

## **“ANÁLISIS MULTIVARIANTE DE LA PRODUCCION EN UNA EMPRESA PAPELERA”**

Carmen Gullqui Valarezo<sup>1</sup>, John Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en Estadística e Informática 2001

<sup>2</sup>Director de Tesis,

### **RESUMEN**

El presente trabajo trata de un Análisis Multivariante de la producción en una empresa papelera, lo cual nos ha permitido verificar las variables que se agrupan durante el proceso del papel extensible teniendo como finalidad obtener información de las variables que más influyen en la producción de este tipo de papel.

Al realizar el estudio estadístico se seleccionó las variables más relevantes en cada uno de los reportes presentados por el Maquinista 1, Maquinista 2 y el Departamento de Control de Calidad obteniéndose un total de 28 variables durante la corrida de producción que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del año 2000. Cada una de las variables que pertenecen al proceso y pruebas de calidad fueron sometidas a un Análisis Multivariado también se realiza un Modelo de Regresión Múltiple para una variable que pertenece a las pruebas de calidad.

### **INTRODUCCION**

El presente trabajo trata de un Análisis Multivariante de la producción en una empresa papelera. En Ecuador contamos con varias plantas papeleras pero para nuestro estudio se escogió una planta de papel que se ha ganado un reconocido prestigio Nacional e Internacional en cuanto a la calidad de sus equipos a la ingeniería aplicada y a la constante innovación .

Esta empresa es “PAPELERA NACIONAL” la cual emplea para la producción de papel dos máquinas que son Molino I y Molino II . Molino I produce aproximadamente 100 TM diarias en los tipos de papel que son Test-Liner, Corrugado Medio, Extensible y Empaque. Molino II produce aproximadamente 160 TM diarias en los tipos de papel que son Test- Liner y Corrugado Medio.

La materia prima utilizada para la producción de estos tipos de papel en forma general es el DKL(Double Kraft Liner) la cual es una materia prima importada que contiene recortes de planchas de cartones, OCC(Old Corrugated Container) es una materia prima importada que contiene cajas de cartón, Pulpa de Madera que es una materia prima importada, Materia prima a nivel nacional como son periódicos, cajas de cartón, etc se la ha denominado AAA o triple A y pulpa de bagazo proveniente de la caña de Azúcar.

En este estudio se analiza un análisis multivariante de la producción en una empresa papelería la cual tiene como alcance el resultado de las diferentes relaciones existentes entre las diferentes variables que aparecen ligadas a la producción de papel y las correlaciones que pueden formarse entre ellas

### 1.1 Análisis Multivariado

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

**TABLA I**

<b>VARIABLES</b>	<b>SIGNIFICADOS</b>
X1	Velocidad de la Tela
X2	Velocidad de la Primera Prensa
X3	Velocidad de la Segunda Prensa
X4	Consistencia
X5	Vacío de Couch
X6	Porcentaje de Abertura de la Válvula de Peso
X7	Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 bar
X8	Temperatura de Vapor Alimentadora 4 bar
X9	Condensador de Agua
X10	Condensador de la Temperatura
X11	Velocidad del Primer Grupo
X12	Velocidad del Segundo Grupo
X13	Velocidad del Tercer Grupo
X14	Velocidad del Clupak
X15	Velocidad del Pope
X16	Peso Básico
X17	Humedad
X18	Lisura
X19	Rasgado Longitudinal
X20	Rasgado
X21	Tensión Longitudinal
X22	Tensión
X23	E.Longitud Longitudinal
X24	E.longitud Transversal
X25	Tea Longitudinal
X26	Tea
X27	Porosidad
X28	Cobb

Según la teoría analizada 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  $X \in M_{96 \times 28}$ . A las 28 variables se les realizó un Análisis de Componentes Principales pero no se obtuvo la información necesaria y se procedió a seleccionar las variables más relevantes y con esto determinamos una  $X \in M_{96 \times 12}$ .

Al realizar el Análisis de Componentes Principales a las 12 variables que pertenecen al proceso y a las pruebas de calidad se obtuvieron que cuatro componentes explican el 72% del total de la Información.

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:

$X_2$ = Velocidad de la Primera Prensa

$X_4$ = Consistencia

$X_{21}$ = 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:

$X_{11}$ = Velocidad del Primer Grupo

$X_{12}$ = 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:

$X_3$ = Velocidad de la Segunda Prensa

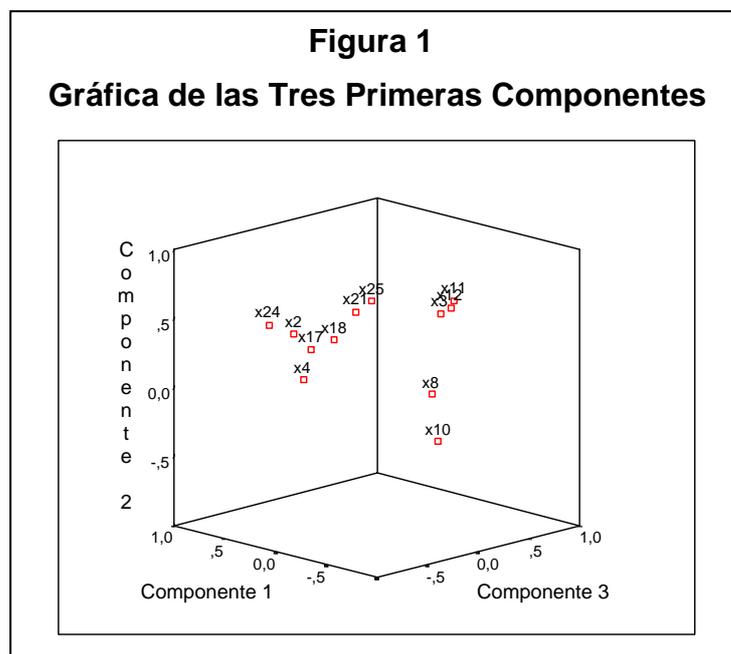
$X_{17}$ = Humedad

**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:

$X_{10}$ = Condensador de la Temperatura

$X_{18}$ = Lisura

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



Las agrupaciones que encontramos son  $X_3$ ,  $X_{17}$  y  $X_{18}$  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  $X_{25}$ ,  $X_{24}$  y  $X_{21}$  que representa al Tea longitudinal, E. Longitud longitudinal y Tensión Longitudinal. Otra agrupación que se encontró son  $X_4$  y  $X_2$  que representan a la Consistencia y Velocidad de la Primera Prensa durante el proceso permanecen correlacionadas.

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.

## 1.2 Modelo de Regresión Múltiple para el Tea Transversal en la calidad del papel extensible

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

**TABLA II**  
**MODELO DE REGRESION MULTIPLE DEL TEA TRANSVERSAL**

N=96		Cuadrado Múltiple R:0,742		Error Estandar Estimado:3,624		
Efecto	Coficiente	Error Estándar	Coficiente Estándar	Tolerancia	Valor t	Valor P (2colas)
Constante	-568,826	408,796	0	0	-1,391	0,168
X2	-0,008	0,002	-0,412	0,291	-3,989	0
X3	0,611	0,307	0,147	0,571	1,989	0,05
X4	-3,541	1,169	-0,246	0,471	-3,03	0,003
X8	0,022	0,022	0,083	0,426	0,976	0,332
X10	1,19	0,417	0,222	0,513	2,852	0,005
X11	1,671	1,402	0,258	0,066	1,192	0,237
X12	-1,468	1,37	-0,216	0,076	-1,071	0,287
X17	-0,564	0,948	-0,039	0,731	-0,595	0,553
X18	-0,202	0,383	-0,033	0,77	-0,526	0,601
X21	0,077	1,748	0,004	0,322	0,044	0,965
X24	27,164	2,092	1,108	0,427	12,986	0
X25	-0,024	0,058	-0,038	0,36	-0,407	0,685

**Análisis de Varianza**

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media Cuadrática	Valor F	Valor p
Regresión	3138,597	12	261,55	19,918	0
Residual	1089,903	83	13,131		

Estadístico Durbin - Watson	2,105
Primer Orden de autocorrelación	-0,067

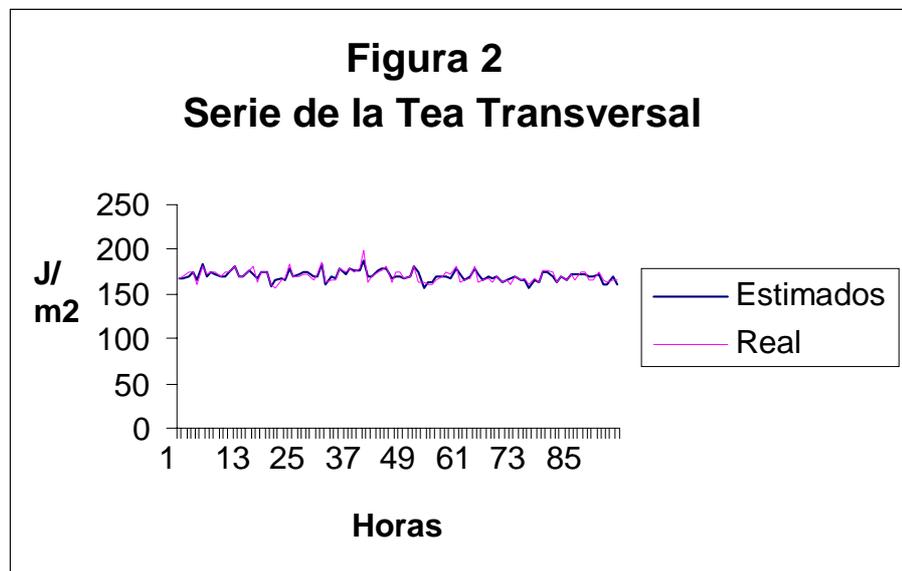
El Modelo considera el 74.2% entre la predicción y los regresores.

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:

$$\text{Tea Transversal para medir la calidad del papel extensible} = -568,826 - 0,008X_2 + 0,611X_3 - 3,541X_4 + 0,022X_8 + 1,19X_{10} + 1,671X_{11} - 1,468X_{12} - 0,564X_{17} - 0,202X_{18} + 0,077X_{21} + 27,164X_{24} - 0,024X_{25}$$

En el gráfico que presentamos en la Figura 2 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.



## CONCLUSIONES

1. Al analizar Componentes Principales para explicar la relación existente entre las 12 variables obtenida a partir de datos Estandarizados se obtuvieron las siguientes componentes principales que explican el 72% del total de la Información:

**Primera Componente:** Se la denominó “Influencia de Estiramiento en la Velocidad y la Consistencia del Papel” las variables que más pesan son:

- Velocidad de la Primera Prensa
- Consistencia
- Tensión Longitudinal

**Segunda Componente:** Se la denominó “Velocidad de la Máquina” las variables que más pesan son:

- Velocidad del Primer Grupo
- Velocidad del Segundo Grupo

**Tercera Componente:** Se la denominó “Influencia de Humedad sobre el Papel” las variables que más pesan son:

- Velocidad de la Segunda Prensa
- Humedad

**Cuarta Componente:** Se la denominó “Influencia de la Temperatura en la calidad del Papel” las variables que más pesan son:

- Condensador de la Temperatura
- Lisura

Las agrupaciones que se obtuvieron a través de nuestro análisis son Velocidad de la Segunda Prensa, Humedad y Lisura durante la corrida de producción del Papel Extensible, las cuales se encuentran correlacionadas durante el proceso y las pruebas de calidad. Otra agrupación que se pudo obtener es el Tea longitudinal, Elongación de la Longitud Transversal y Tensión Longitudinal.

La Consistencia y Velocidad de la Primera Prensa permanecen agrupadas durante el proceso de producción del Papel Extensible.

También se mantienen agrupadas durante la corrida de producción del Papel Extensible la Lisura, Elongación de la longitud Longitudinal y la Humedad que permiten determinar la calidad del papel extensible.

La Velocidad de la Segunda Prensa la cual pertenece al proceso se encuentra agrupada con la Tensión Longitudinal y Tea Longitudinal durante la producción del papel extensible.

La Velocidad del Primer Grupo con la Velocidad del Segundo Grupo mantienen una correlación alta(0.955) y su relación es pequeña con la humedad es (0.121,0.102) respectivamente. De esta manera concluimos que la Velocidad de la Máquina no afecta directamente a la humedad.

2. Se presenta un Modelo de Regresión Múltiple para estimar el Tea Transversal con las variables que más se asocian a la variable de interés:

**Tea Transversal para medir la calidad del papel extensible** = -568,826 – 0,008\*Velocidad de la Primera Prensa + 0,611\*Velocidad de la Segunda Prensa – 3,541\*Consistencia+ 0,022\*Temperatura de Vapor Alimentadora 4.0 + 1,19\*Condensador de la Temperatura + 1,671\*Velocidad del Primer Grupo – 1,468\*Velocidad del Segundo Grupo – 0,564\*Humedad – 0,202\*Lisura + 0,077\*Tensión Longitudinal + 27,16\*E. Longitud Transversal – 0,024\* Tea Longitudinal.

## REFERENCIAS

1. LIBBY C. EARL, "Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel", Novena Edición, Tomo I (Cía. Editorial Continental, México, 1982).
2. LIBBY C. EARL, "Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel", Novena Edición, Tomo II (Cía. Editorial Continental, México, 1982).
3. SCHEAFFER RICHARD / MCCLAVE JOMES , Probabilidad y Estadística para Ingeniería, Tercera Edición, Editorial Iberoamérica, México,1993.
4. MENDNHALL W., WACKERLY D., SCHEAFFER R., Estadística Matemática con Aplicaciones, Editorial Iberoamérica, México D.F., México, 1994.
5. JOHNSON RICHARD A./ WICHER N TEAN W., Applied Multivariate Statistical Analysis, Forth Edition, Prentice Hall, New York, 1998.