

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE RUTAS TERMOGRÁFICAS COMO HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PAPEL**

Leidy Carolina Barrientos Tamayo

Ingeniería Mecatrónica

Bernardo Argemiro Herrera Munera

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Noviembre 2019**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

En el presente trabajo se realiza un proyecto de implementación de una de las técnicas de mantenimiento predictivo utilizada dentro de la empresa PAPELSA, adicional se cuenta con otras herramientas como lo son el análisis de vibraciones, análisis de aceite y ultrasonido. Las instalaciones eléctricas y mecánicas suelen calentarse antes de fallar (FLIR), por lo anterior se realiza una serie de mediciones no destructivas para identificar y hacer seguimiento al inicio de una falla sin la necesidad de detener el proceso productivo; la disponibilidad y confiabilidad aumentaron de manera significativa.

Luego de la implementación durante 4 meses de las rutas termográficas, se evidenció la importancia de llevar el registro del comportamiento térmico de los equipos, junto con las otras herramientas y la correcta ejecución de un programa de lubricación, esto debido a identificarse las malas prácticas de relubricación como la principal causa en aumentos de temperatura por encima de 10°C. Los resultados obtenidos durante este proceso fueron usados como insumo para la capacitación y certificación del personal de la empresa en temas de lubricación y ultrasonido, esta técnica es la primera para identificar el inicio de una falla.

*Palabras clave:* Industria Papelera, Termografía, Mantenimiento basado en condición.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradezco a la empresa Papeles y Cartones S.A por permitirme hacer parte de su grupo de trabajo y el desarrollo de este proyecto.

Agradezco al Ingeniero Wilson Alberto Martínez por el apoyo y acompañamiento durante este proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

---

*PAPELSA* Papeles y cartones S.A

*IRT* Termografía infrarroja

*L.T* Lado Transmisión

*L.O* Lado Operación

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	9
3. METODOLOGÍA.....	15
MESA DE FORMACIÓN .....	16
PRENSADO .....	23
SECADO .....	27
SECCIÓN TERMINADO.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	45
REFERENCIAS .....	46

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1</b> Pasos para realización propuesta <b>Fuente:</b> Elaboración Propia .....	16
<b>Ilustración 2</b> Plano mesa de formación .....	17
<b>Ilustración 3</b> Chumacera Rodillo Pecho L.T y L.O.....	17
<b>Ilustración 4</b> Chumacera Rodillo Manual L.O y L.T .....	18
<b>Ilustración 5</b> Chumacera Rodillo Guía L.O y L.T .....	18
<b>Ilustración 6</b> Chumacera Rodillo Automático L.T y L.O.....	19
<b>Ilustración 7</b> Chumacera Rodillo Eléctrico L.O y L.T.....	19
<b>Ilustración 8</b> Chumacera Rodillo Couch L.O y L.T .....	20
<b>Ilustración 9</b> Transmisión Couch (Motor y Reductor).....	20
<b>Ilustración 10</b> Chumacera Rodillo Turning L.O y L.T .....	21
<b>Ilustración 11</b> Transmisión Turning(Motor y Reductor) .....	22
<b>Ilustración 12</b> Plano prensas.....	23
<b>Ilustración 13</b> Chumacera Rodillo Pick Up L.T y L.O.....	23
<b>Ilustración 14</b> Chumacera Rodillo Inferior L.T.....	24
<b>Ilustración 15</b> Transmisión Inferior (Motor y Reductor).....	24
<b>Ilustración 16</b> Chumacera Rodillo Succión L.T .....	25
<b>Ilustración 17</b> Chumacera Prensa Zapata/DCR L.T.....	26
<b>Ilustración 18</b> Transmisión DCR(Motor y Reductor).....	26
<b>Ilustración 19</b> Secado planta Molino .....	27
<b>Ilustración 20</b> Plano secado (1era sección).....	28
<b>Ilustración 21</b> Plano secado (2da sección).....	29
<b>Ilustración 22</b> Plano secado (3ra sección).....	29
<b>Ilustración 23</b> Plano secado (4ta sección).....	30
<b>Ilustración 24</b> Plano secado (5ta sección).....	30
<b>Ilustración 25</b> Plano Sección Terminado (1era sección) .....	32
<b>Ilustración 26</b> Transmisión Pope Reel (Motor y Reductor).....	32
<b>Ilustración 27</b> Plano Sección Terminado (2da sección) .....	33
<b>Ilustración 28</b> Transmisión Desembobinador (Motor y Reductor).....	34
<b>Ilustración 29</b> Transmisión Prensas (Motor y Reductor) .....	35
<b>Ilustración 31</b> Comportamiento térmico Chumaceras .....	36
<b>Ilustración 32</b> Comportamiento térmico Motores .....	37
<b>Ilustración 33</b> Comportamiento térmico Reductores.....	37
<b>Ilustración 39</b> Comportamiento alarmas.....	39
<b>Ilustración 34</b> Comportamiento térmico Mesa de Formación .....	39
<b>Ilustración 35</b> Comportamiento térmico Prensas.....	40
<b>Ilustración 36</b> Comportamiento térmico Secado – Rodillos Transportadores .....	41
<b>Ilustración 37</b> Comportamiento térmico Secado – Secadores .....	42
<b>Ilustración 38</b> Comportamiento térmico Sección Terminado .....	43

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>Tabla 1</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Pecho.....	17
<b>Tabla 2</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Manual .....	18
<b>Tabla 3</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Guía .....	18
<b>Tabla 4</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Automático.....	19
<b>Tabla 5</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Eléctrico.....	19
<b>Tabla 6</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Couch .....	20
<b>Tabla 7</b>	Información técnica motor y reductor Couch .....	20
<b>Tabla 8</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Turning .....	21
<b>Tabla 9</b>	Información técnica motor y reductor Turning.....	22
<b>Tabla 10</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Pick Up.....	24
<b>Tabla 11</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Inferior .....	24
<b>Tabla 12</b>	Información técnica motor y reductor Inferior .....	24
<b>Tabla 13</b>	Rodamientos chumacera Rodillo Succión .....	25
<b>Tabla 14</b>	Rodamientos chumacera Prensa Zapata/DCR .....	26
<b>Tabla 15</b>	Información técnica motor y reductor DCR .....	26
<b>Tabla 16</b>	Rodamientos chumacera rodillos secado.....	28
<b>Tabla 17</b>	Información técnica motores y reductores Secado .....	30
<b>Tabla 18</b>	Información técnica motor y reductor Pope Reel.....	32
<b>Tabla 19</b>	Información técnica motor y reductor Desembobinador .....	34
<b>Tabla 20</b>	Resumen promedio temperatura por tipo de elemento .....	38
<b>Tabla 21</b>	Resumen promedio temperatura Mesa de Formación.....	40
<b>Tabla 22</b>	Resumen promedio temperatura Prensas .....	41
<b>Tabla 23</b>	Resumen promedio temperatura Secado – Rodillos transportadores .....	42
<b>Tabla 24</b>	Resumen promedio temperatura Secado – Secadores.....	43
<b>Tabla 25</b>	Resumen promedio temperatura Sección Terminado.....	44

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

PAPELES Y CARTONES S.A (PAPELSA) es una empresa dedicada a la producción, comercialización y distribución de papel y cajas de cartón corrugado. La fabricación de papel en molino (o máquina de papel) se hace en entornos hostiles por la temperatura y carga a la que están sometidos los equipos; para mantener la competitividad es necesario operar de manera continua y con eficiencia (reducir pérdidas de tiempo y dinero).

Es obligación de las empresas optimizar los recursos de mantenimiento, por lo tanto, se hace necesario la implementación de las diferentes herramientas de mantenimiento predictivo que no requieren detener los equipos implicados en el proceso productivo, como lo son el análisis de vibraciones, la termografía infrarroja, el ultrasonido, el análisis de aceite, entre otros.

La termografía es una de las estrategias usadas para la temprana detección de las fallas, permite establecer puntos de referencia para desgaste y evolución de los equipos con los datos cronológicos de este proceso, por lo tanto, en este proyecto se usó la termografía como herramienta para la generación de la base de datos del comportamiento térmico de los equipos que conforman la máquina de papel – el molino (proceso productivo)

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una propuesta para la implementación de 5 rutas termográficas como herramienta de mantenimiento basado en condición en el molino de Papeles y Cartones S.A en Barbosa-Antioquia.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Identificar los equipos en el molino de Papeles y Cartones S.A , en los cuales es posible realizar una medición termográfica y clasificarlos por secciones que comprenden el proceso productivo.
- Describir el comportamiento térmico tendencial de los equipos identificados, y proponer una línea base de normal funcionamiento para cada máquina.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

---

En la actualidad debido al incremento en la demanda de la producción industrial, se ha venido trabajando en la implementación de herramientas y mecanismos que ayuden a corregir y evitar daños en la maquinaria para cualquier tipo de industria.

Para lograr el objetivo de maximizar la disponibilidad de la maquinaria productiva en cualquier tipo de industria, se pueden reconocer tres técnicas o tipos de mantenimiento:

### 1. Mantenimiento correctivo:

En esta rama del mantenimiento, se lleva la maquinaria a su límite de falla, tolerando su ruptura o paro de operación debido a una condición de daño cualquiera. Una vez la máquina falla, se ejecutan las acciones correctivas para reparar y recuperar la operación de la máquina lo más rápida y eficientemente posible. Este tipo de mantenimiento plantea como ventaja la poca inversión en tecnología que se debe realizar, y como principales desventajas, la incertidumbre y los elevados costos de lucro cesante a los que se expone el proceso debido a que la maquinaria se encuentra indisponible mientras se recupera su operación.

### 2. Mantenimiento preventivo:

Este tipo de mantenimiento, plantea la idea de planificar rutinas de reparación, recambio de piezas, lubricación, y otras intervenciones sobre la maquinaria, antes de que esta falle, en el marco de un plan que permita con estas acciones, prevenir que el proceso llegue a un punto de paro imprevisto. Esta rama del mantenimiento, plantea como ventaja la poca incertidumbre de falla de las máquinas y el bajo costo relacionado al lucro cesante y los paros imprevistos de máquina, además de que las intervenciones individuales suelen ser menos costosas que una reparación debida a una falla catastrófica. Su principal desventaja es el elevado costo en inventario y gran esfuerzo que debe ser invertido en la gestión y

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

administración de un plan de mantenimiento, ya que se debe tener disponible un equipo de trabajo grande que se encargue de ejecutar las rutinas; además, los elementos de la máquina son reemplazados en la mayoría de los casos, cuando aún pueden entregar mucho más tiempo de operación.

Sin embargo, esta labor no ha sido así desde siempre, ya que antes tal prevención no era muy tenida en cuenta. Desde los inicios de la industrialización con respecto al uso de las máquinas, la necesidad no era prevenir los daños a la maquinaria sino prevenir los accidentes a las personas, lo que hacía que el foco de cuidado se presentara más sobre los trabajadores que hacia los mecanismos importando más el trabajo del empleado en el proceso productivo (Medina. 2009)

### 3. Mantenimiento predictivo:

El principal enfoque del mantenimiento predictivo, es el uso de instrumentos y tecnología que permitan determinar de manera anticipada el comportamiento de las máquinas y los procesos, de manera que cualquier rutina de recambio o reparación se realice únicamente cuando sea necesario y pueda ser prevista con el tiempo suficiente como para realizar una adecuada reprogramación de las labores de producción u operación de la planta. Busca precisamente, predecir el comportamiento de las máquinas con el fin de anticipar sus fallas. La principal ventaja del mantenimiento predictivo, es el bajo impacto sobre la continuidad de la producción, ya que se centra en aumentar la disponibilidad de las máquinas, llevándolas a su punto máximo de eficiencia operativa. Por otro lado, puede tomarse como una desventaja el poco conocimiento que se tiene sobre técnicas predictivas y el elevado costo de la tecnología que debe ser implementada. Sin embargo, cabe anotar que en las industrias más productivas, se opta por realizar las inversiones necesarias en la implementación de sistemas predictivos, ya que el retorno económico se refleja en el mediano plazo y en adelante se ve reflejado en ganancias para las compañías.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La forma más común de realizar mantenimiento predictivo es monitoreando permanentemente la condición de las máquinas, proceso al cual se le conoce también con el nombre de mantenimiento basado en condición o CBM por sus siglas en inglés. En la actualidad, los sistemas más avanzados, usan la información de monitoreo CBM para proyectar de una manera más eficiente y certera el comportamiento de las máquinas a través de técnicas de inteligencia artificial y otras herramientas computacionales.

En la actualidad el uso de las herramientas y los avances de la tecnología han posibilitado invertir dicho comportamiento, el mantenimiento dejó de ser correctivo a ser preventivo y predictivo, evitando con bastante tiempo un daño o un mayor proceso en la ejecución de las reparaciones, esto se debe al uso de las herramientas termográficas y el estudio de la termografía.

Sin embargo, esto es un proceso con el que no todas las empresas cuentan, o si bien, pueden tener las herramientas que permiten medir la temperatura, no llevan un proceso que visibilice y manifieste el estado de las máquinas y piezas para evitar futuros daños.

#### **MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE PAPEL**

En el proceso de fabricación de papel se pueden utilizar diferentes tipos de materiales como es el caso de los provenientes de fibras vegetales, madera, el bagazo de caña, mezclas de fibras vegetales; mezclas de papel de desperdicio. En Colombia se usan fibras vegetales como el bagazo y las latifoliada como el Eucaliptus, para producir papeles de imprenta y escritura, las provenientes de madera de fibra larga como el pino se usan para la producción de papeles industriales de alta resistencia (sacos) y cartones, para la producción de papeles absorbentes (Tissie) se utiliza totalmente papeles de desperdicio, los cuales también se usan para la producción de una buena cantidad de cartones. Sin embargo, las fibras vegetales especialmente las de madera y bagazo de caña son las que más se utilizan en la fabricación de papel, el 93% de las pulpas para papel que se producen a nivel mundial provienen de la madera y el 7% con plantas no maderables.

La madera se clasifica en latifoliadas, en general son más densas y difícilmente penetrables, producen fibras cortas y en maderas resinosas llamadas confieras o maderas blandas y dan origen a pulpas de fibras largas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **MADERA**

La madera es la principal fuente de fibras celulósicas para la manufacturación de pulpa y papel. En este momento, la madera suministra alrededor del 93% de los requerimientos mundiales de fibras vírgenes, mientras que las fuentes no madereras suministran el resto. Aproximadamente un tercio de todos los productos papeleros son reciclados como “fibras secundarias”.

La mitad de la madera en tronco se convierte en tablones, postes y productos de madera similares. Lo restante se convierte en pulpa y papel. Los procesadores de madera la clasifican en dos grupos: maderas duras provenientes de árboles que cambian de follaje y maderas blandas, obtenidas de coníferas.

La parte firme de la madera tiene más del 50% de materia orgánica. Es una mezcla de tres diferentes grupos de polímeros:

**Celulosa**, que constituye aproximadamente el 45% del peso seco en una disposición ordenada de cadenas de polímeros de glucosa de alto peso molecular, muy valioso como fibra.

**Hemicelulosa** (20 a 25%) en una disposición desordenada de varios polisacáridos que únicamente se pueden emplear económicamente como combustible.

**Lignina** (20 a 25%), aglutinante de las fibras de celulosa que es un complejo polímero amorfo polifenólico. La madera también contiene productos químicos extraíbles con disolventes inertes. Estos productos extraíbles varían según la especie del árbol y el lugar donde se encuentre el árbol; constituyen del 5% al 25% del peso y comprenden varias clases de productos químicos.

## **PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PASTA**

El objetivo de los procesos de obtención de la pulpa (producto intermedio en la manufactura de papel y cartón) es la separación de fibras de celulosa de la madera, para ello hay que librar dichas fibras de la matriz de lignina que las une, manteniendo intactas las celulosas y de esta manera aumentar el rendimiento de fibras utilizables.

Las propiedades de los productos terminales, papeles y cartón, dependerá de las propiedades de las pulpas utilizadas en su manufactura. Estas variarán a su vez con las especies de fibras de distintas maderas, así como del proceso empleado en la obtención de pulpa.

Hay muchos procesos y variaciones de procesos básicos que se pueden usar para hacer pulpa de madera. Algunos funcionan mejor con madera blanda que con la dura; otros

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

proporcionan rendimientos altos de papeles de menor calidad. Así, la producción de pulpa se logra por medios químicos o mecánicos, o por combinación de los dos procesos, ya que las fibras se pueden separar mecánicamente o por disolución de la lignina por medios químicos.

## **TERMOGRAFÍA**

La termografía es un método de inspección de equipos eléctricos y mecánicos que permite a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La Física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

La imagen obtenida por la termografía o el mapa térmico de la superficie se denomina termograma. La presencia de anomalías o defectos en un material hace que un flujo de calor establecido en su interior se vea alterado, lo que provoca contrastes de temperatura en su superficie. El termograma nos da información sobre el estado actual de la pieza, lo que permite predecir su comportamiento.

En un termograma es posible identificar los gradientes de temperatura y de este modo formar patrones reconocibles a simple vista o por medio del procesamiento de la imagen termográfica, lo que permite la fácil identificación de fallos.

Este método de inspección se basa en que la mayoría de los componentes de un sistema muestran un incremento de temperatura en mal funcionamiento. El incremento de temperatura en un circuito eléctrico podría deberse a una mala conexión o problemas con un rodamiento en caso de equipos mecánicos. Observando el comportamiento térmico de los componentes pueden detectarse defectos y evaluar su seriedad

Además, la Termografía puede ser aplicada en un amplio rango de materiales

(tanto metálicos como compuestos) y se pueden inspeccionar zonas relativamente amplias en un solo ensayo. No obstante, su principal desventaja es que resulta efectivo únicamente en la detección de defectos poco profundos. También es complicado producir un calentamiento uniforme al aplicar las técnicas activas y pueden existir variaciones de emisividad en diferentes partes del cuerpo estudiado. Dependiendo de si se utiliza o no una fuente de excitación para producir un flujo de calor en el interior del cuerpo inspeccionado,

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

estaremos hablando de Termografía activa o pasiva. A continuación, se hace una revisión de las principales técnicas.

### **TERMOGRAFÍA PASIVA**

La Termografía pasiva se refiere a los casos en los que no se usa ninguna estimulación de calentamiento o enfriamiento externo para provocar un flujo de calor en el cuerpo inspeccionado. El objeto estudiado produce un patrón de temperaturas típico por el hecho de estar involucrado en un proceso (industrial) que produce calor. Unos pocos grados de diferencia respecto a la temperatura normal de trabajo (referencia) del objeto muestran un comportamiento inusual. La Termografía es capaz de capturar esta información de temperatura en tiempo real desde una distancia segura sin interacción alguna con el objeto.

La Termografía pasiva se usa, por ejemplo, para la monitorización del producto en procesos de fabricación de metales, papel o cristal, control de temperaturas en agujas de coser, monitorización de procesos de soldadura o comprobación de la eficiencia de los discos de freno de automóviles. También puede ser usada en mantenimiento predictivo como en rodamientos, turbinas y compresores, instalaciones eléctricas, tuberías enterradas, álabes de turbinas o fugas de gas.

Existen otras muchas aplicaciones no industriales como son las de tipo medicinal en detección de cáncer de pecho o desórdenes vasculares, detección de fuegos, detección de objetivos (militar) o localización de pérdidas de calor y humedades en edificios.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. METODOLOGÍA

---

Para realizar la propuesta de rutas termograficas en la empresa Papelsa, se aborda de manera general el texto de Ana María Sánchez Gómez, *Técnicas de mantenimiento predictivo. metodología de aplicación en las organizaciones*. Realizado en el 2017, donde en su investigación nos aproxima iniciando de manera general sobre el mantenimiento predictivo en las organizaciones, donde luego nos aproxima a casos específicos como lo son el análisis por ultrasonido, el análisis de aceite, el termográfico, entre otros, para finalizar con la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo en la organización.

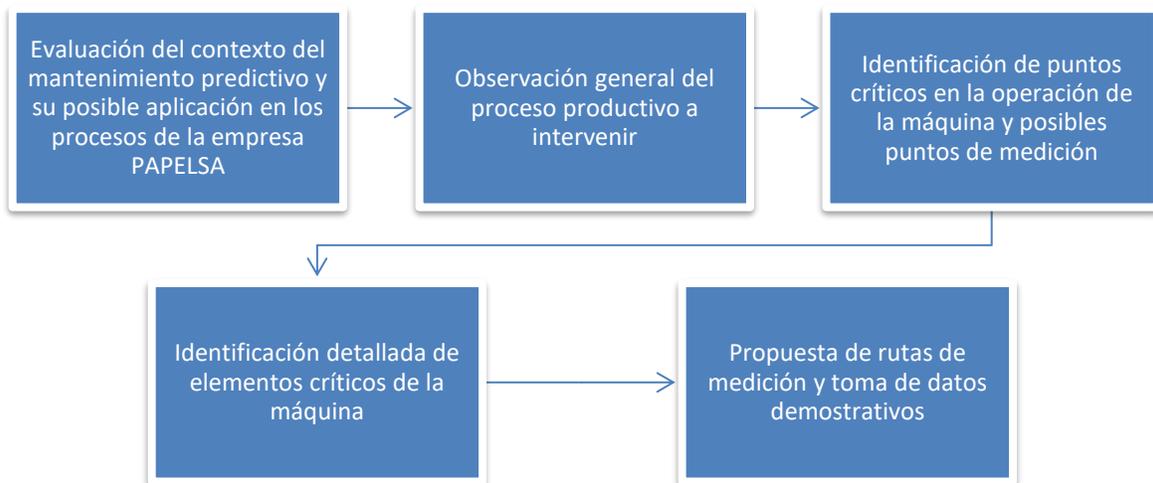
Por otro lado, nos acercaremos al trabajo de la Ingeniera Miriam Medina Delgado. *Elaboración de cuadernillo de apuntes: administración del mantenimiento (2009)*. donde nos enmarca y direcciona, a manera de hoja de ruta, en el proceso de la conservación industrial y la forma como debe de ser administrado dicho proceso para evitar por medio no solo de las herramientas sino también de la organización y la logística de los procesos preventivos como debe de ser asignado las labores de mantenimiento.

Por último y no menos importante, está el trabajo de Lidia Yaneth Neita Duarte y Elkin Omar Peña Rodríguez: *principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para mantenimiento predictivo (2011)*. En el que nos exponen toda una aproximación a todo lo que tiene que ver con el mantenimiento aplicando la termografía y nos aclaran conceptos fundamentales como mantenimiento correctivo, predictivo, productivo total y predictivo, desglosando de igual manera las diferencias entre temperatura y calor y los principios fundamentales de la medición infrarroja. Esto se acompaña con la *Guía de termografía para mantenimiento predictivo. Guía informativa del uso de cámaras termográficas en aplicaciones industriales (2011)*. Texto de la empresa FLIR Systems, una empresa pionera en el desarrollo de las cámaras termográficas, en el que encontraremos el uso y el funcionamiento de las mismas, con este podremos comprender

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

y acercarnos de manera más precisa al uso de la mismas y cómo es posible la aplicación en la industria, más precisamente a Papelsa.

Los pasos que comprendieron este proceso fueron:



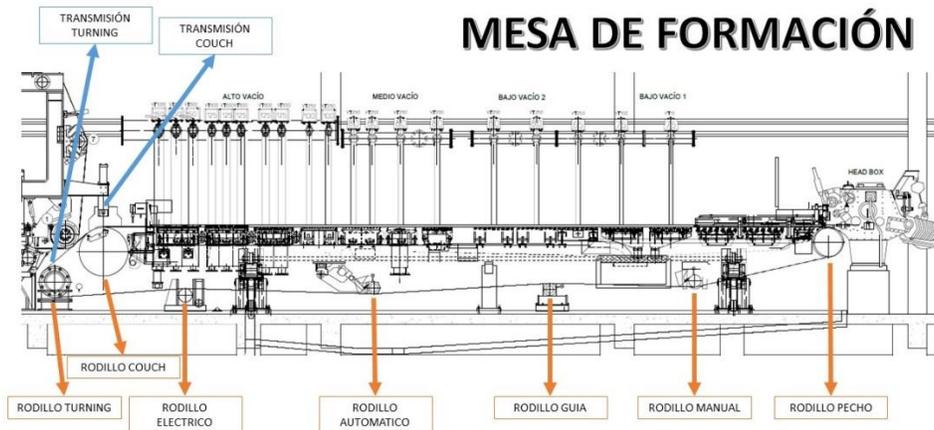
**Ilustración 1** Pasos para realización propuesta  
Fuente: Elaboración Propia

Junto con la observación general del proceso productivo se pudieron identificar los puntos críticos y medibles con termografía, así como la colección de información sobre las referencias de motores, reductores y rodamientos en chumaceras para crear el histórico y evaluar las recomendaciones del fabricante.

## CLASIFICACIÓN EQUIPOS POR SECCIONES

### MESA DE FORMACIÓN

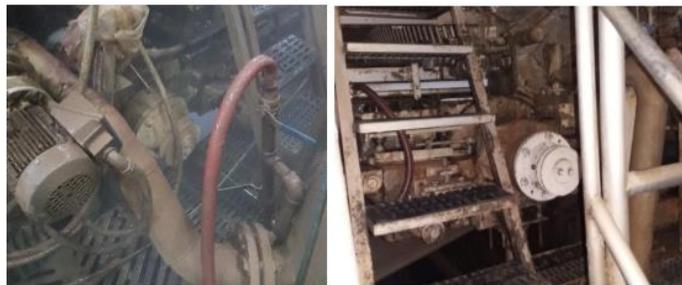
La mesa de formación es la cabeza del molino (máquina de papel) (Ver. Ilustración 2), es la encargada de formar la hoja y en su trayecto reducir parte del agua que contiene la pasta, este proceso comprende el siguiente orden y los siguientes equipos:



**Ilustración 2** Plano mesa de formación

La hoja es formada por pasta con ayuda del Headbox, allí tiene una alta cantidad de humedad (agua); los rodillos de Pecho, Manual, Guía, Automático, Eléctrico, Couch y Turning (Ver. Ilustración 3 a 11) son los encargados de desplazar la pasta (hoja) hasta la sección de prensas, durante ese proceso se tiene una succión por medio de bombas de vacío para retirar gran parte del agua contenida.

### RODILLO PECHO



**Ilustración 3** Chumacera Rodillo Pecho L.T y L.O

**Tabla 1** Rodamientos chumacera Rodillo Pecho

<b>Rodamientos</b>	22224 CK/W33 L.O
	22320 CCK/W33/C3 L.T

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### RODILLO MANUAL



*Ilustración 4 Chumacera Rodillo Manual L.O y L.T*

**Tabla 2** Rodamientos chumacera Rodillo Manual

<b>Rodamientos</b>	22315 EK L.O
	22315 EK L.T

### RODILLO GUÍA



*Ilustración 5 Chumacera Rodillo Guía L.O y L.T*

**Tabla 3** Rodamientos chumacera Rodillo Guía

<b>Rodamientos</b>	22315 EK L.O
	22315 EK L.T

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### RODILLO AUTOMÁTICO



*Ilustración 6 Chumacera Rodillo Automático L.T y L.O*

**Tabla 4** Rodamientos chumacera Rodillo Automático

<b>Rodamientos</b>	22315 EK L.O
	22315 EK L.T

### RODILLO ELÉCTRICO



*Ilustración 7 Chumacera Rodillo Eléctrico L.O y L.T*

**Tabla 5** Rodamientos chumacera Rodillo Eléctrico

<b>Rodamientos</b>	22315 EK L.O
	22315 EK L.T

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### RODILLO COUCH



*Ilustración 8 Chumacera Rodillo Couch L.O y L.T*

*Tabla 6 Rodamientos chumacera Rodillo Couch*

<b>Rodamientos</b>	239/630-CAK L.O
	23088-CAK L.T
	22326-CC L.T.I

### TRANSMISIÓN COUCH



*Ilustración 9 Transmisión Couch (Motor y Reductor)*

*Tabla 7 Información técnica motor y reductor Couch*

<b>MOTOR</b>	
<b>Tipo de motor</b>	AC
<b>Marca</b>	ABB
<b>Potencia (HP)</b>	500
<b>Potencia (kW)</b>	372,8
<b>Amperaje (A)</b>	575
<b>Velocidad de placa (RPM)</b>	1791
<b>Voltaje</b>	460
<b>Frame</b>	586/7
<b>Frecuencia de placa (Hz)</b>	60

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>Rodamientos</b>		6322 C3 L.A
		6316 C3 L.L
<b>REDUCTOR</b>		
<b>Marca</b>	HANSEN	
<b>Ratio</b>	10,3	
<b>Velocidad de entrada</b>	1791	
<b>Velocidad de salida</b>	173,8834951	
<b>Numero de dientes piñón 1</b>	24	
<b>Numero de dientes engranaje 2</b>	61	
<b>Numero de dientes piñón 2</b>	16	
<b>Numero de dientes engranaje 3</b>	65	
<b>Rodamientos</b>	<b>Eje entrada</b>	UN219 – 22316 – SNR QJ218N2
	<b>Eje intermedio</b>	22320 –CC/W33
	<b>Eje salida</b>	23134 –CC/W33

### RODILLO TURNING



*Ilustración 10 Chumacera Rodillo Turning L.O y L.T*

**Tabla 8** Rodamientos chumacera Rodillo Turning

<b>Rodamientos</b>	22222 L.T
	23048 L.O

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### TRANSMISIÓN TURNING



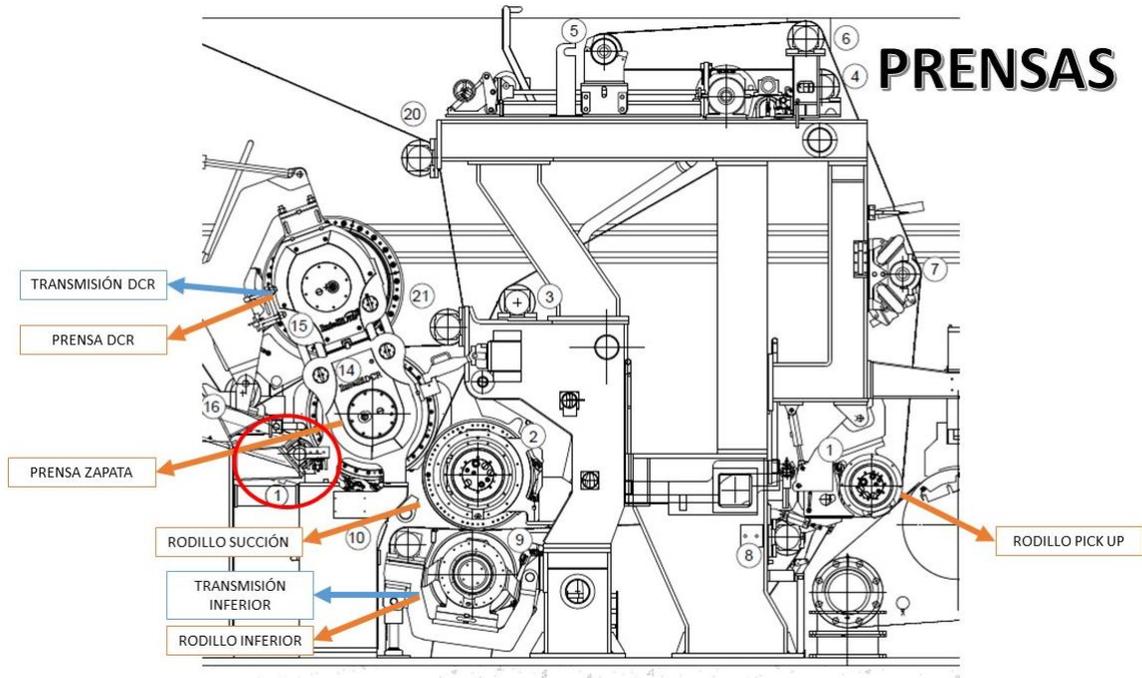
*Ilustración 11 Transmisión Turning (Motor y Reductor)*

*Tabla 9 Información técnica motor y reductor Turning*

<b>MOTOR</b>		
Tipo de motor	AC	
Marca	ABB	
Potencia (HP)	500	
Potencia (kW)	372,8	
Amperaje (A)	575	
Velocidad de placa (RPM)	1791	
Voltaje	460	
Frame	586/7	
Frecuencia de placa (Hz)	60	
Rodamientos	6322 C3 L.A	
	6316 C3 L.L	
<b>REDUCTOR</b>		
Marca	HANSEN	
Ratio	6,4699	
Velocidad de entrada	1791	
Velocidad de salida	270,48	
Numero de dientes piñón 1	24	
Numero de dientes engranaje 2	61	
Numero de dientes piñón 2	16	
Numero de dientes engranaje 3	65	
Rodamientos	Eje entrada	UN219 – 22316 – SNR QJ218N2
	Eje intermedio	22320 –CC/W33
	Eje salida	23134 –CC/W33

## PRENSADO

La hoja formada debe reducir su contenido de humedad, esto se logra mediante la conducción de la hoja a través de prensas (Ver. Ilustración 12) que por presión eliminan el exceso de agua, este proceso comprende los siguientes equipos:



*Ilustración 12 Plano prensas*

La hoja de papel que sale del rodillo Turning es recibida por el rodillo Pick Up (Ver. Ilustración 13), con la ayuda de rodillos transportadores (no incluidos por seguridad) la hoja continua su proceso atravesando los rodillos de Succión e Inferior (Ver. Ilustración 14 a 16) y luego aun con más presión para eliminar más contenido de agua a través de la prensa Zapata y la prensa DCR (Ver. Ilustración 17 a 18)

### RODILLO PICK UP



*Ilustración 13 Chumacera Rodillo Pick Up L.T y L.O*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 10** Rodamientos chumacera Rodillo Pick Up

<b>Rodamientos</b>	23972 CCK/W33 L.O
	23972 CCK/W33 L.T

**RODILLO INFERIOR**



**Ilustración 14** Chumacera Rodillo Inferior L.T

**Tabla 11** Rodamientos chumacera Rodillo Inferior

<b>Rodamientos</b>	23160 CCK-C3-W33 L.O
	23160 CCK-C3-W33 L.T

**TRANSMISIÓN INFERIOR**



**Ilustración 15** Transmisión Inferior (Motor y Reductor)

**Tabla 12** Información técnica motor y reductor Inferior

<b>MOTOR</b>	
<b>Tipo de motor</b>	AC
<b>Marca</b>	ABB
<b>Potencia (HP)</b>	500
<b>Potencia (kW)</b>	372,8
<b>Amperaje (A)</b>	610
<b>Velocidad de placa (RPM)</b>	893
<b>Voltaje</b>	460

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Frame	587/8
Frecuencia de placa (Hz)	60
Rodamientos	6322 C3 L.A
	6316 C3 L.L
<b>REDUCTOR</b>	
Marca	SANTASALO
Modelo	D1P5F50
Numero de ejes	2
Ratio	3,2174
Velocidad de entrada	893
Velocidad de salida	278
Numero de dientes piñon 1	23
Numero de dientes engranaje 2	74
Rodamientos	22224 E L.A
	22320 E L.L

#### RODILLO SUCCIÓN



*Ilustración 16 Chumacera Rodillo Succión L.T*

**Tabla 13** Rodamientos chumacera Rodillo Succión

Rodamientos	23092 CAK-C3/W33L.O
	23092 CAK-C3/W33L.T

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### PRENSA ZAPATA – DCR



*Ilustración 17 Chumacera Prensa Zapata/DCR L.T*

**Tabla 14** Rodamientos chumacera Prensa Zapata/DCR

<b>Rodamientos ZAPATA</b>	618/750-M L.O
	618/750-M L.T
<b>Rodamientos DCR</b>	FAG 239/750-B-MB1-H40-H88 L.O
	FAG 239/750-B-MB1-H40-H88 L.T

### TRANSMISIÓN DCR



*Ilustración 18 Transmisión DCR(Motor y Reductor)*

**Tabla 15** Información técnica motor y reductor DCR

<b>MOTOR</b>	
<b>Tipo de motor</b>	AC
<b>Marca</b>	ABB
<b>Potencia (HP)</b>	500
<b>Potencia (kW)</b>	372,8
<b>Amperaje (A)</b>	610
<b>Velocidad de placa (RPM)</b>	893
<b>Voltaje</b>	460
<b>Frame</b>	587/8
<b>Frecuencia de placa (Hz)</b>	60

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>Rodamientos</b>	6322 C3 L.A
	6316 C3 L.L
<b>REDUCTOR</b>	
<b>Marca</b>	SANTASALO
<b>Modelo</b>	D1P5F50
<b>Numero de ejes</b>	2
<b>Ratio</b>	3,2174
<b>Velocidad de entrada</b>	893
<b>Velocidad de salida</b>	278
<b>Numero de dientes piñón 1</b>	23
<b>Numero de dientes engranaje 2</b>	74
<b>Rodamientos</b>	22224 E L.A
	22320 E L.L

## SECADO

En la sección de secado se busca eliminar un alto contenido de humedad que se encuentra dentro de la fibra, para ello se implementan cilindros secadores calentados con vapor; la transferencia de calor se logra con la ayuda de lonas que permiten mantener el papel adherido a los cilindros; este proceso comprende los siguientes equipos:



*Ilustración 19 Secado planta Molino*

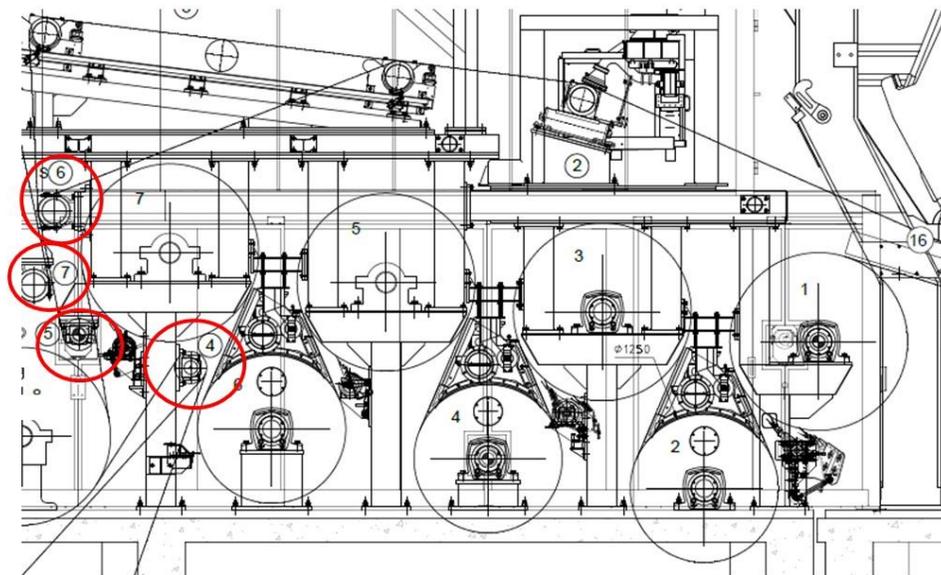
 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Tabla 16** Rodamientos chumacera rodillos secado

<b>Rodamientos / Rodillos transportadores</b>	22217 E/C3 L.O
	22217 E/C3 L.T
<b>Rodamientos / Secadores</b>	23036 CCK/W33 L.O
	23036 CCK/W33 L.T

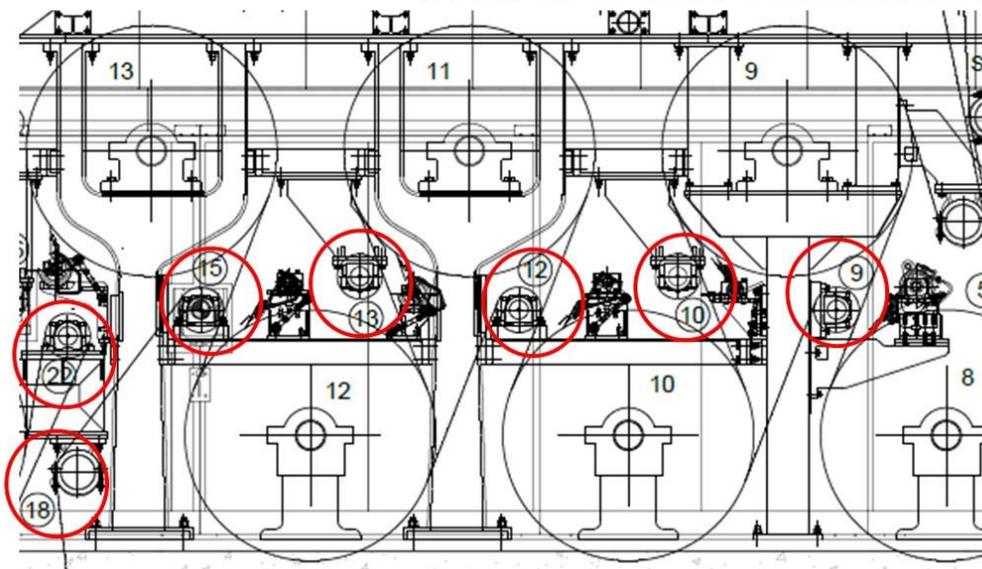
Secado se divide en 5 secciones (Ver. ilustración 20 a 24) las cuales conservan la misma velocidad pero niveles de temperatura diferentes, siendo la quinta la de mayor temperatura.

## SECADO 1ERA SECCIÓN



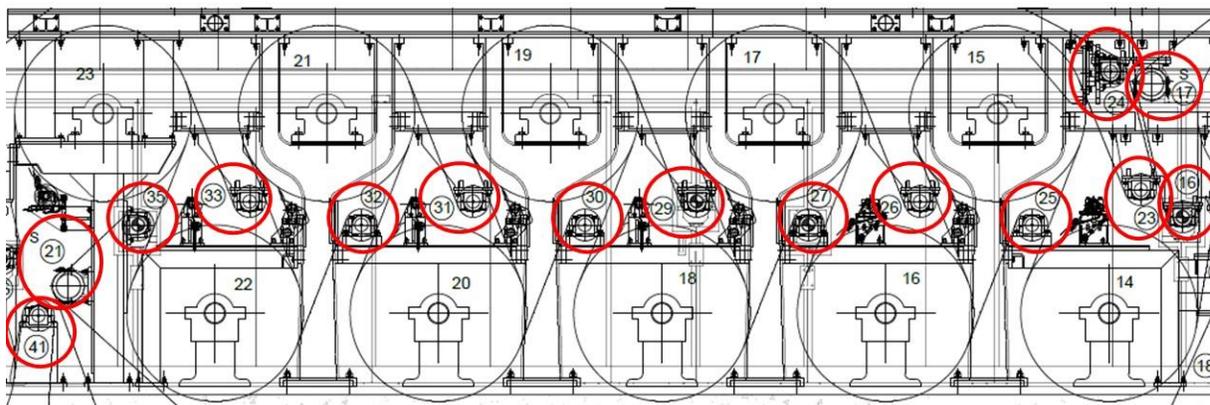
**Ilustración 20** Plano secado (1era sección)

## SECADO 2DA SECCIÓN



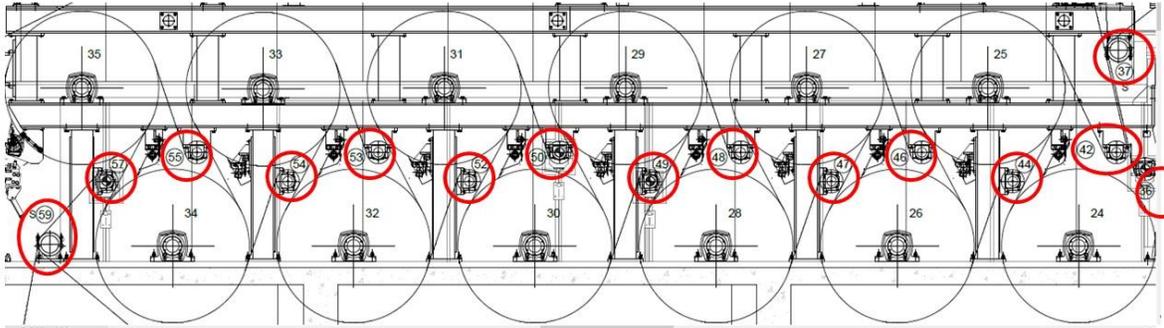
*Ilustración 21 Plano secado (2da sección)*

## SECADO 3RA SECCIÓN



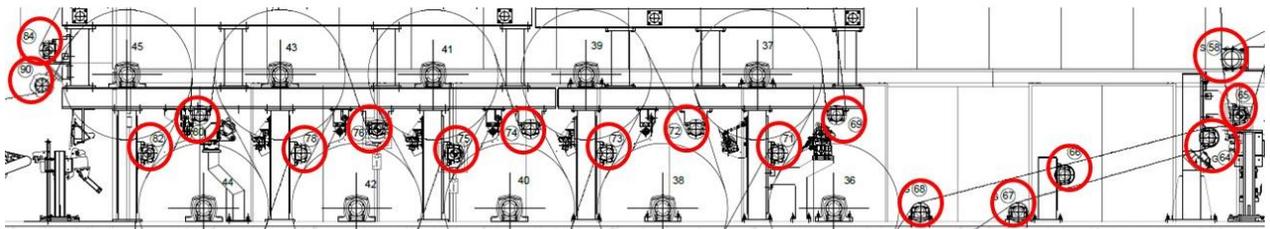
*Ilustración 22 Plano secado (3ra sección)*

## SECADO 4TA SECCIÓN



*Ilustración 23 Plano secado (4ta sección)*

## SECADO 5TA SECCIÓN



*Ilustración 24 Plano secado (5ta sección)*

En sección secado hay un total de 17 motores y reductores, hay únicamente 2 referencias que se registran en la siguiente tabla:

*Tabla 17 Información técnica motores y reductores Secado*

<u>UNIRUN1</u>	
<u>MOTOR</u>	
Tipo de motor	AC
Marca	BALDOR
Potencia (HP)	30
Potencia (kW)	22,3
Amperaje (A)	38
Velocidad de placa (RPM)	1760
Voltaje	460

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

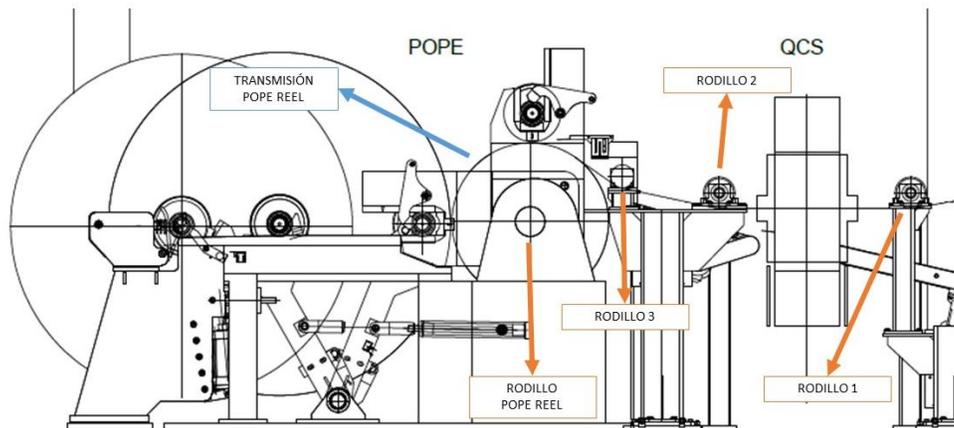
Frame	286T
Frecuencia de placa (Hz)	60
Rodamiento lado acople	6311
Rodamiento lado libre	6311
<b>REDUCTOR</b>	
Marca	SATASALO
Modelo	D1PHT280C
Ratio	11,278
Velocidad de entrada	1760
<b>UNIRUN4</b>	
<b>MOTOR</b>	
Tipo de motor	AC
Marca	BALDOR
Potencia (HP)	60
Potencia (kW)	44,7
Amperaje (A)	71,2
Velocidad de placa (RPM)	1785
Voltaje	460
Frame	364T
Frecuencia de placa (Hz)	60
Rodamiento lado acople	6313
Rodamiento lado libre	6313
<b>REDUCTOR</b>	
Marca	ROSSI
Modelo	R-2I-140-VP2A
Tipo de reductor	B3
Numero de ejes	2
Ratio	10,2
Velocidad de entrada	1785

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## SECCIÓN TERMINADO

Al salir de secado en sección terminado (Ver. Ilustración 25), el papel es enrollado en un rodillo con ayuda del Pope Reel (Ver. Ilustración 26) para luego proceder a su rebobinado de acuerdo con las necesidades de producción, este proceso comprende los siguientes equipos:

## SECCIÓN TERMINADO I



*Ilustración 25 Plano Sección Terminado (1era sección)*

### TRANSMISIÓN POPE REEL



*Ilustración 26 Transmisión Pope Reel (Motor y Reductor)*

**Tabla 18** Información técnica motor y reductor Pope Reel

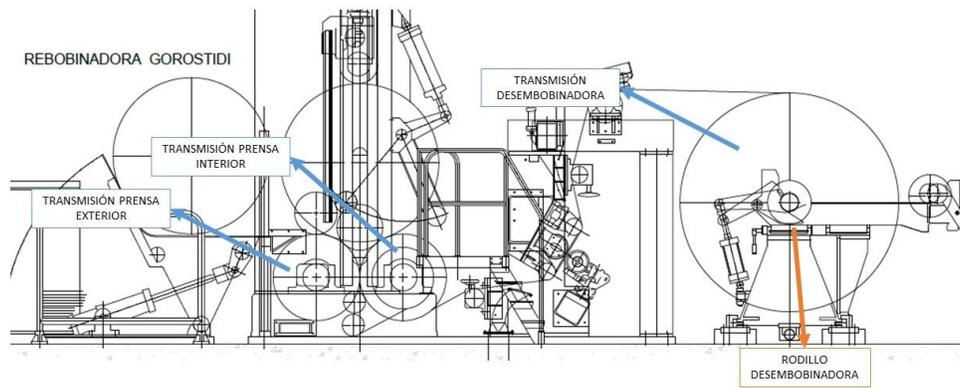
<b>MOTOR</b>	
<b>Tipo de motor</b>	AC
<b>Marca</b>	BALDOR
<b>Potencia (HP)</b>	125
<b>Potencia (kW)</b>	93,2
<b>Amperaje (A)</b>	151

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

<b>Velocidad de placa (RPM)</b>	1190	
<b>Voltaje</b>	460	
<b>Frame</b>	445T	
<b>Frecuencia de placa (Hz)</b>	60	
<b>Rodamientos</b>	6318 L.A	
	6318 L.L	
<b>REDUCTOR</b>		
<b>Marca</b>	HANSEN	
<b>Modelo</b>	RNB21-BNC	
<b>Tipo de reductor</b>	EJES PARALELOS	
<b>Numero de ejes</b>	3	
<b>Ratio</b>	4,97	
<b>Velocidad de entrada</b>	1190	
<b>Velocidad de salida</b>	241,5	
<b>Z1 piñon entrada</b>	23	
<b>Z2 piñon intermedio 1</b>	36	
<b>Z3 piñon intermedio 2</b>	17	
<b>Z4 piñon salida</b>	54	
<b>Rodamientos</b>	<b>Eje Entrada</b>	33210
	<b>Eje Intermedio</b>	32311
	<b>Eje Salida</b>	30316

Luego de separado en el rodillo se procede a una sección terminado II (Ver. Ilustración 27) en donde dicho papel es instalado a un motor desembobinador (Ver. Ilustración 28) para con ayuda de las prensas (Ver. Ilustración 29) rebobinar según necesidades de producción en cores (tubos de cartón para enrollar)

## SECCIÓN TERMINADO II



*Ilustración 27 Plano Sección Terminado (2da sección)*

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### TRANSMISIÓN DESEMBOBINADOR



*Ilustración 28 Transmisión Desembobinador (Motor y Reductor)*

*Tabla 19 Información técnica motor y reductor Desembobinador*

<u>MOTOR</u>	
Tipo de motor	DC
Marca	ABB
Potencia (HP)	127,4
Potencia (kW)	95
Amperaje (A)	181
Velocidad de placa (RPM)	2536
Voltaje	485
Frame	DMG 250M
Frecuencia de placa (Hz)	60
<b>Rodamientos</b>	6318 L.A
	6320-C3 L.L
<u>REDUCTOR</u>	
Modelo	GP1-250
Tipo de reductor	EJES PARALELOS
Numero de ejes	2
Ratio	2,75
Velocidad de entrada	516
Velocidad de salida	187
Numero de dientes piñón 1	24
Numero de dientes engranaje 2	66
<b>Rodamientos</b>	SKF 24124 E.E
	SKF 24122 E.S

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**TRANSMISIÓN PRENSAS (INTERIOR/ EXTERIOR)**

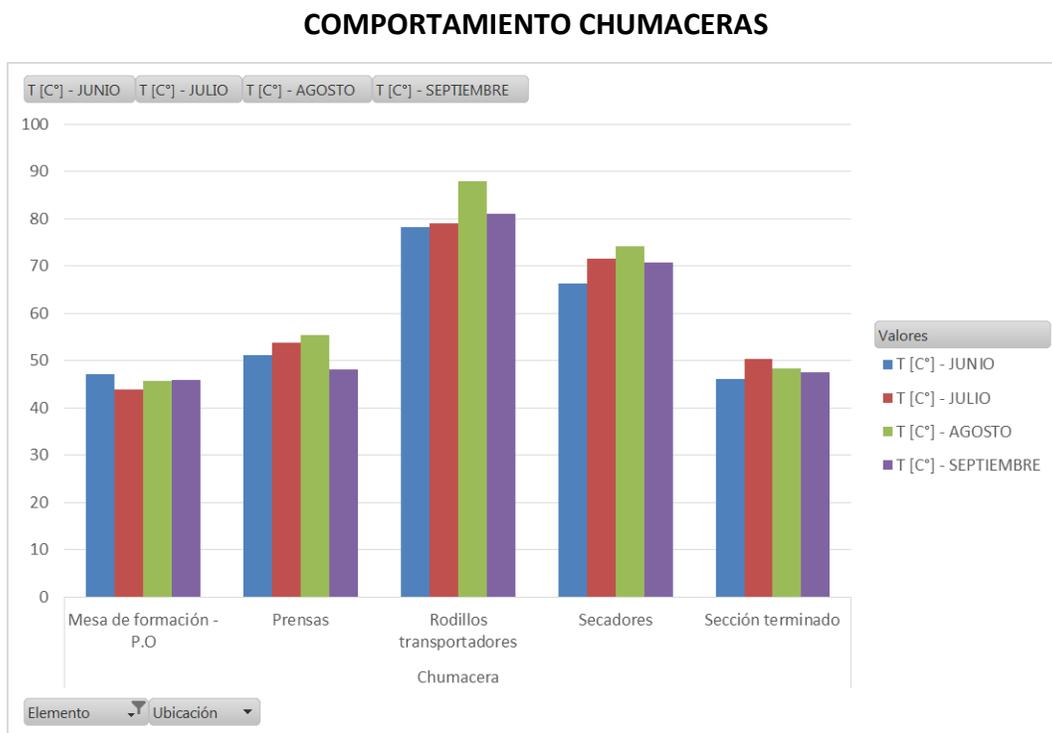


*Ilustración 29 Transmisión Prensas (Motor y Reductor)*

La información recolectada (técnica y termografías) durante 4 meses fue registrada en un Excel, donde además se encuentran variables que surgieron durante los análisis tales como velocidad de la máquina, relubricación o cambio de elementos.

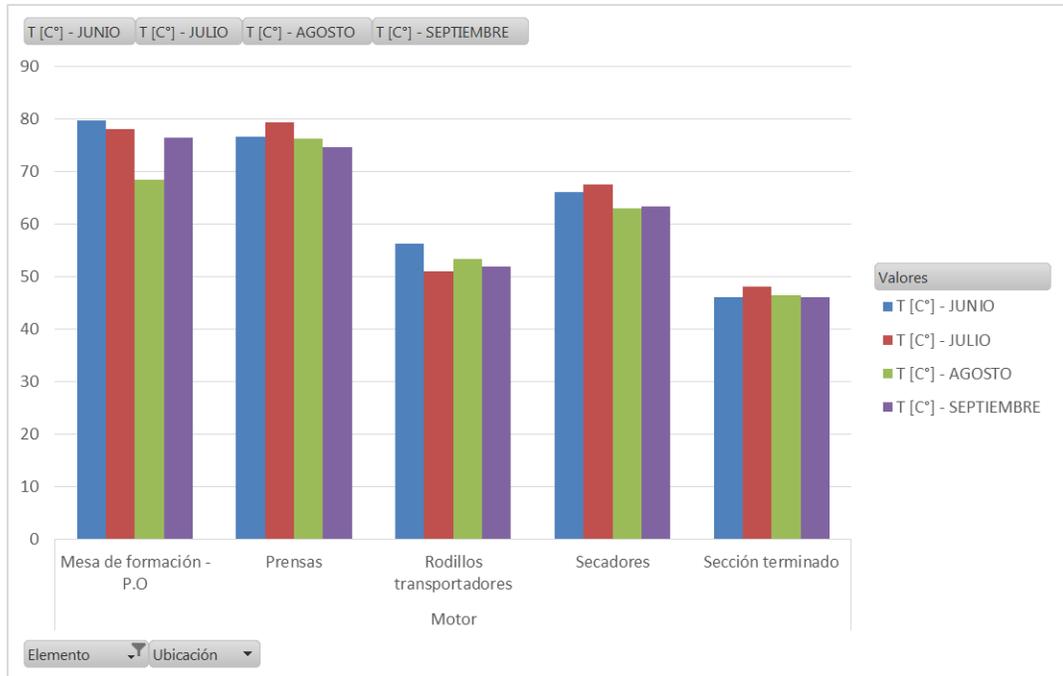
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El registro de las temperaturas se realizó de junio a septiembre de 2019, clasificando por elementos o secciones para conocer el comportamiento individual y general, este registro se muestra a continuación:



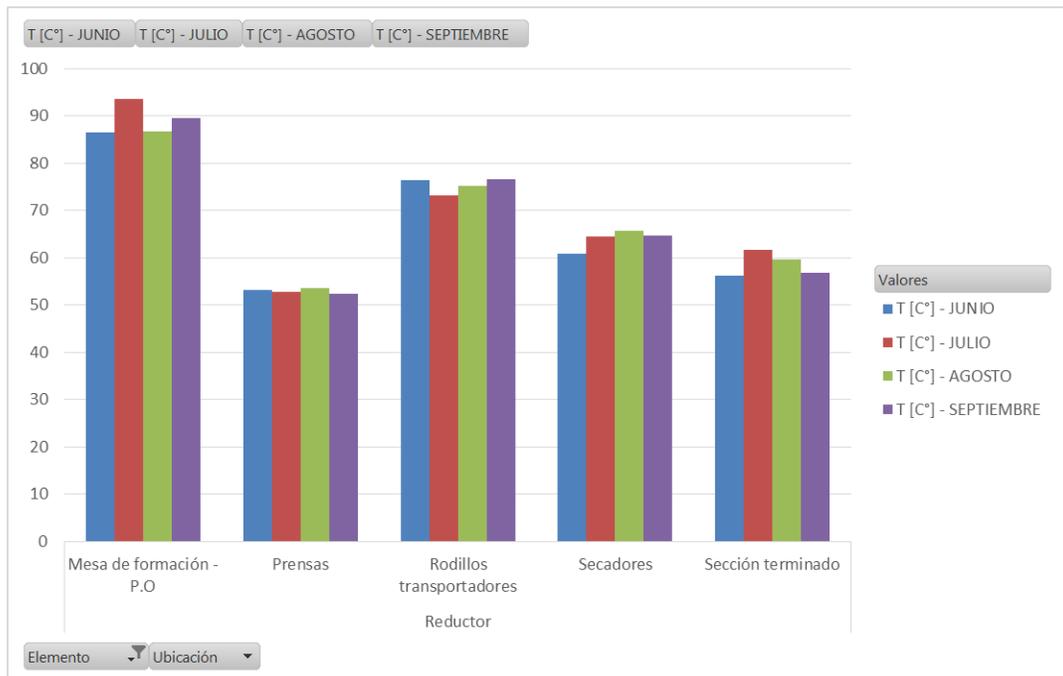
**Ilustración 30** Comportamiento térmico Chumaceras

### COMPORTAMIENTO MOTORES



*Ilustración 31 Comportamiento térmico Motores*

### COMPORTAMIENTO REDUCTORES



*Ilustración 32 Comportamiento térmico Reductores*

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

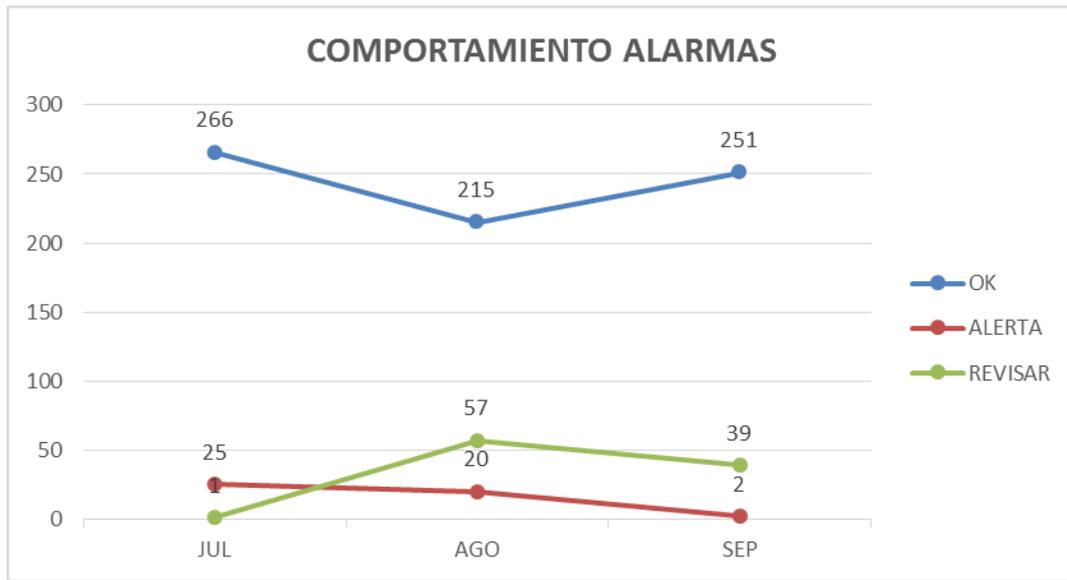
### PROMEDIOS POR ELEMENTOS

*Tabla 20 Resumen promedio temperatura por tipo de elemento*

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE
<b>Chumacera</b>	<b>69.88553719</b>	<b>72.30991736</b>	<b>77.76983471</b>	<b>72.80413223</b>
Mesa de formación - P.O	47.25	43.92857143	45.80714286	45.88571429
Prensas	51.22	53.87	55.47	48.08
Rodillos transportadores	78.2625	79.15083333	87.95833333	81.16166667
Secadores	66.41555556	71.59888889	74.24777778	70.83333333
Sección terminado	46.2125	50.4125	48.375	47.625
<b>Motor</b>	<b>59.63461538</b>	<b>57.16923077</b>	<b>56.81153846</b>	<b>56.42692308</b>
Mesa de formación - P.O	79.65	78.15	68.45	76.5
Prensas	76.7	79.36666667	76.23333333	74.66666667
Rodillos transportadores	56.32	50.99333333	53.30666667	51.96
Secadores	66	67.55	63.05	63.35
Sección terminado	46.075	48	46.45	46
<b>Reductor</b>	<b>71.7</b>	<b>71.45416667</b>	<b>71.88333333</b>	<b>72.44583333</b>
Mesa de formación - P.O	86.5	93.7	86.75	89.55
Prensas	53.3	52.8	53.6	52.5
Rodillos transportadores	76.53333333	73.26666667	75.19333333	76.7
Secadores	60.85	64.6	65.8	64.75
Sección terminado	56.2	61.625	59.65	56.775
<b>Total general</b>	<b>69.12191781</b>	<b>70.89143836</b>	<b>75.41986301</b>	<b>71.31643836</b>

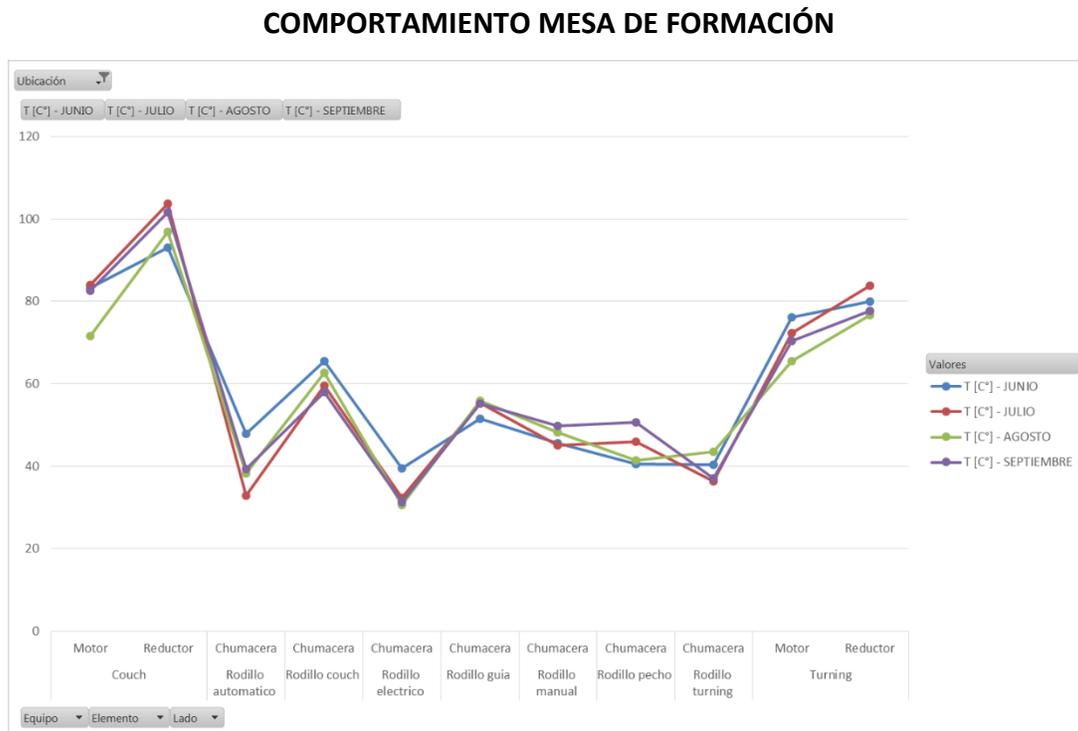
Fue muy importante este tipo de clasificación ya que permitió conocer el comportamiento general de los elementos sin discriminar su ubicación (mesa, prensas, secado o sección terminado), a su vez para evaluar la posibilidad de manejar el mismo tipo de lubricante en las diferentes secciones, cumpliendo con los rangos de temperatura de trabajo para cada una.

Se programaron alarmas acordes a estos valores promedios y las consideraciones de velocidad y temperatura anterior (Ver. Ilustración 39)



*Ilustración 33 Comportamiento alarmas*

Adicional también se hizo registro por cada una de las secciones, el reporte a continuación:



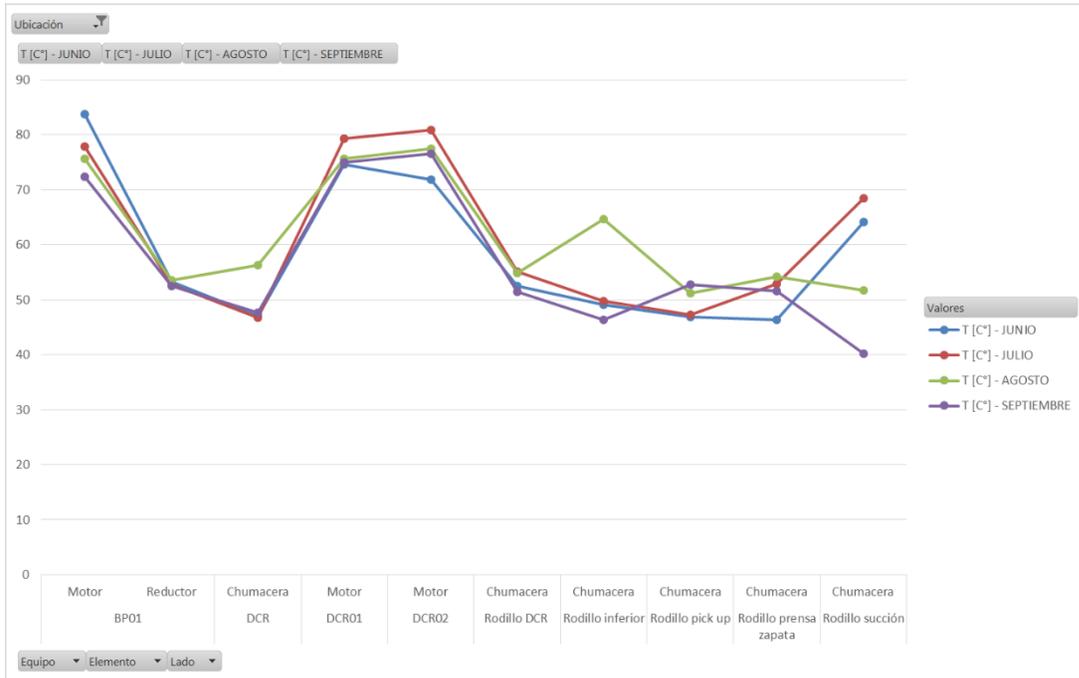
*Ilustración 34 Comportamiento térmico Mesa de Formación*

### PROMEDIOS MESA DE FORMACIÓN

**Tabla 21** Resumen promedio temperatura Mesa de Formación

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE
Couch	88.15	93.8	84.2	92.05
Motor	83.2	84	71.5	82.6
Reductor	93.1	103.6	96.9	101.5
Rodillo automatico	47.8	32.85	38.3	39.3
Chumacera	47.8	32.85	38.3	39.3
Rodillo couch	65.55	59.6	62.75	58.05
Chumacera	65.55	59.6	62.75	58.05
Rodillo electrico	39.55	32.3	30.55	31.3
Chumacera	39.55	32.3	30.55	31.3
Rodillo guia	51.5	55.3	55.85	55.15
Chumacera	51.5	55.3	55.85	55.15
Rodillo manual	45.55	45.1	48.2	49.7
Chumacera	45.55	45.1	48.2	49.7
Rodillo pecho	40.5	45.95	41.45	50.7
Chumacera	40.5	45.95	41.45	50.7
Rodillo turning	40.3	36.4	43.55	37
Chumacera	40.3	36.4	43.55	37
Turning	78	78.05	71	74
Motor	76.1	72.3	65.4	70.4
Reductor	79.9	83.8	76.6	77.6
<b>Total general</b>	<b>55.21111111</b>	<b>53.26111111</b>	<b>52.87222222</b>	<b>54.13888889</b>

### COMPORTAMIENTO PRENSAS



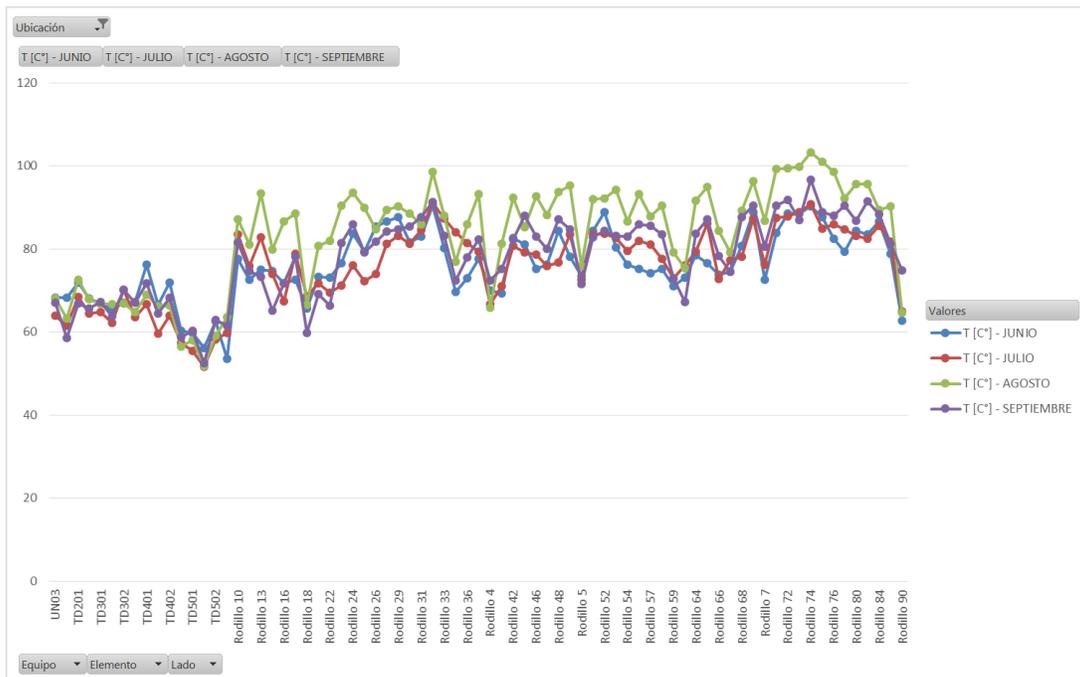
**Ilustración 35** Comportamiento térmico Prensas

### PROMEDIOS PRENSAS

**Tabla 22** Resumen promedio temperatura Prensas

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE
BP01	68.5	65.35	64.6	62.45
+ Motor	83.7	77.9	75.6	72.4
+ Reductor	53.3	52.8	53.6	52.5
DCR	47	46.8	56.3	47.6
+ Chumacera	47	46.8	56.3	47.6
DCR01	74.6	79.3	75.6	75
+ Motor	74.6	79.3	75.6	75
DCR02	71.8	80.9	77.5	76.6
+ Motor	71.8	80.9	77.5	76.6
Rodillo DCR	52.5	55.1	54.8	51.5
+ Chumacera	52.5	55.1	54.8	51.5
Rodillo inferior	49.05	49.8	64.7	46.4
+ Chumacera	49.05	49.8	64.7	46.4
Rodillo pick up	46.85	47.3	51.2	52.75
+ Chumacera	46.85	47.3	51.2	52.75
Rodillo prensa zapata	46.3	52.85	54.15	51.55
+ Chumacera	46.3	52.85	54.15	51.55
Rodillo succión	64.15	68.45	51.75	40.15
+ Chumacera	64.15	68.45	51.75	40.15
<b>Total general</b>	<b>56.82857143</b>	<b>59.25714286</b>	<b>59.78571429</b>	<b>54.09285714</b>

### COMPORTAMIENTO SECADO – RODILLOS TRANSPORTADORES



**Ilustración 36** Comportamiento térmico Secado – Rodillos Transportadores

PROMEDIOS SECADO – RODILLO TRANSPORTADORES

Tabla 23 Resumen promedio temperatura Secado – Rodillos transportadores

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE	Rodillo 4	69.95	66.75	65.75	72.35
UN03	68.2	63.9	68.15	67.05	Rodillo 41	69.35	71.05	81.2	75.2
BD201	68.2	61.45	63.15	58.5	Rodillo 42	82.6	80.65	92.3	82.25
TD201	71.85	68.45	72.6	66.85	Rodillo 44	81.15	79.1	85.3	88
BD301	68.15	64.45	67.9	65.6	Rodillo 46	75.25	78.7	92.7	82.9
TD301	66.9	64.8	66.65	67.25	Rodillo 47	76.15	75.9	88.1	80.1
BD302	65.5	62.15	66.65	63.8	Rodillo 48	84.45	76.7	93.7	87.1
TD302	67.1	70.2	66.8	70.2	Rodillo 49	78.15	83.5	95.2	84.75
BD401	67.2	63.6	64.85	67	Rodillo 5	73.5	72.55	75.8	71.5
TD401	76.2	66.75	68.9	71.65	Rodillo 50	84.45	83.5	91.95	82.8
BD402	66.6	59.65	66.2	64.45	Rodillo 52	88.9	83.7	92.25	84.35
TD402	71.85	63.9	66.4	68.2	Rodillo 53	80.3	82.7	94.3	83.2
BD501	60.3	57.3	56.45	58.75	Rodillo 54	76.15	79.5	86.6	83
TD501	59.75	55.45	58.1	60.25	Rodillo 55	75.2	81.95	93.25	85.95
BD502	56.1	51.65	51.8	52.45	Rodillo 57	74.1	81.15	87.8	85.65
TD502	62.5	58.25	59.15	62.95	Rodillo 58	75.15	77.55	90.35	83.55
Rodillo 1	53.55	59.75	63.55	61.5	Rodillo 59	70.95	72.95	79.15	72.9
Rodillo 10	77.55	83.55	87.2	81.65	Rodillo 6	73.15	76	75.3	67.3
Rodillo 12	72.55	75.95	81.15	74.7	Rodillo 64	78.55	79.4	91.7	83.65
Rodillo 13	75.05	82.8	93.35	73.35	Rodillo 65	76.55	86.15	95	87.2
Rodillo 15	74.75	74	79.85	65.2	Rodillo 66	73.85	72.8	84.4	78.3
Rodillo 16	71.75	67.35	86.7	71.8	Rodillo 67	74.45	77.25	79.15	74.55
Rodillo 17	72.55	78.85	88.45	78.15	Rodillo 68	80.8	78.05	89.25	87.7
Rodillo 18	65.7	68.65	66.6	59.75	Rodillo 69	88.95	87.25	96.3	90.35
Rodillo 21	73.25	71.7	80.65	69.1	Rodillo 7	72.65	76.3	86.8	80.55
Rodillo 22	73.15	69.55	81.95	66.3	Rodillo 71	83.85	87.45	99.25	90.45
Rodillo 23	76.6	71.25	90.4	81.35	Rodillo 72	88.45	87.8	99.5	91.75
Rodillo 24	83.65	76.1	93.55	85.9	Rodillo 73	88.45	88.9	99.85	86.9
Rodillo 25	79.3	72.2	89.95	79.15	Rodillo 74	90.2	90.85	103.3	96.6
Rodillo 26	85.4	74.05	84.8	81.8	Rodillo 75	87.65	84.95	100.95	88.8
Rodillo 27	86.6	81.3	89.45	84.2	Rodillo 76	82.4	85.95	98.6	88.05
Rodillo 29	87.7	83.1	90.25	84.8	Rodillo 78	79.35	84.8	92.25	90.35
Rodillo 30	81.55	81.3	88.45	85.4	Rodillo 80	84.4	83.15	95.55	86.75
Rodillo 31	82.95	84.55	85.95	87.6	Rodillo 82	83.55	82.45	95.7	91.55
Rodillo 32	90.5	91.1	98.6	91.3	Rodillo 84	86.6	85.6	89.35	88.35
Rodillo 33	80.2	87.4	87.95	83.1	Rodillo 9	78.85	81.8	90.2	81.3
Rodillo 35	69.7	84.05	76.85	72.5	Rodillo 90	62.75	64.95	64.6	74.8
Rodillo 36	73	81.35	86	78	Total general	75.89533333	75.74666667	83.21666667	77.79533333
Rodillo 37	77.55	79.4	93.15	82.3					

COMPORTAMIENTO SECADO – SECADORES

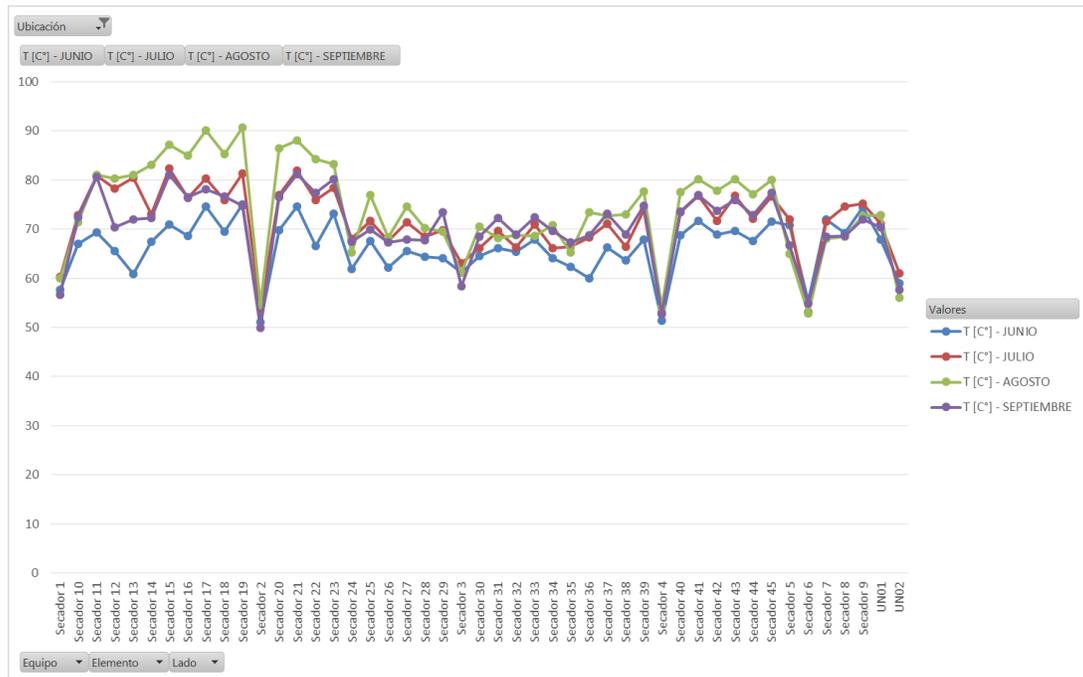


Ilustración 37 Comportamiento térmico Secado – Secadores

PROMEDIOS SECADO – SECADORES

Tabla 24 Resumen promedio temperatura Secado – Secadores

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE
Secador 1	57.65	60.35	60	56.65
Secador 10	66.95	72.9	71.45	72.5
Secador 11	69.4	80.9	81.1	80.55
Secador 12	65.6	78.25	80.25	70.4
Secador 13	60.9	80.45	81.05	71.95
Secador 14	67.45	73.05	83.15	72.25
Secador 15	71	82.3	87.15	81.05
Secador 16	68.7	76.4	85.05	76.55
Secador 17	74.6	80.25	90.15	78.1
Secador 18	69.55	75.95	85.25	76.7
Secador 19	75.05	81.35	90.65	74.7
Secador 2	51.05	53.85	54.65	49.85
Secador 20	69.75	77	86.5	76.45
Secador 21	74.65	81.95	88.1	81.25
Secador 22	66.55	75.9	84.3	77.4
Secador 23	73.15	78.45	83.2	80.15
Secador 24	61.85	68	65.3	67.4
Secador 25	67.55	71.7	76.9	70
Secador 26	62.2	67.6	68.3	67.35
Secador 27	65.55	71.4	74.55	67.95
Secador 28	64.45	68.5	70.25	67.7
Secador 29	64.15	69.75	69.55	73.45
Secador 3	61.15	63.05	61.15	58.35
Secador 30	64.55	66.2	70.55	68.5
Secador 31	66.1	69.65	68.15	72.35
Secador 32	65.35	66.35	68.8	68.9
Secador 33	67.95	70.9	68.6	72.45
Secador 34	64.05	66.2	70.75	69.65
Secador 35	62.4	66.4	65.3	67.25
Secador 36	60.05	68.3	73.5	68.75
Secador 37	66.35	71.1	72.65	73.15
Secador 38	63.7	66.5	73.05	68.95
Secador 39	67.95	73.85	77.65	74.7
Secador 4	51.35	52.95	54.2	52.75
Secador 40	68.75	73.5	77.55	73.6
Secador 41	71.75	76.8	80.15	76.9
Secador 42	68.85	71.75	77.8	73.8
Secador 43	69.65	76.75	80.15	75.95
Secador 44	67.65	72.2	77.1	72.8
Secador 45	71.6	76.7	80.1	77.45
Secador 5	70.85	72.05	65	66.75
Secador 6	55.3	53.15	52.85	54.9
Secador 7	72	71.6	68.1	68.5
Secador 8	69.15	74.6	68.5	68.7
Secador 9	74.45	75.15	72.65	72.05
UN01	67.85	71.15	72.85	70.45
UN02	59	61	56	57.65
Total general	66.28829787	71.36382979	73.82978723	70.54468085

COMPORTAMIENTO SECCIÓN TERMINADO

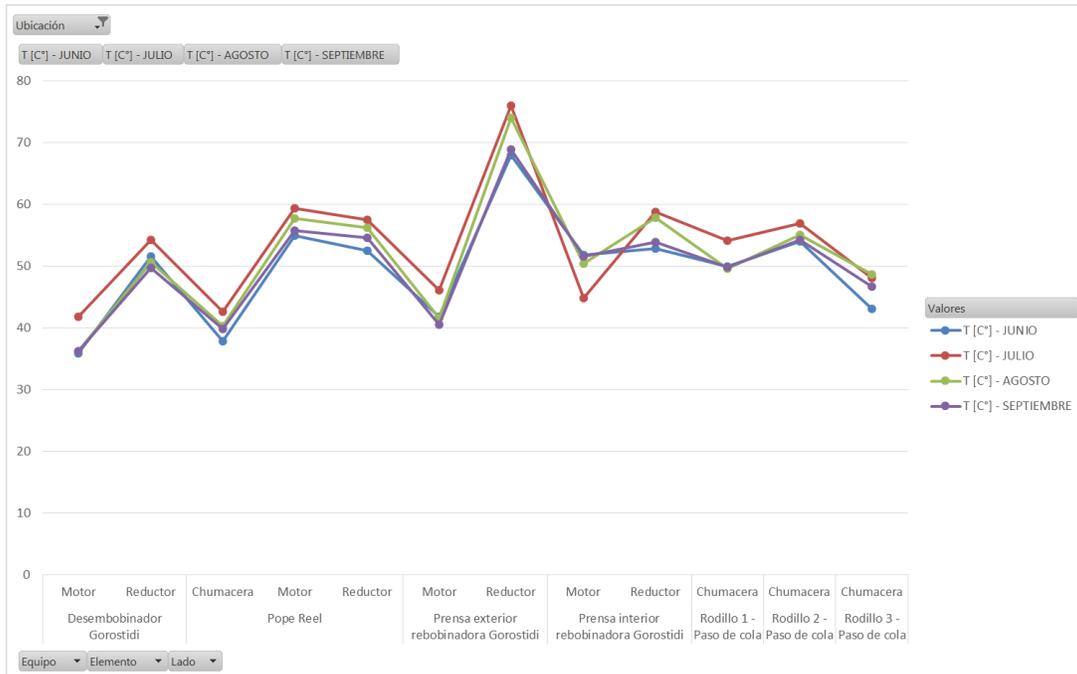


Ilustración 38 Comportamiento térmico Sección Terminado

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### PROMEDIOS SECCIÓN TERMINADO

**Tabla 25** Resumen promedio temperatura Sección Terminado

Etiquetas de fila	T [C°] - JUNIO	T [C°] - JULIO	T [C°] - AGOSTO	T [C°] - SEPTIEMBRE
Desembobinador Gorostidi	43.65	48	43.4	42.95
* Motor	35.8	41.8	36.2	36.2
* Reductor	51.5	54.2	50.6	49.7
Pope Reel	45.75	50.475	48.625	47.475
* Chumacera	37.8	42.55	40.3	39.8
* Motor	54.9	59.3	57.7	55.7
* Reductor	52.5	57.5	56.2	54.6
Prensa exterior rebobinadora Gorostidi	54.9	61.05	57.75	54.7
* Motor	41.8	46.1	41.5	40.5
* Reductor	68	76	74	68.9
Prensa interior rebobinadora Gorostidi	52.3	51.8	54.1	52.75
* Motor	51.8	44.8	50.4	51.6
* Reductor	52.8	58.8	57.8	53.9
Rodillo 1 - Paso de cola	49.95	54.1	49.55	49.8
* Chumacera	49.95	54.1	49.55	49.8
Rodillo 2 - Paso de cola	54.05	56.9	55.05	54.2
* Chumacera	54.05	56.9	55.05	54.2
Rodillo 3 - Paso de cola	43.05	48.1	48.6	46.7
* Chumacera	43.05	48.1	48.6	46.7
<b>Total general</b>	<b>48.675</b>	<b>52.6125</b>	<b>50.7125</b>	<b>49.50625</b>

El comportamiento por secciones permitió definir los rangos térmicos de cada una, es allí donde se hace más fácil evidenciar un aumento significativo para apoyarse de otras herramientas del mantenimiento predictivo como vibraciones para identificar una falla.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Los datos obtenidos durante este proceso fueron de gran utilidad para el diagnóstico y seguimiento de fallas o anomalías presentes en el molino, en compañía de otras herramientas como lo son el análisis de vibraciones, análisis de aceite y ultrasonido; al final de este proyecto se documentan las líneas base obtenidas durante los 4 meses.

En el desarrollo del trabajo de la práctica que ha dado lugar al presente informe se han alcanzado los objetivos inicialmente planteados en cuanto a:

- Implementar 5 rutas termográficas
- Identificar y clasificar los equipos
- Realizar registro de línea base y comportamiento térmico de los equipos  
identificador

Estos logros además de responder a la necesidad de la elaboración de la línea base del comportamiento térmico de los equipos, fue clave de apoyo en los diagnósticos de falla en vibraciones realizados por los Ingenieros Wilson Martinez y Diego Peña, con quienes se concluye que tienen la necesidad de capacitar al personal en buenas prácticas de lubricación para mejorar la disponibilidad de los equipos.

Dentro del proceso investigativo y productivo se debieron identificar a su vez los riesgos de implementar cualquier herramienta de mantenimiento predictivo puesto que estas son funcionales siempre y cuando se mida la máquina en función. Adicionalmente se identificó la fuente principal de falla para estos equipos, la lubricación no medida fue causa de aumentos significativos de temperatura por lo cual dentro de las recomendaciones finales se encuentra la implementación de ultrasonido para la lubricación de precisión y a su vez restar tiempo a las rutas ya establecidas de vibraciones, estas se implementarían en una segunda etapa de falla.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

- 
- Neita Duarte, L. Y., Rodríguez, P., & Omar, E. (2014). Principios básicos de la termografía infrarroja y su utilización como técnica para mantenimiento predictivo.
  - Medina Delgado, M (2009). Elaboración de cuadernillo de apuntes: Administración del mantenimiento
  - Sánchez Gómez, A. M. (2017). Técnicas de mantenimiento predictivo: metodología de aplicación en las organizaciones.
  - Jardine, A. K., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical systems and signal processing*, 20(7), 1483-1510.
  - INGENIEROS, A. (2011). Guía de termografía para mantenimiento predictivo. FLIR system AB.
  - Olarte, W., Botero, M., & Zabaleta, B. C. (2011). Aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo. *Scientia et technica*, 2(48), 253-256.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_ *Jar*

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_ *Zemualdy*

FECHA ENTREGA: 29/11/2019

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_