CAPITULO 3

1. **ANALISIS MULTIVARIANTE EN LA PRODUCCION DEL PAPEL EXTENSIBLE**

En este capítulo se realizará el Análisis Univariado, Multivariado y Regresión de las siguientes variables, relevantes para la producción del papel para nuestro estudio se seleccionó por opinión de los expertos el tipo de ***papel extensible*** ya que al producir este tipo de papel es el que más problema produce al elaborarlo.

Este tipo de papel cuenta aproximadamente con 100 variables, pero para nuestro estudio se ha seleccionado las variables más relevantes en cada una de los Reportes presentados por el Maquinista 1, Maquinista 2 y el Departamento de Control de Calidad como son:

*Velocidad de la Tela, Velocidad Primera Prensa, Velocidad de la Segunda Prensa, Consistencia, Vacío de Couch, % de Abertura de la Válvula de Peso, Temperatura del Vapor 10.6 Bar, Temperatura del Vapor 4 Bar, Condensador del Agua, Condensador de la Temperatura, Velocidad del Primer Grupo, Velocidad del Segundo Grupo, Velocidad del Tercer Grupo, Velocidad del Clupak, Velocidad del Pope, Peso Básico, Humedad(%), Lisura(o), Rasgado Longitudinal, Rasgado Transversal , Tensión Longitudinal, Tensión Transversal, Elongación de la longitud Longitudinal(%), Elongación de la longitud Transversal(%), Tea Longitudinal ,Tea Transversal ,Porosidad y Cobb.*

Para nuestro estudio se seleccionó cuatro horas por día durante la corrida de producción cuyos datos fueron tomados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del año 2000, obteniéndose una matriz de 96 filas(horas de producción) y 28 columnas(variables de proceso y variables de resultado)

**3.1 Descripción de cada una de las variables de Estudio**

Los reportes presentados por el Maquinista 1 y Maquinista 2 reciben el nombre de **Variables de Proceso** dentro de la elaboración del papel extensible .

**Variable #1**

**Velocidad de la Tela:** Es la rapidez con que un cuerpo o materia prima se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

Variable #2

**Velocidad de la Primera Prensa:** Es la rapidez con que un cuerpo o materia prima se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es (pies/min).

**Variable #3**

**Velocidad de la Segunda Prensa:** Es la rapidez con que un cuerpo o materia prima se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

**Variable #4**

**Consistencia:** Es la cantidad de fibra seca con 100 cm3 de solución. Tomado en Volumen.

**Variable #5**

**Vacío de Couch :** Esla Presión atmosférica negativa de un punto. Su unidad de medida pulgadas.

**Variable #6**

**Porcentaje de Abertura de la Válvula:** es el porcentaje de abertura de la válvula de peso al elaborar el papel. Tomado en Porcentaje

**Variable #7**

**Temperatura de Vapor 10.6:** mide la temperatura de vapor en bares\*.

**Variable #8**

**Temperatura de Vapor 4.0:** mide la temperatura de vapor en bares\*.

**Variable #9**

**Condensador del Agua:** es un equipo del estado de vapor a estado líquido. Su unidad de medida es Volumen.

**Variable #10**

**Condensador de la Temperatura:** es el grado de un vapor a estado líquido.

(\*). Es una unidad de Presión

**Variable #11**

**Velocidad del Primer Grupo:** es la rapidez del cuerpo pre-secado la cual se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

**Variable #12**

**Velocidad del Segundo Grupo:** es la rapidez del cuerpo pre-secado la cual se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

**Variable #13**

**Velocidad del Tercer Grupo:** es la rapidez del cuerpo pre-secado la cual se mueve de un punto a otro. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

**Variable #14**

**Velocidad del Clupak :** es la rapidez de un cuerpo que lo hace resistente sobre cualquier fuerza que se ejecute sobre él. Su unidad de medida es pies por minutos (pies/min).

**Variable #15**

**Velocidad del Pope:** es la rapidez con que se realiza el rebobinado del producto terminado. Su unidad de medida es metros por minuto (mts/min)

A continuación presentamos las variables del Departamento de Control de Calidad que reciben el nombre de **Variables de Resultado** las cuales verifican la calidad del papel extensible.

Todas las pruebas están reguladas bajo normas **TAPPI (TECHNNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY ) .**

**Variable #16**

**Peso Básico** : es la masa en gramos contenida en un metro cuadrado de superficie de papel. Su unidad de medida es gramos por metros cuadrados (g/m2).

**Variable #17**

**Humedad** : es la cantidad de agua contenida en el papel. El porcentaje de la humedad es obtenido por la pérdida de agua en una pieza de ensayo, cuando a ésta se le ha secado hasta obtener una masa constante. El resultado se expresa en porcentaje de la masa inicial del papel. Tomado en Porcentaje.

**Variable #18**

**Lisura:** es el ángulo de un plano en el cual un peso de papel resbala sobre las caras lisas. Es decir sin aspereza en el papel. Su unidad de medida es grados de ángulo (o ).

**Variable #19 y Variable#20**

**Rasgado Longitudinal y Transversal**: Es la medida de la fuerza perpendicular al plano requerido para rasgar hojas. Su unidad de medida es Mili Newtons.

**Variable #21 y Variable #22**

**Tensión Longitudinal y Transversal** : es la máxima fuerza desarrollada en una muestra hasta antes de la ruptura. Su unidad de medida es kg/15mm.

**Variable #23 y Variable #24**

**Elongación de la Longitud Longitudinal y Transversal:** es la cantidad de estiramiento de una probeta al aplicar una fuerza hasta su ruptura. Tomado en Porcentaje.

**Variable #25 y Variable #26**

**Tea Longitudinal y Transversal**: es el trabajo realizado cuando una muestra de papel se estira hasta romperse en tracción bajo condiciones prescritas y se mide mediante la integral del esfuerzo de tracción sobre el rango de tracción de cero al máximo. El TEA se expresa como energía por área unitaria (largo por ancho) de la probeta de ensayo. Su unidad de medida es J/m2.

**Variable #27**

**Porosidad:** es el tiempo requerido para que cierto volumen de aire (100 cm3) de aire pasa a través de una muestra de papel. Su unidad de medida es segundos por centímetros cúbicos (seg/100 cm3).

**Variable #28**

**COBB**: Es la cantidad de agua absorbida por papeles encolados (no absorbentes) en un tiempo y condiciones determinadas. Su unidad de medida es (g/m2).

**3.2 Análisis Univariado**

En el siguiente Análisis Univariado se presenta una Estadística Descriptiva cuyo objetivo es ilustrar las estadísticas básicas como: Mínimo, Máximo, Media, Mediana, Desviación Estándar, Varianza, Sesgo y Kurtosis. También se presenta ilustraciones gráficas como: Histogramas de Frecuencias, Diagramas de Cajas .

Iniciaremos con la variable: Velocidad de la Tela

### TABLA II

# Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Tela

# (pies/min)

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica, ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo en la Velocidad de la Tela es 834 pies/min y el máximo es 879 pies/min.

### Figura 3.2

**Diagrama de Caja de la Velocidad de la Tela**

****

Al analizar el Diagrama de Caja obtenemos que Q1=835, esto significa que el25% de los valores diarios tomados por hora en la elaboración del Papel Extensible de la velocidad de la tela registrados en la corrida del 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 , han sido menores o iguales que 835 pies /min.

Si Q2=836, quiere decir que la mediana de las observaciones es 836 pies. Si Q3=842, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 842 pies/min. Es decir que el 50% de las observaciones se encuentra en los 836 pies/min y el otro 50% de las observaciones se encuentran en 835 y 842 pies/min de la velocidad de la tela.

Existe 2 valores aberrantes, 869 y 879 pies/min. Así lo podemos

apreciar en la figura 3.2.

#### Figura 3.3

**Histograma de frecuencias de la Velocidad de la Tela**



Aproximadamente el 60% de la Velocidad de la Tela tomado por hora registrado en la corrida del 31 de Agosto al 22 de Septiembre, se encuentra entre 836 y 837 pies/min. El 23.9% se encuentra entre 841 y 843 pies/min . Finalmente el 2% se encuentra en los 869 pies/min y cerca del 4% se encuentra en los 879 pies/min de la velocidad de la tela.

A continuación se presentará el análisis univariado de la variable: Velocidad de la Primera Prensa

### TABLA III

 **Estadísticas Descriptiva de la Velocidad de la Primera Prensa**

**(en pies/min)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos están concentrados negativamente al lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las observaciones para la velocidad de la primera prensa es 0 y el máximo es 851 pies/min, debido a que durante las primeras horas de elaboración del papel no estaba en funcionamiento la velocidad de la primera prensa.

### Figura 3.5

**Diagrama de Caja de la Velocidad de la Primera Prensa**

****

Si Q1=842.75, esto significa que el 25% de los valores por hora de la velocidad de la tela registrado el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000, han sido menores o iguales que 842.75 pies/min. Si Q2=846, quiere decir que la mediana de las observaciones es 846 pies/min. Si Q3=849, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 849 pies/min en la velocidad de la Primera Prensa. Es decir que el 50% de las observaciones registradas en la velocidad de la primera prensa se encuentra en 846 pies/min y el otro 50% de las observaciones se encuentran entre 842.75 y 849 pies/min. Así lo podemos apreciar en la figura 3.5.

### Figura 3.6

**Histograma de Frecuencia de la Velocidad**

**De la Primera Prensa**

****

Aproximadamente, un 77.1% de la velocidad de la primera prensa registrado por hora del 31 de Agosto al 22 de Septiembre, está entre los 800 y 900 pies/min. El 22.9% no ha sobrepasado la barrera entre 0 y 100 pies/min en la velocidad de la primera prensa. Así lo podemos observar en la figura 3.6.

A continuación se presentará el análisis univariado de la variable: Velocidad de la Segunda Prensa.

### TABLA IV

**Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Segunda Prensa**

 **(en pies/min)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las observaciones registrados para la velocidad de la segunda prensa es 845 pies/min y el máximo de las observaciones es 851 pies/min.

### Figura 3.8

**Diagrama de Caja de la Velocidad de**

**La Segunda Prensa**

****

Si Q1=846, esto significa que el 25% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre en la velocidad de la segunda prensa, han sido menores o iguales a 846 pies/min.

Si Q2=847, nos indica que la mediana de las observaciones es 847 pies/min. Si Q3= 848, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 848 pies/min. Es decir que el 50% de las observaciones de la velocidad de la segunda prensa se encuentra en 847 pies/min y el otro 50% se encuentra entre 846 y 848 pies/min.

Existe un valor aberrante, 851 pies/min(observación 89). Así lo podemos apreciar en la Figura 3.8.

**Figura 3.9**

### Histograma de Frecuencia de la

**Velocidad de la Segunda Prensa**

****

Aproximadamente el 40.6% de la velocidad de la Segunda Prensa registrado cada hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000, se encuentra entre los 846 y 847 pies/min. En cambio el

30.2% se encuentra en los 845 pies/min y finalmente el 7.3% de las observaciones se encuentra entre los 850 y 851 pies/min. Así lo podemos observar en la figura 3.9.

A continuación se presentará el análisis univariado de la variable: Consistencia



**TABLA V**

**Estadísticas Descriptiva de la Consistencia**

**(en Volumen)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados negativamente en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las observaciones es 39.5 y el máximo es 42 vol. en la consistencia para elaborar el papel.

**Figura 3.11**

**Diagrama de Caja de la Consistencia**

****

Si Q1=40.5, esto significa que el 25% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la consistencia, han sido menores o iguales al 40.5 del volumen. Si Q2=41, quiere decir que la mediana de las observaciones representa 41 volúmenes en la consistencia. Si Q3=41, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 41 volúmenes en la consistencia. Es decir que el 50% con respecto a la consistencia se encuentra en 41 vol. y el otro 50% se encuentra entre 40.5 y 41 vol.

Existen 3 valores aberrantes que son: 39.50(observación 4), 41.80(observación 22) y 42(observación 72) volúmenes en la Consistencia. Como lo podemos apreciar en la figura 3.11

### Figura 3.12

**Histograma de Frecuencia de la Consistencia**

****

Aproximadamente, un 57.3% de la Consistencia tomado en volumen por hora en el registro del 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000, ha tenido 41 volumen de consistencia en la elaboración del Papel Extensible. Un 15.6% representa 40.5 volumen de consistencia y el 1% representa 42 vol. de consistencia al producir papel extensible. Como lo podemos apreciar en la figura 3.12.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Vacío de Couch.

### TABLA VI

**Estadística Descriptiva del Vacío de Couch**

 **(pulgadas de Agua)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados negativamente en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica , ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las observaciones es 16.2 pulgadas y el máximo es 21.6 pulgadas dentro del Vacío de Couch.

### Figura 3.14

**Diagrama de Caja del Vacío de Couch**

****

Si Q1=20.8, esto significa que el 25% de los valores registrado por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000, han sido menores o iguales que 20.8 pulgadas de agua en el vacío de couch. Si Q2=21, quiere decir que las medianas de las observaciones es 21 pulgadas de agua. Si Q3=21.2, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 21.2 pulgadas de agua. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 21 pulgadas y el otro 50% se encuentra entre 20.8 y 21.2 pulgadas de agua con respecto al vacío de couch.

Existen 3 valores aberrantes, 16.20(observación 80),19.60(observación 8) y 20.60(observación 61) pulgadas de agua en el vacío de couch. Como podemos apreciar en la figura 3.14.

**Figura 3.15**

### Histograma de Frecuencia del Vacío de Couch

****

Aproximadamente, un 58.3% de las observaciones del vacío de couch tomada cada hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 se encuentra entre 20.40 y 21 pulgadas de Agua. El 32.3% tiene una participación entre el 21.20 y 21.40 pulgadas de Agua y el 2.1% sobrepasa la barrera de 21.60 pulgadas de agua. Como podemos observar en la figura 3.15.

A continuación presentamos el análisis univariado de la variable: Porcentaje de Abertura de la Válvula de Peso.

### TABLA VII

**Estadística Descriptiva de la Abertura de la Válvula**

** (en porcentaje)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica, ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las observaciones es 64.4% y el máximo es 67.6% de la abertura de la válvula.

**Figura 3.17**

### Diagrama de Caja del % de Abertura

**De la Válvula de Peso**

****

Si Q1=64.8, esto significa que el 25% de los valores registrado cada hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 en la abertura de la válvula de peso, han sido menores o iguales que 64.8%.

Si Q2=65, indica que la mediana de las observaciones es 65%. Si Q3=65.3, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 65.3% en la abertura de la válvula de peso. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en el 65% y el otro 50% se encuentra entre el 64.8% y 65.3% de la abertura de la válvula.

Existen 3 valores aberrantes que son: 66.10%(observación 1), 66.70%(observación 4) y 67.60%(observación 8). Como podemos apreciar en la figura 3.17.

**Figura 3.18**

**Histograma de Frecuencia**

**% Abertura de la Válvula de Peso**

****

Aproximadamente, un 38.5% de la Abertura de la Válvula de Peso registrado cada hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, han tenido una participación comprendida entre 64.80 y 65 %. Un 16.7% tuvieron una participación entre 65.10 y 65.20%. Solo el 1% representa el 67.60% de la abertura de la válvula de peso. Como podemos apreciar en la figura 3.18.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Temperatura de Vapor 10.6



### Tabla VIII

 **Estadísticas Descriptivas de la Temperatura del Vapor 10.6 (Bar)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 150 bar y el máximo es 285 bar con respecto a la temperatura del vapor 10.6.

**Figura 3.20**

**Diagrama de Caja de la Temperatura**

**De Vapor 10.6**



Si Q1=150, esto significa que el 25% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 en la temperatura de vapor 10.6 , han sido menores o iguales a 150 Bar. Si Q2= 150, nos indica que la mediana de las observaciones es 150 Bar. Si Q3=269.5, implica el 75% de las observaciones son menores o iguales a 269.5 Bar. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 150 bar y el otro 50% se encuentra entre 150 y 269.5 bar con respecto a la temperatura de vapor 10.6

Como podemos apreciar en la figura 3.20

**Figura 3.21**

**Histograma de Frecuencia de la Temperatura**

### De Vapor 10.6

****

Aproximadamente, un 63.5% de las observaciones tomada cada hora con respecto a la temperatura de vapor 10.6, se refiere a 150 Bar. El 19.7 % esta comprendido entre 252 y 278 Bar . Como podemos apreciar en la figura 3.21.

A continuación se presentará el análisis univariado de la variable: Temperatura de Vapor 4 Bar



**TABLA IX**

**Estadística Descriptiva de la Temperatura de Vapor 4.0**

** (en Bar)**

El coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indique que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 158 bar y el máximo es 230 bar con respecto a la temperatura de vapor 4.0.

**Figura 3.23**

**Diagrama de Caja de la**

### Temperatura de Vapor 4 Bar

****

Si Q1=158, esto significa que el 25% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre con respecto a la temperatura de vapor 4.0, han sido menores o iguales que 158 Bares.

Si Q2=158, quiere decir que la mediana de las observaciones es 158 Bares. Si Q3=207.5, nos indica que el 75% de la observaciones son menores o iguales a 207.5 Bares. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 158 bar y el otro 50% se encuentra entre 158 y 207.5 bar de la temperatura de vapor 4.0.

Como lo podemos apreciar en la figura 3.23.

**Figura 3.24**

### Histograma de Frecuencias de la

**Temperatura de Vapor 4.0**

****

Aproximadamente, el 65.6% de la temperatura de Vapor 4.0 registrado desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000, se encuentra entre 150 y 158 Bares. El 12.4% está entre 200 y 210

bares. Mientras que el 4.1% no sobrepasa la barrera de los 230 bares. Como lo podemos apreciar en la figura 3.24.

A continuación se presentará el análisis univariado de la variable: Condensador del Agua .

### TABLA X

**Estadística Descriptiva del Condensador del Agua**

 **(Volumen)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 44 vol y el máximo es 56 bar con respecto al condensador del agua.

**Figura 3.26**

**Diagrama de Caja del**

### Condensador del Agua

****

Si Q1=53, esto significa que el 25% de los valores tomados por cada hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la condensación del Agua, han sido menores o iguales que 53 Vol. Si Q2=54, nos indica que la mediana de las observaciones es 58 Vol. Si Q3=55, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 55 Vol. Es decir que el 50% de los datos se encuentran en 54 vol y el otro 50% se encuentra entre 53 y 55 vol de la condensación del agua.

Existen cinco valores aberrantes, 44Vol (observación 77), 45Vol(observación 92), 48Vol(observación 60), 49Vol(observación 48) y 50Vol(observación 50). Como podemos apreciar en la figura 3.26.

**Figura 3.27**

### Histograma de Frecuencia del

**Condensador del Agua**

****

Aproximadamente el 59.4% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre con respecto al condensador del agua han fluctuado entre 54 y 55 Vol. En cambio el 9.4% no sobrepasa la barrera de los 56 Vol. El 1% de las observaciones representa 52 Vol. Como lo podemos apreciar en la figura 3.27.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Condensador de la Temperatura.

### TABLA XI

**Estadísticas Descriptivas del Condensador de la Temperatura**

 **(o)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica, ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 20o y el máximo es 30o con respecto al condensador de la temperatura.

**Figura 3.29**

**Diagrama de Caja del**

### Condensador de la Temperatura

****

Si Q1=28, esto significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre con respecto al condensador de la temperatura, han sido menores o iguales que 28o .

Si Q2=28, quiere decir que la mediana de las observaciones es 28. Si Q3=28, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 28. Es decir que el 100% de los datos se encuentran en 28o del condensador de temperatura.

Existen seis valores aberrantes, 20(observación 80), 25 (observación 28), 26(observación 38), 27(observación 42), 28(observación 36), 30(observación 14) grados dichos valores se deben a que la mayoría de los datos observados representan 28o en todo el diagrama de caja del condensador de la temperatura. Como lo podemos apreciar en la figura 3.29.

**Figura 3.30**

### Histograma de Frecuencias del

**Condensador de la Temperatura**

****

Aproximadamente, el 75% de los valores observados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto al condensador de la temperatura, han fluctuado entre 27 y 28 grados . En cambio el 5.2% no sobrepasa la barrera de los 30 grados. El 11.5% se encuentra en los 26 grados . Como lo podemos apreciar en la figura 3.30.

A continuación presentamos el análisis univariado de la variable: Velocidad del Primer Grupo.

### TABLA XII

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad**

 **del Primer Grupo(en pies/min)**

El mínimo de los datos es 872 pies/min y el máximo es 880 pies/min con respecto a la velocidad del primer grupo. El 50% de los datos se encuentra en 874 pies/min y el rango de explicación es 8 pies/min.

**Figura 3.32**

**Diagrama de Caja de la Velocidad del Primer Grupo**

****

Si Q1=873, esto significa que el 25% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Primer Grupo han sido menores o iguales que 873 pies/min.

Si Q2=874, nos indica que la mediana de las observaciones es 874 pies/min. Si Q3=874, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 874 pies/min. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 874 pies/min y el otro 50% se encuentra entre 873 y 874 pies/min con respecto a la velocidad del primer grupo.

Existe un valor aberrante, 880(observación 19)pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.32.

**Figura 3.33**

**Histograma de frecuencias de la**

### Velocidad del Primer Grupo



Aproximadamente, el 57.3% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Primer Grupo, han fluctuado en los 874 pies/min. El 6.2% se encuentra entre 875 y 880 pies/min. Como se puede apreciar en la figura 3.33.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Velocidad del Segundo Grupo.



### TABLA XIII

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad**

 **del Segundo grupo(en pies/min)**

El mínimo de los datos es 872 pies/min y el máximo es 880 pies/min con respecto a la velocidad del segundo grupo. La mediana de las observaciones se encuentra en 874 pies/min y el rango de explicación es 8 pies/min. Como se puede apreciar en la figura 3.34.

**Figura 3.35**

### Diagrama de Caja de la Velocidad del

**Segundo Grupo**

****

Si Q1=873, esto significa que el 25% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Segundo Grupo han sido menores o iguales que 873 pies/min.

Si Q2=874, nos indica que la mediana de las observaciones es 874 pies/min. Si Q3=874, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 874 pies/min. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 874 pies/min y el otro 50% se encuentra en 873 y 874 pies/min.

Existe un valor aberrante, 880(observación 19) pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.36.

**Figura 3.36**

**Histograma de frecuencias de la**

**Velocidad del Segundo Grupo**

****

Aproximadamente, el 65.6% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto al 22 de septiembre del 2000 con respecto a la velocidad del segundo grupo, se encuentra en los 874 pies/min. En cambio el 3.1% han fluctuado entre los 875 y 880 pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.36.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Velocidad del Tercer Grupo.

### TABLA XIV

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad**

**del Tercer Grupo(en pies/min)**



El mínimo de los datos es 0 pies/min debido a que durante las primeras horas la velocidad del tercer grupo no se encontraba funcionando en la elaboración del papel y el máximo es 880 pies/min . La mediana de los datos es 874 pies/min y el rango de explicación para está variable se encuentra en 880 pies/min.

Figura 3.38

**Diagrama de Caja de la Velocidad**

**del Tercer Grupo**

****

Si Q1=873, esto significa que el 25% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Tercer Grupo han sido menores o iguales que 873 pies/min.

Si Q2=874, nos indica que la mediana de las observaciones es 874 pies/min. Si Q3=874, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 874 pies/min. Es decir que el 100% de los datos se encuentra en 874 pies/min con respecto a la velocidad del Tercer Grupo.

Existe un valor aberrante, 0(observación 13) y 880(observación 19) pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.38.

**Figura 3.39**

**Histograma de Frecuencias de la**

### Velocidad del Tercer Grupo



Aproximadamente, el 95.8% de los valores observados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la velocidad del tercer grupo, han fluctuado entre los 874 y 880 pies/min. En cambio apenas el 3.1% representa 0 pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.39.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Velocidad del Clupak.

### TABLA XV

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad**

 **del Clupak(en pies/min)**

El mínimo de los datos es 874 pies/min y el máximo es 889 pies/min con respecto a la velocidad del clupak. La mediana de los datos se encuentra en 881 pies/min y el rango de explicación es 15 pies/min con respecto a las observaciones para la elaboración del papel.

**Figura 3.41**

**Diagrama de Caja de la**

### Velocidad de la Clupak

****

Si Q1=881, lo que significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la velocidad de la clupak, han sido menores o iguales que 881 pies/min. Si Q2=881, nos indica que la mediana de las observaciones es 881 pies/min. Si Q3=884, quiere decir que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 884 pies/min. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 881 pies/min y el otro 50% se encuentra entre 881 y 884 pies/min con respecto a la velocidad del clupak.

Existe dos valores aberrantes, 874(observación 30) y 889(observación 19) pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.41.

**Figura 3.42**

**Histograma de frecuencias de la**

### Velocidad Clupak

****

Aproximadamente, el 39.6% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la velocidad de clupak, han fluctuado en 881 pies/min. El 30.2% se encuentra entre los 884 y 885 pies/min y el 1% se encuentra en 890 pies/min. Como podemos apreciar en la figura 3.42.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Velocidad del Pope.

### TABLA XVI

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad**

 **del Pope(en mts/min)**

El mínimo de los datos es 248 mts/min y el máximo de los datos es 253 metros con respecto a la velocidad del pope. La mediana de los datos se encuentra en 249 mts/min y el rango de explicación es 5 mts/min.

**Figura 3.44**

**Diagrama de Caja de la Velocidad del Pope**

****

Si Q1=248, lo que significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la velocidad del pope, han sido menores o iguales que 248mts/min. Si Q2=249, nos indica que la mediana de las observaciones es 249mts/min. Si Q3=249, significa que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 249mts/min. Existe un valor aberrante, 253(observación 80) mts/min. Como podemos apreciar en la figura 3.44.

**Figura 3.45**

**Histograma de Frecuencia de la**

### Velocidad del Pope

****

Aproximadamente, el 47.9% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la velocidad del pope, han fluctuado entre 248 y 249 mts/min. El 9.4% no sobrepasa la barrera de los 250 mts/min. y el 1% se encuentra en 253 mts/min . Como podemos apreciar en la figura 3.45.

A continuación presentaremos un análisis univariado de la variable: Peso Básico.

### TABLA XVII

 **Estadísticas Descriptiva del Peso Básico**

**(en g/m2)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El Coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 103 g/m2. y el máximo de los datos es 108.4 g/m2 . con respecto al peso básico. La media de los datos se encuentra en 105.419 g/m2.

**Figura 3.47**

**Diagrama de Caja de Peso Básico**

****

Si Q1=104.725, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto al 22 de septiembre del 2000 con respecto al peso básico, han sido menores o iguales que 104.725 g/m2. Si Q2=105.4, quiere decir que la mediana de las observaciones es 105.4 g/m2 . Si Q3= 106.175, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 106.175 g/ m2. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 105.4 y el otro 50% se encuentra entre 104.725 y 106.175 g/m2 .

Existe un valor aberrante, 108.40(observación 65) g/m2. Como podemos apreciar en la figura 3.47.

**Figura 3.48**

**Histograma de frecuencia del**

### Peso Básico

****

Aproximadamente, el 18.8% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al peso básico, han fluctuado entre 105.60 y 106 g/m2 . El 14.5% se encuentra entre 106.10 y 106.80 g/m2 y el 2.1% sobrepasa la barrera de los 108 g/m2 . Como podemos apreciar en la figura 3.48.

A continuación presentaremos un análisis univariado de la variable: Humedad

### TABLA XVIII

 **Estadísticas Descriptiva de la Humedad**

**(en porcentaje)**

El mínimo de los datos es 5.6% y el máximo de los datos es 7.8% de acuerdo a las observaciones registradas de la humedad. En promedio representa el 6.6% y el rango de explicación es 2.2% con respecto a la humedad.

**Figura 3.50**

**Diagrama de Caja de la**

### Humedad

****

Si Q1=6.3, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la humedad, han sido menores o iguales que 6.325%. Si Q2=6.7, nos indica que la mediana de las observaciones es 6.7%. Si Q3=6.9, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que 6.9%. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en el 6.7% y el otro 50% se encuentra entre el 6.3 y 6.9% con respecto a la humedad para elaborar el papel.

Existe un valor aberrante, 7.8%(observación 60). Como podemos apreciar en la figura 3.50.

**Figura 3.51**

### Histograma de Frecuencias de la

**Humedad**

****

Aproximadamente, el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto al 22 de septiembre del 2000 con respecto a la humedad, han fluctuado entre los 6.6 y 6.7%. El 15.7% se encuentra entre 6.8 y 6.9 % y el 7.3% está entre 7.4 y 7.8%. Como podemos apreciar en la figura 3.51.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Lisura

### TABLA XIX

**Estadísticas Descriptivas de la Lisura**

 **( 0ooo0  )**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El Coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 28o y el máximo es 35o. En promedio la lisura representa 30.5o de la prueba realizada al papel extensible.

**Figura 3.53**

**Diagrama de Caja de la Lisura**

****

Si Q1=30, esto significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la lisura, han sido menores o iguales que 30o . Si Q2=30, nos indica que la mediana de las observaciones es 30o. Si Q3=31, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 31o. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 30o.

Existen tres valores aberrantes, 28(observación 54), 32(observación 73), 35(observación 36) grados . Como podemos apreciar en la figura 3.53.

**Figura 3.54**

### Histograma de Frecuencias de la

**Lisura**

****

Aproximadamente, el 47.9% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la lisura, han fluctuado entre los 29 y 30o . El 28.1% se encuentra en los 31o. Apenas el 1% se encuentra entre los 34 y 35o. Como podemos apreciar en la figura 3.54.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Rasgado Longitudinal.

### TABLA XX

**Estadísticas Descriptivas del Rasgado Longitudinal**

 **(en mN)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos 1007 y el máximo de los datos es 1278 mN para realizar la prueba al papel extensible.

**Figura 3.56**

**Diagrama de Caja del**

### Rasgado Longitudinal



Si Q1=1100, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al rasgado longitudinal, han sido menores o iguales a 1100 mN.

Si Q2=1135, nos indica que la mediana de las observaciones es 1135 mN. Si Q3=1183.5, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 1183.5 mN. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 1135 y el otro 50% se encuentra entre 1100 y 1183.5 mN.

Como podemos apreciar en la figura 3.56.

**Figura 3.57**

**Histograma de frecuencias del**

**Rasgado Longitudinal**



Aproximadamente, el 27.9% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al rasgado longitudinal, han fluctuado entre 1007 y 1100 mN. El 9.1% se encuentran entre 1220 y 1278 mN. Como podemos apreciar en la figura 3.57.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Rasgado Transversal.

### TABLA XXI

**Estadísticas Descriptivas del Rasgado Transversal**

 **(en mN)**

El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El Coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 1283 y el máximo de los datos es 1649 con respecto al rasgado transversal.

**Figura 3.59**

**Diagrama de Caja del**

### Rasgado Transversal

****

Si Q1=1374, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al rasgado transversal, han sido menores o iguales a 1374 mN.

Si Q2=1419, nos indica que la mediana de las observaciones es 1419 mN. Si Q3=1493.75, indica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 1493.75 mN. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 1419 y el otro 50% se encuentra entre 1374 y 1493.75 mN con respecto al rasgado transversal.

Como podemos apreciar en la figura 3.59.

**Figura 3.60**

**Histograma de Frecuencias del**

### Rasgado Transversal

****

Aproximadamente, el 20.2% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al rasgado transversal, han fluctuado entre 1325 y 1361 mN. Apenas el 4% se encuentra entre 1610 y 1649 mN. Como podemos apreciar en la figura 3.60.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Tensión Longitudinal.

### TABLA XXII

**Estadísticas Descriptivas de la Tensión Longitudinal**

 **(en kg/15mm)**

El coeficiente de sesgo nos indica que los datos se encuentran concentrados en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica , ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 8 y el máximo de los datos es 9.8 kg/15mm para realizar la prueba longitudinal al papel extensible.

**Figura 3.62**

**Diagrama de Caja de la**

**Tensión Longitudinal**



Si Q1=8.8, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la Tensión Longitudinal, han sido menores o iguales a 8.8 kg/15mm.

Si Q2=9, nos indica que la mediana de las observaciones es 9 kg/15mm. Si Q3=9.2, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 9 kg/15mm.

Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 9 kg/15mm y el otro 50% se encuentra entre el 8.8 y 9.2 kg/15mm.

Existen cuatro valores aberrantes, 8(observación 20), 8.10(observación 11), 8.20(observación 21) y 9.80(observación 75) kg/15mm . Como podemos apreciar en la figura 3.62.

**Figura 3.63**

**Histograma de Frecuencias de la**

**Tensión Longitudinal**

****

Aproximadamente, el 24% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la Tensión Longitudinal, han fluctuado entre los 8.80 y 8.90 kg/15mm. El 22.9% se encuentra entre 9.10 y 9.20 kg/15mm . Apenas el 7.3% está entre 9.60 y 9.80 kg/15mm . Como podemos apreciar en la figura 3.63.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Tensión Transversal.

### TABLA XXIII

**Estadísticas Descriptivas de la Tensión Transversal**

 **(en kg/15mm)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica , ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 5.1 y el máximo de los datos es 6.3 Kg/15mm al realizar la prueba transversal en el papel extensible.

**Figura 3.65**

**Diagrama de Caja de la**

### Tensión Transversal

****

Si Q1=5.4, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la tensión transversal, han sido menores o iguales a 5.4 kg/15mm.

Si Q2=5.6, nos indica que la mediana de las observaciones es 5.6 kg/15mm. Si Q3=5.7, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 5.7 kg/15mm. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 5.6 y el otro 50% de los datos se encuentra entre 5.4 y 5.7 kg/15mm.

Existen dos valores aberrantes, 6.20(observación 2) y 6.30(observación17) kg/15mm. Como podemos apreciar en la figura 3.65.

**Figura 3.66**

**Histograma de frecuencias de la**

### Tensión Transversal

****

Aproximadamente, el 40.6% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la tensión transversal, han fluctuado entre 5.4 y 5.5 kg/15mm. El 27.1% se encuentra entre 5.6 y 5.7 kg/15mm. En cambio el 3.1% de los valores se encuentra entre 6.2 y 6.3 kg/15mm. Como podemos apreciar en la figura 3.66.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Elongación de la Longitud Longitudinal

### TABLA XXIV

**Estadísticas Descriptivas de la E. Longitud**

**Longitudinal (en porcentaje)**

El mínimo de los datos es 6.3% y el máximo de los datos es 8.2% se encuentra en E. Longitud Longitudinal al realizar la prueba al papel extensible. En promedio dicha variable representa el 7.627% y el rango de explicación representa el 1.9% de las observaciones registradas para realizar la prueba al papel extensible.

**Figura 3.68**

**Diagrama de Caja de la**

### E. Long. Longitudinal

****

Si Q1=7.4,significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a E. long. Longitudinal al realizar la prueba en el papel extensible, han sido menores o iguales que 7.4%.

Si Q2=7.6, nos indica que la mediana de las observaciones es 7.6%. Si Q3=7.8, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que 7.8%. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en el 7.6% y el otro 50% de los datos se encuentra entre el 7.4% y 7.8%.

Existe un valor aberrante, 6.3%(observación 80). Como podemos apreciar en la figura 3.68.

**Figura 3.69**

**Histograma de frecuencias de la**

### E. Long. Longitudinal

****

Aproximadamente, el 26.1% de los valores observados por hora (31agosto-22 septiembre) con respecto a E. Long. Longitudinal, han fluctuado entre 7.2 y 7.4 %. El 21.9% se encuentra en 7.6%. En cambio el 11.4% está alrededor del 8 y 8.2%.

Como podemos apreciar en la figura 3.69.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: E. long. Transversal.

### TABLA XXV

**Estadísticas Descriptivas de E. Long. Transversal**

 **(en porcentaje)**

El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica , ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 5.6% y el máximo de los datos es 7.2% en la longitudinal al realizar la prueba al papel extensible .

**Figura 3.71**

**Diagrama de Caja de la**

### E. long. Transversal

****

Si Q1=6.2, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a E. Long. Transversal, han sido menores o iguales que 6.2%.

Si Q2=6.3, nos indica que la mediana de las observaciones es 6.3%. Si Q3=6.4, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 6.4%. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 6.3% y el otro 50% se encuentra entre el 6.2% y 6.4%.

Existen tres valores aberrantes, 5.6%(observación 21), 6.9%(observación 32) y 7.2%(observación 41). Como podemos apreciar en al figura 3.71.

**Figura 3.72**

**Histograma de Frecuencias de**

### E. Long. Transversal



Aproximadamente, el 20.8% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a E. long. Transversal que se realiza sobre el papel extensible, han fluctuado en 6.3%. El 27.1% se encuentra entre 6.4 y 6.5%. El 8.3% está en 6.8 y 7.2%. Como podemos apreciar en la figura 3.72.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Tea Longitudinal

### TABLA XXVI

**Estadísticas Descriptivas de Tea Longitudinal**

**(en J/m2)**



El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana . El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos se encuentra en 225 J/m2 y el máximo de los datos se encuentra en 291 J/m2 en Tea Longitudinal al realizar la prueba en el papel extensible.

**Figura 3.74**

**Diagrama de Caja de la**

### Tea Longitudinal

****

Si Q1=255, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la prueba Tea Longitudinal, han sido menores o iguales a 255J/m2.

Si Q2=260, nos indica que la mediana de las observaciones es 260 J/m2. Si Q3=269, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que 269 J/m2 . Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 260 J/m2 y el otro 50% de los datos se encuentra entre 255 y 269 J/m2.

Existen dos valores aberrantes, 225(observación 80) y 291(observación 75) J/m2. Como podemos apreciar en la figura 3.74.

**Figura 3.75**

**Histograma de Frecuencias de la**

### Tea Longitudinal

****

El 27.2% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la Tea Longitudinal al realizar la prueba al papel extensible, han fluctuado entre 255 y 260 J/m2. El19.7 % se encuentra entre los 261 y 279 J/m2 . Apenas el 1% sobrepasa la barrera de los 290 J/m2 . Como podemos apreciar en la figura 3.75.

A continuación realizaremos el análisis univariado de la variable: Tea Transversal

### TABLA XXVII

**Estadísticas Descriptivas de Tea Transversal**

 **(en J/m2)**

El Coeficiente de sesgo nos indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El Coeficiente de kurtosis tiene una distribución platicúrtica , ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos es 156 J/m2 y el máximo de los datos es 198 J/m2 en la Tea Transversal al realizar la prueba en el papel extensible.

**Figura 3.77**

### Diagrama de Caja de Tea

**Transversal**



Si Q1=166, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a Tea Transversal, han sido menores o iguales que 166 J/m2.

Si Q2=170, nos indica que la mediana de las observaciones es 170 J/m2 . Si Q3=174, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que 174 J/m2 . Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 170 J/m2 y el otro 50% de los datos se encuentra entre 166 y 174 J/m2.

Existe un valor aberrante, 198(observación 41) J/m2 . Como podemos apreciar en la figura 3.77.

**Figura 3.78**

**Histograma de Frecuencias de**

### Tea Transversal

****

El 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al Tea Transversal, han fluctuado entre 166 y 169 J/m2. El 5.1% se

encuentra entre 181 y 185 J/m2 . Apenas el 1% representa 198 J/m2. Como podemos apreciar en la figura 3.78.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Porosidad

### 

### TABLA XXVIII

**Estadísticas Descriptivas de la Porosidad**

**(en s/100cm3)**



El mínimo de los datos se encuentra en 24 s/100cm3 y el máximo de los datos es 38 s/100cm3 . El promedio de la porosidad al realizar la prueba en el papel extensible es 31.146 y el rango de explicación es 14 s/100cm3.

**Figura 3.80**

### Diagrama de Caja de la

**Porosidad**

****

Si Q1=29, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la porosidad, han sido menores o iguales que 29s/100cm3.

Si Q2=31, nos indica que la mediana de las observaciones es 31s/100cm3. Si Q3=34, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 31s/100cm3. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 31 s/100cm3y el otro 50% de los datos se encuentra entre 29 y 34 s/100cm3 .

Como podemos apreciar en la figura 3.80.

**Figura 3.81**

### Histograma de Frecuencias de la

**Porosidad**

****

Aproximadamente el 16.7% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la Porosidad, han fluctuado entre 29 y 30 s/100cm3. El 16.7% se encuentra en 34 y 35s/100cm3. Apenas el 5.2% se encuentra en 37s/100cm3. Como podemos apreciar en la figura 3.81.

Se presentará el análisis univariado de la variable: Cobb.

### TABLA XXIX

 **Estadísticas Descriptivas del Cobb**

**(en g/m2 )**

El mínimo de los datos es 25 g/m2 y el máximo de los datos es 32 g/m2 del Cobb al realizar la prueba en el papel extensible. El promedio de está variable es 26.896 g/m2 y el rango de explicación es 7 g/m2.

**Figura 3.83**

### Diagrama de Caja del Cobb



Si Q1=26, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al Cobb, han sido menores o iguales a 26 m2.

Si Q2=27, nos indica que la mediana de las observaciones es 27 g/m2. Si Q3=27, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 27g/m2.

Es decir que el 75% de los datos se encuentra en 27 g/m2 y el 25% de los datos se encuentra en 26 g/m2 con respecto al Cobb.

Existen tres valores aberrantes, 29(observación 80), 30(observación 22) y 32(observación 1) g/m2. Como podemos apreciar en la figura 3.83.

### Figura 3.84

### Histograma de Frecuencias del Cobb

****

El 38.5% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al Cobb se encuentra en 27 g/m2 al realizar la prueba en el papel extensible. El 36.5% se encuentra en 26 g/m2 y el 1% se mantiene en 32 g/m2. Como podemos apreciar en la figura 3.84.

* + 1. **Prueba de Kolmogorov – Smirnov**

Se realizará la prueba de Kolmogorov – Smirnov a las variables de resultado que pertenecen al Departamento de Calidad.

Ho = La variable aleatoria tiene una distribución normal con media y varianza respectivos, Vs. ;

H1= No es cierto Ho

Se aceptará Ho si tiene una probabilidad mayor a 0.1 caso contrario se rechazará H1.

* **Variable Peso Básico**

Ho = La variable Peso Básico tiene una distribución normal con media (105.42) y varianza (1.02^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.77

Se acepta que la variable Peso Básico pertenezca a una distribución Normal

* **Humedad**

Ho = La variable Humedad tiene una distribución normal con media (6.66) y varianza (0.46^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.20

Se acepta que la variable Humedad pertenezca a una distribución Normal

* **Rasgado Longitudinal**

Ho = La variable Rasgado Longitudinal tiene una distribución normal con media (1145.76) y varianza (53.57^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.24

Se acepta que la variable Rasgado Longitudinal pertenezca a una distribución Normal

* **Rasgado Transversal**

Ho = La variable Rasgado Transversal tiene una distribución normal con media (1435.13) y varianza (79.51^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.25

Se acepta que la variable Rasgado Transversal pertenezca a una distribución Normal

* **Tensión Longitudinal**

Ho = La variable Tensión Longitudinal tiene una distribución normal con media (8.98) y varianza (0.37^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.52

Se acepta que la variable Tensión Longitudinal pertenezca a una distribución Normal

* **Elongación de la Longitud Longitudinal**

Ho = La variable E. Longitud Longitudinal tiene una distribución normal con media (7.63) y varianza (0.27^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.15

Se acepta que la variable E. Longitud Longitudinal pertenezca a una distribución Normal

* **Tea Longitudinal**

Ho = La variable Tea Longitudinal tiene una distribución normal con media (261.71) y varianza (10.69^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.12

Se acepta que la variable Tea Longitudinal pertenezca a una distribución Normal

* **Tea Transversal**

Ho = La variable Tea Transversal tiene una distribución normal con media (170.13) y varianza (6.67^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.22

Se acepta que la variable Tea Transversal pertenezca a una distribución Normal

* **Porosidad**

Ho = La variable Porosidad tiene una distribución normal con media (31.15) y varianza (3.32^2) , Vs.

H1= No es cierto Ho

Probabilidad K-S = 0.35

Se acepta que la variable Porosidad pertenezca a una distribución Normal

* 1. **Análisis Multivariado**

Se realizará el estudio de Componentes Principales con las variables que se presentan en la Tabla XXX:

### TABLA XXX



### VARIABLES DE ESTUDIO

Según la teoría analizada en el Capítulo 2 procedemos a describir la matriz de Datos Reales que está compuesta por 96 filas y 28 columnas, donde las filas representan las horas de Proceso para la Producción del Papel Extensible y las columnas las variables de estudio, para nuestro estudio se seleccionó cuatro horas por día durante la corrida de producción que empezó el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, obteniéndose un total de 96 horas de producción en el período antes mencionado y con esto se determina una X M96x28 .

* + 1. **Matriz de Correlación de las Variables de Estudio**

Debido a la disparidad en las unidades de medida de las variables utilizadas en el estudio vamos a utilizar en el análisis multivariante la matriz de correlaciones.

En la Tabla XXXI se presenta la matriz de correlación de las variables de estudio, mediante la cual se determinará la relación existente entre cada una de ellas.

La variable X2(Velocidad de la Primera Prensa) está altamente correlacionada con las variables: X4(Consistencia), X8(Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar), X21(Tensión Longitudinal), X22(Tensión Transversal) y X24(E. Longitud longitudinal). La variable X4(Consistencia) está altamente correlacionada con las variables: X2 (Velocidad de la Primera Prensa), ,X7(Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar), X8(Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar), X15(Velocidad del Pope) y X22(Tensión Transversal). La variable X5(Vacío de Couch) está altamente correlacionada con la variable X15(Velocidad del Pope). La variable X7(Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar) está altamente correlacionada con la variable X8(Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar) y X4(Consistencia) . La variable X8(Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar) está altamente correlacionada con la variables: X2 (Velocidad de la Primera Prensa), X4(Consistencia) y X7(Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar). La variable X11(Velocidad del Primer Grupo) está altamente correlacionada con la variable X12 (Velocidad del Segundo grupo).La variable X12 (Velocidad del Segundo grupo) está altamente correlacionada con la variable X11(Velocidad del Primer Grupo) . La variable X15(Velocidad del Pope) está altamente correlacionada con las variables: X4(Consistencia) y X5(Vacío de Couch). La variable X21(Tensión Longitudinal) está altamente correlacionada con la variables: X2 (Velocidad de la Primera Prensa) y X25(Tea longitudinal) . La variable X22(Tensión Transversal) con las variables: X2(Velocidad de la Primera Prensa) y X4(Consistencia). La variable X23(E. Longitud Longitudinal) está altamente correlacionada con la variable X25(Tea longitudinal) . La variable X24(E. Longitud longitudinal) está altamente correlacionada con las variables: X2(Velocidad de la Primera Prensa) y X26(Tea Transversal). La variable X25(Tea longitudinal) está altamente correlacionada con las variables: X21(Tensión Longitudinal) y X23(E. Longitud longitudinal) . La variable X26(Tea Transversal) está altamente relacionada con la variable X24(E. Longitud longitudinal).

* + 1. **Estudio A :Análisis de Componentes Principales entre las Variables de Proceso y las Variables de Resultado**

Procedemos a realizar el análisis de componentes principales utilizando datos estandarizados, obteniéndose los siguientes valores propios.

###### **TABLA XXXII**

**VALORES PROPIOS DE LA MATRIZ DE CORRELACION**

**(DATOS ESTANDARIZADOS)**

**Figura 3.85**

**Valores Propios**

**(Matriz de Correlación)**

****

Como podemos darnos cuenta hay que tomar seis componentes ya que justo en este valor comienza el codo de la gráfica.

A continuación mostraremos la varianza explicada por cada componente y el porcentaje de explicación del total de varianza de aquellos componentes obtenidos a partir de los valores propios.

**TABLA XXXIII**

**VALORES PROPIOS Y PORCENTAJE DE EXPLICACION**

**(MATRIZ DE CORRELACION)**

La varianza de la primera componente es 5.669, mientras que el porcentaje de explicación de está componente con respecto al total de la varianza es 20.246%. La varianza que explica la segunda componente es 3.136, mientras que está componente explica el 11.200% con respecto a la varianza total.

Las dos primeras componentes juntas explican el 31.446% de la varianza total, y así sucesivamente. El porcentaje de explicación de los seis componentes es 61.75 % como se puede apreciar en la Tabla XXXIII.

**TABLA XXXIV**

**MATRIZ DE COMPONENTES**

**(DE LA MATRIZ DE CORRELACION)**



A continuación se mostrará los respectivos nombres de las nuevas variables de acuerdo a la ponderación más alta que se muestran en la Tabla XXXIV.

**PRIMERA COMPONENTE** :A esta componente la denominaremos “Consistencia dependiendo de la temperatura de vapor en la Primera Prensa“ puesto que las variables que más pesan son:

**X2=** Velocidad de la Primera Prensa

**X8=**Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar

**X4=**Consistencia

**SEGUNDA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Control de Calidad” puesto que las variables que más pesan son:

**X24**= E. Longitud longitudinal

**X25**=Tea longitudinal

**X18**= Lisura

**TERCERA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Eliminación de Agua y Secado del Papel” puesto que las variables que más pesan son:

**X10**= Condensador de la Temperatura

**X5**= Vacío de Couch

**CUARTA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “ Influencia de Humedad sobre el papel” puesto que las variables que más pesan son:

**X3**= Velocidad de la Segunda Prensa

**X17**= Humedad

**QUINTA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos ” Pruebas de estiramiento en la Calidad del Papel Extensible “

**X21**= Tensión Longitudinal

**X22**= Tensión Transversal

**SEXTA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “ Velocidad de la Máquina”

**X12**= Velocidad del Segundo Grupo

**X11**= Velocidad del Primer Grupo

###### A continuación se mostrará el comportamiento de las tres primeras componentes.

FIGURA 3.86

**GRAFICA DE LAS TRES PRIMERAS COMPONENTES**

****

En la Figura 3.86 se puede observar la nube de puntos con respecto a las tres primeras componentes.

###### **Primera Componente vs Segunda Componente**

La combinación de la Primera Componente y Segunda Componente explican el 31.44% del total de la información.

Figura 3.87

**Primera Componente vs. Segunda Componente**

****

En la Primera Componente se encuentran las siguientes relaciones que consideramos significativas:

Las variables X15, X7 y X8 se encuentran relacionadas positivamente en cambio las variables X2 y X4 se encuentran relacionadas negativamente cuyos verdaderos nombres son Velocidad del Pope, Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar y la Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar que mantienen una relación opuesta con la Velocidad de la Primera Prensa y Consistencia.

En la Segunda Componente se encuentran las siguientes relaciones que consideramos significativas:

Las variables X18 , X17 y X23 se encuentran relacionadas positivamente en cambio las variables X28 , X10 y X1 se encuentran relacionadas negativamente cuyos verdaderos nombres son Lisura, Humedad y E.Longitud longitudinal que mantienen una relación opuesta con el Cobb, Condensador de la Temperatura y Velocidad de la Tela.

Se observan otras agrupaciones X18 , X17 , X23 y X26 que representan a la Lisura, Humedad, E.longitud longitudinal y Tea Transversal las cuales pertenecen al control de calidad del papel. Otra agrupación la conforman las variables X11 y X12 que representan la Velocidad del Primer Grupo y la Velocidad del Segundo grupo que pertenecen a la velocidad de la máquina.

Se encuentra una asociación entre X19 y X9 que representan al Rasgado Longitudinal y al Condensador de Agua.

* + - 1. **Primera Componente vs Tercera Componente**

La combinación de la Primera Componente y Tercera Componente explican el 29.895% del total de la información.

Figura 3.88

**Primera Componente vs Tercera Componente**

****

###### Como en la Figura 3.87 ya se analizo la componente principal uno se analizará la componente tres.

###### En la componente tres las variables que más contribuyen son X5 , X23 y X10 que representan al Vacío de Couch, E. Longitud Longitudinal y Condensador de la Temperatura en el lado positivo en cambio la variable X3 que representa a la Velocidad de la Segunda Prensa en el lado negativo es decir que existe una correlación negativa alta.

###### Las asociaciones o agrupaciones que encontramos son X21 , X24 , X13 y X20 que representan a la Tensión Longitudinal, E. Longitud longitudinal, Velocidad del Tercer Grupo y Rasgado Transversal lo que implica la relación directa que existe entre las variables durante el proceso del papel .

###### Otra agrupación está conformada por X3 , X17, X26 , X9 y X28 que representan a la Velocidad de la Segunda Prensa, Humedad, Tea Transversal, Condensador del Agua y Cobb donde se encuentra una relación directa entre las variables que determinan la calidad del papel y la humedad que presenta el papel durante el proceso.

Las variables X27 , X14 y X6 que representan la Porosidad, Velocidad del Clupak y el Porcentaje de Abertura de la Válvula de Peso implican que se encuentran correlacionadas durante el proceso del papel.

Como podemos observar la combinación de las Componentes nos ha permitido obtener información sobre las agrupaciones de las variables que se forman durante el proceso del papel en las componentes denominadas como “Consistencia dependiendo de la temperatura de vapor en la Primera Prensa”, “Control de Calidad” y “Eliminación de Agua y Secado del Papel “. Además estás componentes representan los más altos porcentajes de explicación es por este motivo que se justifica que no se realice las otras combinaciones entre las demás componentes.

* + 1. **Estudio B : Análisis de Componentes Principales con 12 Variables de Proceso y Resultado que dependen del Estudio A**

Se realizará el análisis de componentes principales utilizando datos estandarizados(matriz de correlación) entre las variables de proceso y las variables de resultado que se consideraron de mayor influencia en la elaboración del papel extensible basándonos en el Estudio A .

Procedemos a describir la nueva matriz de Datos Reales que está compuesta por 96 filas y 12 columnas, donde las filas representan las horas de proceso y resultado de las pruebas de calidad para la Producción del Papel Extensible y las columnas las variables de proceso y resultado. Determinando una matriz X M96x12, se presenta en la Tabla XXXV la Matriz de Correlación con las 12 variables de estudio.

**TABLA XXXV**

 **MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES DE PROCESO Y RESULTADO**

Procedemos a realizar el análisis de componentes principales utilizando datos estandarizados, obteniéndose los siguientes valores propios.

###### **TABLA XXXVI**

### VALORES PROPIOS DE LA MATRIZ DE CORRELACION

**(DATOS ESTANDARIZADOS)**

1= 3.417 7 = 0.689

2= 2.244 8 = 0.409

3= 1.696 9 = 0.323

4= 1.292 10 = 0.211

5= 0.823 11 = 0.155

6= 0.705 12 = 0.036

Figura 3.89

### Valores Propios

**(MATRIZ DE CORRELACION)**

****

Se eliminan los valores después del codo, por lo cual procedemos a seleccionar Cuatro Componentes Principales ya que justo en este valor comienza el codo de la gráfica. Como podemos darnos cuenta en la Figura 3.89.

A continuación mostraremos la varianza explicada por cada componente y el porcentaje total de explicación de cada componente.

**TABLA XXXVII**

**VALORES PROPIOSY PORCENTAJE DE EXPLICACION**

**(MATRIZ DE CORRELACION)**

La varianza explicada de la primera componente es 3,417, lo que representa un porcentaje de explicación de la varianza total de 28.47%. La varianza que explica la segunda componente es 2.244, lo que representa un porcentaje de explicación de la varianza total de 18.70%. Las dos primeras componentes juntas explican el 47.17% de la varianza total.

**TABLA XXXVIII**

**MATRIZ DE COMPONENTES**

**(DE LA MATRIZ DE CORRELACION)**

Después del análisis realizado la matriz de correlación presenta cuatro componentes que nos explican el 72.07% de la varianza total.

En la mayoría de los casos el rango de valores que toma la variable sometidas a nuestro estudio difieren significativamente debido a las escalas de medición. Cuando trabajamos con la matriz de covarianzas puede ocurrir que las variables que tengan una varianza grande predominen en las componentes. Para nuestro caso ocurre lo mismo, cuando interpretamos las variables que tienen mayor peso con respecto a las columnas, esto se debe a que la varianza toman valores grandes en comparación a las demás.

En cambio si estandarizamos las variables, trabajamos con las correlaciones entre variables ya que dicha matriz tiene elementos que están en el intervalo –1 y 1 en todos los casos. Por este motivo trabajaremos con la matriz de correlación para que las escalas de medición no afecten nuestros resultados.

Las variables que reciben mayor peso en cada componente se detallan de la siguiente manera:

**PRIMERA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Influencia de Estiramiento en la velocidad y la consistencia del Papel” debido a que las variables que más pesan son:

**X2**= Velocidad de la Primera Prensa

**X4**= Consistencia

**X21**= Tensión Longitudinal

**SEGUNDA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Velocidad de la Máquina” debido a que las variables que más pesan en esta componente son:

**X11**= Velocidad del Primer Grupo

**X12**= Velocidad del Segundo Grupo

**TERCERA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Influencia de humedad sobre el Papel” debido a que las variables que más pesan en esta componente son:

**X3**= Velocidad de la Segunda Prensa

**X17**= Humedad

**CUARTA COMPONENTE:** A esta componente la denominaremos “Influencia de la temperatura en la Calidad del Papel” debido a que las variables que más pesan en esta componente son:

**X10**= Condensador de la Temperatura

**X18**= Lisura

A continuación se mostrará el comportamiento de las tres primeras componentes que explican 61.31% del total de la información

### Figura 3.90

**Gráfica de las Tres Primeras Componentes**

****

En la Figura 3.90 se puede observar la nube de puntos que forman las variables de proceso y las variables de resultado.

* + - 1. **Primera Componente vs Segunda Componente**

La combinación de la Primera Componente con la Segunda Componente representa el 47.17% del total de la información en relación a la elaboración del papel extensible.

### Figura 3.91

**Primera Componente vs Segunda Componente**

****

En la Primera Componente se encuentra la variable X2 en el lado positivo que corresponde a la Velocidad de la Primera Prensa y la variable X8 en el lado negativo que corresponde a la Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar.

En la Segunda Componente se encuentra las variables X11 y X12 en el lado positivo que corresponde a la Velocidad del Primer Grupo y Velocidad del Segundo Grupo y se encuentra independiente en el lado negativo la variable X10 que corresponde al Condensador de la Temperatura.

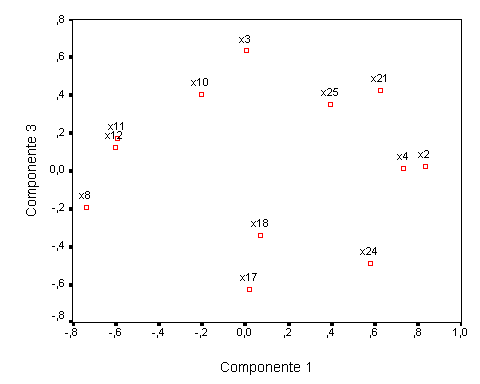
Las agrupaciones que podemos observar son X3, X17 y X18 que se encuentran correlacionadas durante el proceso y las pruebas de calidad que representan a la Velocidad de la Segunda Prensa, Humedad y Lisura. Otra agrupación es X25, X24 y X21 que representa al Tea longitudinal, E. Longitud Transversal y Tensión Longitudinal pero podemos darnos cuenta que la variable de resultado X25 se encuentra un poco distante de las variables X24 y X21 .

* + - 1. **Primera Componente vs Tercera Componente**

La combinación de la Primera Componente y la Tercera Componente explican el 42.6% del total de información en relación a la elaboración del papel extensible.

Figura 3.92

**Primera Componente vs Tercera Componente**

****

Como ya analizamos la Primera Componente continuamos analizando la Tercera Componente.

En la Tercera Componente se encuentra la variable X3 en el lado positivo que representa a la Velocidad de la Segunda Prensa y X17 y X18 que representan a la Humedad y Lisura en el lado negativo .

Las agrupaciones que se pueden observar son X11 y X12 que representan a la Velocidad del Primer grupo y Velocidad del Segundo Grupo durante el proceso permanecen correlacionadas.

Otra agrupación que se puede observar son X4 y X2 que representan a la Consistencia y Velocidad de la Primera Prensa durante el proceso permanecen correlacionadas.

* + - 1. **Segunda Componente vs Tercera Componente**

La combinación de la Segunda Componente y la Tercera Componente explican el 32.834% del total de la información para la elaboración del papel extensible.

### Figura 3.93

**Segunda Componente vs Tercera Componente**

****

Las agrupaciones que se pueden observar son las variables X18 , X24 y X17 que representan a Lisura, E. Longitud longitudinal y Humedad entre ellas se encuentran correlacionadas negativamente, oponiéndose a la correlación positiva que existe entre las variables X3 , X21 y X25 que representan a la Velocidad de la Segunda Prensa, Tensión Longitudinal y Tea longitudinal.

* + - 1. **Segunda Componente vs Cuarta Componente**

La combinación de la Segunda Componente y la Cuarta Componente explican el 29.46% de la información total para la elaboración del papel extensible.

Figura 3.94

**Segunda Componente vs Cuarta Componente**

****

En la Cuarta Componente podemos observar que la variable X10 que representa al Condensador de la Temperatura se encuentra distante de la variable X18 que representa a la Lisura que nos permite verificar la calidad del papel en cambio dicha variable se encuentra agrupada con la variable X25 que representa al Tea longitudinal.

Las agrupaciones que se encuentran son X21 , X17 y X24 que representan a la Tensión Longitudinal, Humedad y E. Longitud longitudinal que pertenecen a las pruebas de calidad que se efectúa sobre el papel extensible.

Como podemos observar la combinación de las Componentes nos ha permitido obtener información sobre las agrupaciones de las variables que se forman durante el proceso del papel en las componentes denominadas como “Influencia de Estiramiento en la velocidad y la consistencia del Papel”, “Velocidad de la Máquina” , “Influencia de humedad sobre el Papel “ y “Influencia de la temperatura en la Calidad del Papel” . Además estás componentes representan 72.07% del total de la información.

A través de las componentes principales podemos comprender la relación que existen entre las variables y cuando se identifican dichas variables críticas se puede realizar diferentes estudios como Correlación Canónica, Análisis Discriminante o un Diseño Experimental que nos permitan maximizar la productividad del Papel Extensible.

* 1. **Modelo de Regresión Múltiple para el Tea Transversal en la calidad del Papel Extensible**

Al realizar la construcción de un modelo de regresión necesitamos que las variables aleatorias escogidas como regresores sean independientes, lo cual significa que la correlación sea igual a cero.

En la práctica no se puede seleccionar a simple las variables aleatorias independientes por lo cual se selecciona a través de la matriz de correlación dependiendo cual sea nuestra variable de interés.

La variable Velocidad del Primer Grupo con la Velocidad del Segundo Grupo se encuentra correlacionada con el (0.955) y la Variable Temperatura de Vapor Alimentadora 16.0 con la Temperatura de Vapor Alimentadora 4.0 se encuentra correlacionada en el Estudio A con el (0.952) por lo que se

seleccionó a la Temperatura de Vapor Alimentadora 4.0, Velocidad del Primer Grupo y Velocidad del Segundo Grupo para el modelo de regresión múltiple.

Al realizar el modelo de regresión se presentan los siguientes resultados:

**TABLA XXXIX**

**MODELO DE REGRESION MULTIPLE DEL TEA TRANSVERSAL**





El Modelo considera el 74.2% entre la predicción y los regresores.

### Figura 3.95

**Gráfico de la Dispersión de los Residuos**

**Con la Predicción**

****

Se realizará la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar si los residuos son normales con media cero y varianza s2.

Ho : Los residuos son normales con media cero y desviación estándar 3.62

Vs.

H1 : ¬Ho

Max.Dif=0.087 Valor p =0.463

Por lo tanto hay evidencia estadística para aceptar que los residuos son normales .

Este modelo nos permite obtener datos de estimación a través de un Modelo de Regresión Múltiple utilizando variables independientes para predecir la variable de interés que está representada por el Tea Transversal para medir la calidad del papel Extensible. A continuación presentaremos el modelo de Regresión con sus respectivas variables:

**Tea Transversal para medir la calidad del papel extensible** = -568,826-0,008X2+0,611X3-3,541X4+0,022X8+1,19X10+1,671X11 -1,468 X12-0,564 X17-0,202 X18+0,077X21+27,164X24-0,024 X25

En el gráfico que presentamos en la Figura 3.96 se utiliza el Modelo Matemático de Regresión donde se realiza un estudio comparativo con los datos reales del Tea Transversal. Podemos observar la buena precisión en la mayoría de los datos comparados con el Modelo del Tea Transversal y ciertos desajustes en otros. Este Modelo permitirá a través de

investigaciones mejorar ciertas diferencias que son importantes con lo cual se logrará mejorar los resultados dentro del proceso y satisfacer los requerimientos del consumidor para maximizar la producción del papel extensible.

