa durante el proceso. El pH de trabajo debe de ser entre 6 y 7 %.

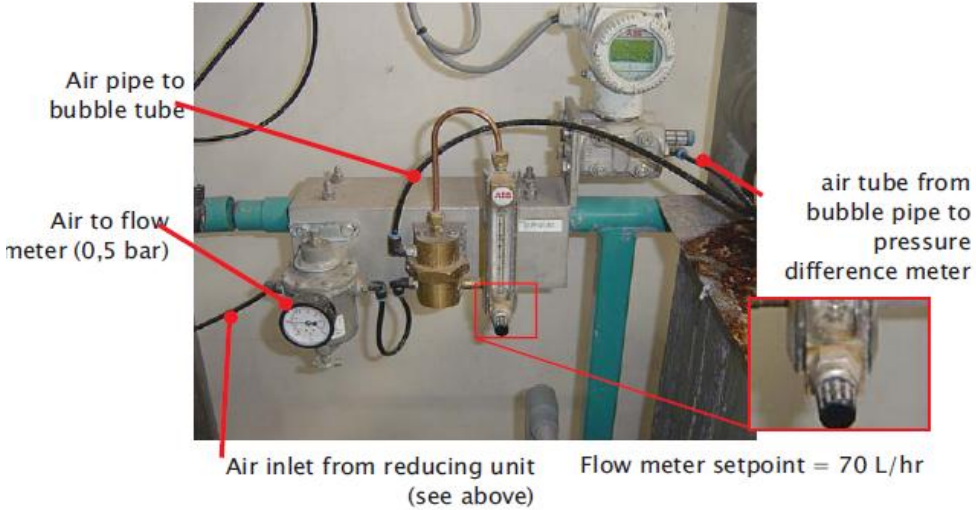
7.5.1.7. Formulación y peso por *batch*

La formulación dependerá del tipo de separador que se éste produciendo, el costo y disponibilidad de las materias primas en planta, en términos generales se agregan 340 kilogramos de materiales fibrosos y 30 kilogramos de carbonato de calcio, para un total de 370 kilogramos los cuales se disuelven en 5 metros cúbicos de agua a 50-55 °C de temperatura.

7.6. Diseño del sistema para la automatización del proceso

Se realizó un análisis de las condiciones actuales en el proceso de alimentación de pulpa con los componentes descritos en el capítulo uno, se desarrollará un programa en el PLC que gobierna dos válvulas servocontroladoras que están gobernadas por un controlador de consistencia que mantiene la válvula de agua abierta y conforme el ajuste requerido de la consistencia alimenta o deja de alimentar agua al sistema, todo esto también controlado por un transductor de nivel que ajusta el nivel requerido en el tanque, el control visible en la pantalla táctil donde se ajustan los parámetros deseados de nivel y consistencia y rapidez de respuesta de los elementos del sistema.

Figura 12. Sistema controlador de consistencia



Fuente: Type of Molding Machine.

8. CONTENIDO

El contenido general del presente trabajo, se enfoca en el control de procesos y la automatización de las variables y parámetro de proceso, específicamente los equipos y sensores que constituyen el tema específico del trabajo.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTADO DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

OBJETIVOS

JUSTIFICACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ALCANCE

Capítulo I

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Descripción del proceso para elaboración de separadores en pulpa de papel

1.1.1. Preparación de pulpa de papel

1.1.1.1. Desfibrado o trituración del papel (pulpeado)

1.1.1.2. Tamizado y limpieza de la pulpa de papel

1.1.1.3. Controlador de consistencia

- 1.2. Moldeo de pulpa de papel
 - 1.2.1. Moldeadora Huhtamaki Leotech 1500
 - 1.2.1.1. Métodos de moldeo
 - 1.2.1.1.1. Moldeo por succión
 - 1.2.2. Moldeo
 - 1.2.3. Componentes de la moldeadora
- 1.3. Operación de secado
 - 1.3.1. Horno secador
 - 1.3.2. Operación del horno secador
- 1.4. Embalaje y almacenaje
 - 1.4.1. Apilado del producto
 - 1.4.2. Almacenamiento de producto terminado

Capítulo II

2. FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL CONTROL DE PROCESO

- 2.1. Variables de proceso
 - 2.1.1. Velocidad de máquina
 - 2.1.2. Temperatura del secador
 - 2.1.3. Consistencia de trabajo y consistencia de Cuba
 - 2.1.4. Consistencia
 - 2.1.5. Drenaje
 - 2.1.6. Ph (potencial de hidrógeno)
 - 2.1.7. Formulación y peso por batch

Capítulo III

3. DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO

- 3.1. Dispositivos necesarios para la automatización del proceso
 - 3.1.1. Medidor de diferencia de presión
 - 3.1.2. Transductor de nivel

- 3.1.3. Servocontroladores
- 3.1.4. Programador lógico computarizado
- 3.1.5. Pantalla táctil XBT Magellis

Capítulo IV

4. TECNOLOGÍAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

- 4.1. Neumáticas
 - 4.1.1. Válvulas
- 4.2. Actuadores
- 4.3. Motores modulantes (servomotores)
- 4.4. Sensores
- 4.5. Software
- 4.6. Controladores

Capítulo V

5. SISTEMA DE CONTROL

- 5.1. Tipos de sistema de control
 - 5.1.1. Por su tecnología de control
 - 5.1.2. Por la verificación del estado de la salida
 - 5.1.3. Por el tipo señal
 - 5.1.4. Por la relación entre los elementos
- 5.2. Control Lógico Programable (PLC)
- 5.3. Ciclo de operaciones
- 5.4. Lenguajes de programación
- 5.5. Hardware
- 5.6. Software

Capítulo VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1. 6.1 Conclusiones
- 6.2. Recomendaciones
- 6.3. Bibliografía
- 6.4. Anexos

9. RECURSOS FÍSICOS Y FINANCIEROS

Tabla I. Presupuesto

AREA ELECTRICA TABLA 1

TEXTO BREVE	COSTO UND	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
SENSOR HONEYWELL PARA CUBA	16964.29	1	UND	16964.29
GABINETE SELLADO NEMA 3 R CON LLAVE	7589.29	1	UND	7589.29
VENTILADOR PARA PANEL 12" CON FILTRO	1830.35725	4	UND	7321.429
BORNE CON LED PORTAFUSIBLE 10-36VDC/AC	248.12	29	UND	7195.48
RELE DE ACOUPLE, BOBINA 24VDC	209.82	34	UND	7133.88
UPS TITAN ELITE 3KVA 4 SALIDAS 2.1KW120V	6023.26	1	UND	6023.26
RETEMP, TRANSMISOR 3A, 0-2 PSI +/-0-25%	5857.14	1	UND	5857.14
RETEMP, TRANSMISOR 3A, 0-5 PSI +/-0-25%	5857.14	1	UND	5857.14
TABLERO A MEDIDA	5625	1	UND	5625
ELECTROVAL NEUMATICA CPV14M1H2X3GL FESTO	1267.65725	4	UND	5070.629
VENTILADOR PARA PANEL 23 X 23 CM 120 VA	1964.29	2	UND	3928.58
TRANSMISOR ABB/D-32425 M 2010TD	3675.271	1	UND	3675.271
CANDADO DE SEGURIDAD	444.7545	8	UND	3558.036
CABLE APANTALLADO BELDEN 2X18	12.48	260	M	3244.8
MODULO ANALOGICO PARA ENCODER	3214.29	1	UND	3214.29
MODULO DE 4 IN ANALOGICAS TM2AMM6HT TWID	2857.143	1	UND	2857.143
EXPASION ANALOG 4IN 2OUT 0-10V 4-20MA	2857.14	1	UND	2857.14
TARJETA MODBUS PARA RED TWDNAC485T TWIDO	568.75	5	UND	2843.75
SENSOR SICK-IM18-05BPS-ZC1	705.357	4	UND	2821.428
EXPASION ANALOG 4IN OUT 0-10V 0-20MA	2584.82	1	UND	2584.82
RELE DE ACOUPLE 24 VDC PHONEX CONTACT	211.16	12	UND	2533.92
RELE ESTADO SOLIDO DE 35 AMP BOBINA 24 V	625	4	UND	2500
RELE DE ACOUPLE, BOBINA 120VAC	276.79	9	UND	2491.11
FUENTE PHOENIX CONTACT ALIMENTACION 100-	2441.799	1	UND	2441.799
FOTOCELDA INFRAROJA C 7915	2425.888	1	UND	2425.888
AMPLIFICADOR DE FLAMA R7852A1001	2418.563	1	UND	2418.563
ELECTROVALVULA SOLENOIDE 5-2	1163.21	2	UND	2326.42
CABLE TSJ 4 PUNTAS CALIBRE # 8	37.95	60	M	2277
CABLE TSJ 4 PUNTAS CALIBRE # 8	37.95	60	M	2277
CABLE PARA SENSOR 3 LINEAS	15.36	140	M	2150.4
DETECTOR INDUCTIVO 18MM ALC=8MM 10-58VDC	355.94	6	UND	2135.64
CABLE TSJ 4 PUNTAS CALIBRE # 6	81.71	25	M	2042.75
CABLE TSJ 4 PUNTAS CALIBRE # 6	81.71	25	M	2042.75
ELECTROVALVULA TIPO NAMUR 24VDC	986.509	2	UND	1973.018
TERMOCOPLA 3HILO L 12 D 1/4 NPT INOX	1592.262	1	UND	1592.262
FOTOCELDA HONEYWELL UV 7027A	1305.283	1	UND	1305.283
CABLE PARA SENSOR M-12 4 HILOS	212.2023333	6	M	1273.214
SENSOR INDUCTIVO 12MM	401.786	2	UND	803.572
CABLE COMUNICACION TWIDO-PANTALLA TWCOM	758.929	1	UND	758.929
ELECTRODO PARA GUARDA NIVEL	122.946	6	UND	737.676
			TOTAL	Q 144,729.99

Continuación de la tabla I.

AREA SOFTWARE/HARDWARE E INGENIERIA TABLA 1

TEXTO BREVE	COSTO UND	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
SOFTWARE Y LINCENCIA PANTALLA MAGELI	9548	1	UND	9548
SERVICIO DE INGENIEIRIA PROGRAMACION QUE	4767.86	1	UND	4767.86
PANTALLA SCHEIDER DE 7.5"	24285.71	1	UND	24285.71
PLC SCHEIDER 40 ENTRADAS Y SALIDAS	6026.79	1	UND	6026.79
PLC SCHEIDER 40 ENTRADAS Y SALIDAS	5357.14	1	UND	5357.14
PLC TWIDO TWDLCDA40DFR	5000	1	UND	5000
TWIDO, PLC MODULAR 120VAC, 24 IN 16 OUT	4642.86	1	UND	4642.86
PLC SCHEIDER 40 ENTRADAS Y SALIDAS	4330.36	1	UND	4330.36
PLC TWIDO 40TWDLCAE40DRF	5357.143	1	UND	5357.143
TOTAL	Q			69,315.86

AREA NEUMATICA TABLA 1

TEXTO BREVE	COSTO UND	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
VALVULA BOLA 1 1/2" NPT 3 PIEZAS INOX	15044.06	1	UND	15044.06
VALVULA BOLA 1" NPT 3 PIEZAS INOX	13186.76	1	UND	13186.76
VALVULA MARIPOSA CUERPO CI DISCO 316SS	12436.74	1	UND	12436.74
VALVULA ANGULAR NEUMATICO ROSCA 1"	2455.39	2	UND	4910.78
VALVULA SOLENOIDE DE 1/2" 3 WAY HT837715	4345.847	1	UND	4345.847
VALVULA RELIEF DE 3/4 DE BRONCE	2558.036	1	UND	2558.036
VALVULA DE BOLA 3 INOX	2098.214	1	UND	2098.214
VALVULA SOLENOIDE DE 1/2" PARA 150 PSI	580.3575	2	UND	1160.715
MANGUERA PLÁSTICA FESTO 6 X 1MM AZUL	11.57143	100	M	1157.143
MANGUERA PLÁSTICA FESTO DE 12 X 2 NEGRO	49.92855	20	M	998.571
MANGUERA DE MAPRENO 5mm X 8mm	106.0981667	6	M	636.589
UNION CONECTOR RAPIDO TEE 12MM	115.9822	5	UND	579.911
TOTAL	Q			59,113.37

AREA ESTRUCTURA TABLA 1

TEXTO BREVE	COSTO UND	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO
LAMINA INOX DE 4X8 PIES ESPESOR 1/8"	2812.5	3	UND	8437.5
TUBO CUADRADO INOX D 2" X 2" ESPESOR 1/8	1361.61	4	UND	5446.44
FLANGES INOXIDABLES DE 3"	468.13	10	UND	4681.3
LAMINA INOX DE 3X6 PIES ESPESOR 1/16"	1495.54	3	UND	4486.62
HEMBRA 5/16X3/4 MATERIAL HOLD ROLL	294.06	14	UND	4116.84
LAMINA INOX 1/8" ESPESOR X 4 X 8 PIES	2633.93	1	UND	2633.93
ELECTRODO E-316 DE 3/32	71.45	30	LB	2143.5
ELECTRODO E-316 DE 1/8	66.99	30	LB	2009.7
ARGON	642.726	1	UND	642.726
TOTAL	Q			34,598.56

Continuación de la tabla I.

RESUMEN DE COSTOS		
AREA	COSTO	
AREA ELECTRICA	Q	144,729.99
AREA SOFTWARE/HARDWARE E INGENIERIA	Q	69,315.86
AREA NEUMATICA	Q	59,113.37
AREA ESTRUCTURA	Q	34,598.56
TOTAL	Q	307,757.78

Fuente: elaboración propia.

10. FUENTE DE LOS RECURSOS ECONÓMICOS

Los recursos monetarios para la realización del proyecto de Automatización de la Alimentación de Pulpa de papel en máquina moldeadora Huhtamaki Leo 1500 para la fabricación de bandejas de alimentos en la empresa Guamolsa fue aprobado en la reunión internacional de Junta Directiva de la corporación Molpack realizada en marzo 2012 en República Dominicana con la participación de accionistas.

El gerente regional de la empresa Guamolsa presento el proyecto para solicitar aprobación y autorización.

El costo aproximado del proyecto asciende a Q 307 757,78 en hardware y software de la pantalla táctil, cableado, instrumentación y equipo eléctrico. Válvulas y accesorios para tubería inoxidable 304.

El desarrollo del proyecto implica un paro de 20 días de la línea de producción para la realización en el mes de agosto 2013, este costo se incluirá en el presupuesto del 2013.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Fabricación estructuras y tanques																															
Fabricación estructura panel	■	■																													
Instalación de panel principal			■																												
Fabricación e instalación de base panel pantalla				■																											
Modificación de tanque 4%					■	■																									
Fabricación de tanque 1%							■	■	■																						
Terminar fabricación tanque superior1%										■	■																				
Fabricación de pasillo tanque 1%												■	■	■	■	■	■														
Fabricación manifold de válvulas																■	■	■	■	■											
Preparación de tubería de complemento																					■	■	■	■	■						
Fabricación de gradas y barandas																						■	■	■	■	■					
Instalación tanque 1%																							■	■	■	■	■				
Instalación tanque superior y manifold de válvulas																								■	■	■	■	■			
Instalación de pasillo																											■	■	■	■	
Instalación de bombas 1% y Alta presión																													■	■	
Instalación de tubería regaderas de palma y aguja																													■	■	
Modificación tubería aire comprimido seco																													■	■	
Desmontaje de estructuras																														■	

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Elaboración e instalación de tableros eléctricos																															
Elaboración de planos eléctricos	■	■	■	■																											
Terminar planos maquina moldeadora	■	■	■																												
Elaboración de tablero moldeadora	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Realizar programa de PLC																															
Realizar asignación de variables a pantalla																															
Pruebas de pantalla y PLC																															
Elaboración de tablero pantalla																															
Instalar tablero de moldeadora																															
Instalación de panel de UPS ventiladores																															
Instalación de ventiladores paneles quemador y moldeadora																															
Instalación de soportes y canaleta de paneles y bombas																															
Instalación de canaleta hacia panel superior de quemador																															
Desconectar y eliminar cableado eléctrico de moldeadora																															
Realizar bajadas hacia punto de conexión																															
Instalación de sistemas neumático hacia puntos de conexión																															
Cableado comunicación y alimentación entre tableros																															
Cableado hacia válvulas y actuadores																															
Cableado de motores																															
Cableado paros de emergencia, candados y botoneras																															
Instalación sistemas eléctrico y neumático en campana de calor																															
Conexión de motores																															
Conexión sensores nivel de cuba, tanque 1%, sistema de consistencia																															
Conexión de válvulas neumáticas y actuadores																															

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8
Pruebas y arranque								
Mediciones de voltaje, polaridad , energizado de equipo								
Pruebas de comunicación, entradas y salidas digitales								
Prueba de lazos de control analógicos								
Capacitación personal y pruebas								
Ajustes mecánicos y pruebas								
Seguimiento y control								

12. METODOLOGÍA

FASE I

Analizar las condiciones actuales del proceso, alimentación de pulpa de papel, control de nivel de tanque 1%, nivel de cuba, sistema eléctrico y hacer un listado de las desventajas comparándolas con las ventajas de la automatización.

Planificar los trabajos y modificaciones a realizar en la moldeadora Huhtamaki Leo 1500

Presupuestar la automatización para su respectiva autorización y tiempo de ejecución.

Establecer los objetivos y los resultados esperados.

Presentar presupuesto para que se evalúe viabilidad del proyecto de automatización y esperar respuesta de autorización para la ejecución.

FASE II

Al aprobarse la autorización del proyecto y el presupuesto solicitar equipo estratégico a las empresas proveedoras por los tiempos de entrega.

Anticipar una considerable carga de trabajo en la parte de estructuras, electricidad y diseño de la automatización, antes de iniciar el paro de la moldeadora para la automatización.

Diseñar tanque de mezcla para lectura de consistencia 1% y determinar de forma experimental el diámetro de la placa de orificio y buscar la velocidad de la mezcla sobre la placa base para el ajuste del tubo de burbuja con un transductor de presión y actuador eléctrico con posicionar que habrá o cierra la válvula de alimentación de agua para mantener el nivel establecido.

Crear y diseñar los lazos de control de servo válvulas para la alimentación de pasta y agua para conformar la dilución de consistencia de 4% al 1% realizando pruebas preliminares con los tubos Venturi en la entrada y salida para controlar las presiones y caudales en la mezcla y determinar de forma experimental la longitud de los conos, longitud de mezclador y punto adecuado de entrada de agua.

Diseñar el programa de pantalla Magellis XBT-4000 marca Schneider y similar las condiciones y operaciones para el ajuste de la corrida del programa integrando la configuración maestro esclavo de las funciones lógicas de los PLC's para determinar el tiempo de repuesta de los equipos utilizando y realizar los ajustes seleccionando de forma experimental el tipo de lazo de control PID o PI que se ajuste al transductor de presión y diferencial de caudal del controlador de consistencia para mantener la dilución deseada con la menor desviación posible.

Realizar pruebas preliminares del funcionamiento de PLC's, lazo de control y funcionamiento del programa de pantalla Magellis para garantizar su funcionalidad en el control de las variables de proceso de pulpa.

Capacitar a los operadores con la simulación de funcionamiento del programa de pantalla táctil para que se familiaricen con la nueva forma de operación de la moldeadora.

FASE III

Establecer el nivel de cuba óptimo para el proceso y hacer mediciones de la capacidad de la cuba actual.

Selección del equipo electrónico para la medición de nivel de cuba y visualización en pantalla táctil.

Determinar modificaciones a realizar en la cuba de moldeadora, dimensionar los diámetros de tubería y mangueras para la alimentación de pulpa, evaluando modificación en la posición de alimentación de cuba.

Diseñar lazo de control para alimentación de pulpa de papel desde el tanque 1% por medio de bomba centrífuga con un variador de frecuencia para disminuir presión y caudal regulando por una válvula comandada por actuador de posecionador electrónico

Selección del actuador eléctrico con posecionador para controlar la alimentación de pulpa de papel en cuba.

Evaluación, selección, instalación y montaje de las servo válvulas, transductor de nivel, marca y modelo de PLC's pantalla táctil para el diseño de la automatización.

FASE IV

Iniciar de forma planificada y programada el paro para la automatización para ejecutar los trabajos y modificaciones en el área eléctrica, mecánica y soldadura

FASE V

Calibración, pruebas y arranque del equipo instalado, seguimiento a funcionamiento y ajuste del proceso.

Evaluación de los resultados.

Diseño de planos eléctricos y flujogramas de proceso

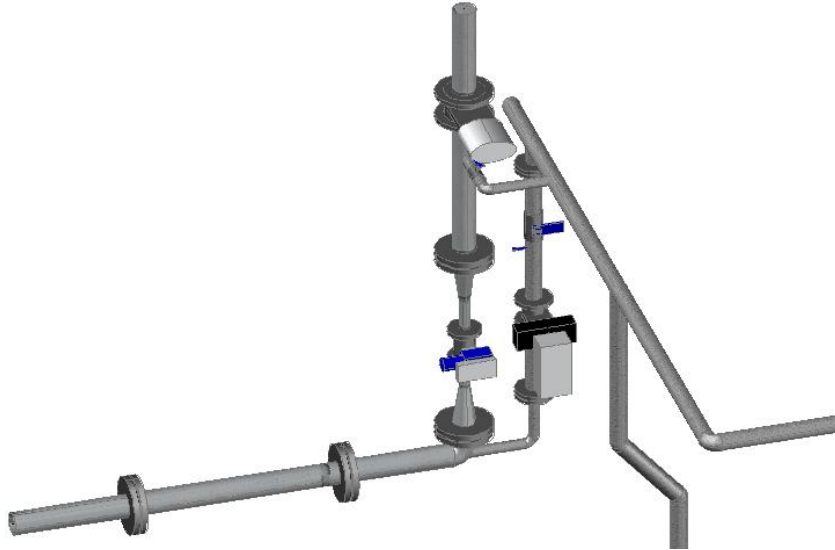
13. BIBLIOGRAFÍA

1. C. Dorf, Richard. (2005). *Sistemas de Control Moderno*, (10° edición), Person Educación S.A.
2. C. Kuo, Benjamín. (1996). *Sistemas de Control Automático*, (7° edición), Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
3. Calderón de León, Sigrid Alitza. (2007) *Recuperación de motor eléctrico de 150 Hp en planta San José Calderas*. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Maestría Ingeniería de Mantenimiento. Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Creus Solé, Antonio. (1997) *Instrumentación industrial*, (6° edición), Alfaomega grupo editor S.A. de C.V.
5. Duffuaa Raouf, Dixon. (2006) *Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control*. México: Editorial Limusa S.A. de C.V.
6. Fred, David. (1997) *Conceptos de Administración Estratégica*, Pearson Educación.
7. Huhtamaki Molded Fiber Technology b.v. (2006) *Type of Molding Machine*. M van Bussel (Finland): Autor.
8. Morales Requena, Leonel Alejandro. (2007) *Diseño de control automático del Proceso de producción de tortillas de harina*. Trabajo de

Grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Licenciatura de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Universidad de San Carlos de Guatemala.

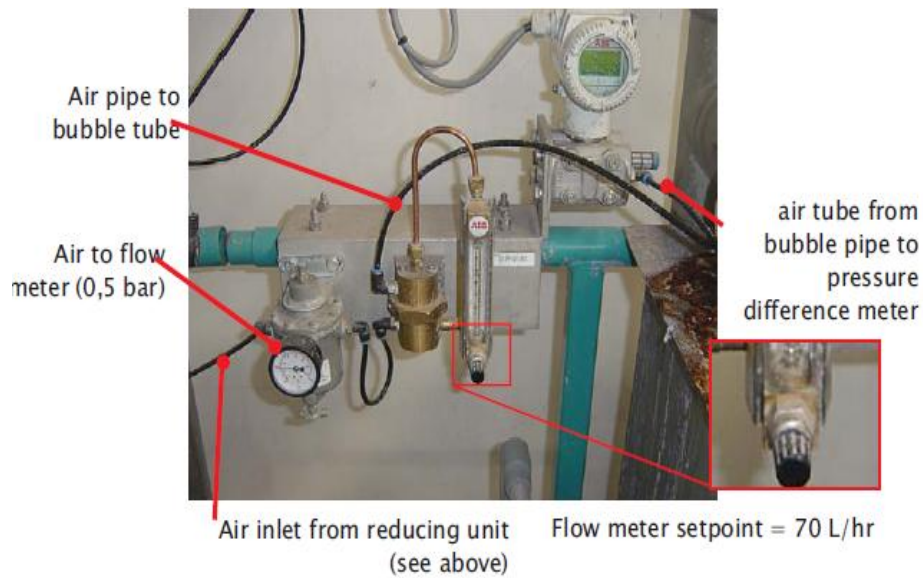
9. Ostrod, Gerard. (1997) Libro de la consistencia.
10. Storn, James y Freeman, Edward. (1992) Administración. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Diseño de mezclador pulpa de papel



Fuente: Diseño propuesto para el proyecto

Sistema controlador de consistencia



Fuente: Huhtamaki Molded Fiber Technology b.v.

Transmisor de presión diferencial ABB

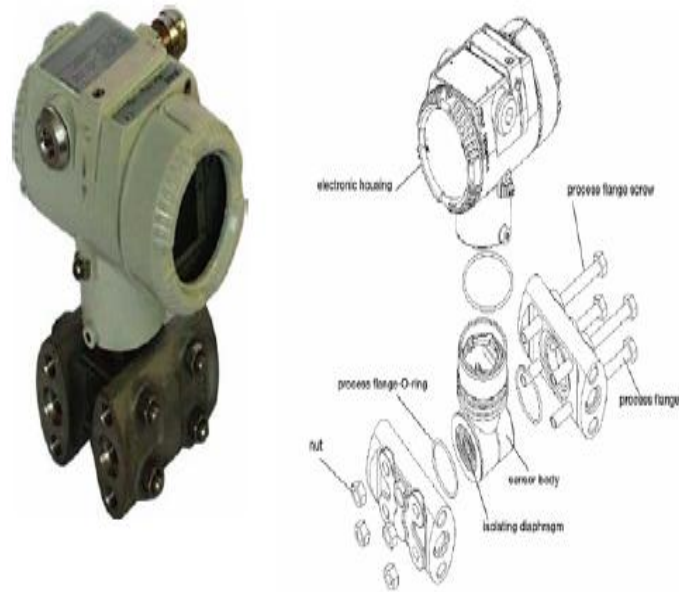


Figura 17 - Transmisor de nivel



Fuente: Huhtamaki Molded Fiber Technology b.v.