



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



**“MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE  
MÁQUINA DE PAPEL KRAFT”**

Examen Complexivo, Componente Práctico.

Previa a la obtención del Título de:

**MAGISTER EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL**

Autor: Ing. Eduardo Andrés Altamirano Ochoa

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2016.

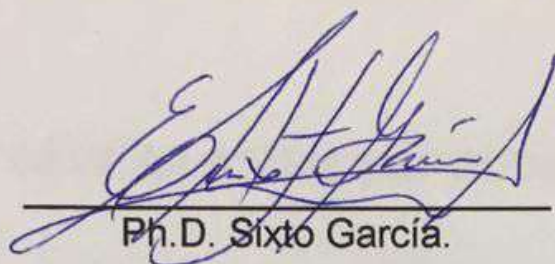
## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis  
padres, esposa e hijos  
por estar siempre  
presentes cuando los  
he necesitado

## DEDICATORIA

Dedico este  
trabajo a mi esposa e  
hijos, ya que ellos me  
dieron la fuerza y el  
tiempo para terminar  
esta parte de mi carrera  
profesional

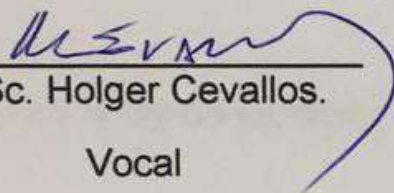
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ph.D. Sixto García.

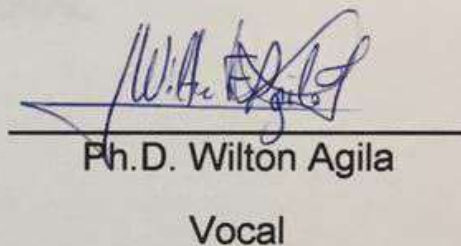
Presidente



---

M.Sc. Holger Cevallos.

Vocal



---

Ph.D. Wilton Agila

Vocal



---

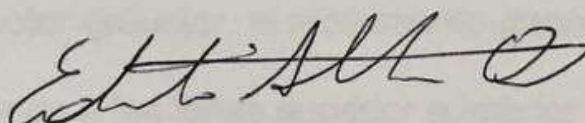
M.Sc. Eiren Herrera

Vocal

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

Art.12 de la ley de titulación.



---

Ing. Eduardo Altamirano O.

## RESUMEN

La empresa Papelera Nacional realizó la modernización de la máquina de papel #2 en el año 2013, sustituyendo el sistema de control y fuerza.

En la máquina de papel #2 de Papelera Nacional estaba instalado un sistema Multidrive que constaba de un rodillo formador, 2 prensas, 4 secadores y 1 bobinador.

Cada uno de los secadores del sistema de Multidrive utilizaban un sistema de accionamiento variador-motor-reductor, el movimiento generado por accionamiento era transferido a las lonas superior e inferior por acoples mecánicos como cadenas, piñones, etc.

El sistema que se instaló se llama Silentdrive que consiste en redistribuir las cargas de cada grupo de secado.

Los grupos de secado que están compuestos de dos lonas superior e inferior serán manejados cada una por dos accionamientos variador-motor.

El sistema Silentdrive también incluirá la instalación de un sistema de control distribuido PCS7 de la marca SIEMENS.

El presente documento plantea la MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE MÁQUINA DE PAPEL KRAFT y los beneficios obtenidos.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	
AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I:.....	8
1 METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	8
1.1 ESTRATEGIA DE CONTROL EN SECADORES .....	9
1.1.1 ARQUITECTURA DE FUERZA DE GRUPO DE SECADORES	11
1.1.2 ARQUITECTURA DE RED DE LOS GRUPOS DE SECADORES.....	13
1.1.3 ESTRATEGIA DE CONTROL DE LOS GRUPOS DE SECADORES.....	15
1.2 ESTRATEGIA DE CONTROL DE LA MAQUINA DE PAPEL .....	17
1.3 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO.....	18
CAPÍTULO II:.....	25
2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	25
2.1 DISMINUCIÓN DE EVENTOS ROTURA DE PAPEL .....	25
2.2 AUMENTO DE VELOCIDAD .....	26
2.3 DISMINUCIÓN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO .....	27
CONCLUSIONES .....	28
RECOMENDACIONES.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	34



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Máquina de Papel .....	2
Figura 2: Máquina de Papel Kraft Papelera Nacional .....	4
Figura 3: Sistema Silentdrive del primer grupo de secado .....	5
Figura 4: Sistema Silentdrive .....	6
Figura 5: Primer Grupo de Secado.....	9
Figura 6: Diagrama de Fuerza de Primer Grupo de Secado.....	12
Figura 7: Tablero Grupo #1 de Secadores.....	13
Figura 8: Red de cada grupo de secadores.....	15
Figura 9: Diagrama de control de grupo de secadores.....	16
Figura 10: Diagrama de control de formador, prensas. ....	17
Figura 11: Diagrama de Control de Máquina de Papel.....	18
Figura 12: Red Profibus de sistema Silentdrive .....	19
Figura 13: Tablero Principal Silentdrive.....	20
Figura 14: Pantalla Principal de Silentdrive .....	22
Figura 15: Pantalla Pre-Secado Silentdrive .....	22
Figura 16: Pantalla Post-Secado Silentdrive .....	23
Figura 17: Pantalla de Pope .....	24

## ÍNDICE DE TABLAS

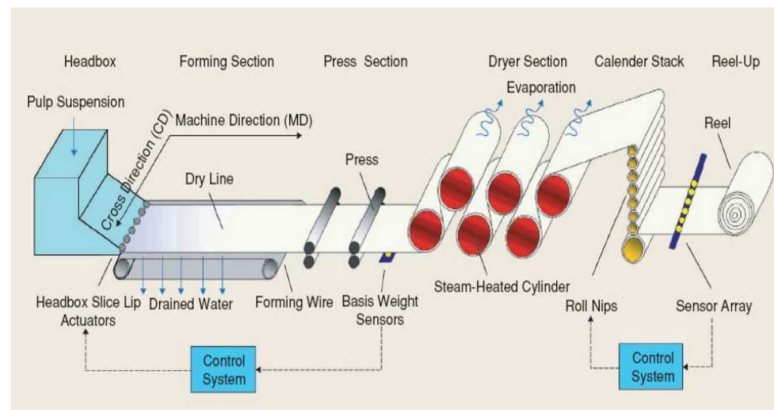
Tabla 1: Control de Grupo de secado #1 .....	10
Tabla 2: Nomenclaturas de empresa Voith.....	10
Tabla 3: Incremento de Producción de Máquina de Papel.....	25

## **INTRODUCCIÓN**

A pesar de los avances tecnológicos como internet, correos electrónicos, entre otros; que han impactado a gran escala el uso de papel existen otros escenarios que aún lo requieren, citando como ejemplo en la higiene personal, embalaje de mercadería y sistema académico.

Ante la dimensión del uso de papel por parte de la población mundial se requiere el uso de maquinaria para su fabricación y por ello existe diversidad de máquinas de papel, encontrando entre las más comunes de nuestro país las de papel kraft y tissue.

El papel Kraft es un tipo de papel resistente obtenido a partir de pulpa de fibra de madera, su nombre se deriva del término alemán Kraft que significa fuerte, y fue producido por primera vez en 1884 por el sueco Carl Dahl.



*Figura 1 : Máquina de Papel*

Las máquinas de papel Kraft se pueden dividir en dos zonas, húmeda y seca, conformando los siguientes elementos:

1. Caja de cabecera
2. Mesa de formación
3. Rodillo formador
4. Prensas
5. Secadores
6. Bobinador

En la figura 1, se muestra la integración de cada una de estos elementos.

La caja de cabecera es la parte que conecta la preparación de pasta y la máquina de papel, tiene como función inyectar la pasta de papel en la mesa de formación.

La mesa de formación y el rodillo formador tienen una tela que teje las fibras de la pasta de papel y extraen el agua, a partir de esta fase la pasta se convierte en papel.

Las prensas tienen la función de exprimir el papel, eliminando agua del interior.

Las zonas de mesa de formación, rodillo formador y las prensas se conocen como zona húmeda de la máquina de papel.

Los grupos de secado o secadores extraen la humedad de papel por transferencia de calor, evaporando el agua restante del papel.

Finalmente el papel es bobinado para luego ser almacenado y vendido.

Los grupos de secadores y bobinador conforman la zona seca de la máquina de papel.

En el año 2013 la empresa ecuatoriana Papelera Nacional realizó la modernización de la máquina de papel kraft #2, sustituyendo el sistema de control y fuerza.



*Figura 2: Máquina de Papel Kraft Papelera Nacional*

La figura 2 es una foto de máquina #2 de papel Kraft de Papelera Nacional la cual fue tomada desde la mesa de formación

Papelera Nacional utiliza como materia prima cartón reciclado y virgen creando combinaciones para las distintas clases de papel kraft como corrugado, medio y testliner.

La máquina de papel #2 produce únicamente papel kraft corrugado medio de diferentes gramajes.

En la máquina de papel #2 estaba instalado un sistema Multidrive que constaba de una caja de cabecera, un rodillo formador, 2 prensas, 4 grupos secadores y 1 bobinador.

El rodillo formador, las prensas, grupos de secadores y el bobinador del sistema de Multidrive utilizaban un sistema de accionamiento variador-motor-reductor.

En cada grupo de secadores el movimiento generado por el accionamiento era transferido a las lonas superior e inferior por acoples mecánicos como cadenas, piñones, etc.

Al ser movido cada grupo de secado por un accionamiento, el deslizamiento de las lonas o los problemas mecánicos eran transferidos al motor como sobrecargas o subcargas en un tiempo muy largo esto ocasionaba roturas de papel.

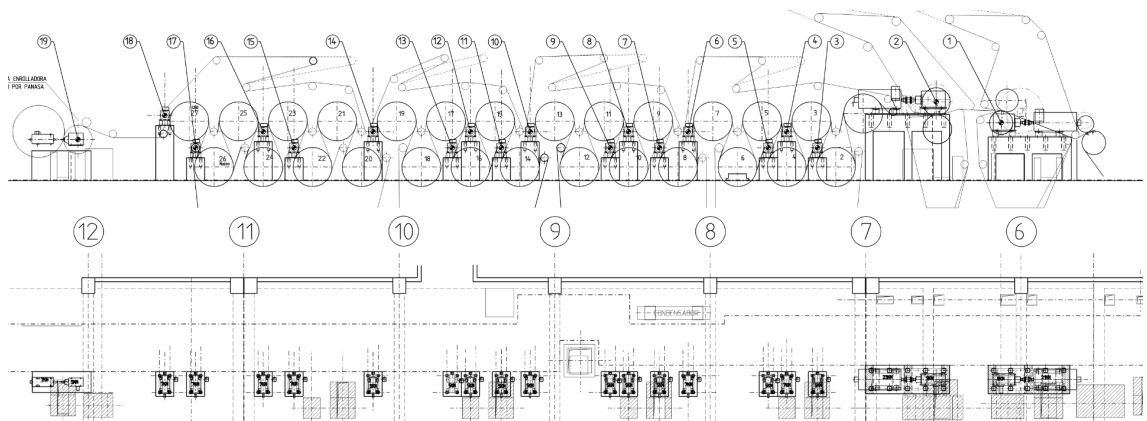
El nuevo sistema instalado se llama Silentdrive el cual consiste en la redistribución de las cargas y la eliminación de cajas reductoras de cada grupo secado.



*Figura 3: Sistema Silentdrive del primer grupo de secado*

La figura 3 es una foto del sistema Silentdrive los motores 1, 3 son los motores que mueven la lona superior y los motores 2, 4 mueven la lona inferior.

La lona superior e inferior de cada grupo de secado ya no iban a ser manejadas por un solo accionamiento, ahora cada lona va a ser manejada por dos accionamientos que incluyen 2 servomotores asíncronos y 2 variadores. Cada grupo de secado consta de 4 servomotores y 4 variadores.



*Figura 4: Sistema Silentdrive*

En la figura 4 podemos ver los motores de las prensas, numerales 1 y 2, los 16 motores que conforman los 4 grupos de secado, numerales del 3 al 18, y el motor del bobinador, numeral 19.

Cada grupo de secadores va a ser manejado por un sistema Multidrive regenerativo Sinamic S120 de la marca Siemens.



El sistema Silentdrive también incluye la instalación de un sistema de control distribuido PCS7 de la marca SIEMENS, el cual se va a comunicar vía profibus a cada grupo de secadores.

El control entre los secadores es también llamado control de tiro, que es la diferencia de velocidad entre grupos de secadores permitiendo halar y tensionar el papel sin que se rompa.

El desarrollo de este proyecto se divide en dos capítulos, en el primer capítulo se describen los equipos y estrategias utilizadas para la modernización de la máquina de papel, en el segundo capítulo se describirán los resultados obtenidos y sus beneficios.

## **CAPÍTULO I:**

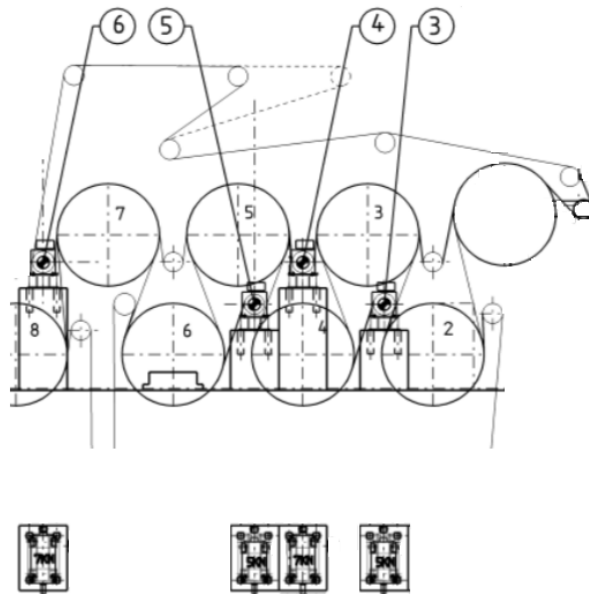
### **1 METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.**

La MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE MÁQUINA DE PAPEL KRAFT #2 de Papelera Nacional se basó en el funcionamiento de la máquina actual, con el objetivo de que el operador se familiarice de forma rápida con el nuevo sistema de control y que los puntos de operación aumenten.

El nuevo sistema de control distribuido utiliza el concepto TIA (Totally Integrated Automation) de SIEMENS; es decir, todos los controladores, variadores y paneles son configurados y manejados con una sola herramienta, el sistema de control distribuido PCS7 de SIEMENS.

## 1.1 ESTRATEGIA DE CONTROL EN SECADORES

Como se indicó en la introducción se realizó la distribución de cargas de cada uno de los grupos de secadores.



*Figura 5: Primer Grupo de Secado*

Cada grupo de secado tiene los mismos elementos de control y fuerza.

La figura 5 es el grupo de Secado #1 la lona superior esta accionada por dos motores (4,6) y la lona inferior por lo motores (3,5)

La empresa Voith encargada del diseño mecánico dio la lógica de control que debía tener cada grupo de secadores.










1 Pos. No.	2 Grupo de Accionamiento	3 HF	4	5	6	7	8	9	10	11	
											
3	1er GRUPO DE SECADO ACCIONAMIENTO 1			X							
4	1er GRUPO DE SECADO ACCIONAMIENTO 2			X							
5	1er GRUPO DE SECADO ACCIONAMIENTO 3		X								
6	1er GRUPO DE SECADO ACCIONAMIENTO 4	X	X								

Tabla 1: Control de Grupo de secado #1









HF	Accionamiento principal
	Regulación de la rotación
	Regulación de la rotación con inclinación de la curva característica ( ver item No. 10.3)
	Regulación de la rotación con medición del tiro directa conectada mediante transmisor de medición del tiro
	Regulación de la rotación con medición del tiro indirecta conectada sin transmisor de medición del tiro
	Regulación del torque (regulación de corriente) con limite de la rotación en caso de falla de carga
	Accionamiento sin regulación, bien con ajuste de carga y limitación en caso de falla de carga con ajuste de la rotation
	Regulación con distrucción de carga ( tener en consideración el iten No. 10.5 )
	Regulación de los rodillos guia hoja y rodillos despleadores ( tener en consideración el iten No. 10.4 )

Tabla 2: Nomenclaturas de empresa Voith

La tabla 1 y 2 es la estrategia de control que solicito la empresa Voith la cual indica que cada grupo de secado tiene un motor que es maestro de velocidad el cual se encuentra en la lona superior este accionamiento va a dar la referencia de velocidad a un motor de la lona inferior los otros dos motores de la lona superior e inferior son esclavos de torque.

Para obtener el sistema de control requerido, se utilizaron los variadores Sinamic S120 de la marca Siemens.

Para la configuración y programación se utilizó la herramienta STARTER que está instalado en el sistema de PCS7 de Siemens.

### 1.1.1 ARQUITECTURA DE FUERZA DE GRUPO DE SECADORES

El sistema de accionamiento de cada grupo de secado constaba de las siguientes partes:

1. Un Disyuntor
2. Un Filtro de armónicos (active interface module)
3. Un rectificador de 4 cuadrantes comandado por IGBT's (active line module)
4. Cuatro inversores (motor module)

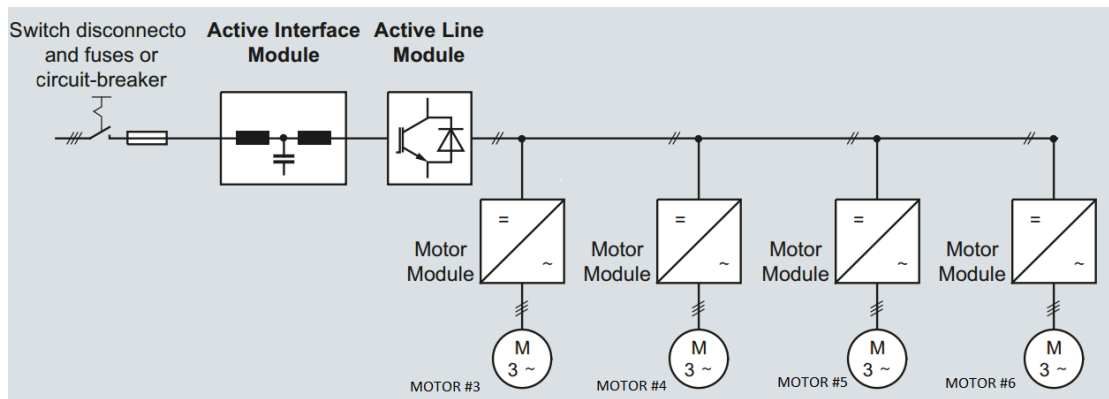


Figura 6: Diagrama de Fuerza de Primer Grupo de Secado

La figura 6 es el sistema de Fuerza de cada grupo de secado es cual es regenerativo, ya que al poseer un rectificador de cuatro cuadrantes cuando un grupo esta frenado este envía energía a la red la cual puede ser usado por los demás motores.

Cabe recalcar que este sistema tiene factor de potencia igual a 1, por lo tanto no necesita compensación de factor de potencia, además de no inyectar armónicos a la red.



*Figura 7: Tablero Grupo #1 de Secadores*

La figura 7 es la foto del tablero de accionamiento del primer grupo de Secadores.

### 1.1.2 ARQUITECTURA DE RED DE LOS GRUPOS DE SECADORES

Cada Grupo de Secadores va a tener dos unidades de control CU320-2DP y van a ser las encargadas de realizar los lazos de control de velocidad y torque.

Las unidades de control manejan dos protocolos PROFIBUS y DRIVE-CLIQ, la comunicación PROFIBUS va a comunicar cada grupo de secadores con el sistema de control distribuido PCS7 y el protocolo DRIVE-CLIQ va a comunicarse con los equipos que manejan los motores que mueven las lonas de los secadores.

El Protocolo DRIVE-CLIQ es patentado por Siemens y está basado en Ethernet de 100 Mbit / el cual no tiene gran manejo de paquetes de datos, una menor colisión y pérdida de paquetes de datos; dando como resultado una red determinista de alta velocidad.

El puente rectificador o active line module se enlaza con el voltaje module el cual mide el voltaje de entrada y envía los datos al rectificador para que la modulación no origine armónicos y el factor de potencia sea igual a 1.

Cada inversor se enlaza con un sensor module el cual convierte la señal de velocidad del encoder HTL 1024 pulsos que está en cada servomotor a una señal digital que puede ser leída por el inversor y el controlador.



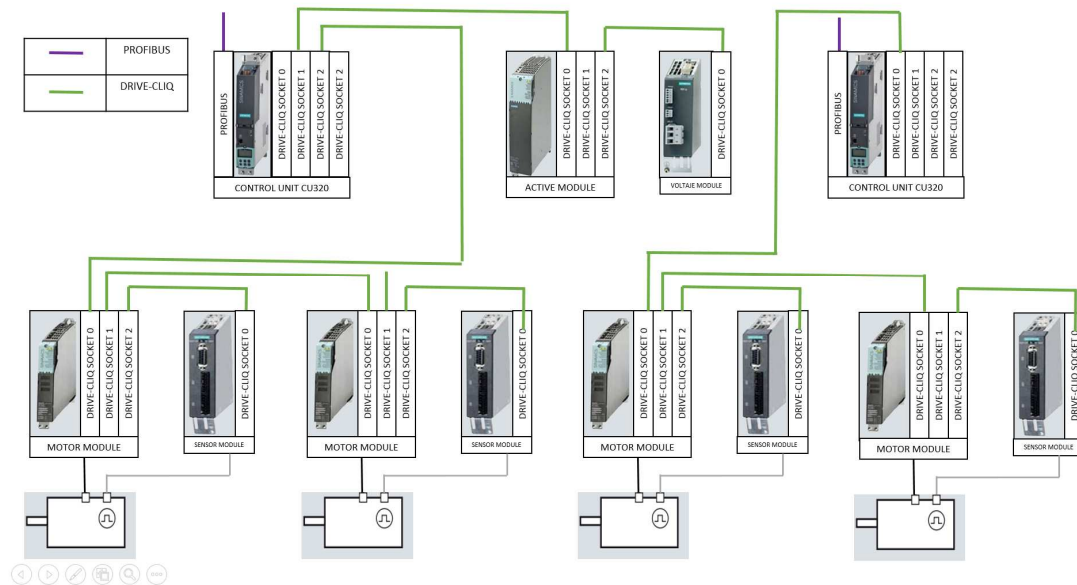


Figura 8: Red de cada grupo de secadores

La figura 8 es la red DRIVE-CLIQ de un secador del sistema Silentdrive.

### 1.1.3 ESTRATEGIA DE CONTROL DE LOS GRUPOS DE SECADORES

A partir de la Tabla#1 obtenemos la estrategia de control que debemos realizar el cada grupo de secadores.

El ultimo motor de cada la lona superior es el maestro de velocidad de todo el secador, este motor tiene un lazo de control de velocidad.

La velocidad presente en el último motor de la lona superior es la referencia del lazo de control de velocidad del último motor de la lona inferior.

Los motores anteriores de las lonas superior e inferior son esclavos de torque es decir el torque presente de los últimos motores de las lonas son la referencia del lazo de control de torque de los motores anteriores.

Realizando esta estrategia de control el torque solicitado por las lonas superior e inferior va a ser distribuida de manera simétrica y homogénea en sus motores; es decir, cada servomotor va a entrega el 50% del torque solicitado en todo instante de tiempo.

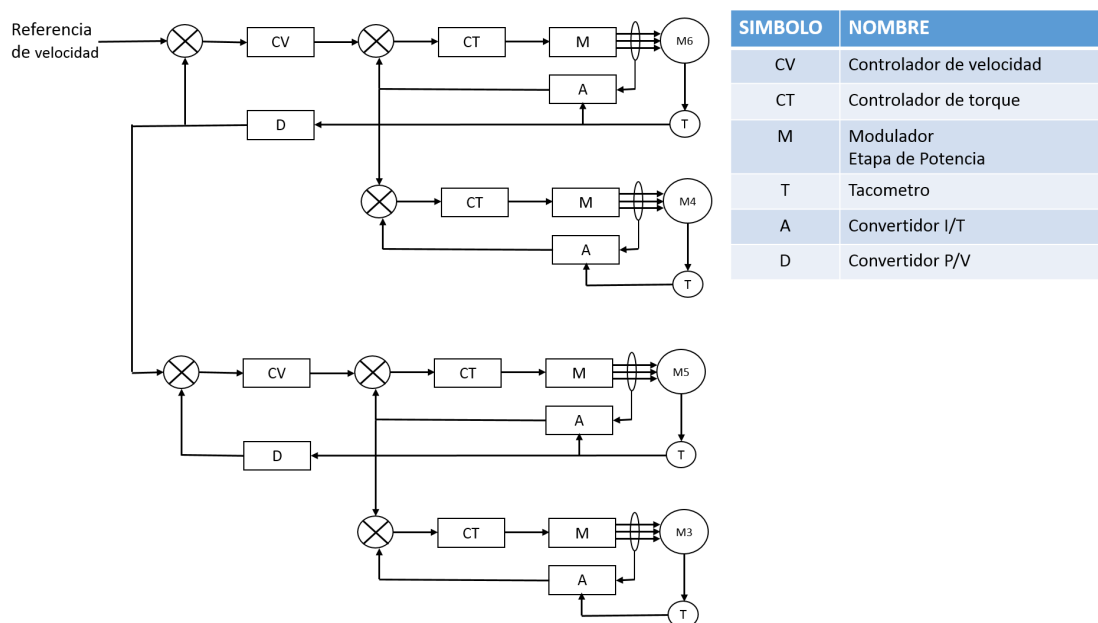


Figura 9: Diagrama de control de grupo de secadores

La figura 9 es la estrategia de control de un grupo de secado de la máquina de papel kraft solicitado por la voith.

## 1.2 ESTRATEGIA DE CONTROL DE LA MÁQUINA DE PAPEL

Las demás partes de la máquina de papel Kraft #2 de Papelera Nacional, como el rodillo formador y las dos prensas, serán movidas por un accionamiento variador-motor-reductor y el control de cada una de las partes es un lazo de control de velocidad.

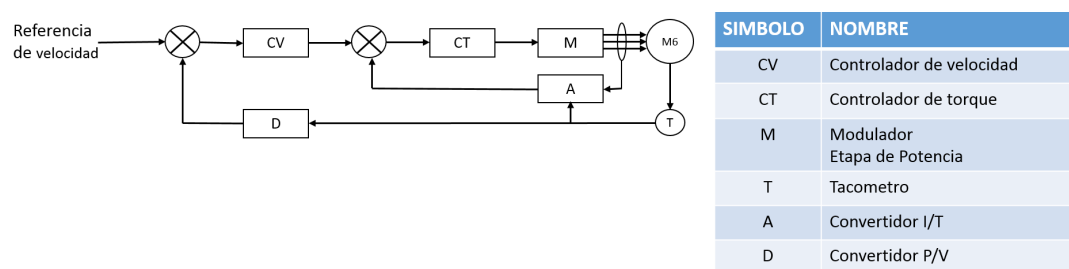


Figura 10: Diagrama de control de formador, prensas.

La figura 10 es el diagrama de control de las prensas y el rodillo formador.

La sincronización de la máquina se basa en los tiros, que es diferencia de velocidad de cada una de las partes de la máquina.

La figura 11 es la estructura de control de velocidad de la máquina de papel utilizando el sistema Silentdrive.

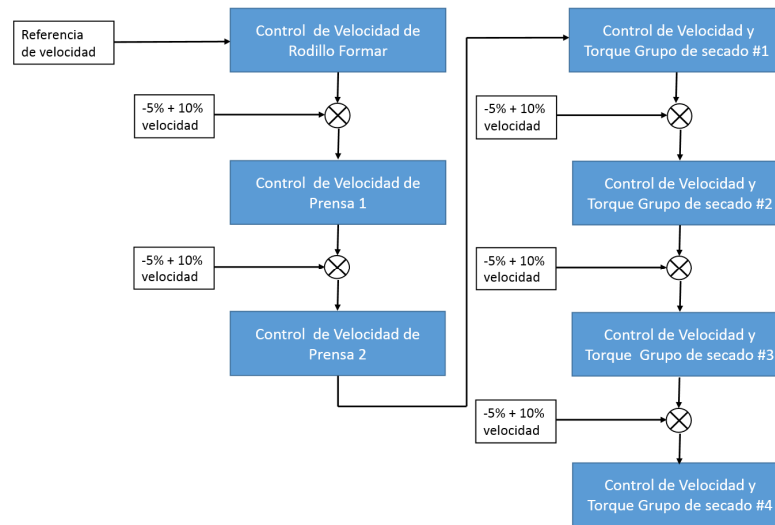


Figura 11: Diagrama de Control de Máquina de Papel

### 1.3 SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

El sistema Silentdrive es manejado por el sistema de control distribuido PCS7 de Siemens el cual nos permite monitorizar y guardar el comportamiento de todas las variables en tiempo real y con estos datos analizar los puntos de operación y funcionamiento del sistema.

La licencia de PCS7 es de 250 Objetos de Proceso, cada uno de ellos es un bloque del programa del PLC previamente configurado de la librería del PCS7 y genera la ventana de operación en el Scada.

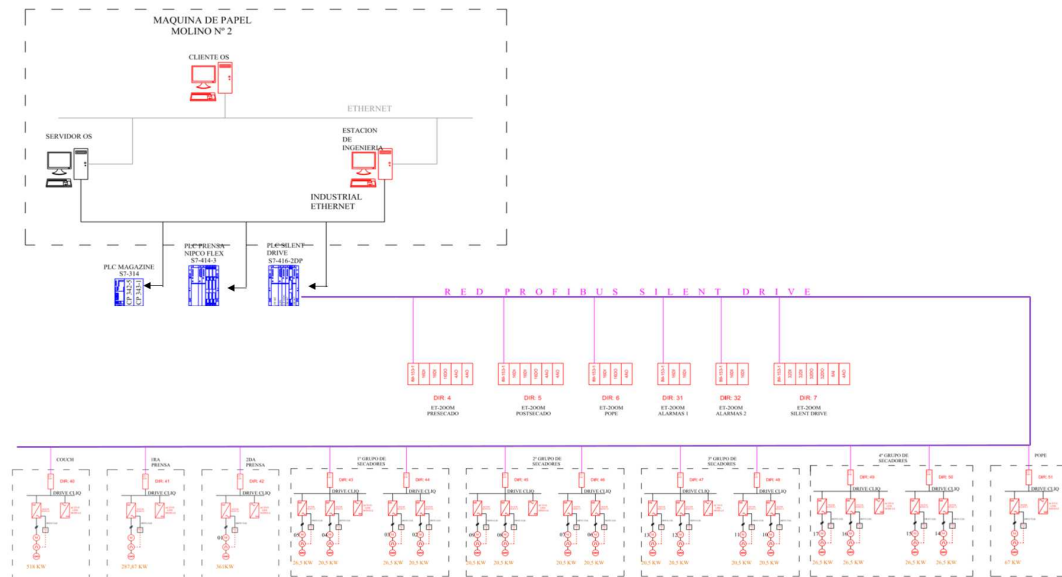
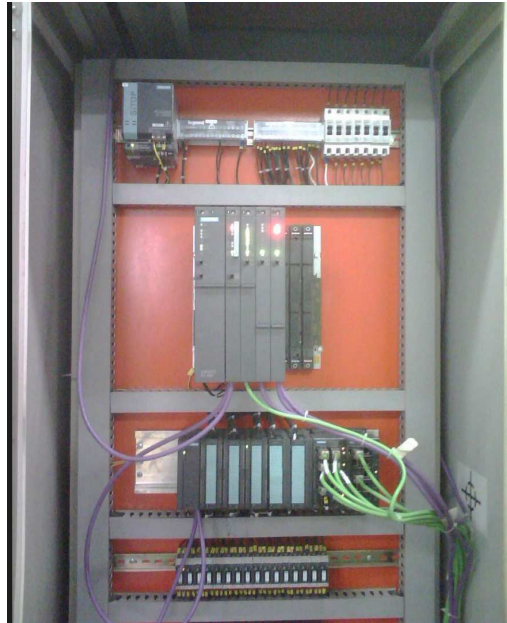


Figura 12: Red Profibus de sistema Silentdrive

La figura 12 es la red del sistema DCS del sistema Silentdrive.

Utiliza un controlador S7-416-2DP, seis concentradores de señales ET-200 y los lenguajes de desarrollo son escalera y bloque de funciones; los variadores se configuraron con el software Starter de SIEMENS.



*Figura 13: Tablero Principal Silentdrive*

La figura 13 es el tablero principal donde se instala la CPU central del sistema Silentdrive.

Cada Concentrador tiene una función determinada:

1. ET-200 Presecado o Zona Humeda: señales local-remoto, Jog, subir-bajar tiro, marcha, paro de mesa de formación, rodillo formador y prensas.
2. ET-200 Postsecado o Zona Seca: señales local-remoto, Jog, subir-bajar tiro, marcha, paro de grupos de secado.

3. ET-200 Pope o Bobinador: señales local- remoto, Jog, subir-bajar tiro, marcha, paro de bobinador.
4. ET-200 Alarmas #1: paros de emergencia, sensores rotura de papel, sensor desvío de lona.
5. ET-200 Alarmas #2: paros de emergencia, sensores rotura de papel, sensor desvío de lona.
6. ET-200 Silentdrive: marcha, paro, fallo, status de motores auxiliares como ventiladores auxiliares, extractores, paros de emergencia en cuarto de tableros.

El Sistema Scada del sistema Silentdrive consta de seis Pantallas:

1. Pantalla Principal: visualización de velocidad y tiros de cada uno de las partes de la máquina, ubicación de dónde está la hoja.

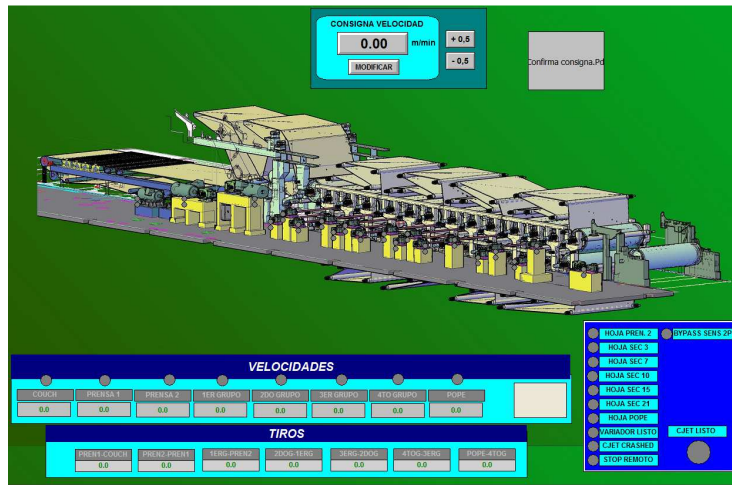


Figura 14: Pantalla Principal de Silentdrive

2. Pre-Secado: visualización de velocidad, tiros, corrientes, torques, información general y control de cada uno de los motores de la zona húmeda.

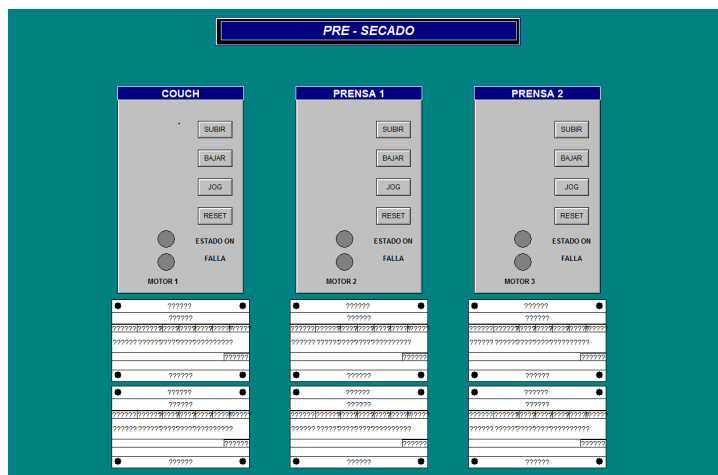


Figura 15: Pantalla Pre-Secado Silentdrive



3. Post-Secado: visualización de velocidad, tiros, corrientes, torques, información general y control de cada uno de los motores de la zona Seca.



Figura 16: Pantalla Post-Secado Silentdrive

4. Pope: visualización de velocidad, corriente, torques, información general y control de bobinador.

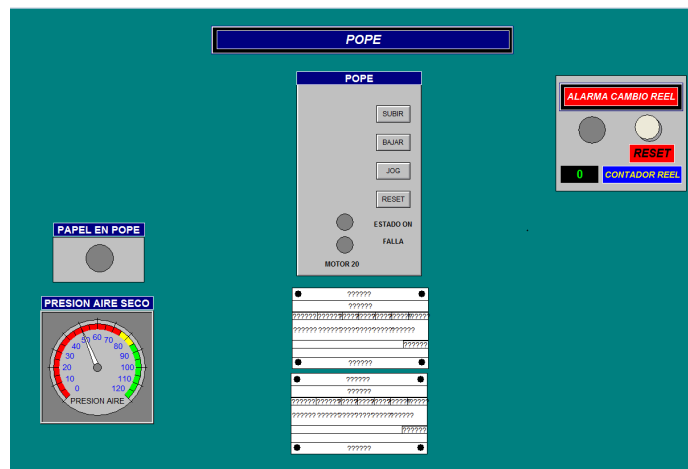


Figura 17: Pantalla de Pope

## CAPÍTULO II:

### 2 RESULTADOS OBTENIDOS.

Con la nueva estrategia de control Silentdrive para la máquina de papel #2 de Papelera Nacional en la elaboración de papel kraft se puede observar en la tabla 3 el incremento de velocidad y el aumento de producción

#### Incremento de Velocidad de máquina

		Actual CM	Proyecto CM	Dif
Papel tipo				
Peso Básico	gr/m2	146	146	
Velocidad=	m/min	240	340	100
Ancho de Máquina	m/min	4,20	4,20	
<b>Producción diaria (Pope)</b>	TM/d	210	300	90
<b>Producción anual (Pope)</b>	TM/año			<b>29.700</b>

Tabla 3: Incremento de Producción de Máquina de Papel

#### 2.1 DISMINUCIÓN DE EVENTOS ROTURA DE PAPEL

Al tener un control velocidad y torque más fino en cada grupo de secado se reducen las roturas papel en cada secador.

Anteriormente, si una de las lonas se trababa o deslizada no se podía identificar fácilmente porque trabajaban con acoples mecánicos. Actualmente se conoce la velocidad y el torque de cada una de las lonas.

Si la diferencia de torque entre las lonas aumenta se puede decir que una de ellas tiene algún problema.

Si la velocidad de los motores de cada una de las lonas es diferente se puede decir que existe una traba o un deslizamiento de la lona.

Estas trabas y deslices de lona pueden ser producto de la falta de tensión de la lona o desgaste de la misma.

## 2.2 AUMENTO DE VELOCIDAD

Al tener un mejor control de las tensiones y tiros permitió incrementar la velocidad y reducir las pérdidas por parada de máquina.

Cabe recalcar que el incremento de velocidad se debió también al aumento de potencia de los motores de la zona húmeda y una mayor producción de pasta de papel.

Estos aumentos de potencia y pasta fueron proyectos realizados anteriormente en la máquina de papel y en la zona de preparación de pasta.

### 2.3 DISMINUCIÓN DE MANTENIMIENTO MECÁNICO

La máquina al ya no contar con acoples mecánicos entre las lonas de secadores permitió la disminución de mantenimiento mecánico ya que disminuyeron la cantidad de equipos.

Otra de las bondades de este sistema fue que al disminuir los equipos mecánicos disminuyó el nivel de ruido.

## CONCLUSIONES

El sistema Silentdrive instalado en la máquina de papel #2 funciona, disminuye roturas de papel y permite un control más fino en la velocidad de la máquina.

El sistema Silentdrive permite un arranque y pase de hoja más sencillo y seguro, ya que el control de tiro se hace por secciones y no depende de acoples mecánicos.

El manejo independiente de las lonas en cada grupo de secado permitió un control más fino ya que si las lonas superiores o inferiores de los grupos de secado se traban o aflojan dando como resultado una sobrecarga o subcarga el sistema lo detecta más rápido permitiendo disminuir roturas de papel.

El manejo de accionamiento de cuatro cuadrantes de los accionamientos de los grupos de secado permitió optimizar el consumo de energía eléctrica ya que si el sistema está regenerando genera energía eléctrica para el resto de la máquina.

La mejora de los rendimientos de la maquina permitió producir de manera más confiable y segura.

Hay que tener en cuenta el buen aterrizado de los accionamientos ya que este es uno de los principales problemas en estos sistemas.

Los controladores de los accionamientos de motores esclavos de torque es lo último que se sintoniza, cualquier pico en los maestros de velocidad afecta a los lazos de control de los motores esclavos.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda la compra de una licencia de control predictivo y adaptativo que permita de manera automática sintonizar los tiros entre secadores ya que aún se realiza este control de manera manual.

Con la maquina en funcionamiento se debe revisar los límites de variación de velocidad de los motores que están en control de torque ya existe la posibilidad que con una rotura de lona pueda aumentar de manera muy brusca la velocidad este motor antes de se vaya a falla por rotura de lona.



## BIBLIOGRAFÍA

[1]Er Sanyman S. Saini, Paper Industry, (<http://www.slideshare.net/singhsanyam/paper-pulp-industry-by-er-sanyam-s-saini-me-regular-201214>), 2014

[2] Hebei Defeng Polyester Fiber Co., Kraft paper machine clothing, polyester mesh fabrics, ([http://www.china-polyestermesh.com/news/news\\_216.html](http://www.china-polyestermesh.com/news/news_216.html)), 22 Mayo 2014

[3]La Bolsa de Papel, Que es papel Kraft?, (<http://www.bolsa-papel.com/2013/01/que-es-el-papel-kraft.html>), fecha de consulta marzo 2016

[4]Food Processing Consortium, Motors variable speed Drives, ([http://foodtechinfo.com/efficiency/motors\\_variable\\_speed\\_drives/](http://foodtechinfo.com/efficiency/motors_variable_speed_drives/)), Marzo 2007

[5]Universidad Carlos III de Madrid, CONTROL DE MÁQUINAS ASÍNCRONAS DE ROTOR CORTOCIRCUITADO CON VARIADOR DE FRECUENCIAUNIDRIVE, (<http://ocw.uc3m.es/ingenieria-electrica/maquinas->

electricas-de-corriente-alterna/practicadas-1/practica-3), fecha de consulta marzo 2016

[6]Siemens, Manual PM21, ([https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/Documents/Catalog\\_PM21-SINAMICS\\_S120.pdf](https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/Documents/Catalog_PM21-SINAMICS_S120.pdf)), 2013

[7]Siemens, Sinamic G120 Puesta en marcha ([https://cache.industry.siemens.com/dl/files/703/49084703/att\\_61727/v1/IH1\\_012011\\_esp\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/703/49084703/att_61727/v1/IH1_012011_esp_es-ES.pdf)), Enero 2011

[8]Siemens, Sinamic S120 Flexibilidad y alto rendimiento ( [http://w3app.siemens.com/mcems/infocenter/dokumentencenter/ce/Documents u20Brochures/e20001-a30-p670-x-7800.pdf](http://w3app.siemens.com/mcems/infocenter/dokumentencenter/ce/Documents/u20Brochures/e20001-a30-p670-x-7800.pdf)), 2008

[9]Leine, DRIVE-CLiQ encoders for heavy duty environments, ( [http://www.leinelinde.es/PageFiles/8591/Press\\_release\\_DRIVE-CLiQ\\_eng.pdf?epslanguage=es](http://www.leinelinde.es/PageFiles/8591/Press_release_DRIVE-CLiQ_eng.pdf?epslanguage=es)), 26 Noviembre 2012

[10]Siemens, The open encoder interface for the SINAMICS drives family, ([https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/ac-drives/high-performance-and-servo-drives/drive-cliq-motor-drive-integration-system/Documents/DRV-Drive\\_CLiQ\\_Brochure.pdf](https://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/electric-drives/ac-drives/high-performance-and-servo-drives/drive-cliq-motor-drive-integration-system/Documents/DRV-Drive_CLiQ_Brochure.pdf)), Julio 2014

[11]Siemens, (El sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7, [https://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pcs7/pdf/78/br\\_pcs7\\_2013\\_es.pdf](https://w3.siemens.com/mcms/process-control-systems/SiteCollectionDocuments/efiles/pcs7/pdf/78/br_pcs7_2013_es.pdf)), 2013.

[12]Siemens, (Propiedad y Creacion de Objetos de Proceso PCS7), 24 Agosto 2014

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

CV: Controlador de Velocidad

CT: Controlador de Torque

M: Modulador o Etapa de Potencia

T: Tacómetro

A: Convertidor de corriente y velocidad a torque

D: Convertidor de contador de Pulsos a Velocidad