



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMATICAS

INGENIERIA EN ESTADISTICA INFORMATICA



**“ANALISIS MULTIVARIANTE DE LA PRODUCCION EN UNA
EMPRESA PAPELERA”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de

INGENIERO EN ESTADISTICA INFORMATICA

Presentada por:

Carmen Verónica Gullqui Valarezo

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2001

AGRADECIMIENTO

A todas las personas
que de uno u otro modo
colaboraron y en especial
a mi Director de Tesis
Mat. John Ramírez, por su
invaluable ayuda, al
Gerente General
Ing. Germán González L.
e Ing. Hernán Once que
hicieron posible la
realización de este
Trabajo.

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres por su
apoyo incondicional,

A mis Hermanos y

A mis Amigos

TRIBUNAL DE GRADUACION



Ing. Felix Ramirez
Director del ICM



Mat. John Ramirez
Director de Tesis



Ing. Washington Armas
Vocal



Ing. Daniel Izquierdo
Vocal

DECLARACION EXPRESA

"La Responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)


Carmen Gullqui Valarezo

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 de papel extensible teniendo como finalidad obtener información de las variables que más influyen en la producción de papel.

En el Capítulo 1 se presenta el Origen y Proceso de la Producción del Papel desde sus inicios hasta la actualidad donde se describe el funcionamiento de una empresa papelera.

En el Capítulo 2 se presenta el Marco Teórico que se siguió para efectuar nuestro análisis, el cual está basado en Componentes Principales y Regresión Múltiple.

En el Capítulo 3 se presenta el Análisis Univariado, Multivariado realizado a cada una de las variables que pertenecen al proceso y pruebas de calidad.

También se realiza un Modelo de Regresión Múltiple para una variable que pertenece a una de las pruebas de calidad.

Finalmente las Conclusiones y Recomendaciones basándonos en el análisis realizado y sugerencias de acuerdo a la información analizada.

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCION.....	3
I. ORIGEN Y PROCESO DE LA PRODUCCION DEL PAPEL	5
1.1 Descripción del Método de Producción del Papel.....	7
1.2 Establecimiento de Fábricas de Papel.....	10
1.3 Proceso de Producir Papel.....	13
1.3.1 Proceso para Pasta Mecánica.....	14
1.3.2 Proceso a la Sosa.....	14
1.3.3 Proceso al Sulfito.....	15
1.3.4 Proceso al Sulfato.....	17
1.3.5 Proceso Semiquímica.....	18
1.4 Materias Primas Fibrosas y Estructura de la Madera.....	19
1.4.1 Clasificación de las Fibras.....	20
1.4.1.1 Fibras de Frutos.....	21
1.4.1.2 Fibras de Gramíneas.....	23
1.4.1.3 Fibras de Animales.....	24
1.4.2 Propiedades Físicas de la Madera.....	24
1.4.2.1 Peso Específico.....	25
1.4.2.2 Contenido de Humedad.....	26
1.4.2.3 Peso de Madera.....	26
1.4.2.4 Almacenamiento de la Madera.....	27
1.5 Hydrapulper.....	27
1.6 Tanque de Almacenamiento.....	29
1.6.1 Productos Químicos en el proceso de la Fabricación de Papel.....	29
1.6.1.1 Sulfato de Aluminio(Alumbre).....	30
1.6.1.2 Resina Encolante Abiescan.....	31
1.6.1.3 Resina con Resistencia en Húmedo.....	32
1.6.1.4 Almidón Catiónico.....	32
1.6.1.5 Policatiónico LMW.....	33
1.6.1.6 Daraspray.....	34

1.6.1.7	Bactericida Busan 1009.....	34
1.6.1.8	Hidróxido de Sodio Líquido Soda Caústica.....	35
1.6.1.9	Dispersante Busperse 47.....	35
1.7	Proceso de Limpieza.....	36
1.8	Refinadores.....	37
1.9	Máquina Fourdrinier.....	39
1.10	Prensadores.....	42
1.11	Secador.....	43
1.12	Rebobinadora.....	44
1.13	Método Práctico para realizar el papel en casa.....	45
1.14	Descripción de una Empresa Papelera.....	49
1.15	Materia Prima Utilizada.....	52
1.16	Unidades de Producción y Tipos de Papel.....	55
1.16.1	Molino de Papel Uno.....	56
1.16.1.1	¿Cómo se hacen los tipos de Papel antes mencionados?.....	57
1.16.1.2	Diagrama de la Producción del Papel de Molino 1.....	61
1.16.1.3	Usos y Características de los Tipos de Papel.....	61
1.16.1.4	Planta de Pulpa.....	72
1.16.2	Molino de Papel Dos.....	74
1.16.2.1	Diagrama de la Producción de Papel de Molino 2.....	75
1.16.2.2	Descripción de la Máquina de Papel.....	76
1.17	Planta de Conversión.....	77
II.MARCO TEORICO DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE.....		78
2.1	Análisis de Componentes Principales.....	78
2.1.1	Componentes Principales de la Población.....	80
2.1.2	Matriz de Covarianzas con Vectores Aleatorios.....	84
2.1.3	Componentes Principales de la Población con la Matriz de Covarianza.....	87
2.1.4	Coefficiente de Correlación entre la Componente Y_j y la variable X_k	89
2.1.5	Componentes Principales con Variables Estandarizadas.....	92
2.2	Análisis de Regresión Múltiple.....	94
2.2.1	Introducción.....	94
2.2.2	Ajuste del Modelo: Método de los Mínimos Cuadrados.....	96
2.2.3	Estimación de σ^2 , la varianza de ϵ	96

2.2.4 Prueba de la Adecuación del Modelo: El Coeficiente de Determinación.....	98
2.3 Prueba de Durbin-Watson en Modelos de Regresión.....	100
2.4 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	103
III.ANALISIS MULTIVARIANTE EN LA PRODUCCION DEL PAPEL EXTENSIBLE.....	104
3.1 Descripción de cada una de las variables de estudio.....	106
3.2 Análisis Univariado.....	113
3.2.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	209
3.3 Análisis Multivariado.....	214
3.3.1 Matriz de Correlación de las variables de Estudio.....	215
3.3.2 Estudio A: Análisis de Componentes Principales entre las variables de proceso y resultado.....	219
3.3.2.1 Primera Componente vs. Segunda Componente.....	227
3.3.2.2 Primera Componente vs. Tercera Componente.....	229
3.3.3 Estudio B: Análisis de Componentes Principales con 12 variables de Proceso y Resultado que dependen del estudio A.....	231
3.3.2.3 Primera Componente vs. Segunda Componente.....	239
3.3.2.4 Primera Componente vs. Tercera Componente.....	241
3.3.2.5 Segunda Componente vs. Tercera Componente.....	242
3.3.2.6 Segunda Componente vs. Cuarta Componente.....	244
3.4 Modelo de Regresión Múltiple para el Tea Transversal en la calidad del papel extensible.....	246
IV.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	251
BIBLIOGRAFIA	

ABREVIATURAS

Pies/min	Pies sobre Minutos
Vol	Volumen
(°)	grados
%	Porcentaje
mts/min	Metros sobre Minutos
g/m^2	gramos por metros cuadrados
mN	Mili Newtons
kg/15mm	Kilogramos por quince milímetros
J/m^2	Joule por metros cuadrados
$S/100cm^3$	Segundos por cien centímetros cúbicos

SIMBOLOGIA

λ	Valores Propios
s^2	Varianza Muestral
H_0	Hipótesis Nula
H_1	Hipótesis Alternativa

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Materia Prima	45
Figura 1.2	Bandeja de Preparación	46
Figura 1.3	Licuada de la Materia Prima	46
Figura 1.4	Bandeja con Agua	46
Figura 1.5	Molino de Mano	47
Figura 1.6	Bandeja con la Malla	47
Figura 1.7	Rodillo de Mano	48
Figura 1.8	Hoja sobre Toallas	48
Figura 1.9	Secador	48
Figura 1.10	Papel Artesanal Seco	49
Figura 1.11	Símbolo de la Empresa	51
Figura 1.12	Productos de Papel	51
Figura 1.13	Materia Prima Utilizada	52
Figura 1.14	Bagazo de Caña de Azúcar	54
Figura 1.15	Planta de Pulpa	54
Figura 1.16	Molino 1	55
Figura 1.17	Molino 2	55
Figura 1.18	Máquina de Papel	56
Figura 1.19	Transportador de Recursos Fibrosos	58
Figura 1.20	Disgregación de Agua Reciclada	58
Figura 1.21	Limpiadores Uniflow y Posiflow	59
Figura 1.22	Formación de la Hoja	60
Figura 1.23	Secadores del Papel	60
Figura 1.24	Rebobinadora de Papel	60
Figura 1.25	Papel Test-Liner	62
Figura 1.26	Papel Corrugado Medio	64
Figura 1.27	Papel Extensible	66
Figura 1.28	Sacos de Gran Contenido Elaborados de Papel Extensible	68
Figura 1.29	Papel Empaque	69
Figura 1.30	Tubo para envolver el Papel	71
Figura 1.31	Máquina de Papel del Molino 2	75
Figura 1.32	Conversión	77
Figura 3.1	Velocidad de la Tela	114
Figura 3.2	Diagrama de Caja de la Velocidad de la Tela	115

Figura 3.3	Histograma de Frecuencias de la Velocidad de la Tela	117
Figura 3.4	Velocidad de la Primera Prensa	118
Figura 3.5	Diagrama de Caja de la Velocidad de la Primera Prensa	119
Figura 3.6	Histograma de Frecuencia de la Velocidad de la Primera Prensa	120
Figura 3.7	Velocidad de la Segunda Prensa	121
Figura 3.8	Diagrama de Caja de la Velocidad de la Segunda Prensa	123
Figura 3.9	Histograma de Frecuencia de la Velocidad de la Segunda Prensa	124
Figura 3.10	Consistencia	125
Figura 3.11	Diagrama de Caja de la Consistencia	126
Figura 3.12	Histograma de Frecuencias de la Consistencia	127
Figura 3.13	Vacío de Couch	128
Figura 3.14	Diagrama de Caja del Vacío de Couch	130
Figura 3.15	Histograma de Frecuencias del Vacío de Couch	131
Figura 3.16	% de Abertura de la Válvula	132
Figura 3.17	Diagrama de Caja del % de Abertura de la Válvula de Peso	133
Figura 3.18	Histograma de Frecuencia del % de Abertura de la Válvula de Peso	134
Figura 3.19	Temperatura de Vapor 10.6	135
Figura 3.20	Diagrama de Caja de la Temperatura de Vapor 10.6	137
Figura 3.21	Histograma de Frecuencia de la Temperatura de Vapor 10.6	138
Figura 3.22	Temperatura de Vapor 4.0	139
Figura 3.23	Diagrama de Caja de la Temperatura de Vapor 4.0	140
Figura 3.24	Histograma de Frecuencia de la Temperatura de Vapor 4.0	141
Figura 3.25	Condensador del Agua	142
Figura 3.26	Diagrama de Caja del Condensador del Agua	143
Figura 3.27	Histograma de frecuencia del Condensador del Agua	144
Figura 3.28	Condensador de la Temperatura	145

Figura 3.29	Diagrama de Caja del Condensador de la Temperatura	147
Figura 3.30	Histograma de Frecuencia del Condensador de la Temperatura	148
Figura 3.31	Velocidad del Primer Grupo	149
Figura 3.32	Diagrama de Caja de la Velocidad del Primer Grupo	150
Figura 3.33	Histograma de Frecuencia de la Velocidad del Primer Grupo	152
Figura 3.34	Velocidad del Segundo Grupo	153
Figura 3.35	Diagrama de Caja de la Velocidad del Segundo Grupo	154
Figura 3.36	Histograma de Frecuencia de la Velocidad del Segundo Grupo	155
Figura 3.37	Velocidad del Tercer Grupo	156
Figura 3.38	Diagrama de la Caja de la Velocidad del Tercer Grupo	158
Figura 3.39	Histograma de Frecuencia de la Velocidad del Tercer Grupo	159
Figura 3.40	Velocidad de la Clupak	160
Figura 3.41	Diagrama de Caja de la Velocidad de la Clupak	161
Figura 3.42	Histograma de Frecuencia de la Velocidad de la Clupak	162
Figura 3.43	Velocidad del Pope	163
Figura 3.44	Diagrama de Caja de la Velocidad del Pope	164
Figura 3.45	Histograma de Frecuencia de la Velocidad del Pope	165
Figura 3.46	Peso Básico	166
Figura 3.47	Diagrama de Caja del Peso Básico	167
Figura 3.48	Histograma de Frecuencia del Peso Básico	168
Figura 3.49	Humedad	169
Figura 3.50	Diagrama de Caja de la Humedad	170
Figura 3.51	Histograma de Frecuencia de la Humedad	171
Figura 3.52	Lisura	172
Figura 3.53	Diagrama de Caja de la Lisura	174
Figura 3.54	Histograma de Frecuencia de la Lisura	175
Figura 3.55	Rasgado Longitudinal	176

Figura 3.56	Diagrama de Caja del Rasgado Longitudinal	177
	Histograma de Frecuencia del Rasgado Longitudinal	178
Figura 3.57	Rasgado Longitudinal	178
Figura 3.58	Rasgado Transversal	179
Figura 3.59	Diagrama de Caja del Rasgado Transversal	180
Figura 3.60	Histograma de Frecuencia del Rasgado Transversal	181
Figura 3.61	Tensión Longitudinal	182
Figura 3.62	Diagrama de Caja de la Tensión Longitudinal	184
Figura 3.63	Histograma de Frecuencia de la Tensión Longitudinal	185
Figura 3.64	Tensión Transversal	186
Figura 3.65	Diagrama de Caja de la Tensión Transversal	187
Figura 3.66	Histograma de Frecuencia de la Tensión Transversal	188
Figura 3.67	E. Long. Longitudinal	189
Figura 3.68	Diagrama de Caja de la E. Long. Longitudinal	190
Figura 3.69	Histograma de Frecuencia de la E. Long. Longitudinal	191
Figura 3.70	E. Long. Transversal	192
Figura 3.71	Diagrama de Caja de la E. Long. Transversal	194
Figura 3.72	Histograma de Frecuencia de la E. Long. Transversal	195
Figura 3.73	Tea Longitudinal	196
Figura 3.74	Diagrama de Caja del Tea Longitudinal	197
Figura 3.75	Histograma de Frecuencia del Tea Longitudinal	198
Figura 3.76	Tea Transversal	199
Figura 3.77	Diagrama de Caja del Tea Transversal	201
Figura 3.78	Histograma de Frecuencia del Tea Transversal	202
Figura 3.79	Porosidad	203
Figura 3.80	Diagrama de Caja de la Porosidad	204
Figura 3.81	Histograma de Frecuencia de la Porosidad	205

Figura 3.81	Histograma de Frecuencia de la Porosidad	205
Figura 3.82	Cobb	206
Figura 3.83	Diagrama de Caja del Cobb	207
Figura 3.84	Histograma de Frecuencia del Cobb	208
Figura 3.85	Valores Propios	220
Figura 3.86	Gráfica de las Tres Primeras Componentes	226
Figura 3.87	Primera Componente vs. Segunda Componente	227
Figura 3.88	Primera Componente vs. Tercera Componente	229
Figura 3.89	Valores Propios(Matriz de Correlación)	233
Figura 3.90	Gráfica de las Tres Primeras Componentes	238
Figura 3.91	Primera Componente vs. Segunda Componente	239
Figura 3.92	Primera Componente vs. Tercera Componente	241
Figura 3.93	Segunda Componente vs. Tercera Componente	243
Figura 3.94	Segunda Componente vs. Cuarta Componente	244
Figura 3.95	Gráfico de la Dispersión de los residuos con la predicción	248
Figura 3.96	Serie de la Tea Transversal	250

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla I	Clasificación de las Fibras	22
Tabla II	Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Tela	114
Tabla III	Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Primera Prensa	118
Tabla IV	Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Segunda Prensa	122
Tabla V	Estadística Descriptiva de la Consistencia	125
Tabla VI	Estadística Descriptiva del Vacío de Couch	129
Tabla VII	Estadística Descriptiva de la Abertura de la Válvula	132
Tabla VIII	Estadística Descriptiva de la Temperatura de Vapor 10.6	136
Tabla IX	Estadística Descriptiva de la Temperatura de Vapor 4.0	139
Tabla X	Estadística Descriptiva del Condensador del Agua	142
Tabla XI	Estadística Descriptiva del Condensador de la Temperatura	146
Tabla XII	Estadística Descriptiva de la Velocidad del Primer Grupo	150
Tabla XIII	Estadística Descriptiva de la Velocidad del Segundo Grupo	153
Tabla XIV	Estadística Descriptiva de la Velocidad del Tercer Grupo	157

Tabla XV	Estadística Descriptiva de la Velocidad del Clupak	160
Tabla XVI	Estadística Descriptiva de la Velocidad del Pope	164
Tabla XVII	Estadística Descriptiva del Peso Básico	167
Tabla XVIII	Estadística Descriptiva de la Humedad	170
Tabla XIX	Estadística Descriptiva de la Lisura	173
Tabla XX	Estadística Descriptiva del Rasgado Longitudinal	176
Tabla XXI	Estadística Descriptiva del Rasgado Transversal	179
Tabla XXII	Estadística Descriptiva de la Tensión Longitudinal	183
Tabla XXIII	Estadística Descriptiva de la Tensión Transversal	186
Tabla XXIV	Estadística Descriptiva de E. Long. Longitudinal	190
Tabla XXV	Estadística Descriptiva de E. Long. Transversal	193
Tabla XXVI	Estadística Descriptiva del Tea Longitudinal	196
Tabla XXVII	Estadística Descriptiva del Tea Transversal	200
Tabla XXVIII	Estadística Descriptiva de la Porosidad	203
Tabla XXIX	Estadística Descriptiva del Cobb	206
Tabla XXX	Variables de Estudio	214
Tabla XXXI	Matriz de Correlación	219
Tabla XXXII	Valores Propios de la Matriz de Correlación	220
Tabla XXXIII	Valores Propios y Porcentaje de explicación	221
Tabla XXXIV	Matriz de Componentes	223
Tabla XXXV	Matriz de Correlación con 12 variables	232

Tabla XXXVI	Valores Propios de la Matriz de Correlación	233
Tabla XXXVII	Valores Propios y Porcentaje de Explicación	234
Tabla XXXVIII	Matriz de Componentes	235
Tabla XXXIX	Modelo de Regresión Múltiple del Tea Transversal	247

INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCION.....	3
I. ORIGEN Y PROCESO DE LA PRODUCCION DEL PAPEL	5
1.1 Descripción del Método de Producción del Papel.....	7
1.2 Establecimiento de Fábricas de Papel.....	10
1.3 Proceso de Producir Papel.....	13
1.3.1 Proceso para Pasta Mecánica.....	14
1.3.2 Proceso a la Sosa.....	14
1.3.3 Proceso al Sulfito.....	15
1.3.4 Proceso al Sulfato.....	17
1.3.5 Proceso Semiquímica.....	18
1.4 Materias Primas Fibrosas y Estructura de la Madera.....	19
1.4.1 Clasificación de las Fibras.....	20
1.4.1.1 Fibras de Frutos.....	21
1.4.1.2 Fibras de Gramíneas.....	23
1.4.1.3 Fibras de Animales.....	24
1.4.2 Propiedades Físicas de la Madera.....	24
1.4.2.1 Peso Específico.....	25
1.4.2.2 Contenido de Humedad.....	26
1.4.2.3 Peso de Madera.....	26
1.4.2.4 Almacenamiento de la Madera.....	27
1.5 Hydrapulper.....	27
1.6 Tanque de Almacenamiento.....	29
1.6.1 Productos Químicos en el proceso de la Fabricación de Papel.....	29
1.6.1.1 Sulfato de Aluminio(Alumbre).....	30
1.6.1.2 Resina Encolante Abiescan.....	31
1.6.1.3 Resina con Resistencia en Húmedo.....	32
1.6.1.4 Almidón Catiónico.....	32
1.6.1.5 Policatiónico LMW.....	33
1.6.1.6 Daraspray.....	34

1.6.1.7	Bactericida Busan 1009.....	34
1.6.1.8	Hidróxido de Sodio Líquido Soda Caústica.....	35
1.6.1.9	Dispersante Busperse 47.....	35
1.7	Proceso de Limpieza.....	36
1.8	Refinadores.....	37
1.9	Máquina Fourdrinier.....	39
1.10	Prensadores.....	42
1.11	Secador.....	43
1.12	Rebobinadora.....	44
1.13	Método Práctico para realizar el papel en casa.....	45
1.14	Descripción de una Empresa Papelera.....	49
1.15	Materia Prima Utilizada.....	52
1.16	Unidades de Producción y Tipos de Papel.....	55
1.16.1	Molino de Papel Uno.....	56
1.16.1.1	¿Cómo se hacen los tipos de Papel antes mencionados?.....	57
1.16.1.2	Diagrama de la Producción del Papel de Molino 1.....	61
1.16.1.3	Usos y Características de los Tipos de Papel.....	61
1.16.1.4	Planta de Pulpa.....	72
1.16.2	Molino de Papel Dos.....	74
1.16.2.1	Diagrama de la Producción de Papel de Molino 2.....	75
1.16.2.2	Descripción de la Máquina de Papel.....	76
1.17	Planta de Conversión.....	77
II.MARCO TEORICO DE COMPONENTES PRINCIPALES Y		
ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE.....		78
2.1	Análisis de Componentes Principales.....	78
2.1.1	Componentes Principales de la Población.....	80
2.1.2	Matriz de Covarianzas con Vectores Aleatorios.....	84
2.1.3	Componentes Principales de la Población con la Matriz de Covarianza.....	87
2.1.4	Coefficiente de Correlación entre la Componente Y_j y la variable X_k	89
2.1.5	Componentes Principales con Variables Estandarizadas.....	92
2.2	Análisis de Regresión Múltiple.....	94
2.2.1	Introducción.....	94
2.2.2	Ajuste del Modelo: Método de los Mínimos Cuadrados.....	96
2.2.3	Estimación de σ^2 , la varianza de ϵ	96

2.2.4 Prueba de la Adecuación del Modelo: El Coeficiente de Determinación.....	98
2.3 Prueba de Durbin-Watson en Modelos de Regresión.....	100
2.4 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	103
III.ANALISIS MULTIVARIANTE EN LA PRODUCCION DEL PAPEL EXTENSIBLE.....	104
3.1 Descripción de cada una de las variables de estudio.....	106
3.2 Análisis Univariado.....	113
3.2.1 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	209
3.3 Análisis Multivariado.....	214
3.3.1 Matriz de Correlación de las variables de Estudio.....	215
3.3.2 Estudio A: Análisis de Componentes Principales entre las variables de proceso y resultado.....	219
3.3.2.1 Primera Componente vs. Segunda Componente.....	227
3.3.2.2 Primera Componente vs. Tercera Componente.....	229
3.3.3 Estudio B: Análisis de Componentes Principales con 12 variables de Proceso y Resultado que dependen del estudio A.....	231
3.3.2.3 Primera Componente vs. Segunda Componente.....	239
3.3.2.4 Primera Componente vs. Tercera Componente.....	241
3.3.2.5 Segunda Componente vs. Tercera Componente.....	242
3.3.2.6 Segunda Componente vs. Cuarta Componente.....	244
3.4 Modelo de Regresión Múltiple para el Tea Transversal en la calidad del papel extensible.....	246
IV.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	251
BIBLIOGRAFIA	

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 de papel extensible teniendo como finalidad obtener información de las variables que más influyen en la producción de papel.

En el Capítulo 1 se presenta el Origen y Proceso de la Producción del Papel desde sus inicios hasta la actualidad donde se describe el funcionamiento de una empresa papelera.

En el Capítulo 2 se presenta el Marco Teórico que se siguió para efectuar nuestro análisis, el cual está basado en Componentes Principales y Regresión Múltiple.

En el Capítulo 3 se presenta el Análisis Univariado, Multivariado realizado a cada una de las variables que pertenecen al proceso y pruebas de calidad.

También se realiza un Modelo de Regresión Múltiple para una variable que pertenece a una de las pruebas de calidad.

Finalmente las Conclusiones y Recomendaciones basándonos en el análisis realizado y sugerencias de acuerdo a la información analizada.

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 papelera 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.

Capítulo 1

1.ORIGEN Y PROCESO DE LA PRODUCCION DEL PAPEL

Antes de que el papel se inventara, el hombre esculpía sus anotaciones en piedra, las inscribía en lápidas de arcilla o escribían en papiro o pergamino.

El papiro fue el precursor del papel y se hacía en Egipto desde épocas remotas como el año 2400 A.C.

Se preparaba descortezando las fibras gruesas de la planta de papiro y dejándolas entrecruzadas sobre una superficie dura y lisa, se alisaba frotándola con máfil o con piedra.

El arte de producir papel, según todas las probabilidades pertenece a los chinos. No se conoce la fecha exacta de este descubrimiento, pero la mayoría de los historiadores la refieren aproximadamente al año 105 D.C., fue en dicho año cuando Ts' ai Lun se le acredita que informó de este evento al emperador. Sin embargo, este secreto tan bien guardado durante siglos por los chinos, llegó a Japón en el año 610 por medio de unos prisioneros que escaparon de China.

En América específicamente en México, antiguas civilizaciones como los Toltecas conocieron el papel antes de la llegada de los españoles, según leyendas correspondientes a los años 625 y 695 que mencionan una 'bandera de papel', señalan que las fibras eran sujetadas a un cocimiento, luego lavadas y después golpeadas con un mazo de madera o batidores de piedra estriados hasta dejar sólo las fibras, a las que se añadía un aderezo. Las hojas se formaban con golpes, hasta obtener la textura y el grosor deseados, y luego se alisaban con otras piedras.

Los aztecas usaron papel para escribir historias de héroes y dioses, como adorno en funerales, en atavíos de dioses y sacrificios, para identificaciones, bolsas, coronas, cabelleras, etc.

El papel llegó a Europa en el año 1150 con la invasión de los árabes. Se fabricó por primera vez en Játiva de Valencia, España, luego en Italia en 1276, en Francia en 1348, en Alemania en 1390, y después en todo el mundo.

La técnica requería un molde con fondo de tela o malla y lados removibles, que captaba las fibras al sumergirse en una tina con fibras en suspensión. Se agitaba el molde para facilitar el desagüe y la distribución pareja de las fibras, y cuando la hoja estaba moldeada, era transferida a un fieltro para prensarla y secarla.

Los primeros papeles se hicieron a partir de la corteza interior del bambú y trapos viejos.

1.1 Descripción del método de producción del papel

El método de la producción de papel se basa en los tallos de bambú los cuales se cortaban cerca del suelo, se escogían en

lotes de acuerdo con su edad y se recogían en pequeños atados. Mientras más joven era la planta de bambú mejor resultaba la calidad del papel.

Los atados se arrojaban dentro de un recipiente con cieno y agua, se enterraban en el fango durante unas dos semanas con objeto de ablandarlos se sacaban, se cortaban en trozos de un largo apropiado y se colocaban dentro de unos morteros con un poco de agua, para triturarlos con grandes piezas de madera hasta convertirlos en pulpa.

El método de machacar para separar las fibras vegetales sufrió un cambio alrededor del año 1000 recibiendo la industria un pequeño impulso en su desarrollo. En ese tiempo se inventó el **Molino de Martillo** que consistía simplemente en un mazo pesado que era levantado sobre un PIVOT central y luego se dejaba caer por gravedad, valiéndose de un eje rotatorio en su superficie.

Se llegaron a usar unidades compuestas de tres martillos que trabajaban en serie; el primero estaba reforzado con uñas o dientes de fierro para desmenuzar los trapos, que era el

material que se usaba mayormente en ese tiempo; el segundo martillo tenía dientes más finos para separar los grupos de fibras en fibras individuales. El tercero era plano para machacar las fibras.

A los holandeses realizaron un invento en el siglo XVII les pertenece el honor de haber inventado la pila batidora igual a la usada hoy en día, consistía en una bandeja alargada dividida por una pared central para tener un canal o pista, alrededor del cual se hacía pasar la pulpa bajo el impulso de un tambor giratorio en cuya superficie se habían acondicionado barras de fierro. El tambor giraba sobre una plancha acondicionada también con barras produciendo entre ambos el desmenuzamiento del material.

Por ese entonces se había agregado el prensado de la hoja de papel a la línea de fabricación. Lógicamente era muy rudimentario y sin ningún parecido a lo que se conoce por prensado. Para llevar a cabo esta operación utilizaban una prensa de tornillo, en la que colocaban las hojas de papel extraídas de los marcos de formación y separadas entre sí por pedazos de fieltros.

De esta manera separaban mayor cantidad de agua y sobre todo más rápidamente de lo que venían haciendo anteriormente.

1.2. Establecimiento de Fábricas de Papel

Los chinos establecieron una fábrica de papel en Samarkanda en algún tiempo del siglo sexto .

Los árabes capturaron la ciudad de Samarkanda en 704 D.C. aprendieron el arte de hacer papel. La industria floreció y Samarkanda fue reconocida por muchos años como el lugar de origen de la elaboración del papel.

En el año 795 D.C., los árabes introdujeron este arte en su propio país, llevando obreros chinos a Bagdad y establecieron una fábrica la cual operaba como un monopolio del Estado, su secreto se guardó celosamente durante 500 años lo más importante fue la sustitución de trapos de lino por fibras de madera.

A partir de 1678, la fabricación del papel comenzó a establecerse firmemente en Inglaterra y el número de fábricas aumentó con rapidez.

El gran momento de la Industria llegó en 1799 cuando Louis Robert inventó lo que podría ser la máquina de papel.

Lo revolucionario de esta máquina de papel producía una hoja continua de papel. Desde una bandeja, una rueda de palotes recogía una pulpa aguada y la lanzaba hacia una tela de alambre rotativa a través de la cual drenaba agua. La hoja húmeda pasaba a través de una prensa.

Por los años de 1800 se ha seguido el desarrollo del arte de la fabricación de papel, todo el papel que se elaboraba era hecho a mano no puede elaborarse más que en hojas de tamaño estrictamente limitado, rollos de papel de unos 6 a 8 Km de largo tales como los que se emplean para los periódicos de hoy en día los cuales eran inconcebibles para el antiguo fabricante de papel.

Los hermanos Fourdrinier en 1804 lanzaron e instalaron una máquina de papel verdaderamente práctica fue sin duda, el

mayor acontecimiento individual en la historia de la fabricación de papel .

Alrededor de 1809, Dickinson inventó la máquina de cilindros que es el otro tipo básico de máquinas papeleras. Al principio constaba de un solo cilindro pero se observó pronto que se podría agrupar cierto número de cilindros, formando de esta manera una hoja de varias capas, diferenciándose así de la máquina de Fourdrinier. Por este motivo la máquina de cilindros se dedicó exclusivamente a la manufactura de cartones de peso alto. Actualmente, el 30% de la producción mundial de papel se fábrica en máquinas de cilindros.

Los cilindros secadores fueron introducidos en Inglaterra el 1823 y casi inmediatamente se usaron en América.

Por la segunda mitad del siglo XIX vio la primera contribución química en la industria. Dos ingleses, en 1851, hirvieron astillas de sauce en una solución de lejías y obtuvieron así la pulpa a la soda, esto es, la primera fibra para fabricar papel producido por medios químicos.

Sin él, no hubiera habido oportunidad para el desarrollo de la maquinaria y la técnica distintiva de los siglos XIX y XX.

1.3. Proceso de Producir Papel

La historia de la producción del Papel tiene registros acerca de que más de 500 diferentes materiales se han probado como fuente de materia prima para esta industria.

La paja fue el primer material nuevo que complementó al trapo en cualquier cantidad, se usó primeramente como materia prima para papeles de escritura pero se adaptaba bastante mejor para papeles de envoltura y cartón para pastas de libros.

A pesar de la inmensa variedad de papeles que existen en el mercado, su producción o fabricación esta basada en el mismo principio, no importa el tipo de máquina que se utilice, una suspensión de fibras vegetales en agua, a la que comúnmente se llama pasta, es lanzada sobre una malla sin fin en movimiento continuo, la mayor parte de esta agua pasa a través de los huecos de la malla por gravedad, contacto y vacío y deja de esta manera sobre ella una hoja húmeda que está

formada por las fibras entrelazadas. Esta hoja húmeda se somete posteriormente a presión y vacío en la sección prensas para sacarle más agua, terminando de sacarla en cilindros calentados con vapor.

1.3.1 Proceso para Pasta Mecánica

El primer proceso para obtener pulpa a partir de madera se inventó en 1844, en Alemania esto se conoce como proceso de pasta mecánica o pasta de madera. Por sugestión de Keller junto a un fabricante de papel y maquinista práctico llamado Voelter construyó una máquina e inventó un proceso para convertir por molienda la madera en pulpa, que ahora se conoce como proceso Keller-Voelter.

1.3.2 Proceso a la Sosa

El primer proceso para la fabricación de pulpa química de madera fue invención de un inglés, Hugh Burgess. En 1851, pudo obtener una buena pulpa por este método, el cual se

describió como un “método para obtener una buena pulpa, hirviendo madera en álcali cáustico a una temperatura alta” se conoce como proceso a la sosa.

La pulpa a la sosa no encontró una rápida aceptación, durante bastante tiempo muchos fabricantes sostuvieron obstinadamente la opinión de que si bien la pulpa de madera podría ser un buen relleno, en cambio no era una fibra buena. Gradualmente la pulpa a la sosa ganó aceptación.

Comparada con la pulpa al sulfito y con la pasta mecánica, la pulpa a la sosa no ha hecho grandes progresos en número de fábricas o cantidad de producto.

1.3.3 Proceso al Sulfito

El proceso al sulfito fue inventado por el químico americano Benjamin Chew Tilgham, quien encontró que tratando a la

madera con soluciones de bisulfito y ácido sulfuroso, se podían obtener fibras celulósicas.

El 5 de Noviembre de 1867 a Tilgham se le otorgó la patente No.70485, de los Estados Unidos, denominada "Tratamiento de sustancias vegetales para la fabricación de papel" .

El proceso al sulfito fue introducido en los Estados unidos en el año de 1882, por Charles S. Wheelwright, quién trabajo el proceso Ekman que consistía en el trato de la madera con bisulfito de magnesio con digestores cilíndricos rotatorios y revestidos de plomo.

Las últimas décadas han observado cambios fundamentales en los productos químicos del proceso y en los métodos utilizados para la producción de pulpa al sulfito.

1.3.4 Proceso al Sulfato

Los registros históricos indican que el origen de la industria de la pulpa Kraft, o al sulfato, se debió a la ligereza de un operario de digestores, en Suecia.

Por un error, uno de los digestores se descargó antes de que las astillas estuviesen completamente cocidas, y cuando la madera parcialmente cocida estaba a punto de tirarse al río, se decidió pasar las astillas por un molino kollergang con la idea de hacer un papel de inferior calidad. El resultado, fue un papel que sobrepasaba en resistencia a cualquier papel previamente obtenido, y la cocción incompleta llegó a ser en muchas fábricas la producción de un papel de envoltura que era tan resistente, en comparación con otros papeles de envoltura, que recibió el nombre de "kraft", que en sueco y en alemán significa "fuerte".

El proceso al sulfato se lo puede considerar prácticamente un proceso universal de obtención de pulpas, puede utilizarse con éxito para convertir en pulpa casi cualquier madera que

contenga fibras de suficiente longitud para fines de fabricación de papel .

1.3.5 Proceso Semiquímica

La obtención de pulpa semiquímica se inició para utilizar como subproducto ciertas astillas de maderas duras. El proceso se ha logrado por tres eventos que coincidieron estos fueron (1) el convencimiento de que la demanda de materias primas fibras fibrosas por parte de la creciente industria papelera, necesitaba de las maderas duras, que estaban disponibles en grandes cantidades y representaban un problema forestal por su no utilización, para satisfacer sus requerimientos;(2) el reconocimiento del comienzo de una inflación en los costos de madera para pulpa, que pudieron satisfacer parcialmente por medio de un aprovechamiento más eficiente de la madera; y (3) la tremenda expansión de la industria de cartoncillo, incluyendo la de cartón corrugado. El cartón corrugado de pulpas semiquímicas de maderas duras se adaptó perfectamente bien a esas necesidades.

Proporcionalmente, la producción de pulpa semiquímica es la que más ha aumentado, reconocida universalmente por su espectacular crecimiento.

1.4. Materias Primas fibrosas y Estructura de la Madera

Desde la invención del papel muchas fibras se han usado en la manufactura entre éstas se han incluido las fibras liberianas de la linaza y de la morera del papel, los tallos del bambú y otras gramíneas, varias fibras de hojas, el pelo de la semilla de algodón y las fibras leñosas de los árboles. La urgencia de papeles con propiedades exclusivas ha llevado a investigar las posibilidades de las fibras de vidrio, rayón, nylon, orlón, dracón y otras fibras sintéticas. Las fibras de asbesto se han empleado por muchos años, así como varias fibras de animales, especialmente la lana.

La industria papelera comenzó a usar la madera como materia prima . Antes del empleo de la fibra de madera, las principales fuentes de fibras habían sido el algodón y el trapo de lino, aunque también se había usado algo de paja. Los abastecimientos limitados de trapo viejo habían retardado la

industria, y su escasez había originado, con frecuencia, problemas graves a los fabricantes del papel. La disponibilidad de grandes cantidades de una nueva materia prima permitió que las cantidades elaboradas de pulpa, papel y cartoncillo se expandieran grandemente con el transcurso de los años.

El tipo de fibra usada para fabricar papel es completamente diferente en diversos países, pero, desde un punto de vista mundial, la madera representa del 85 al 90% de las materias fibrosas consumidas.

1.4.1 Clasificación de las fibras

La estructura y propiedades de la madera, es la fuente de una proporción sumamente grande de las materias primas fibrosas usadas en la industria del papel.

Existen diversos caminos posibles para establecer una clasificación de fibras; el esquema anotado en la **Tabla I**, corresponde a uno que ha estado en uso por varios años.

1.4.1.1 Fibras de Frutos

Algodón.- La fibra de algodón , que es la base de la mayoría de los papeles de trapo, es una célula sencilla en forma de filamento se usa en la producción de célula química y materiales de ella derivados, así como en la fabricación del papel.

Kapok.- La fibra Kapok, que se obtiene a partir de las vainas recogidas del árbol Kapok, se usa como material para cojines, salvavidas y colchones, y como material de desperdicio se emplea con ciertas limitaciones, en la industria del papel.

Cáscara de Coco.- Esta fibra se obtiene a partir de la cáscara del fruto del coco. En la industria papelera, entra como material de desperdicio.

TABLA I
CLASIFICACION DE FIBRAS

- I. Fibras vegetales**
 - A. Fibras de Frutos
 - 1. Pelos de semillas-algodón
 - 2. Vainas-Kapok
 - 3. Cáscaras – Coco
 - B. Fibras de Tallo
 - 1. Fibras de madera- gimnospermas y angiospermas
 - 2. Fibras liberianas
 - a. Plantas maderables- tejido liberiano de la corteza interior de los árboles .
 - b. Herbáceas dicotiledónas- yute, linaza
 - 3. Haces vasculares de monocotiledóneas- pajas de cereales, bagazo, bambú
 - C. Fibras de Hojas
- II. Fibras animales**
 - A. Lana
- III. Fibras Minerales**
 - A. Asbesto
 - B. Vidrio
- IV. Fibras hechas por el hombre, o artificiales**
 - A. Celulosa regenerada
 - B. Poliamida-nylon
 - C. Poliacrílico- orlón
 - D. Poliéster-dracón

1.4.1.2 Fibras de Gramíneas

Pajas de cereales.- Desde principios del siglo XIX, las pajas de trigo, arroz, avena, centeno y cebada se han empleado, en varias partes del mundo, para la obtención de pulpas celulósicas.

Se utiliza para empaques de huevos, cartones de paja y papeles para corrugar, se maneja comercialmente como pulpa blanqueada y se usa en papeles finos.

Bagazo.- El bagazo está constituido por tallos aplastados de la caña de azúcar después de la extracción del jugo. Se ha empleado por varias décadas como materia prima para una gran variedad de productos aislantes y tablas duras para las industrias de la construcción. La fibra de bagazo, separada de las células de parénquima, puede usarse para la producción de pulpas químicas para papeles de escritura, libros, revistas y otros papeles que requieran buena formación, opacidad y aptitud para la impresión.

Bambú.- La enorme cantidad que existe bambú en el mundo y su muy rápido crecimiento, hacen de este vegetal una fuente promisoría de materia prima para la fabricación del papel. En la India se producen más de 200000 toneladas de pulpa de bambú, las cuáles se emplean en papeles de escritura, de impresión, de seguridad, para documentos y de otras muchas clases.

1.4.1.3 Fibras de Animales

En ciertos campos de la industria del papel, tales como los de papeles saturados y calidades especialidades de cartón, se encuentran fibras de animales en forma de seda, lana, algunos hilos especiales y cuero.

1.4.2 Propiedades físicas de la madera

En cada proceso se obtiene diferentes clases de pulpa que dependen mayormente del mayormente del tipo de materia prima que se use. Por ejemplo, la pulpa obtenida de **Madera Pino** en el proceso Kraft es de mejor calidad que la producida de maderas llamadas duras como el sauce y esto se debe

principalmente a la longitud de la fibra que en el caso de la madera de pino es mayor que en la de maderas duras.

Todas estas consideraciones nos llevan a establecer el principio, de que el tipo de pulpa que se debe usar debe ser escogido, teniendo muy presente la calidad de papel que se desea producir.

1.4.2.1 Peso Específico

El peso específico de la madera es la relación entre el peso, seco a la estufa, de la madera, y el peso de un volumen igual de agua.

La mayoría de las maderas comerciales tienen un peso específico de 0.35 a 0.65 Kg. por metro cúbico.

En general, la mayor parte de esta variación parece que se debe a la posición de la madera en el árbol, a la edad en la que se obtiene la madera, y al diseño estructural del tallo.

1.4.2.2 Contenido de Humedad

La afinidad de la madera por el agua es bien conocida. Esta afinidad es muy grande cuando la madera está completamente seca, y nula cuando el material de madera se satura. La humedad absorbida es decir, la tomada por las paredes celulares afecta a todas las propiedades de la madera, en tanto, que el agua libre, no. Un fenómeno que comúnmente se encuentra, debido al agua, es el hinchamiento de la madera. Se acostumbra calcular el contenido de humedad sobre el peso original.

1.4.2.3 Peso de Madera

El peso de la madera depende de la cantidad de madera presente. La cantidad de sustancias de la pared celular por unidad de volumen, varía de acuerdo con el tamaño de las células, grosor de las paredes celulares y el número de los diferentes tipos de células presentes.

1.4.2.4 Almacenamiento de la Madera

El proceso real de la fabricación de papel comienza al descargar la madera de los diferentes vehículos utilizados para entregarla en el patio de madera de la fábrica.

Para descargar los camiones y carros de ferrocarril, generalmente se usan grúas de oruga o de ferrocarril.

1.5 Hydrapulper

El Hydrapulper es uno de los equipos principales en el Sistema de Preparación de pasta de una fábrica de papel.

El hydrapulper es un desintegrador de materia fibrosa, que a través de un tratamiento hidráulico de batido utilizando agua que proviene de la máquina, hidrata, ablanda y desfibra la materia prima produciendo una pasta o pulpa.

En el hydrapulper también se separan impurezas, ya que en su parte inferior tiene un colector donde se depositan contaminantes pesados que vienen en la materia prima utilizada.

Actúa en un tiempo relativamente corto para pulpa y un poco más largo para el papel de desperdicio. La consistencia es la cantidad de materia fibrosa en determinada cantidad de agua, se puede controlar dentro de ciertos límites el volumen de agua que se agrega al Hydrapulper.

Cuando se emplean papeles de desperdicios es imprescindible el uso de un dispositivo para extraer impurezas, como trapos, cuerdas, grapas, latas, etc. Este dispositivo está formado por una cuerda provista de ganchos o mejor aún de alambres trenzados colocados dentro del desmenuzador que van reteniendo los materiales extraños para extraerlos posteriormente.

La descarga se hace a través de los orificios de planchas metálicas hacia una caja reguladora.

De esta caja es tomada la pasta por una bomba centrífuga que la envía a tinajas o mezcladoras o a un sistema de limpieza si fuera necesario como es generalmente en el caso de papeles de desperdicio. En este sistema se eliminan los materiales no fibrosos que hayan pasado

Modernamente se han desarrollado los llamados limpiadores de alta consistencia en lo que puede procesar la pasta tal como viene del Hydrapulper sin necesidad de bajar la consistencia.

1.6 Tanque de Almacenamiento

En los tanques de almacenamiento se almacena la pasta que viene de los Hydrapulper donde se agregan ciertos agentes químicos para dar o modificar determinadas características de la fibra y en consecuencia proporcionar al papel propiedades especiales. Entre estos agentes químicos se pueden mencionar principalmente los venenos o agentes antibacterias que sirven para destruir o impedir el desarrollo de microbios, bacterias, hongos que se forman generalmente en las tuberías y tinas de pasta así como también en la máquina papelera.

1.6.1 Productos Químicos en el Proceso de la Fabricación del Papel

Los agentes químicos constituyen la parte fundamental para determinar las características del papel en esta etapa se describen

el objetivo y concepto de los químicos que intervienen dentro del proceso de fabricación del papel.

1.6.1.1 Sulfato de Aluminio {Alumbre}

Objetivo.- se utiliza para modificar o alterar un PH(potencial de hidrógeno) de pasta si se trata de producir papel, determinado de un sistema acuoso.

Concepto.- es una sal ácida, ingresa con una concentración del 47 al 49% en estado líquido. Es un acondicionador del potencial de hidrógeno existente en un sistema para obtener mayor eficiencia de otro producto químico que es la resina encolante.

Se dosifica en el silo de máquina en la succión de la bomba FAN.

Además se coloca una línea de agua blanca para aumentar la disolución que a su vez permite aumentar la eficiencia del alumbre sobre la resina.

1.6.1.2 Resina Encolante Abiescan

Objetivo.- Obtener un papel semipermeable, capaz de retardar el proceso de absorción de agua a las fibras de celulosa que forman el saco de papel.

Concepto.- La resina encolante faculta al papel cierta semipermeabilidad, es decir que el papel no se humectará rápidamente al contacto con el agua, ya que sus fibras recubiertas por una película que impide que las fibras absorban de manera rápida el agua.

La resina encolante utilizada es el Abiescan y el PH de acción inferior a 5 . El papel encolado trabaja en un rango de PH de 4.4 a 4.8 y en ciertos casos alcanza valores hasta 5.2 como Test Liner.

Se adiciona en el tanque de mezcla o almacenamiento, por medio de un embudo, además se adiciona agua fresca para aumentar la dilución del producto y dar un mejor recubrimiento de la resina sobre la fibra.

1.6.1.3 Resina Con Resistencia en Húmedo

Objetivo.- Proporcionar o mantener en el papel la resistencia física, aún cuando este haya sido humedecido.

Concepto.- Esta resina se caracteriza por su carácter catiónico, permitiendo una mejor reacción con las fibras celulósicas utilizadas en la fabricación de diferentes tipos de papel.

La resistencia UFC fue diseñada para trabajar en papeles y cartones, a los cuales imparte una mayor resistencia bidimensional, tanto en húmedo como en seco.

Trabaja normalmente con un PH alcalino más cuando se une directamente con el sulfato de aluminio. El producto debe ser almacenado 25 °C bajo techo para lograr su mayor tiempo de vida útil.

1.6.1.4 Almidón Catiónico

Objetivo.- Aumentar los valores de pruebas físicas del papel y aumentar la retención de finos del sistema en el papel.

Concepto.- El derivado del almidón de maíz ha sufrido una modificación tal que sus moléculas son catiónicas, es decir cargadas positivamente. Las cargas catiónicas del almidón catiónico son atraídas por la fibra de celulosa que son de naturaleza aniónica, dando como resultado:

- Aumento de la resistencia física del papel. El almidón contribuye al no-ensuciamiento de prensas húmedas y secadores por levantamiento de fibras.
- Aumento de retención de finos y cargas minerales. Mejorando la formación de la hoja, opacidad y reduciendo la tendencia .
- Aumenta el drenaje del agua sobre la mesa logrando disminuir el grado de refinación.
- Reducción de humedad
- Reducción de reventones en el papel
- Papel más seco, incremento en la velocidad de la máquina

1.6.1.5 Policatiónico LMW

Objetivo.- Aumentar la basura aniónica en el papel mediante la aportación de cargas positivas que se fijarán posteriormente a la fibra celulosa.

Concepto.- Es un polímero catiónico de bajo peso molecular . Líquido muy viscoso. Trabaja en rangos PH ácidos, neutro y ligeramente alcalino. Se dosifica en el tanque de mezcla con una línea de dilución para obtener una mayor eficiencia del producto.

1.6.1.6 Daraspray

Objetivo.- Eliminar, mediante el uso de una ducha de presión, depósitos de gomas, breas formadas sobre la tela de la mesa de formación.

Concepto.- Es un polímero utilizado en el molino de prevención de formación. La selección especial de polímeros catiónicos inhibe la formación de depósitos orgánicos .

1.6.1.7 Bactericida Busan 1009

Objetivo.- Controlar o disminuir el desarrollo microbacteriano originado por la materia orgánica, obteniendo un producto en el cual puedan almacenarse o ponerse en contacto directamente con productos alimenticios.

Concepto.- Es una mezcla de productos orgánicos.

1.6.1.8 Hidróxido de Sodio Líquido Soda Caústica

Concepto.- Es una sal extremadamente alcalina. Se utiliza principalmente para el tratamiento de la fibra de bagazo. El Hidróxido de sodio líquido ingresa con una concentración del 48 al 50 % de sólidos.

En la máquina de papel, se utiliza la soda cáustica :

- Para el lavado y limpieza de la tela de la mesa de formación.
- Lavado de la malla del espesador
- Ablandamiento de la fibra celulosa
- Modificar o Alterar el PH en los cambios de tipo de papel encolados

1.6.1.9 Dispersante Busperse 47

Concepto.- Es un agente penetrante y dispersante orgánico, con propiedades antiespumantes.

Se utiliza como auxiliar en la elaboración de pasta química y semiquímica. Para dispersar la resina, incrustaciones y otros materiales para evitar o prevenir la formación de depósitos en los lavadores, rejillas, telas de formación, mallas y otros equipos.

1.7 **Proceso de Limpieza**

Dentro del proceso de limpieza se lo realiza mediante dos sistemas: Limpiadores Centrífugo y Zarandas Vibratorias.

Limpiadores Centrífugo.- están formados por un cuerpo superior cilíndrico y cuerpo inferior cónico. La pasta entra lateralmente por la parte superior, adquiriendo un movimiento circular y moviéndose en espiral de arriba hacia abajo a lo largo de las paredes del cilindro. Se invierte el proceso y sale por un tubo central.

La separación de las impurezas se efectúa debido a la fuerza circular que nos lanza las partículas más pesadas contra las paredes del limpiador obligándolas a salir por la parte inferior donde se acumula para eliminarlas cada cierto tiempo.

Zarandas Vibratorias.- la pasta pasa luego a unas zarandas vibratorias donde se eliminan los materiales, como trozos de papel sin desintegrar o de tela.

La fibra pasa a través de los huecos de las zarandas, son retenidos mediante la vibración y chorros de agua.

Luego pasa a otros limpiadores centrífugos que trabajan igual, aquí la limpieza es más enérgica y se eliminan trozos pequeños de madera, arena y materiales similares.

1.8 Refinadores

Después que la pasta ha sido desintegrada en los hydropulper y se han extraído las materias extrañas en el sistema de limpieza, se somete al proceso de refinación con el objeto de desarrollar en las fibras las características de resistencia requeridas. En este proceso las fibras suspendidas en agua se trabajan mecánicamente en aparatos o máquinas que las someten a trituración y corte durante el tiempo que sea necesario.

Los refinadores se usan para producir la primera refinación, esto es la fibrilación, en la cual se desarrolla las características de resistencia a la tensión y al reventar.

La primera refinación de cada tipo de pulpa se hace por separado, se mezclan y se someten a la segunda refinación que son los Hydratfiners que giran a mayor velocidad y permiten tratar a la fibra

con un mínimo de cortes. Se usan especialmente para fibras cortas, como son las del bagazo de la caña.

Otro tipo de refinador son los refinadores discos que consiste en un disco plato provisto de cuchillas radiales que giran a gran velocidad frente a otro disco que también tiene cuchillas dispuestas en la misma forma.

Los factores más importantes dentro de un proceso de refinación es la consistencia, la temperatura y presión.

En la consistencia es importante agregar químico a la pasta es la cola que tiene por objeto dar al papel cierta resistencia a la penetración de los líquidos, particularmente el agua, impidiendo de esa forma que el papel se deshaga al humedecerse.

Existen diferentes tipos de colas siendo la más conocida y de mayor uso la resina. Hay 2 variedades blanca y negra.

La variedad **Blanca** es de color blanco y se usa en papeles blancos y la variedad **Negra** se usa para papeles coloreados o de pulpa sin blanquear.

La cola generalmente se añade a la pasta con suficiente anticipación antes de la formación de la hoja, a fin que se distribuya uniformemente sobre la fibra.

Mediante la adición del alumbre se coagula o fija la cola sobre la fibra. Otro aditivo es el almidón que se usa principalmente para dar rigidez al papel, incorporándolo a la pasta antes de la formación de la hoja.

También existen dos bombas primarias y secundarias que actúan como limpiadores llamadas uniflow y posiflow que generalmente está compuesta de la siguiente manera:

Uniflow Primario está compuesto de 40 unidades.

Uniflow Secundario está compuesto de 10 unidades.

Posiflow Primario está compuesto de 40 unidades.

Posiflow Secundario está compuesto de 10 unidades.

1.9 Máquina Fourdrinier

La pasta después de haber recibido el tratamiento de refinación adecuado llega a un tanque llamado **Mezclador o Tanque de**

Pasta tiene una forma horizontal y vertical y está equipado con un agitador para mantener la pasta en continuo movimiento.

Antes de llegar a la **Caja de Alimentación o Head-Box** pasa por zarandas para separar grumos de fibras, nudos, trozos de madera o papel mediante la bomba **FAN** o bomba principal se bombea a la Caja de Alimentación en la cual depende en gran parte la formación y calidad del papel.

En la operación de la Caja de Alimentación es necesario tomar en cuenta muchos factores diferentes los más importantes se pueden mencionar; la altura o nivel de pasta en la caja, la separación de los labios de la regla, la velocidad de la tela metálica, la velocidad de la salida de la pasta, la velocidad de los rodillos perforados y especialmente la consistencia de la pasta.

La malla empieza a recibir la pasta que sale de la Caja de Alimentación. En los cajones de succión, el agua es absorbida por una diferencia de presión entre la cara superior y la inferior del papel, originado por el vacío aplicado al cajón.

Luego pasa por un rollo que está provisto de regaderas que lavan la pasta.

La operación de la Mesa Fourdrinier está sujeta a muchas variables entre ellos se puede mencionar:

- 1) Grado de Refinación de la Pasta
- 2) Consistencia de la Pasta
- 3) Temperatura de la Pasta
- 4) PH de la Pasta
- 5) Nivel de Pasta en la Caja de Alimentación
- 6) Abertura de los labios de la regla
- 7) Posición de los labios respecto al rollo de cabecera
- 8) Clase y Número de la Malla de Tela
- 9) Diseño del tablero de formación
- 10) Número y Posición de los rollos desgotadores de la mesa
- 11) Frecuencia y Amplitud del Vibrador
- 12) Vacío en los cajones absorbentes
- 13) Diseño de los cajones absorbentes
- 14) Vacío en el rollo Couch
- 15) Posición de las cajas de succión del rollo couch

Cada una de estas variables debe ser ajustada para cada tipo de papel que se fabrique, a fin de obtener los mejores resultados.

1.10 Prensadores

En esta etapa el papel entra aproximadamente con el 60% de humedad y actúa quitándole el 15% de humedad.

El número de prensas de una máquina de papel varía entre 1-3. Cada unidad se compone de dos rollos que son: Succión y Presión; unos de ellos es motriz y es el que da movimiento al otro rollo y al fieltro.

La operación de la prensa depende de una serie de factores. Entre ellos es puede mencionar :

- 1) Velocidad de la máquina
- 2) Tensión entre la prensa y la Tela
- 3) Angulo al que la hoja se despega de la tela
- 4) Humedad de la hoja al salir de la Tela
- 5) Material, diámetro y posición del rollo prensa
- 6) Presión del rollo prensa
- 7) Corona en las prensas
- 8) Vacío en el rollo de succión

- 9) Número y Tamaño de los orificios del rollo de succión
- 10) Posición de la caja de succión
- 11) Tipo de fieltro usado
- 12) Estado y tensión de los fieltros

1.11 Secador

El papel entra aproximadamente con el 40-60% de humedad. Un factor de capital importante en el secado de la hoja es la circulación del aire para arrastrar el agua que se evapora de ella durante este proceso.

Existen cuatro grupos de secadores que está compuesto cada grupo de siete secadores. La hoja de papel debe salir con el 90% de sequedad.

Entre los factores que afectan al secado se puede mencionar:

- 1) Peso base de la hoja
- 2) Velocidad de la Máquina
- 3) Diseño de la Máquina

- 4) Naturaleza de la hoja y contenido de humedad
- 5) Tamaño del cilindro secador
- 6) Presión y Temperatura del vapor utilizado
- 7) Ventilación y uso de aire caliente a alta velocidad
- 8) Limpieza de la superficie del secador

1.12 Rebobinadora

El rebobinado tiene por objeto dividir el ancho total de la hoja que viene de la máquina papelera en tamaños adecuados que respondan al ancho solicitado por los clientes, eliminando las partes del papel que hayan sido producidas con defectos en la máquina de papel y uniendo las roturas mediante materiales adhesivos especiales.

Cuando las bobinas han alcanzado el diámetro deseado , se para la rebobinadora, luego se bajan y se extrae el eje.

Con esta última operación puede decirse que ha terminado la fabricación del papel.

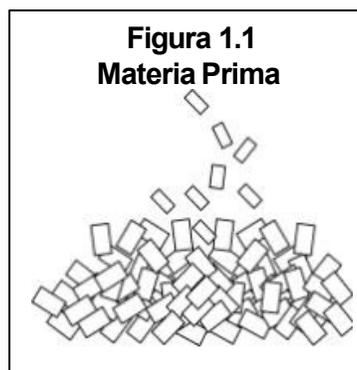
1.13 Método Práctico para realizar el papel en casa

MATERIALES :

- A. Desechos de papel (Periódico o Bond) ó Carton
- B. (2) Bandejas de plástico de 20 litros
- C. (1) Bandeja de plástico de 4 litros
- D. (1) Licuadora
- E. (1) Molino de mano
- F. (1) Malla metálica de 1/16, con marco de madera
- G. (4) Toallas
- H. (1) Rodillo de mano
- I. (1) Plancha o secador de pelo

Procedimiento:

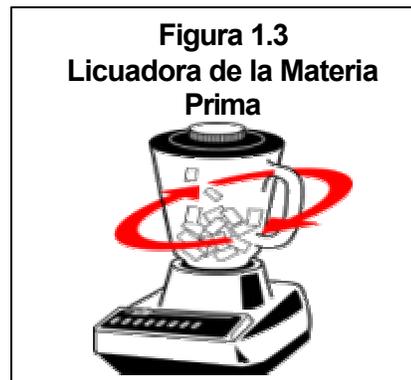
- 1.- Humedecer los desechos previamente recortando en trozos muy pequeños.



2.- Colocar este material en la bandeja de plástico a la cual se le ha adicionado 20 litros de agua. Dejar el material por un período de 20 minutos.



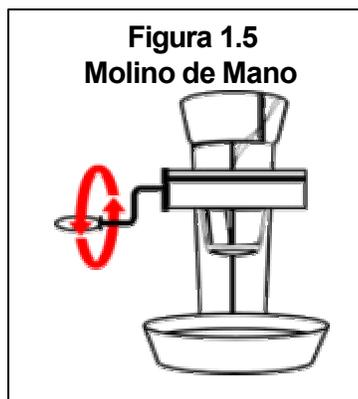
3.- Licuar el material, con lo que se obtiene una pasta viscosa.



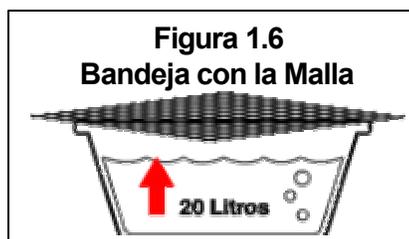
4.- Colocar este material en una bandeja de 4 litros.



5.-Pasar la pasta viscosa a través del molino de mano hasta completar los 20 litros.



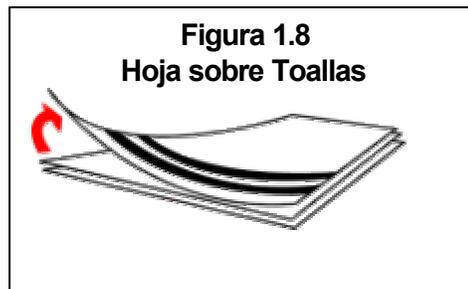
6.-Introducir la malla en la bandeja de 20 litros, diluir con agua la pasta hasta el instante en que la pasta forme en la malla una capa más o menos gruesa y pueda ser retirada.



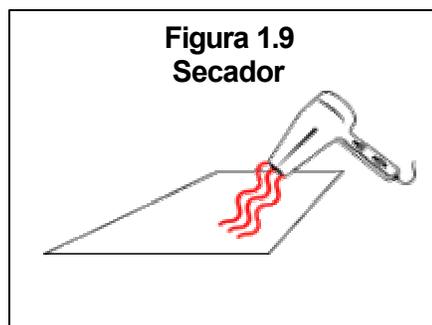
7.-Colocar la hoja húmeda entre 2 toallas y haciendo uso de un rodillo de mano, muy suavemente presionar retirando la mayor cantidad de agua posible, sin ocasionar daño alguno a la hoja.



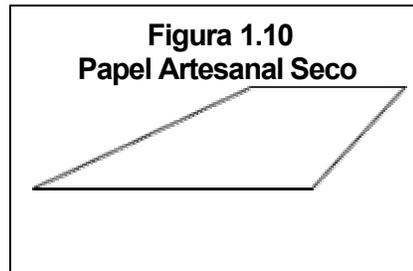
8.-Retirar la hoja aún húmeda y colocarla sobre toallas secas.



9.-Hacer uso de la plancha o el secador de pelo para secar completamente la hoja de papel.



10.-Producto final : Papel Artesanal Seco



1.14 Descripción de una Empresa Papelera

La compañía privada ciento por ciento ecuatoriana denominada "PAPELERA NACIONAL S.A", se encuentra localizada en el Cantón Marcelino Maridueña (Provincia del Guayas), está representada por el símbolo que observamos en la figura 1.11, es una empresa Agroindustrial que desarrolla la actividad de fabricación o de producción de papel de alta tecnología como es el papel KRAFT. Debido a dicha tecnología se la considera en la actualidad como la "NUMERO 1" en el Ecuador; considerando además su capacidad de producción, de generación de fuentes de trabajo y el aprovechamiento de recursos contribuyendo así al desarrollo del país.

Si hablamos de la alta tecnología en la fabricación del papel KRAFT, podemos decir que la máquina de papel que posee la empresa es una unidad de proceso continuo: diseñada, fabricada y montada en el país por la compañía SULZER ESCHERWYSS, sus equipos complementarios son de casas de reconocida marca en la industria papelera entre las que podemos señalar: Sistema de Refinamiento Jones Beloit, Depuradora Bird, Instrumentación Foxboro, etc.

En su primera ampliación, la máquina fue provista con una unidad para producir **papel extensible**, de la compañía CLUPAK INC, New York, bajo cuya patente, control y asesoría técnica se realiza la producción de este tipo de papel. Además la industria cuenta con equipos y maquinarias especializadas, por la cual ha alcanzado una gran versatilidad en su línea de producción: papel plano, empaque, extensible, corrugado medio y papel de bajo gramaje para una gran diversidad de usos, los cuales se muestran en la figura 1.12.

La Industria utiliza para la producción de sus papeles varias materias primas fibrosas tales como: pulpa virgen de

coníferas, recortes de cartón de las industrias corrugadoras, desperdicios de cartón y pulpa de bagazo de caña de azúcar.

Y es así como esta gran empresa industrial día a día continúa su expansión y perfeccionamiento en cuanto a su capacidad de producción para un mercado cada vez más exigente tanto nacional como extranjero; además que genera una gran fuente de trabajo para miles de ecuatorianos.

Figura 1.11
Símbolo de la Empresa



Fuente: Papelera Nacional S.A.

Figura 1.12
Productos de Papel



Fuente: Papelera Nacional S.A.

1.15 Materia Prima Utilizada

El propósito inicial de esta Industria, es seleccionar y analizar, mediante controles de calidad, las materias primas a utilizar como se muestra en la figura 1.13, pudiendo así garantizar el éxito de los procesos siguientes:



DKL-13 (DOUBLE KRAFT LINER): Son recortes corrugados embalados conteniendo liners, ya sean kraft Liner, de yute o Test Liner. En esta calidad no son aceptables los adhesivos no solubles, rollos desbastados o triturados medium y tratados medium o de liner.

- El total de impurezas no puede exceder del 2%
- Humedad máxima permitida: 10%

DOUBLE SORTED CORRUGATED-12: Consiste en recortes corrugados doblemente seleccionados, provenientes de supermercados y/o de alguna otra fuente comercial o industrial, conteniendo liners, test liner, yute o kraft. Este material ha sido especialmente seleccionado para estar libres de cajas de cereales, cajas de zapatos, cartones de leche, plásticos y cera.

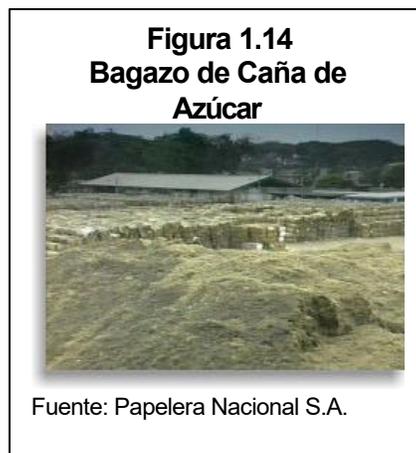
- Materiales prohibitivos: $\frac{1}{2}$ de 1%
- El total de impurezas no puede exceder del 2%

OCC-11 (OLD CORRUGATED CONTAINER): Son recortes de cajas de cartón corrugado que contiene liners, ya sea test liner, yute o kraft liner.

- Materiales prohibitivos: no pueden exceder del 1%
- El total de impurezas no puede exceder del 5%
- Humedad máxima permitida: 12%

BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR: Es el producto residual fibroso que se obtiene de la molienda de la caña de azúcar a la que se le han extraído los jugos. Se producen 20.000 TM anuales de

bagazo de caña de azúcar, que es utilizado para la elaboración de pulpa de bagazo, material necesario para la fabricación de papel, la cual se muestra en las figuras 1.14 y 1.15.



PULPA DE MADERA (PULPA KRAFT): Material fibroso, generalmente derivado de la madera, que es producido por un proceso donde el ingrediente activo es una mezcla de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio. "Kraft" es comúnmente utilizado como "sulfato" y se deriva de la palabra alemana "fuerte", precisamente por la resistencia de las fibras que resultan de este proceso de pulpeo.

- Humedad máxima permitida: 10%

1.15 Unidades de Producción y Tipos de Papel

La Empresa posee para la producción del papel dos Molinos que son : Molino I y Molino II

La preparación de pasta se realiza a través de los hydrapulper que son los encargados de desintegrar la materia prima la cual se puede observar en las figuras 1.16 y 1.17 que pertenecen a los Molino 1 y Molino 2 respectivamente.

Figura 1.16
Molino 1



Fuente: Papelera Nacional S.A.

Figura 1.17
Molino 2



Fuente: Papelera Nacional S.A.

1.16.1 Molino de Papel Uno

La capacidad inicial (1968) de este molino era de 10000 TM/Año y a partir de 1985 se realizaron importantes inversiones subiéndose la capacidad a 30000TM/ Año, agregándose una Unidad ClupaK para la fabricación de Papel Extensible.

Es en su totalidad marca SULZER ESCHER WYSS, de ALEMANIA.

El ancho útil de máquina es de 230cm (90.6 Pulgadas).

La velocidad máxima de operación es de 350 Mts por minuto.

El rango de peso básico es de 60 a 175 gramos / Mts



En este Molino que se muestra en la figura 1.18 produce los siguientes tipos de papel:

Test- Liner

Corrugado Medio

Extensible

Empaque

1.15.1.1 ¿Como se hacen los tipos de papel antes mencionados?

Para la fabricación del papel se requiere inicialmente pulpear los recursos fibrosos (proceso de desintegración o disgregación de los materiales fibrosos utilizados en agua fresca o agua recuperada del sistema). Es lo que se hace con los desperdicios de cartón reciclados o pulpas celulósicas en láminas o rollos. La figura 1.19 muestra los recursos fibrosos y la figura 1.20 muestra la disgregación usando agua reciclada o fresca.

Figura 1.19
Transportador de
Recursos Fibrosos



Fuente: Papelera Nacional S.A.

Figura 1.20
Disgregación de Agua
Reciclada



Fuente: Papelera Nacional S.A.

Una vez pulpeados los materiales fibrosos, éstos deben ser sometidos a procesos de limpieza y depuración para eliminar los contaminantes acompañantes como son plásticos, metales, arena, vidrio, etc.

Lo indicado se realiza en la planta de preparación de pasta, la que cuenta con limpiadores centrífugos de alta densidad, limpiadores centrífugos de baja densidad (tipos Uniflow y Posiflow) y cribas presurizadas. Dentro de esta planta a las fibras se les da el tratamiento mecánico debido mediante equipos especiales conocidos con el nombre de refinadores, tratamiento que tiene mucho que ver con la resistencia del papel que se está produciendo. La figura 1.21 muestra los limpiadores Uniflow y Posiflow.



De preparación de pasta, la pulpa pasa a la máquina de papel, lugar donde se alimenta la pasta al Fourdrinier de la máquina desde un cajón de presión. Es en el Fourdrinier donde se forma la hoja de papel, eliminándose la mayor cantidad posible el agua que acompaña a las fibras por gravedad y vacío. Una vez formada la hoja, esta pasa a las prensas para continuar eliminando humedad, para posteriormente pasar a los secadores hasta alcanzar la humedad con que el papel es comercializado. La figura 1.22 muestra la máquina de papel donde se forma la hoja y la figura 1.23 muestra los secadores donde pasa la hoja de papel para eliminar la humedad.

Figura 1.22
Formación de la Hoja



Fuente: Papelera Nacional S.A.

Figura 1.23
Secadores del Papel



Fuente: Papelera Nacional S.A.

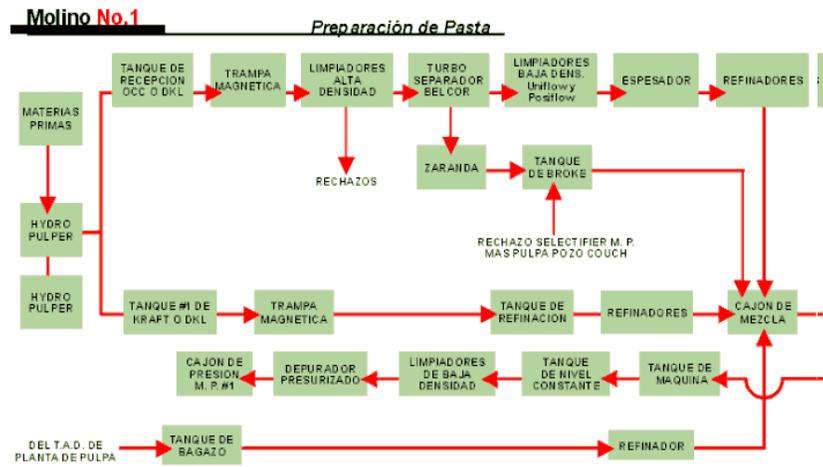
El acabado final del papel se lo da en la rebobinadora, que es donde se da el ancho y diámetro al rollo de papel de acuerdo al requerimiento del cliente. La figura 1.24 nos muestra el producto terminado a través de la rebobinadora.

Figura 1.24
Rebobinadora de Papel



Fuente: Papelera Nacional S.A.

1.15.1.1 Diagrama de la producción del Papel Molino I



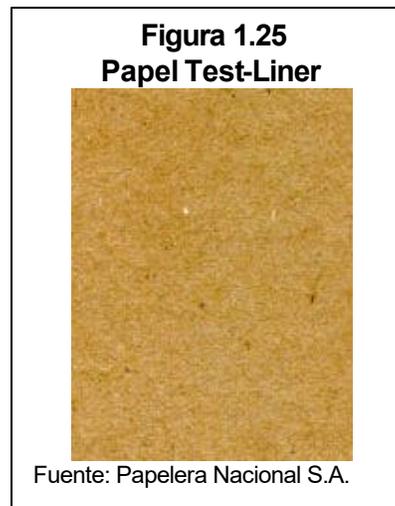
Fuente : Papelera Nacional S.A.

1.15.1.2 Usos y características de los tipos de papel

Test-Liner.- Es un papel tipo kraft sin blanquear, fabricado con materias primas recicladas como recortes de cajas de cartón. Este papel encolado, basado en resinas naturales para evitar que adquiera humedad, tiene especificaciones acordadas junto con los clientes, en pesos básicos desde 127 hasta 270 g./ m².

Las cajas de cartón fabricadas con este producto adquieren propiedades estructurales a menor valor, por lo que se constituyen en cajas auto soportantes y de uso para protección interna del

contenido embalado, tal como las caras exteriores y interiores de la caja de banano, la cual se muestra en la figura 1.25.



Especificaciones Técnicas del Papel Test-Liner

Peso Básico	Estándar	127	140	150	180	205	270
Tappi T410 (g/m ²)	Mínimo	124	137	146	175	200	262
	Máximo	130	143	154	185	210	278

		127	140	150	180	205	270
Humedad	Estándar	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
Tappi T412 (%)	Mínimo	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	Máximo	8.5	8.5	8.5	8.5	9.0	9.0

		127	140	150	180	205	270
Rigidez CD	Estándar	20	23	26	32	40	48
Tappi T818 (Kg)	Mínimo	17	20	22	28	36	46

		127	140	150	180	205	270
Mullen	Estándar	55	56	65	70	75	88
Tappi T403 (PSI)	Mínimo	50	51	58	63	68	85

		127	140	150	180	205	270
Cobb (120 seg.)	Estándar	40	40	40	40	40	40
Tappi T441 (g/m ²)	Mínimo	30	30	30	30	30	30

Químicos utilizados son:

1. Resina Encolante
2. Sulfato de Aluminio
3. Bactericida

Corrugado Medio.- Es un papel fabricado con materias primas recicladas y fibras vírgenes provenientes de la pulpa de bagazo de caña de azúcar, de acuerdo a las especificaciones técnicas acordadas mutuamente con sus clientes, en pesos básicos desde 127 hasta 190 g./ m², la cual se muestra en la figura 1.26.

Las cajas de cartón fabricadas con este producto ofrecen mayor resistencia al aplastamiento y apilamiento. Parte intermedia de las capas del Test-Liner.

Para embalaje de banano, jabón, flores, frutas, botellas de artículos de vidrio, etc.



Especificaciones Técnicas del Corrugado Medio

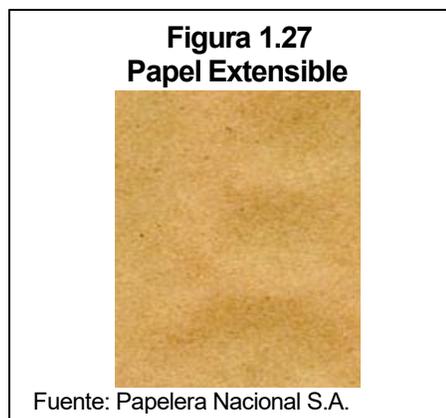
Peso Básico	Estándar	110	127	146	150	160	176	195
Tappi T410 (g/m ²)	Mínimo	107	124	142	146	155	172	190
	Máximo	113	130	150	154	165	180	200
		110	127	146	150	160	176	195
Humedad	Estándar	7.0	7.0	7.0	7.0	7.5	7.5	7.5
Tappi T412 (%)	Mínimo	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
	Máximo	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0
		110	127	146	150	160	176	195
Concora (CMT)	Estándar	22.7	29.1	32.7	32.7	34.5	36.4	39.5
Tappi T809 (Kg)	Mínimo	20.5	26.4	30.0	30.0	31.8	33.6	36.8
		110	127	146	150	160	176	195
Rigidez CD	Estándar	14.0	20.0	25.5	25.5	29.5	34.5	40.0
Tappi T818 (Kg)	Mínimo	13.6	17.7	22.7	22.7	26.8	31.4	36.4
		110	127	146	150	160	176	195
CFC-O(CCT)	Estándar	28.0	34.1	39.5	39.5	43.6	47.2	52.7
Tappi T824 (Kg)	Mínimo	25.2	31.8	36.8	36.8	40.4	44.1	49.1
		110	127	146	150	160	176	195
Absorción								
Tappi T819 A2 (s)	Máximo	200	200	200	200	200	200	200

Químicos utilizados:

1. Almidón Catiónico
2. Policatiónico
3. Bactericida

Extensible.- El papel extensible o semiclupak es un papel de alta resistencia o como su nombre lo indica tiene la capacidad de extenderse para absorber la energía producida al impacto, la cual se muestra en la figura No.1.27 utilizado en la fabricación de sacos multicapas de gran contenido. Es fabricado con pulpa Kraft sin blanquear de fibra larga y desperdicios de cartón DKL-13. Sus especificaciones son acordadas junto con los clientes, en pesos básicos desde 100 hasta 110 g./ m2.

Sacos multicapas confeccionados con papel extensible clupak. Son de alta resistencia física, de fondo pegado y boca abierta o con válvula. Su capa exterior es impresa a dos colores y el número de capas depende del producto a envasar.



Especificaciones Técnicas del Papel Extensible

Peso Básico	Estándar	100	105	110
Tappi T410 (g/m ²)	Mínimo	98	103	108
	Máximo	102	107	112
		100	105	110
Humedad	Estándar	7.0	7.0	7.0
Tappi T412 (%)	Mínimo	6.0	6.0	6.0
	Máximo	8.0	8.0	8.0
		100	105	110
Rasgado L	Mínimo	1000	1080	1110
Tappi T414 (mN)				
		100	105	110
Rasgado T	Mínimo	1250	1320	1400
Tappi T414 (mN)				
		100	105	110
TEA L	Estándar	240	255	255
Tappi T494 (l/m ²)	Mínimo	220	230	230
		100	105	110
TEA T	Estándar	150	170	170
Tappi T494 (l/m ²)	Mínimo	140	160	160
		100	105	110
Cobb (60seg.)	Estándar	25	25	25
Tappi T503 (g/m ²)	Máximo	30	30	30

Químicos utilizados:

1. Sulfato de Aluminio(Alumbre)
2. Resina Encolante
3. Resina para humedad(UFC-35)
4. Bactericida

Sacos de Gran Contenido en Papel Extensible

Son confeccionados con dos o más capas, valvulados, boca abierta, con fondos pegados y en diferentes tamaños de acuerdo a los requerimientos del cliente y del producto, la cual se muestra en la figura 1.28. Pueden estar impresos con dos colores en la cara exterior para poner la información del producto y del fabricante.

Son envases para gran contenido y para productos en polvo o granulados son confeccionados con papel extensible.



Especificaciones Técnicas de Sacos de Gran Contenido del Papel Extensible

SACOS PARA	CEMENTO	AZUCAR
Papel	EXT 105	EXT 105
Tipo	Fondo sellado con válvula	Fondo sellado con boca abierta
# capas	2	3
# colores	2	2
largo (mm)	630	810
ancho (mm)	520	570
fondo (mm)	105	105
Válvula (mm)	105	n/a

Empaque.- Es fabricado con materias primas recicladas y pulpa de madera sin blanquear de fibra larga, la cual se muestra en la figura 1.29. Es encolado para resistir la humedad y sus especificaciones técnicas son acordadas junto con los clientes, en peso básico desde 60 hasta 120 g./ m2.

Este papel de relativa resistencia protege artículos que son envasados en cajas u otra forma de aglomeración para su traslado.



Especificaciones Técnicas del Papel de Empaque

Peso Básico	Estándar	50	60	65	75	81	98	120
Tappi T410 (g/m ²)	Mínimo	46	57	62	72	78	95	117
	Máximo	54	63	68	78	84	101	123

		50	60	65	75	81	98	120
Humedad	Estándar	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0
Tappi T412 (%)	Mínimo	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
	Máximo	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.5

		50	60	65	75	81	98	120
Rasgado L	Mínimo	250	350	400	500	600	750	850
Tappi T414 (mN)								

		50	60	65	75	81	98	120
Rasgado T	Mínimo	350	450	500	600	700	850	950
Tappi T414 (mN)								

		50	60	65	75	81	98	120
Tensión L	Mínimo	2.7	3.9	4.1	5.0	5.4	6.0	7.0
Tappi T494 (Kg/15mm)								

		50	60	65	75	81	98	120
Tensión T	Mínimo	1.5	2.8	3.0	3.5	3.9	4.5	5.0
Tappi T494 (Kg/15mm)								

		50	60	65	75	81	98	120
Cobb (60seg.)	Máximo	30	30	30	30	30	30	30
Tappi T441 (g/m ²)								

Químicos utilizados:

1. Resina Encolante
2. Sulfato de Aluminio
3. Bactericida

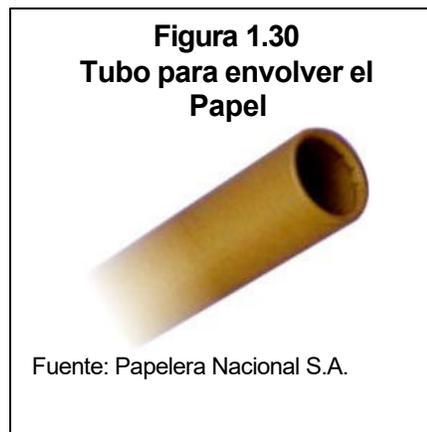
Tubos Espiralados

Fabricados con ribetes de papel kraft de ocho centímetros de ancho, con las especificaciones técnicas acordadas en conjunto con nuestros clientes, la cual se muestra en la figura 1.30, con pesos básicos desde 146 hasta 270 g./m²., diámetros desde 3,81 hasta 1,02 cm. (1.5 a 4.0 pulgadas), y espesor desde 0,04 hasta 0,10 cm.

Estos tubos son utilizados como núcleos para envolver papel, plásticos, textiles, etc.

PAPEL: Test Liner 270 g/m² (55.33 lbs/1000 pie²)

CAPACIDAD: 200 metros / hora.



Diámetro del tubo: 2" - 3" - 4"

Longitud mínima del tubo: 1 metro

Consiste en el espiralamiento de rollos de papel de aproximadamente 8 cm de ancho. El número de rollos a utilizar determina la resistencia del tubo.

Utilizados comúnmente en la industria textil, plástica y papel ideal para soportar el peso de los rollos de este material.

1.16.1.4 Planta de Pulpa

Esta planta fue diseñada por GRACE Co. Para procesar bagazo de caña de azúcar usando dos digestores horizontales y proceso a la sosa cáustica.

La capacidad de los digestores es de 60 TM/día de pulpa sin blanquear y 20000 TM/Año.

La pulpa de bagazo con la pulpa OCC, principalmente es usada para producir papel corrugado medio .

Capacidad de 65 TM/día de pulpa sin blanquear y número de capa 40.

Fue instalada en el año 1968, utilizando equipos de cocción BLACK CLAWSON y lavadoras DOOR OLIVER.

El bagazo seleccionado sin desmedular que proviene del Ingenio San Carlos, es desmedulado en los desmeduladores de martillo marca PEADCO.

El bagazo desmedulado, es almacenado al granel y a la intemperie, sometido al lavado para eliminar el azúcar residual y preservarlo de la fermentación.

El sistema de cocción está basado en utilizar 7% de sosa cáustica, 100 PSIG de vapor, en dos digestadores continuos PANDIA.

El bagazo cocinado, es llevado a un tanque de soplado y de allí al proceso de refinación primario en caliente, luego a las lavadoras de tambor, para eliminar el licor negro y almacenar la pulpa de bagazo en un tanque de alta densidad (al 10%), para de allí ser bombeada a las máquinas de papel.

La pulpa de bagazo, debidamente lavada y depurada es utilizada como parte de las diferentes formulas de fibras para la fabricación de papel.

1.16.2 Molino de Papel Dos

La máquina de Papel de este molino, fue adquirida en Mayo de 1992 a la compañía PAPIER FABRIK PALM GmbH de Alemania, la misma que fue fabricada bajo pedido a la VOITH GmbH de Alemania en el año de 1965, para la producción de papeles marrón o Kraft con la especialización de papel corrugado. En julio de 1992 se inició desmontaje y embalaje de la máquina, recibiendo los primeros contenedores en agosto de 1992.

Para la preparación de pasta se seleccionó a la compañía BELOIT FIBER SYSTEM Inc. De Dalton Mass.-USA quienes proveyeron la totalidad de los nuevos equipos, realizaron la ingeniería, la supervisión del montaje, la puesta en marcha y la enseñanza a los operarios.

La capacidad teórica instalada del Molino Dos es de 50000 TM/Año con una producción diaria de 150 TM .

Las pruebas de arranque se efectuaron a partir de los primeros días de marzo de 1994 y se alcanzaron los niveles de productividad diaria para finales del mismo mes.

Los productos de este molino que se muestra en la figura 1.31

son:

Test- Liner

Corrugado Medio



1.16.2.1 Diagrama de la producción de papel de Molino 2



Fuente: Papelera Nacional S.A.

1.16.2.2 Descripción de la Máquina de Papel

Máquina fourdrinier con dos prensas, 25 secadores de 1500 mm de diámetro y presión de vapor de 3.8 bares.

Capacidad: 50.000 t.m./año

Marca: VOITH (Alemania)

Ancho útil: 420 cm (165.4")

Diámetro máximo: 140 cm (55.1")

Peso básico: 110 - 270 g/m² (22.54 - 55.33 lbs./1000 pie²).

Los gramajes de esta máquina de papel varían de la siguiente forma:

CORRUGADO MEDIO	TEST LINER
110 g/m ² - 22.54 lbs/1000 pie ²	127 g/m ² - 26.02 lbs/1000 pie ²
127 g/m ² - 26.02 lbs/1000 pie ²	140 g/m ² - 28.69 lbs/1000 pie ²
146 g/m ² - 29.92 lbs/1000 pie ²	150 g/m ² - 30.74 lbs/1000 pie ²
150 g/m ² - 30.74 lbs/1000 pie ²	180 g/m ² - 36.89 lbs/1000 pie ²
160 g/m ² - 32.79 lbs/1000 pie ²	205 g/m ² - 42.01 lbs/1000 pie ²
176 g/m ² - 36.07 lbs/1000 pie ²	270 g/m ² - 55.33 lbs/1000 pie ²
195 g/m ² - 39.96 lbs/1000 pie ²	

1.17 Planta de Conversión

Esta planta inició sus operaciones en 1978 para producir fundas para azúcar y cemento usando el papel producido por dicha empresa, con capacidad para 50'000.000 fundas/ Año, la cual se muestra en la figura 1.32.

Poseen una línea de producción con una máquina tubera HONCO 901 para dos colores y una máquina fondeadora.

Produce su propio centro de bobinas en una MECCANICA-MONZA.

Tipo	Expresadas	Cantidad
Sacos	Unidades/hora	9000
Tubos Espiralados	Unidades/hora	60
Ribetes	Kgr/Hora	1400

Figura 1.32
Conversión



Fuente: Papelera Nacional S.A.

CAPITULO 2

2.MARCO TEORICO DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANALISIS DE REGRESION MULTIPLE

2.1 Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales trata de explicar la estructura de la varianza y covarianza del ajuste de las variables .

Estos Objetivos generales son:

1.-Reducción de datos

2.-Interpretación

Aunque p componentes son requeridas y producidas en la variabilidad del sistema total, frecuentemente mucha de esta variabilidad puede ser contada por un pequeño número de k componentes principales. Si aún así, existe mucha información en la k componentes es aquí donde se utiliza p variables.

Las k componentes principales pueden entonces reemplazar en su lugar p -variables, y los datos originales, consisten de n medidas sobre p variables, esta reduce los datos consistentes de n medidas sobre k componentes principales.

Un análisis de componentes principales frecuentemente revela la relación de que no fueron previamente supuesto y con relación a eso permiten interpretaciones que no deberían resultar ordinarias.

El análisis de las componentes principales es más, que un medio para llegar al fin de algo, es un fin en ellos mismos, porque

frecuentemente sirven como intermediarios paso a paso en largas investigaciones.

El núcleo fundamental del Análisis de Componentes Principales (ACP), es el problema de la obtención de los vectores y valores propios (principales) de un operador vectorial, que en el campo del cálculo matricial se da bajo el problema de la diagonalización de una matriz cuadrada. Este problema algebraico, que inicialmente impulsó el desarrollo del Análisis Factorial en el estudio de la regresión lineal entre múltiples variables, se ha convertido, a lo largo de nuestro siglo, en uno de los instrumentos más extendidos en todas las ramas científicas. No sólo es una técnica de análisis empírico de la varianza, sino que puede jugar un papel decisivo en la formulación teórica.

2.1.1 Componentes Principales de la Población

Algebraicamente, las componentes principales son combinaciones lineales particulares de las p -variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_p .

Geométricamente, estas combinaciones lineales representan un

nuevo sistema coordinado obtenido por la rotación de el sistema original con X_1, X_2, \dots, X_p en los ejes coordenados.

Los nuevos ejes representan las direcciones con la variabilidad máxima y provista de una simple y parsimoniosa descripción de la estructura de la covarianza.

Como deberíamos ver, los componentes principales dependen solamente de la matriz de covarianza Σ (o la matriz de correlación ρ) de X_1, X_2, \dots, X_p . Su desarrollo no requiere que se asuma una normal multivariada. Otra forma de transmitir, componentes principales derivadas de poblaciones normales multivariadas tienen interpretaciones útiles en términos de la constante de densidad elipsoidal. Más allá se pueden hacer inferencias sobre componentes muestreados cuando la población es una normal multivariada.

Introduciendo el vector aleatorio $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ se tiene la matriz de covarianza Σ con los valores propios $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

Considere las combinaciones lineales

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= a_1' X = a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1p} X_p \\
 Y_2 &= a_2' X = a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2p} X_p \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 Y_p &= a_p' X = a_{p1} X_1 + a_{p2} X_2 + \dots + a_{pp} X_p
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Entonces, usando $Z=CX$ tenemos:

$$\begin{aligned}
 \mu_z &= E(Z) = E(CX) = C\mu_x \\
 \sum_z &= Cov(Z) = Cov(CX) = C \sum_x C'
 \end{aligned}$$

Nosotros Obtenemos

$$Var(Y_i) = a_i' \sum a_i \quad i = 1, 2, \dots, p \tag{2.2}$$

$$Cov(Y_i, Y_k) = a_i' \sum a_k \quad i, k = 1, 2, \dots, p \tag{2.3}$$

Las componentes principales son combinaciones lineales incorrectas Y_1, Y_2, \dots, Y_p cuya varianza en (2.2) son las más largas posibles.

La primera componente principal es la combinación lineal con máxima varianza. Esto es maximizando $Var(Y_1) = a_1' \Sigma a_1$. Está claro que $Var(Y_1) = a_1' \Sigma a_1$ puede incrementarse multiplicándolo por algún a_1 que es una constante. Eliminando esta indeterminación, es conveniente que se restrinja la atención al coeficiente de vectores de la unidad de longitud.

Por eso se define de la siguiente manera:

Primera Componente Principal = Combinación Lineal $a_1'X$ es aquel que maximiza la $Var(a_1'X)$ sujeta a $a_1' a_1=1$

Segunda Componente Principal = Combinación Lineal $a_2'X$ es aquel que maximiza la $Var(a_2'X)$ sujeta a $a_2' a_2=1$ y $Cov(a_1'X, a_2'X)=0$

La etapa de i se define de la siguiente manera:

i Componente Principal = Combinación Lineal $a_i'X$ es aquel que maximiza la $Var(a_i'X)$ sujeta a $a_i' a_i=1$ y $Cov(a_i'X, a_k'X)=0$ para $k < i$.

2.1.2 Matriz de Covarianza asociada con Vectores Aleatorios

Después que Σ matriz de covarianza está asociada con el vector aleatorio $X'=[X_1, X_2, \dots, X_p]$. La Σ tiene pares de vectores y valores propios como $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$ donde $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$.

Entonces las i componentes principales está dada por:

$$Y_i = e_i' X = e_{i1} X_1 + e_{i2} X_2 + \dots + e_{ip} X_p, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (2.4)$$

Con está seleccionamos

$$\begin{aligned} \text{Var}(Y_i) &= e_i' \Sigma e_i = \lambda_i & i = 1, 2, \dots, p \\ \text{Cov}(Y_i, Y_k) &= e_i' \Sigma e_k = 0 & i \neq k \end{aligned}$$

Si algunos de los λ_i son iguales, se selecciona los correspondientes coeficientes de vectores e_i , y Y_i , no son únicos.

Nosotros conocemos que :

$$\max_{x \neq 0} \frac{X'BX}{X'X} = \lambda_1 \text{ (cuando } x = e_1 \text{)} \quad (2.5)$$

$$\min_{x \neq 0} \frac{X'BX}{X'X} = \lambda_p \text{ (cuando } x = e_p \text{)}$$

Con $B = \sum$, esto es que:

$$\max_{a \neq 0} \frac{a' \sum a}{a'a} = \lambda_1 \text{ (cuando } a = e_1 \text{)}$$

Pero $e_1'e_1=1$ iniciando con vectores propios que son normalizados.

De está manera :

$$\max_{a \neq 0} \frac{a' \sum a}{a'a} = \lambda_1 = \frac{e_1' \sum e_1}{e_1'e_1} = e_1' \sum e_1 = \text{Var} (Y_1)$$

Similamente usando

$$\max_{x \perp e_1, \dots, e_k} \frac{X'BX}{X'X} = \lambda_{k+1} \text{ (cuando } X = e_{k+1}, k = 1, 2, \dots, p-1 \text{)}.$$

Obtenemos lo siguiente:

$$\max_{a \perp e_1, e_2, \dots, e_k} \frac{a' \sum a}{a' a} = \lambda_{k+1} \quad k = 1, 2, \dots, p-1$$

Para la selección de $a=e_{k+1}$, con $e'_{k+1}e_i=0$, para $i=1,2,\dots,k$ y $k=1,2,\dots,p-1$.

$$\frac{e'_{k+1} \sum e_{k+1}}{e'_{k+1} e_{k+1}} = e'_{k+1} \sum e_{k+1} = \text{Var} (Y_{k+1})$$

Pero

$$e'_{k+1} \left(\sum e_{k+1} \right) = \lambda_{k+1} e'_{k+1} e_{k+1} = \lambda_{k+1}$$

De esta manera $\text{Var}(Y_{k+1}) = \lambda_{k+1}$. Si se puede mostrar, que e_k es perpendicular a e_k (esto es, $e_i e_k = 0, i \neq k$) conociendo $\text{Cov}(Y_i, Y_k) = 0$.

Ahora los vectores de \sum son ortogonales si todos los valores propios $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ son distintos. Si los valores propios no son distintos, los vectores propios corresponden a valores propios comunes quizás se diga que son ortogonales. Por consiguiente, para los dos vectores propios e_i y e_k , $e_i' e_k = 0, i \neq k$.

A partir que $\sum e_k = \lambda_k e_k$, multiplicamos e_i' conociendo

$$\text{Cov}(Y_i, Y_k) = e_i' \sum e_k = e_i' \lambda_k e_k = \lambda_k e_i' e_k = 0 \quad i \neq k$$

2.1.3 Componentes Principales de la Población con la Matriz de Covarianza

Decimos que $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ teniendo una matriz de covarianza

Σ con los pares de valores y vectores propios

$(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$ donde $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$

Si $Y_1 = e_1' X, Y_2 = e_2' X, \dots, Y_p = e_p' X$ son componentes principales.

Entonces

$$\sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} = \sum_{i=1}^p \text{Var}(X_i) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i)$$

Por definición $\sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} = \text{tr}(\Sigma)$. Para

$A_{(k^*k)} = \sum_{i=1}^k \lambda_i e_i e_i' = P_{(k^*k)} \Lambda_{(k^*k)} P_{(k^*k)}'$ con $A = \Sigma$, podemos escribir

$\Sigma = P \Lambda P'$ donde Λ es la matriz diagonal de los valores propios y

$P = [e_1, e_2, \dots, e_p]$ dado que $PP' = P'P = I$. Usando $\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA)$.

Tenemos que

$$tr(\Sigma) = tr(P\Lambda P') = tr(\Lambda P'P) = tr(\Lambda) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p$$

De esta manera:

$$\sum_{i=1}^p Var(X_i) = tr(\Sigma) = tr(\Lambda) = \sum_{i=1}^p Var(Y_i)$$

Se dice que

$$\begin{aligned} \text{Varianza Total de la Población} &= \sigma_{11} + \sigma_{22} + \dots + \sigma_{pp} \quad (2.7) \\ &= \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p \end{aligned}$$

y consecuentemente, la proporción total de la varianza, explicada por k componentes principales es:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Proporción total de la Varianza} \\ \text{poblacional de las } k \text{ componentes} \\ \text{principales} \end{array} \right) = \frac{\lambda_k}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p} \quad k = 1, 2, \dots, p \quad (2.8)$$

Por decir, del 80 al 90% de la varianza total poblacional, para un p largo, podemos atribuir al Primero uno, dos o tres componentes

entonces estas componentes pueden “reemplazar” las variables originales p , en el exterior perderíamos más información.

Cada componente del vector de coeficiente $e'_i = [e_{i1}, \dots, e_{ik}, \dots, e_{ip}]$ también tiene mérito de inspección. La magnitud de e_{ik} que son medidas de importancia de k variables a i componentes principales, sin consideración a otras variables. En particular e_{ik} es proporcional al coeficiente de correlación entre Y_i y X_k .

2.1.4 Coeficientes de correlación entre las componentes Y_i y la variable X_k

Si $Y_1 = e'_1 X$, $Y_2 = e'_2 X$, ..., $Y_p = e'_p X$ son componentes principales obtenidas de la matriz de covarianza Σ , entonces:

$$\rho_{Y_i, X_k} = \frac{e_{ik} \sqrt{\lambda_i}}{\sqrt{\sigma_{kk}}} \quad i, k = 1, 2, \dots, p \quad (2.9)$$

Son los coeficientes de correlación entre los componentes Y_i y la variable X_k .

Aquí $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$ son los pares de valores y vectores propios para Σ .

Demostración

Si colocamos $a'_k = [0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0]$ tal que $X_k = a'_k X$ y la

$Cov(X_k, Y_i) = Cov(a'_k, e_i) = a'_k \sum e_i$ de acuerdo a las combinaciones

lineales:

$$\begin{aligned} Z &= CX \quad \text{tenemos} \\ \mu_z &= E(Z) = E(CX) = C\mu_x \\ \Sigma_z &= Cov(Z) = Cov(CX) = C \Sigma_x C' \end{aligned}$$

Donde μ_x y Σ_x son el vector media y la matriz de covarianza de X respectivamente.

A partir que $\sum e_i = \lambda_i e_i$, $Cov(X_k, Y_i) = a'_k \lambda_i e_i = \lambda_i e_{ik}$. Entonces

$Var(Y_i) = \lambda_i$ y las $Var(X_k) = \sigma_{kk}$ con lo cual obtenemos lo siguiente:

$$\rho_{Y_i, X_k} = \frac{Cov(Y_i, X_k)}{\sqrt{Var(Y_i)} \sqrt{Var(X_k)}} = \frac{\lambda_i e_{ik}}{\sqrt{\lambda_i} \sqrt{\sigma_{kk}}} = \frac{e_{ik} \sqrt{\lambda_i}}{\sqrt{\sigma_{kk}}} \quad i, k = 1, 2, \dots, p$$

Aunque la correlación de las variables con las componentes principales muchas veces nos ayudan a interpretar las componentes, ellos miden solamente univariado de manera individual a X del componente Y .

Esto es , ellos no nos indican la importancia de una X con una componente Y en la presencia de las otras X 's. Por está razón, algunos estadísticos recomiendan solamente que los coeficientes e_{ik} se use para la interpretación de los componentes.

Aunque los coeficientes y las correlaciones pueden guiar a diferenciar el rango como medida importante de las variables conociendo cada componente, esto es, que los rangos no son apreciablemente diferentes.

En la práctica, las variables con coeficientes relativamente largos, tienden a ser correlaciones relativamente largas, por lo tanto dos medidas de importancia, la primera multivariada y la segunda univariada, frecuentemente se obtienen resultados similares. Se recomienda que ambos coeficientes y correlaciones examinen la ayuda de interpretar componentes principales.

2.1.4 Componentes Principales con Variables Estandarizadas

Las componentes principales que se obtienen a través de variables estandarizadas son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \frac{(X_1 - \mu_1)}{\sqrt{\sigma_{11}}} \\
 Z_2 &= \frac{(X_2 - \mu_2)}{\sqrt{\sigma_{22}}} \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 Z_p &= \frac{(X_p - \mu_p)}{\sqrt{\sigma_{pp}}} \quad (2.10)
 \end{aligned}$$

La Notación de la Matriz es :

$$Z = (V^{1/2})^{-1}(X - \mu) \quad (2.11)$$

Donde la matriz de desviación estandar $V^{1/2}$ está definida de la siguiente manera:

$$V^{1/2} = \begin{bmatrix} \sqrt{\sigma_{11}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{\sigma_{22}} & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{\sigma_{pp}} \end{bmatrix}$$

$$E[Z] = 0 \text{ y } \text{Cov}(Z) = (V^{1/2})^{-1} \Sigma (V^{1/2})^{-1} = \rho$$

Donde

$$\sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i) = \sum_{i=1}^p \text{Var}(Z_i) = \rho$$

Y

$$\rho_{Y_i, Z_k} = e_{ik} \sqrt{\lambda_i} \quad i, k = 1, 2, \dots, p$$

$$(\text{Proporci3n de Variables Estandarizadas}) = \frac{\lambda_k}{p} \quad k = 1, 2, \dots, p$$

2.2 Análisis de Regresión Múltiple

2.2.1 Introducción

En la mayor parte de las aplicaciones del análisis de regresión se usan modelos que son más complejos que el de la simple línea recta.

Los modelos probabilísticos en los que intervienen x^2 , x^3 (o términos con potencias más elevadas) o más que una variable independiente se llaman modelos de regresión múltiple. La forma general de esos modelos es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2.12)$$

Ahora la variable dependiente Y se expresa como función de k variables independientes x_1, x_2, \dots, x_k . Se suma el término de error aleatorio para tener en cuenta la desviación entre la parte determinística del modelo, $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$, y el valor de la variable dependiente Y . El componente aleatorio hace que el modelo sea probabilístico y no determinista. El valor del

coeficiente β_i determina la contribución de la variable independiente x_i y β_0 es la ordenada al origen Y . En general, se desconocen los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ porque representan parámetros de la población.

En el caso del modelo de regresión múltiple son aplicables los pasos que se siguieron para desarrollar un modelo de línea recta.

Paso1. Proponer la forma del modelo. Esto significa seleccionar las variables independientes que debe incluir el modelo.

Paso2. Estimar los parámetros desconocidos $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Paso3. Especificar la distribución de probabilidad del componente aleatorio de error ε y estimar su varianza σ^2 .

Paso4. Comprobar lo adecuado del modelo.

Paso5. Emplear el modelo ajustado para estimar el valor promedio de Y o para predecir un valor determinado de Y para valores dados de las variables independientes.

2.2.2 Ajuste del Modelo: Método de los Mínimos Cuadrados

El método de ajustar modelos de regresión múltiple es idéntico al modelo simple de línea recta: es el método de los cuadrados mínimos. Es decir, se selecciona el modelo estimado

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \dots + \hat{\beta}_k x_k$$

que hacemos mínimo a

$$SEC = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

La diferencia principal entre los modelos de regresión simple y múltiple es la dificultad de cálculo. Las (k+1) ecuaciones lineales simultáneas que deben resolverse para calcular los (k+1) coeficientes estimados $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ son difíciles de resolver.

2.2.3 Estimación de σ^2 , La varianza de ε

La especificación de la distribución de probabilidad del componente de error ε del modelo de regresión múltiple sigue las mismas características generales que la del modelo de línea recta.

Se supone que ε tiene distribución normal con promedio cero y varianza σ^2 constante, para cualquier conjunto de valores de las variables independientes .

Para el modelo general de regresión múltiple

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

se debe calcular los (k+1) parámetro $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$. Así, el estimador de σ^2 es la SEC (suma de errores al cuadrado) dividida entre la cantidad n-(número de parámetros estimados β).

Es decir,

$$ECM = \frac{SEC}{n - (k + 1)}$$

El estimador de σ^2 se usa tanto para comprobar lo adecuado del modelo, como para dar una medida de confiabilidad de los predictores y estimaciones .

2.2.4 Prueba de la Adecuación del modelo: El Coeficiente de Determinación

Para determinar una medida estadística que cuantifique lo bien que ajusta el modelo de regresión múltiple a un conjunto de datos, se usa el equivalente de r^2 , para el caso de regresión múltiple .

Se define el coeficiente de determinación múltiple R^2 de la siguiente manera:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} = 1 - \frac{SEC}{SS_{yy}}$$

donde \hat{y}_i es el valor predicho de Y_i para el modelo. De la misma manera que en el caso del modelo lineal sencillo, R^2 representa la fracción de la variación en la muestra de los valores de y (medida por SS_{yy}) que explica la ecuación de predicción de los cuadrados mínimos. Así, si $R^2 = 0$, quiere decir que falta por completo el ajuste del modelo a los datos, y si $R^2 = 1$ quiere decir que se trata de un ajuste perfecto, y que la gráfica del modelo pasa por todos los puntos del diagrama de dispersión .

En general, mientras mayor sea el valor de R^2 , mejor será el ajuste del modelo a los datos.

Prueba de la Utilidad de un Modelo de Regresión Múltiple :

Prueba F Global

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

H_a : por lo menos uno de los parámetros β no es igual a cero

Medida estadística :

$$F = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / [n - (k + 1)]}$$

Región de Rechazo:

$$F > F_{\alpha}(k, n - (k + 1))$$

Donde

n = número de datos

k = número de parámetros β en el modelo , con excepción de β_0

2.3 Prueba de Durbin-Watson en Modelos de Regresión

Una de las razones de la existencia de autocorrelación es que podrían no haberse tomado en cuenta en el modelo variables importante de predicción . La autocorrelación puede eliminarse mediante la inclusión de las variables omitidas en el modelo de regresión.

La autocorrelación también puede presentarse debido a que los residuos sucesivos tienden a estar positivamente correlacionado, es decir, los grandes residuos negativos siguen a grandes residuos negativos y los grandes residuos positivos siguen a grandes residuos positivos.

Cuando se encuentra presente la autocorrelación, el análisis de regresión es afectado en tres formas:

1. Los estimadores de la Media Cuadrática, aunque son no sesgados ya no tienen varianza mínima.
2. Los estimados $s^2(B_i)$ pueden subestimar, en forma seria, las varianzas de los estimadores de la Media Cuadrática de B_i .

3. Los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis que incluyen, ya sea la distribución t de Student o la distribución F, nos son teóricamente válidas.

Al emplear la estadística de Durbin-Watson se prueba la hipótesis nula:

$$H_0: \rho = 0$$

contra la alternativa

$$H_1: \rho > 0$$

Nótese que H_1 es una hipótesis alternativa unilateral superior exhiben muchas veces una autocorrelación positiva. La estadística de Durbin-Watson se basa en los residuos que resultan después de obtener la ecuación de regresión estimada . Se calcula un valor de esta estadística a partir de la expresión.

$$d = \frac{\left(\sum_{i=1}^n (e_i - e_{i-1})^2 \right)}{\sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (2.13)$$

donde el residuo es $e_i = y_i - y_i^*$.

Si los errores se encuentran positivamente autocorrelacionados, es probable que los errores adyacentes tengan la misma longitud.

De esta forma, pequeñas diferencias entre los residuos adyacentes sugieren que ρ es mayor que cero; pero cuando las diferencias son pequeñas. Se rechaza la hipótesis nula de autocorrelación cero siempre que d tiene un valor relativamente pequeño.

Durbin-Watson tabularon los límites inferior y superior d_i y d_s , respectivamente, para probar H_0 . Dado los límites d_i y d_s , la decisión para H_0 se toma de la siguiente forma:

1. Si $d < d_i$, rechazar H_0
2. Si $d > d_s$, no puede rechazarse H_0 ,
3. Si $d_i < d < d_s$, la prueba no es concluyente.

2.4 Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Al definir la medida estadística K-S, se definirá la Función de Distribución empírica. Supongamos que Y es una variable aleatoria continua que tiene una función de distribución $F(y)$. Una muestra aleatoria de n realizaciones de Y produce las observaciones y_1, y_2, \dots, y_n . Es conveniente reordenar esos valores observados de menor a mayor, y las y ordenadas se representarán mediante $y_{(1)} < y_{(2)} < \dots < y_{(n)}$.

Supóngase que se toma una variable aleatoria continua Y , como hipótesis nula que tiene una función representada por $F(y)$. La hipótesis alterna es que $F(y)$ no es la función verdadera de distribución de Y .

La medida estadística D de KS se basa en la distancia máxima entre $F(y)$ y $F_n(y)$, es decir,

$$D = \max_y | F(y) - F_n(y) |$$

CAPITULO 3

3. 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 : Es la 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/m^2).

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 ($^{\circ}$).

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/m^2 .

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).

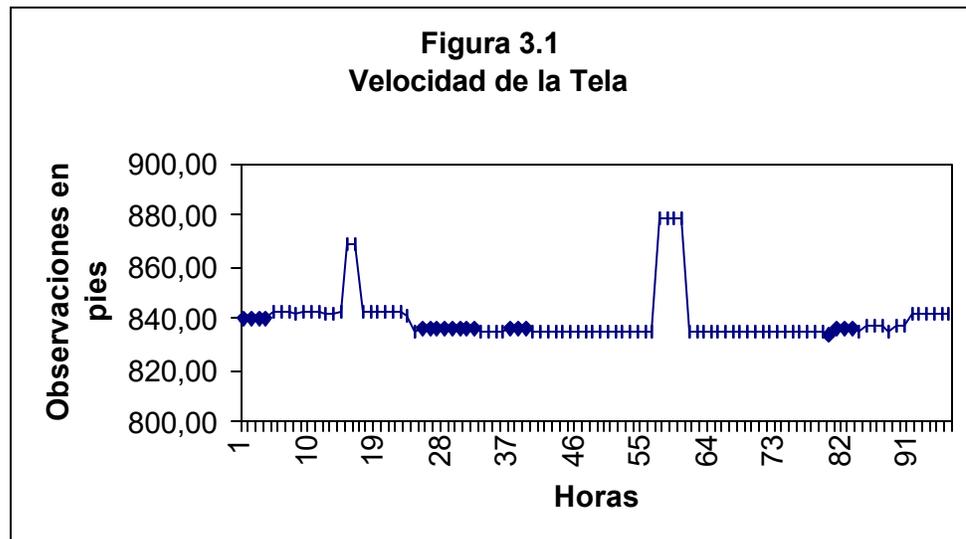
Variable #28

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

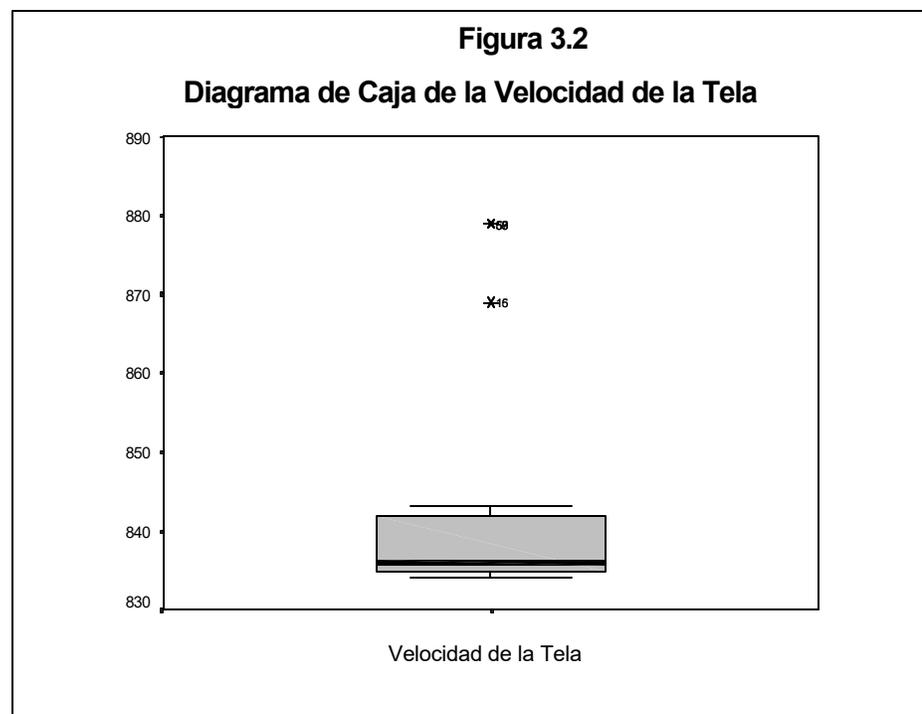
En el siguiente Análisis Univariado se presenta una Estadística Descriptiva cuyo objetivo es ilustrar las estadísticas básicas como: Mínimo, Máximo, Media, Mediana, Desviación Estándar, Varianza, Sesgo y Kurtosis. También se presenta ilustraciones gráficas como: Histogramas de Frecuencias, Diagramas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

Iniciaremos con la variable: Velocidad de la Tela

**TABLA II****Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Tela****(pies/min)**

Mínimo	834
Máximo	879
Media	839,79
Mediana	836
Varianza	97,85
Desviación Estándar	9,89
Sesgo	3,17
Kurtosis	9,71

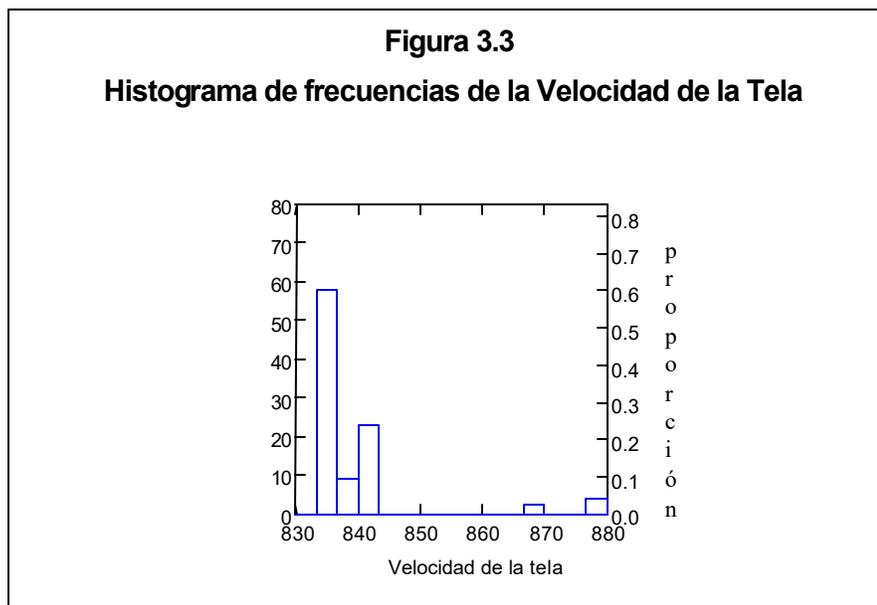
El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica, ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo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



Al analizar el Diagrama de Caja obtenemos que $Q1=835$, esto significa que el 25% 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.



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

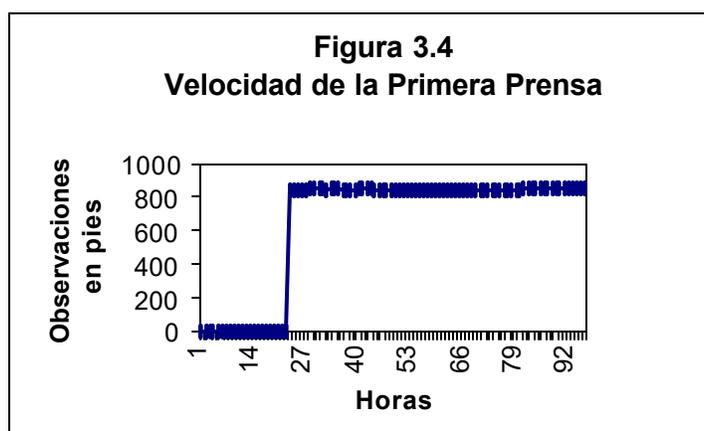


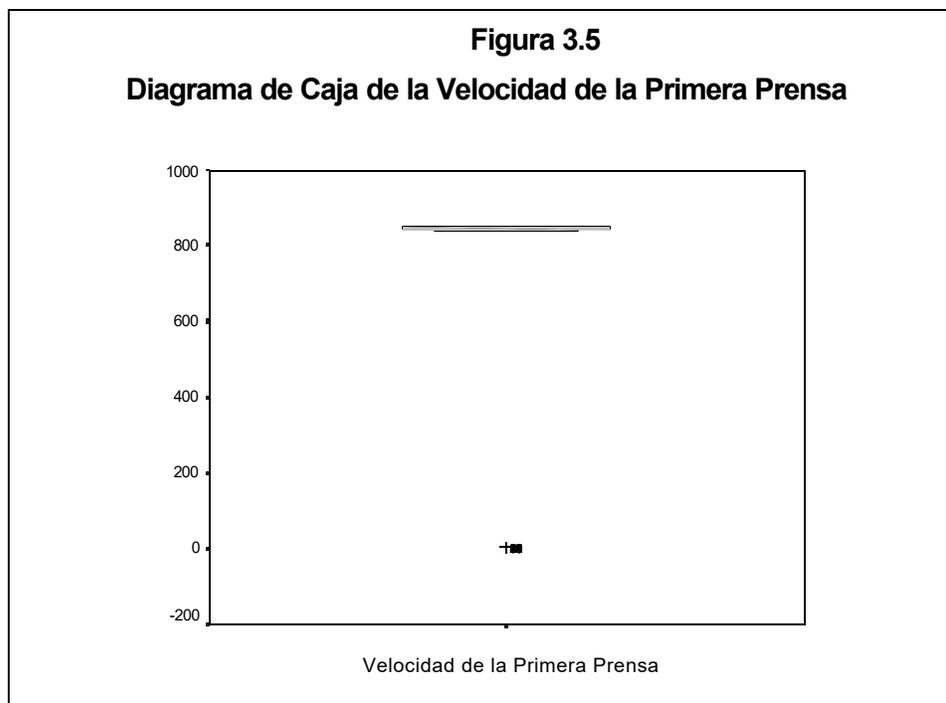
TABLA III

Estadísticas Descriptiva de la Velocidad de la Primera Prensa

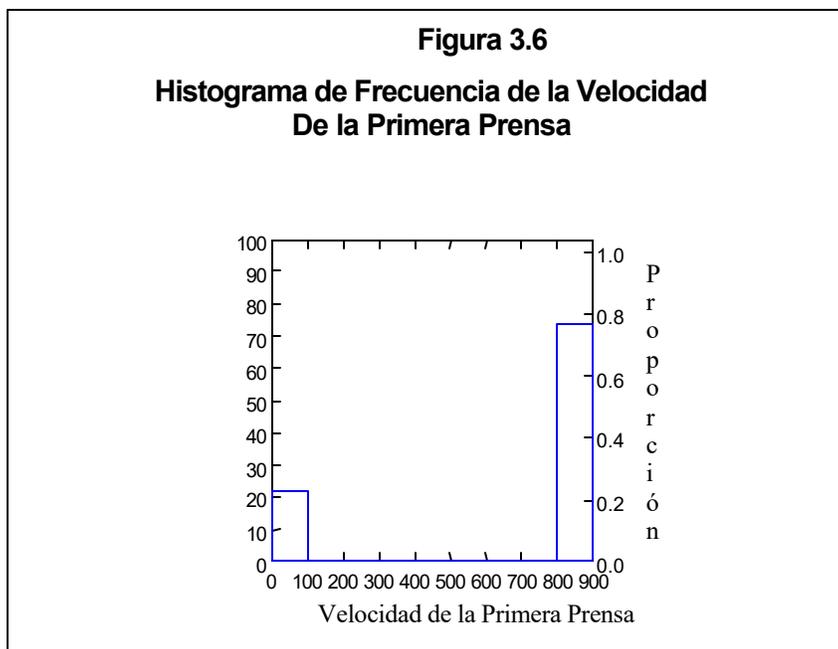
(en pies/min)

Mínimo	0
Máximo	851
Media	653,38
Mediana	846
Varianza	128255,52
Desviación Estándar	358,13
Sesgo	-1,309
Kurtosis	-0,292

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.



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.



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.

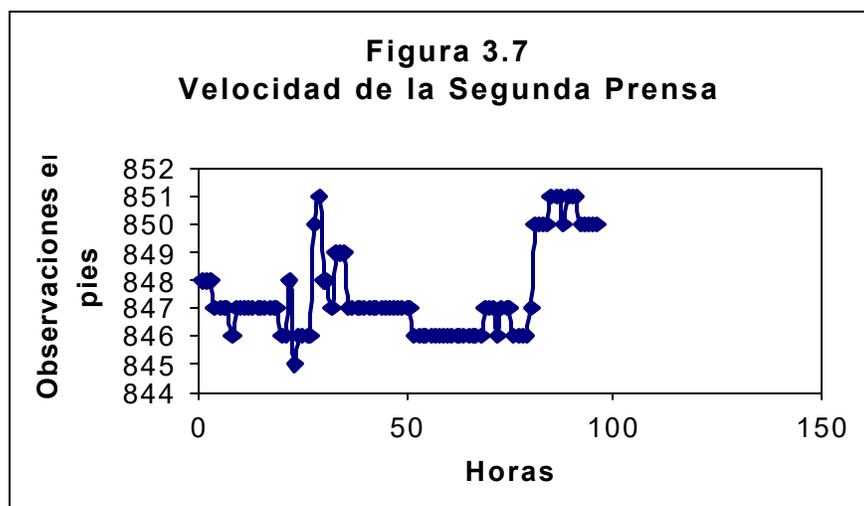
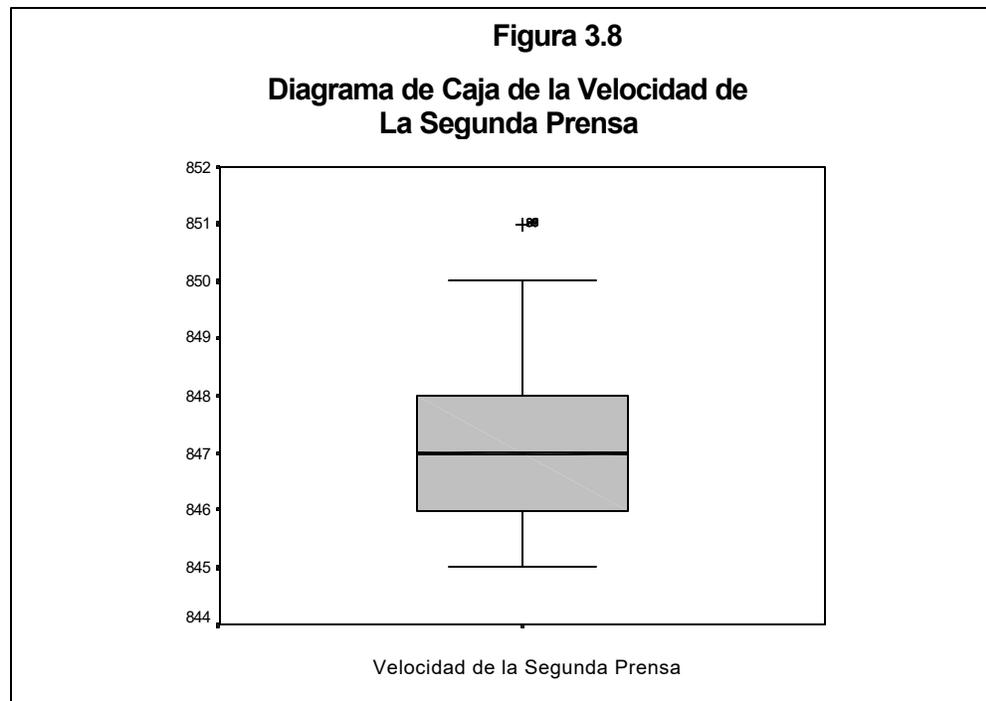


TABLA IV
Estadística Descriptiva de la Velocidad de la Segunda Prensa
(en pies/min)

Mínimo	845
Máximo	851
Media	847,44
Mediana	847
Varianza	2,564
Desviación Estándar	1,601
Sesgo	1,074
Kurtosis	-0,061

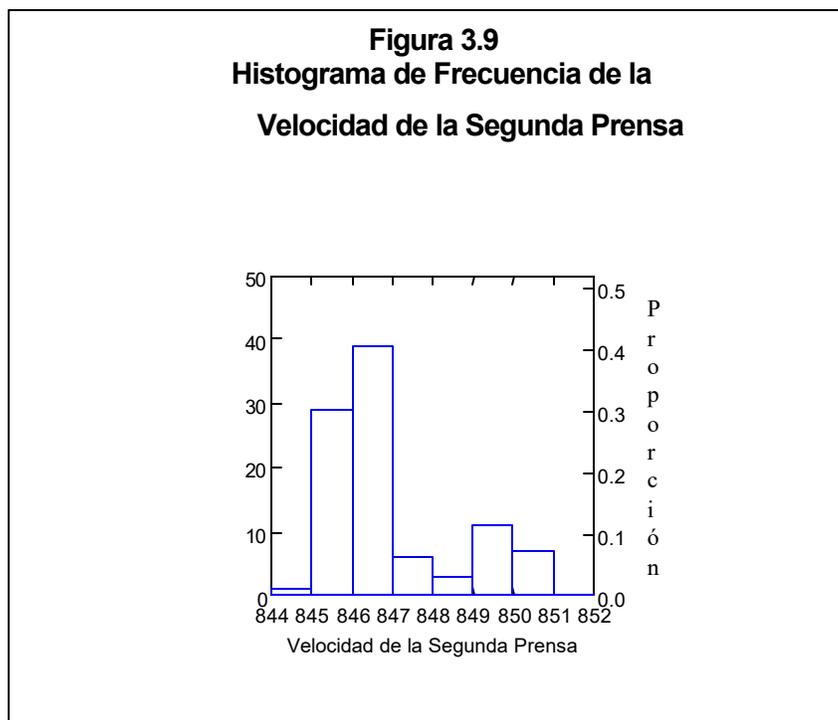
El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo 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.



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 $Q_2=847$, nos indica que la mediana de las observaciones es 847 pies/min. Si $Q_3= 848$, 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.



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

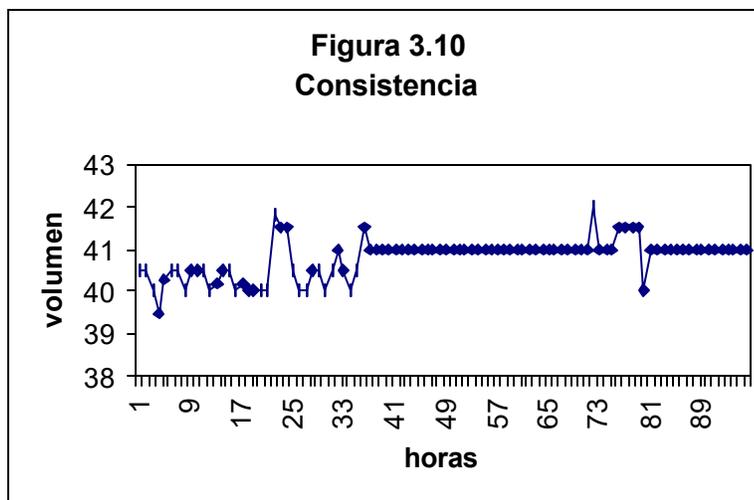
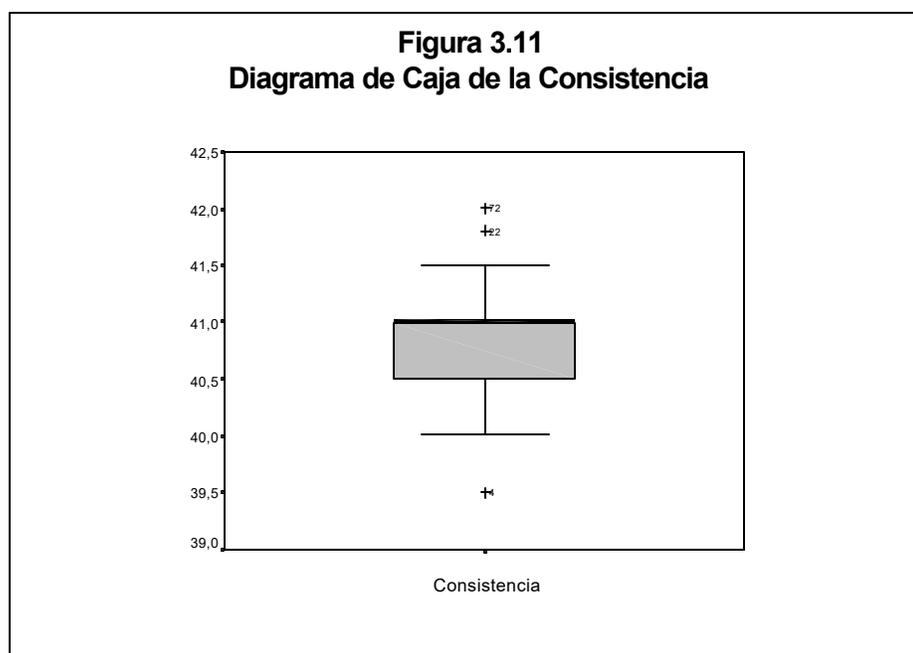


TABLA V
Estadísticas Descriptiva de la Consistencia
(en Volumen)

Mínimo	39,5
Máximo	42
Media	40,802
Mediana	41
Varianza	0,215
Desviación Estándar	0,463
Sesgo	-0,473
Kurtosis	0,186

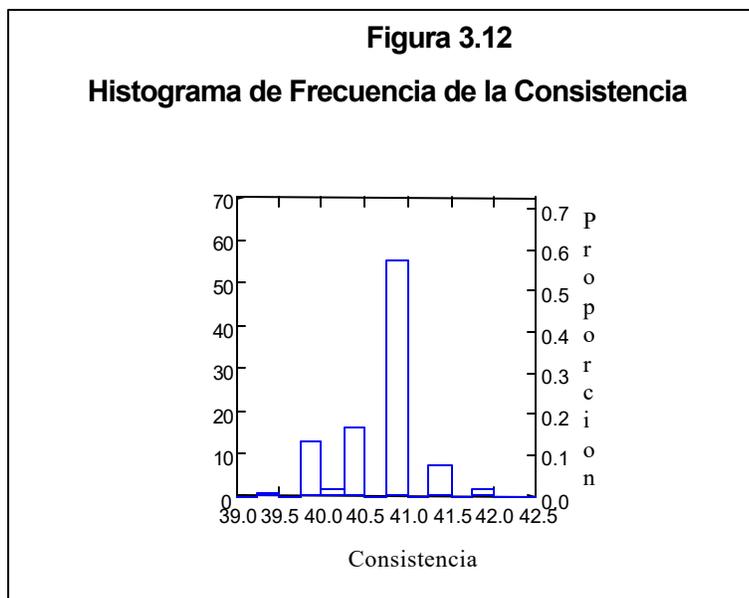
El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados negativamente en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de las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

es 39.5 y el máximo es 42 vol. en la consistencia para elaborar el papel.



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



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.

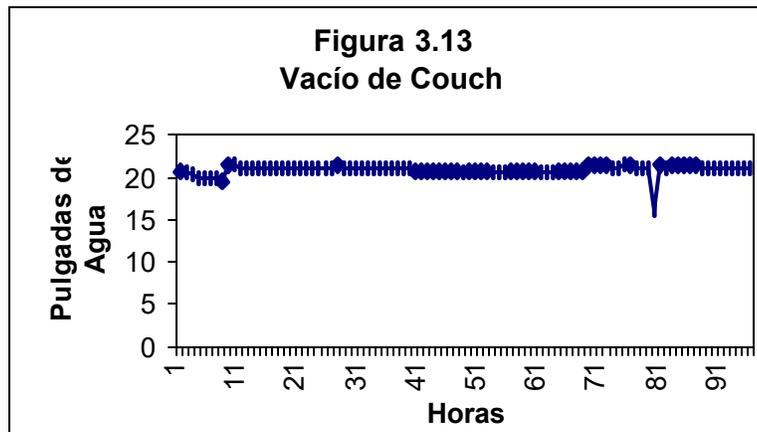
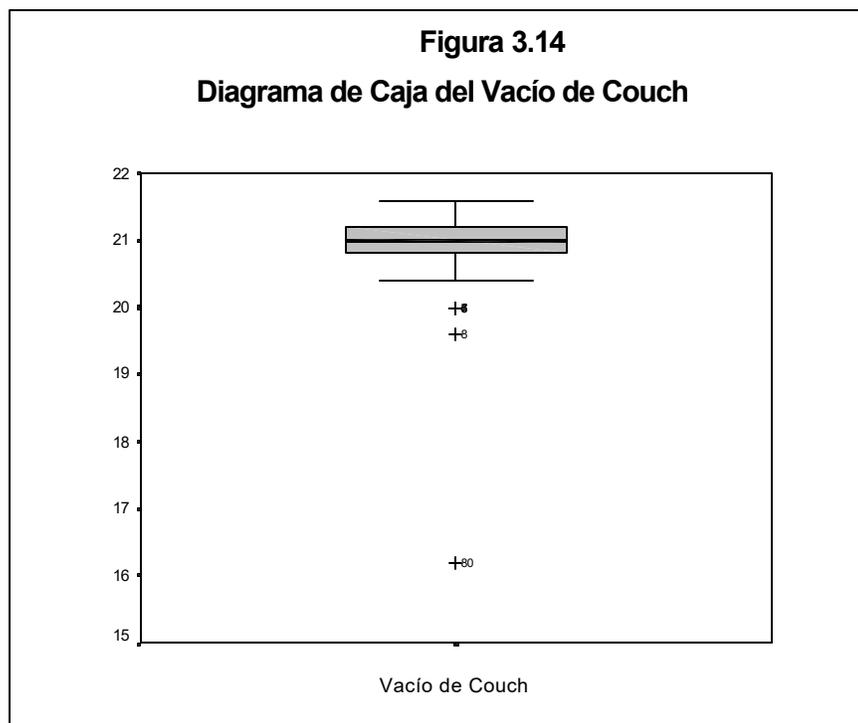


TABLA VI
Estadística Descriptiva del Vacío de Couch
(pulgadas de Agua)

Mínimo	16,2
Máximo	21,6
Media	20,91
Mediana	21
Varianza	0,361
Desviación Estándar	0,601
Sesgo	-5,327
Kurtosis	39,841

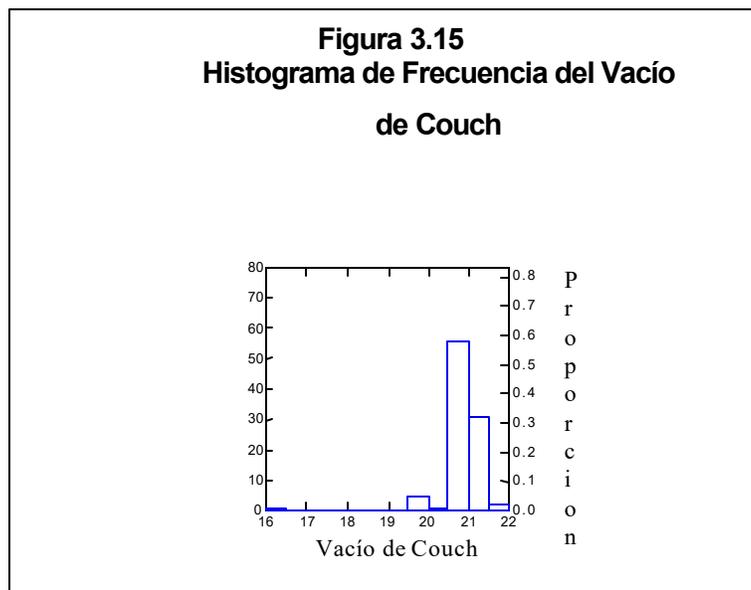
El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados negativamente en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica , ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo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



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.



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.

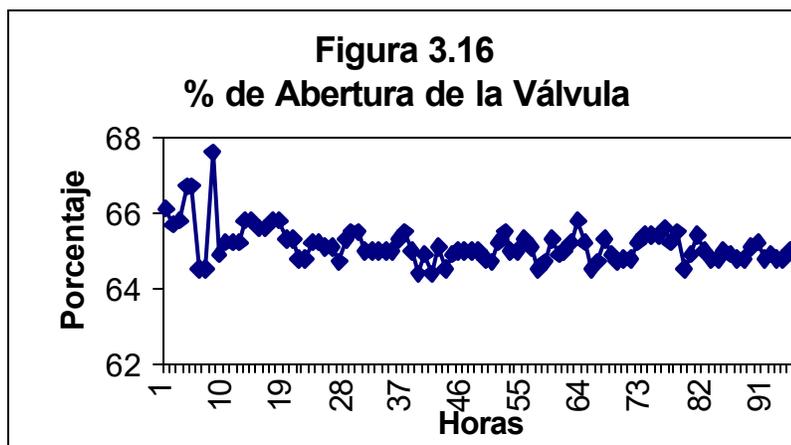


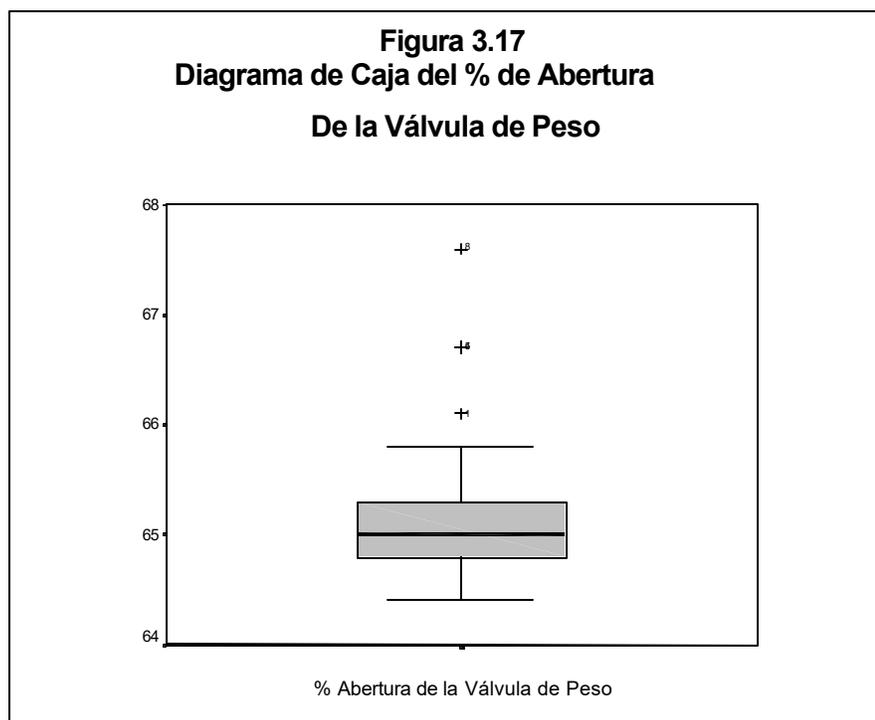
TABLA VII

Estadística Descriptiva de la Abertura de la Válvula

(en porcentaje)

Mínimo	64,4
Máximo	67,6
Media	65,15
Mediana	65
Varianza	0,245
Desviación Estándar	0,495
Sesgo	1,933
Kurtosis	6,626

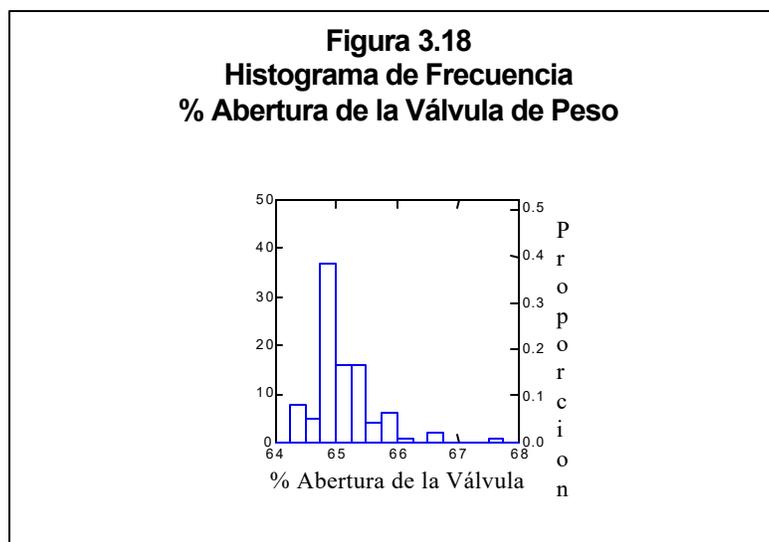
El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados positivamente en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es leptocúrtica, ya que tiene mayor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo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



Si $Q1=64.8$, esto significa que el 25% de los valores registrados 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.



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

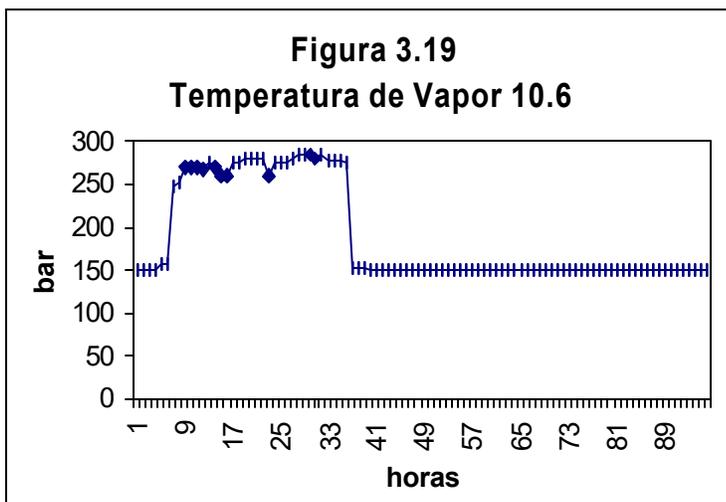
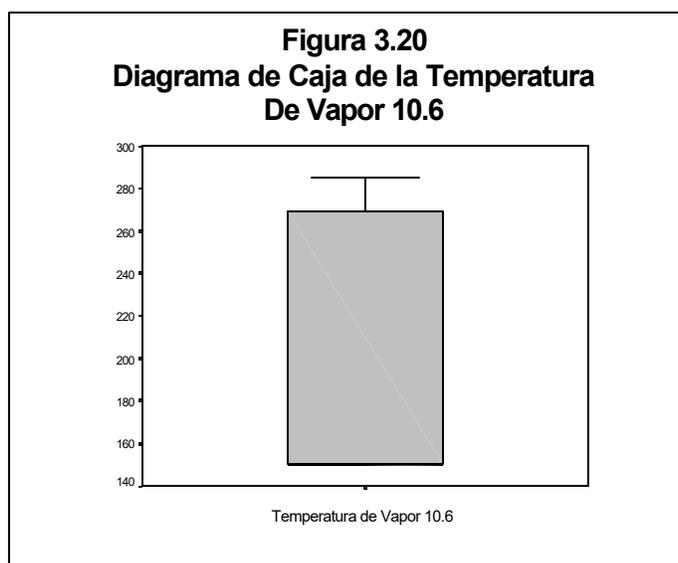


Tabla VIII

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

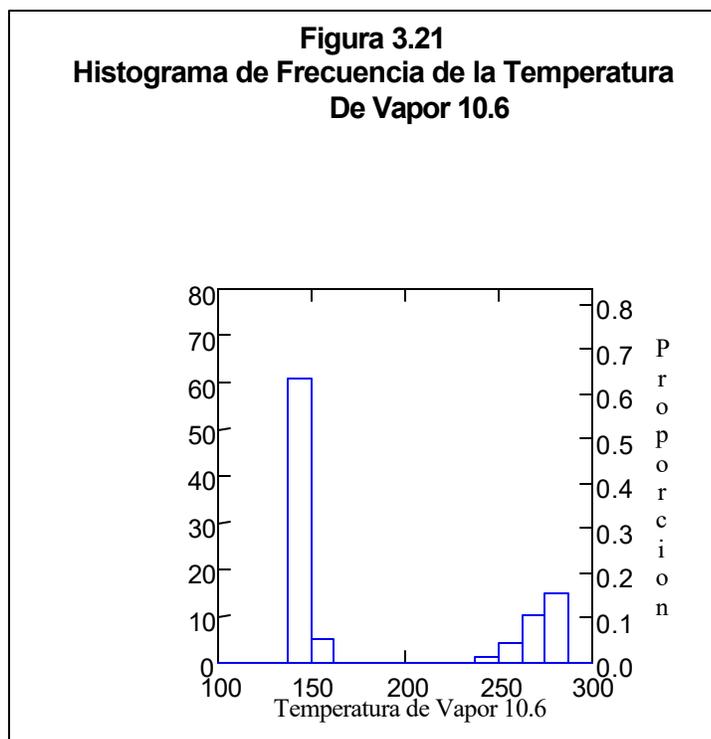
Mínimo	150
Máximo	285
Media	188,84
Mediana	150
Varianza	3325,417
Desviación Estándar	57,666
Sesgo	0,846
Kurtosis	-1,278

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.



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 bs 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

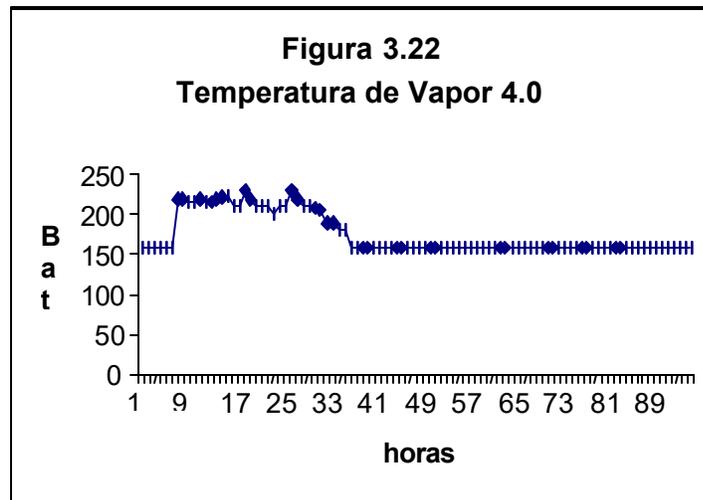
Como podemos apreciar en la figura 3.20



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:

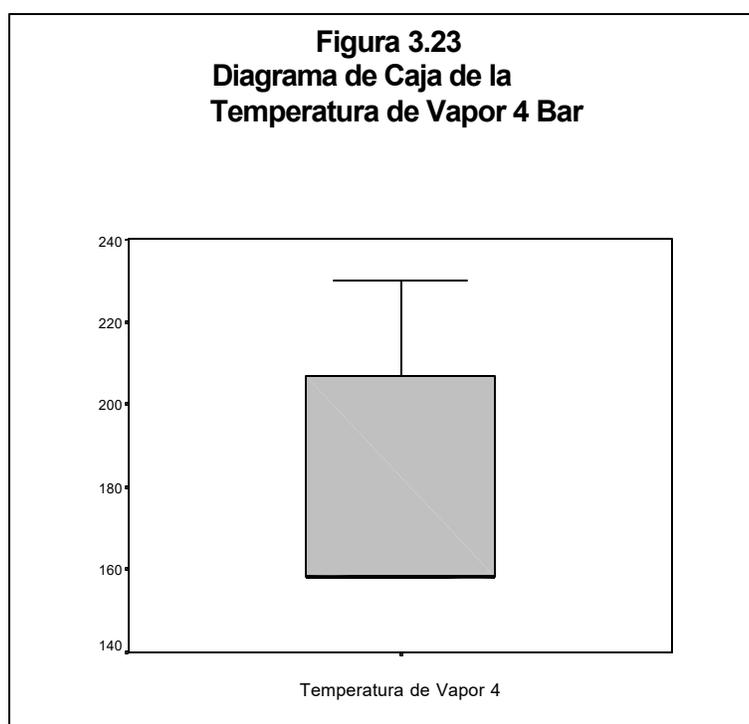
Temperatura de Vapor 4 Bar

**TABLA IX****Estadística Descriptiva de la Temperatura de Vapor 4.0****(en Bar)**

Mínimo	158
Máximo	230
Media	174,646
Mediana	158
Varianza	657,473
Desviación Estándar	25,641
Sesgo	1,014
Kurtosis	-0,808

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.

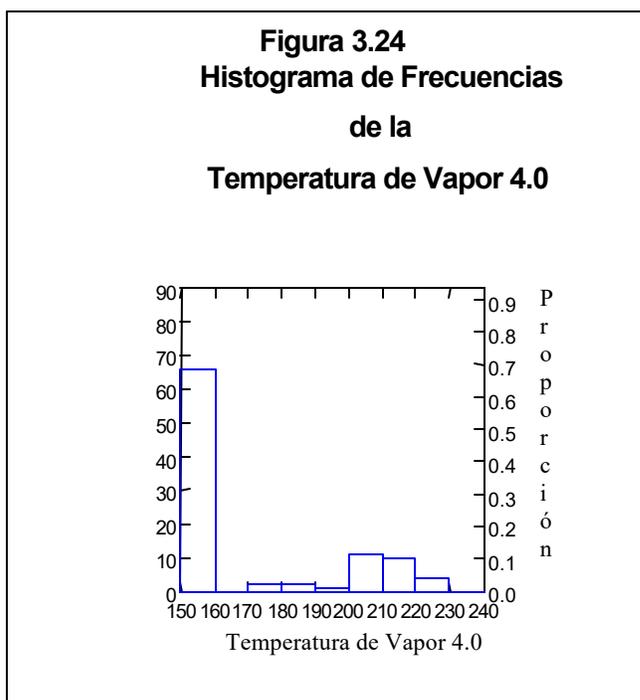


Si $Q1=158$, esto significa que el 25% de los valores registrados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre con respecto

a la temperatura de vapor 4.0, han sido menores o iguales que 158 Bares.

Si $Q_2=158$, quiere decir que la mediana de las observaciones es 158 Bares. Si $Q_3=207.5$, 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.



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 .

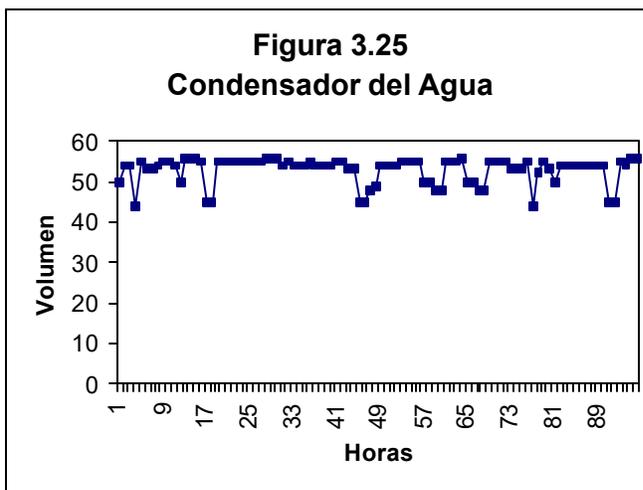
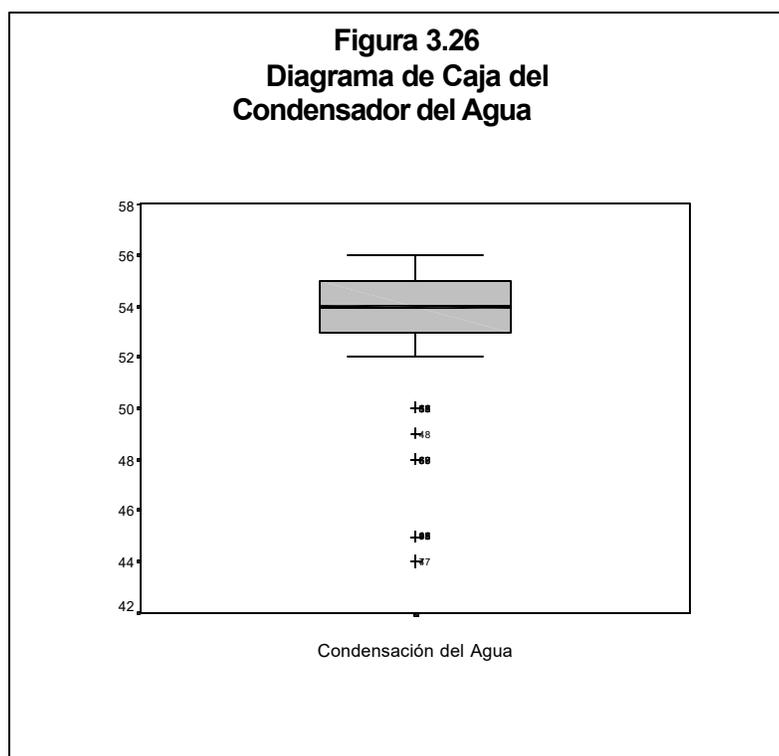


TABLA X
Estadística Descriptiva del Condensador del Agua
(Volumen)

Mínimo	44
Máximo	56
Media	52,979
Mediana	54
Varianza	10,336
Desviación Estándar	3,215
Sesgo	-1,563
Kurtosis	1,362

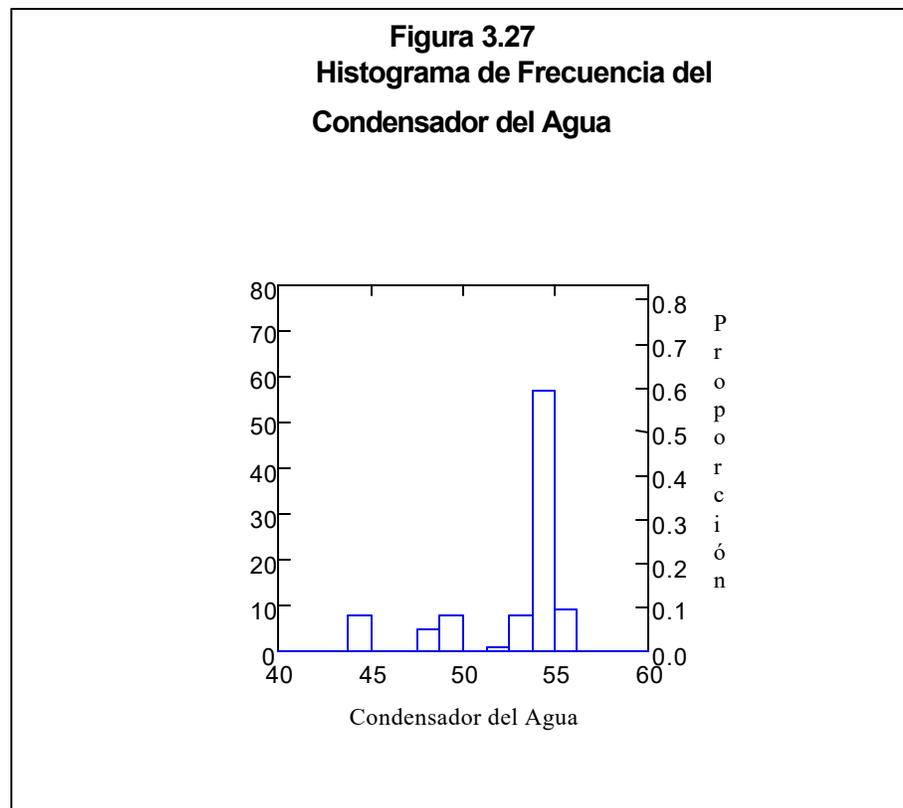
El Coeficiente de Sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado derecho, es decir que la mediana es mayor que la media. El coeficiente de Kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos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



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.



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.

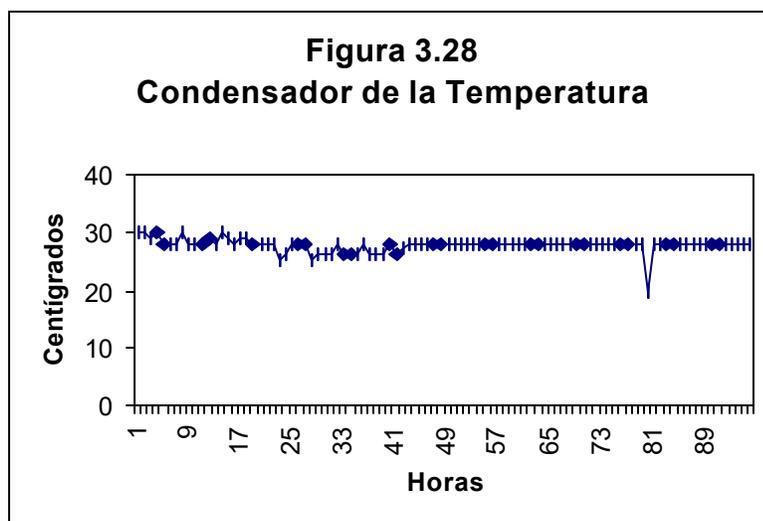


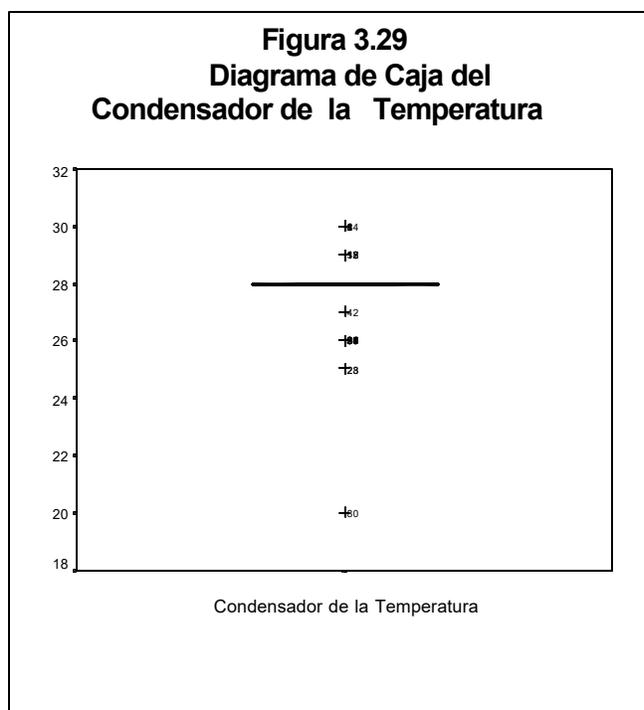
TABLA XI

Estadísticas Descriptivas del Condensador de la Temperatura

(°)

Mínimo	20
Máximo	30
Media	27,771
Mediana	28
Varianza	1,547
Desviación Estándar	1,244
Sesgo	-2,837
Kurtosis	15,683

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 20° y el máximo es 30° con respecto al condensador de la temperatura.

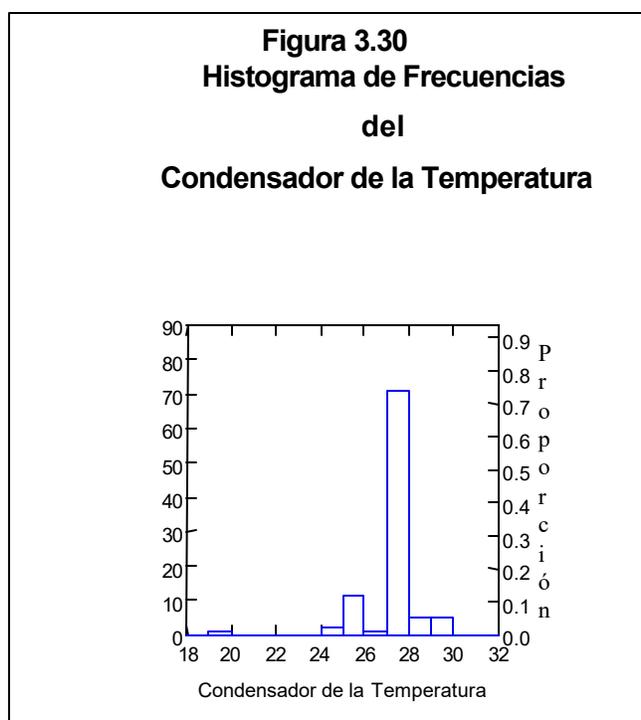


Si $Q1=28$, esto significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de Agosto al 22 de Septiembre con respecto al condensador de la temperatura, han sido menores o iguales que 28° .

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 28° 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 28° en todo el diagrama de caja del condensador de la temperatura. Como lo podemos apreciar en la figura 3.29.



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.

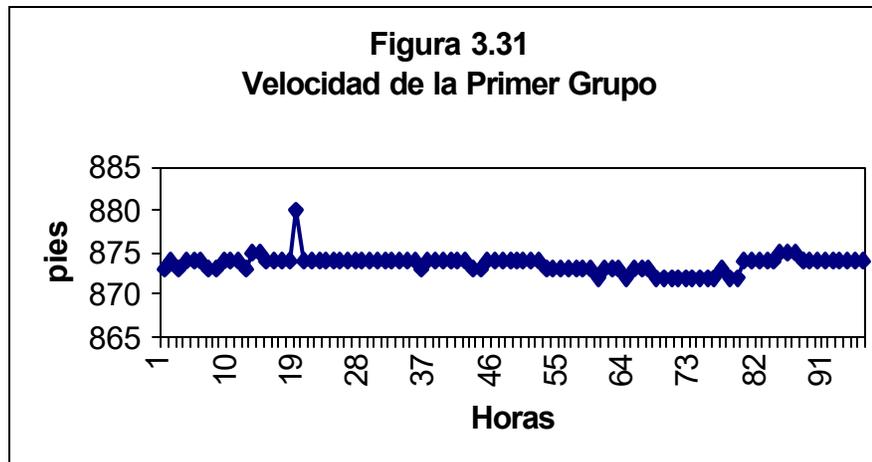
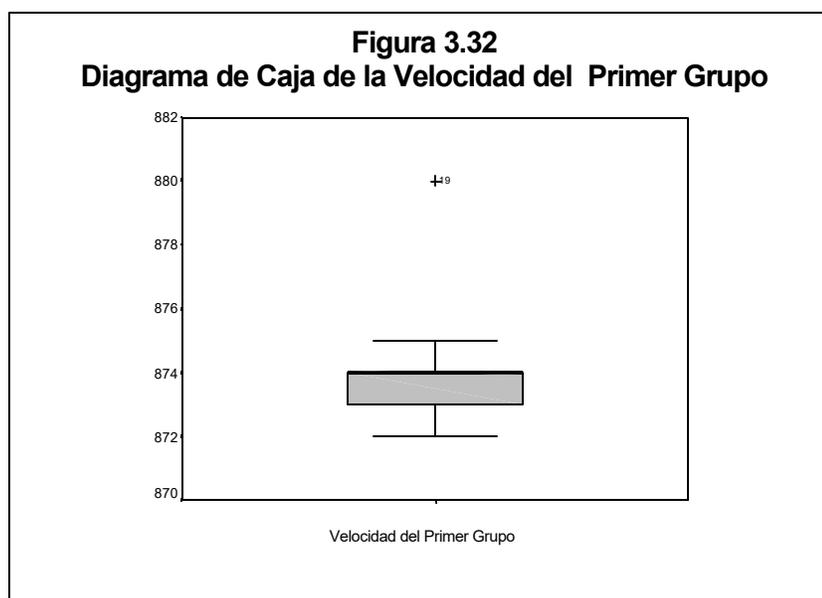


TABLA XII
Estadísticas Descriptivas de la Velocidad
del Primer Grupo(en pies/min)

Mínimo	872
Máximo	880
Media	873,615
Mediana	874
Varianza	1,06
Desviación Estándar	1,03
Rango	8

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.

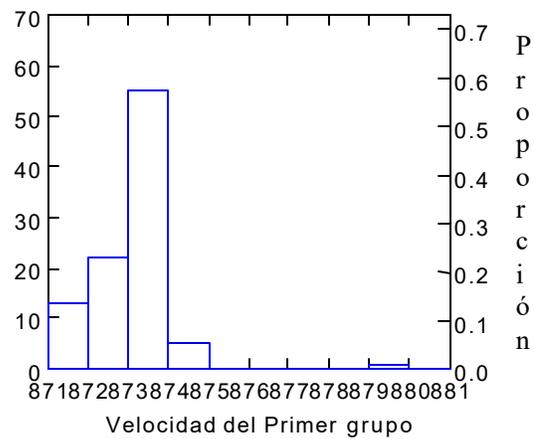


Si $Q_1=873$, esto significa que el 25% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Primer Grupo han sido menores o iguales que 873 pies/min.

Si $Q_2=874$, nos indica que la mediana de las observaciones es 874 pies/min. Si $Q_3=874$, 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.

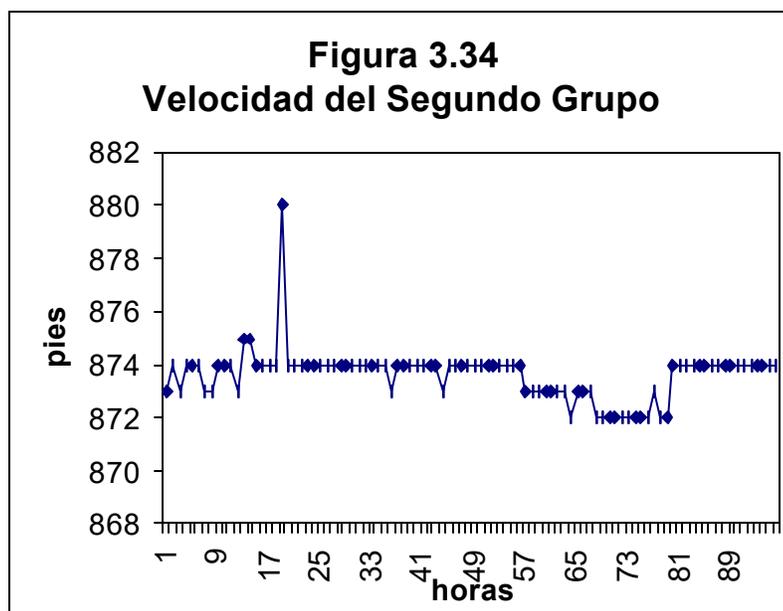


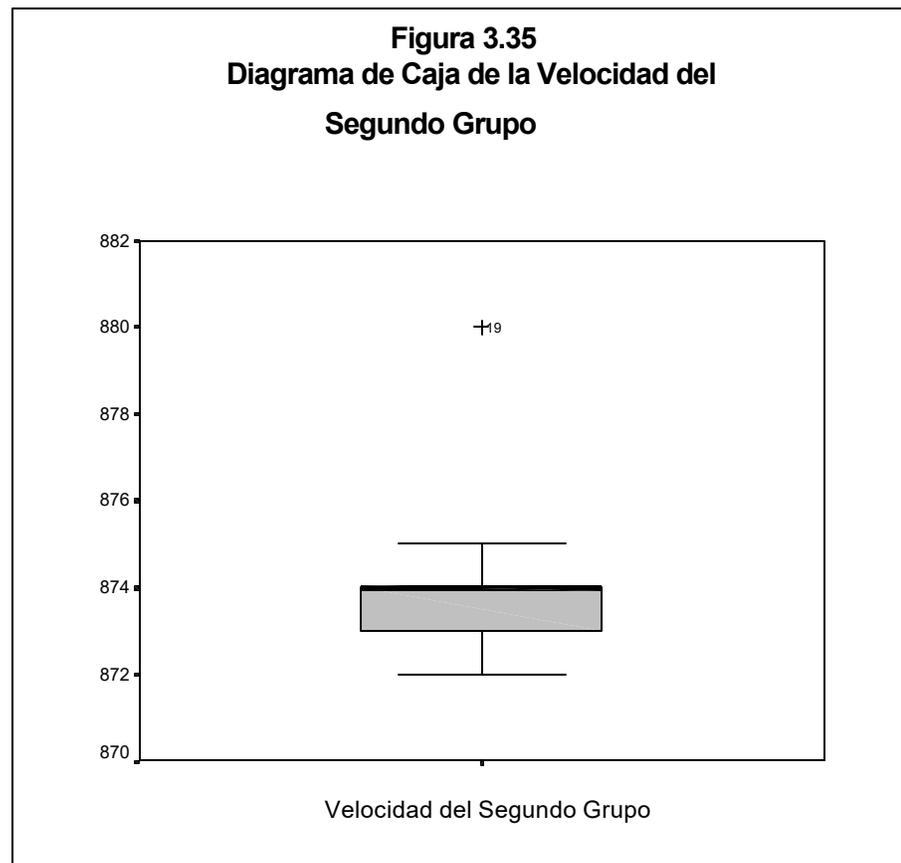
TABLA XIII

Estadísticas Descriptivas de la Velocidad

del Segundo grupo(en pies/min)

Mínimo	872
Máximo	880
Media	873,646
Mediana	874
Varianza	0,968
Desviación Estándar	0,984
Rango	8

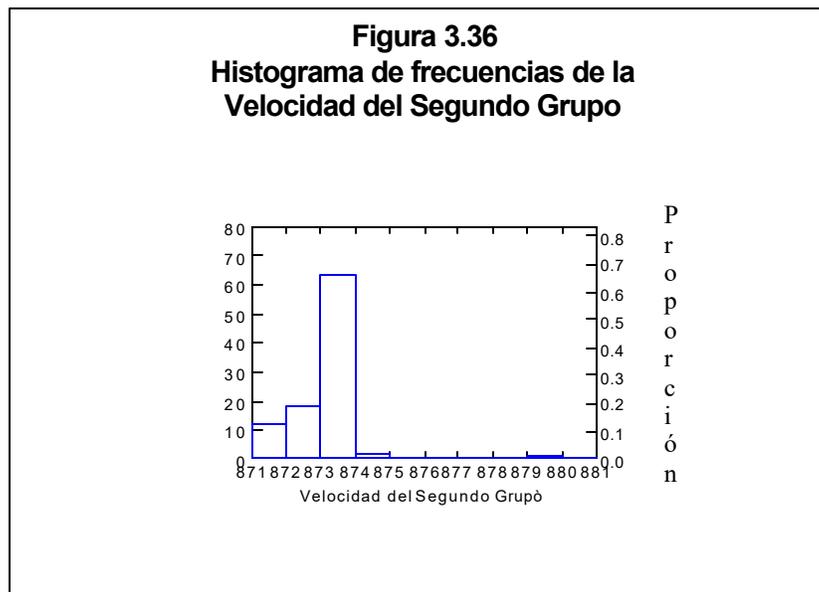
El mínimo de los datos es 872 pies/min y el máximo es 880 pies/min con respecto a la velocidad del segundo grupo. La mediana de las observaciones se encuentra en 874 pies/min y el rango de explicación es 8 pies/min. Como se puede apreciar en la figura 3.34.



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.



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.

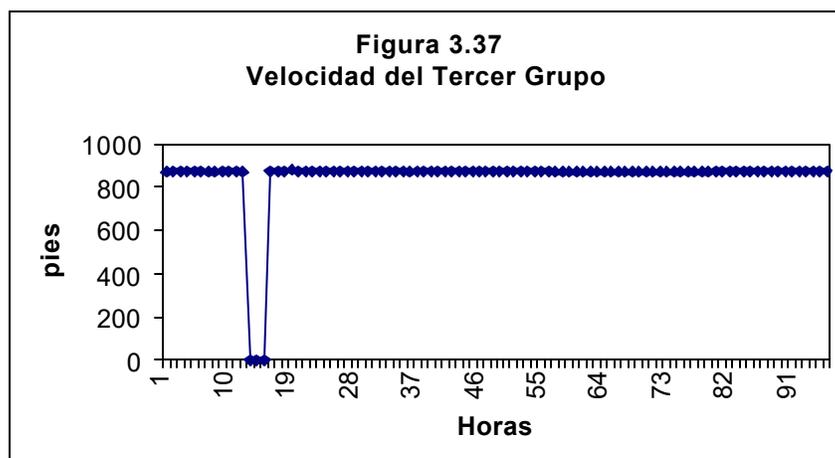
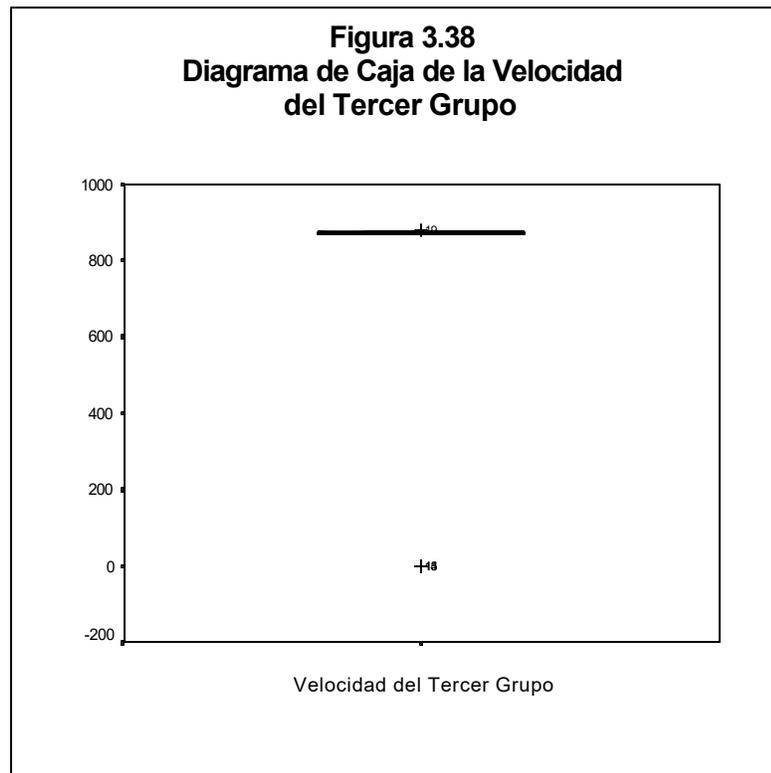


TABLA XIV

**Estadísticas Descriptivas de la Velocidad
del Tercer Grupo(en pies/min)**

Mínimo	0
Máximo	880
Media	873,646
Mediana	874
Varianza	0,968
Desviación Estándar	0,984
Rango	880

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.

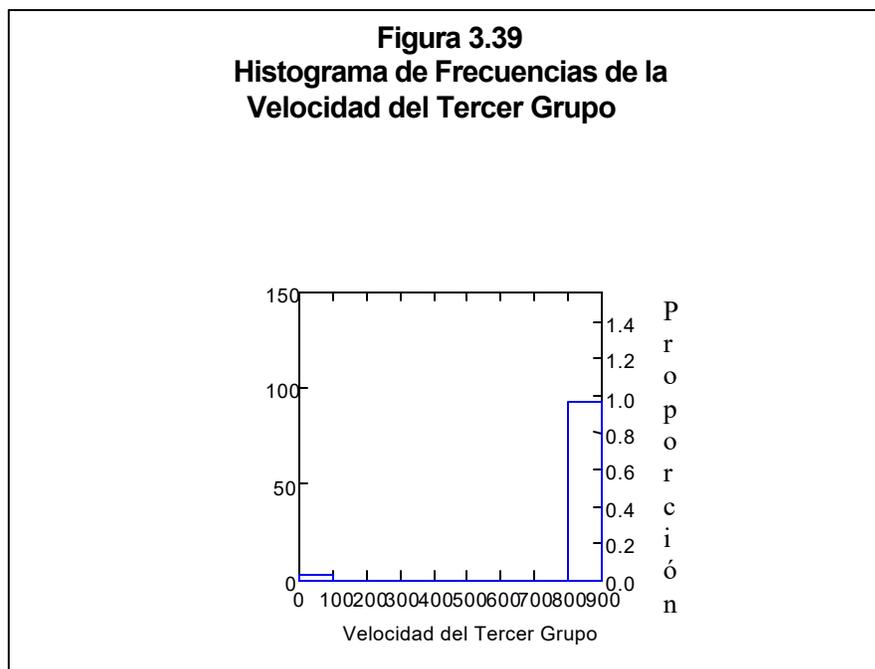


Si $Q1=873$, esto significa que el 25% de los valores tomados por hora desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Tercer Grupo han sido menores o iguales que 873 pies/min.

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.



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.

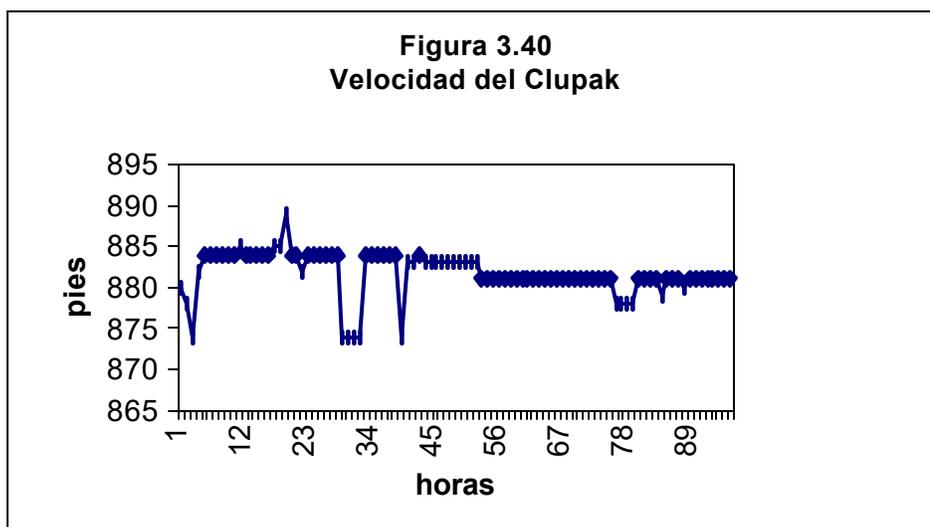


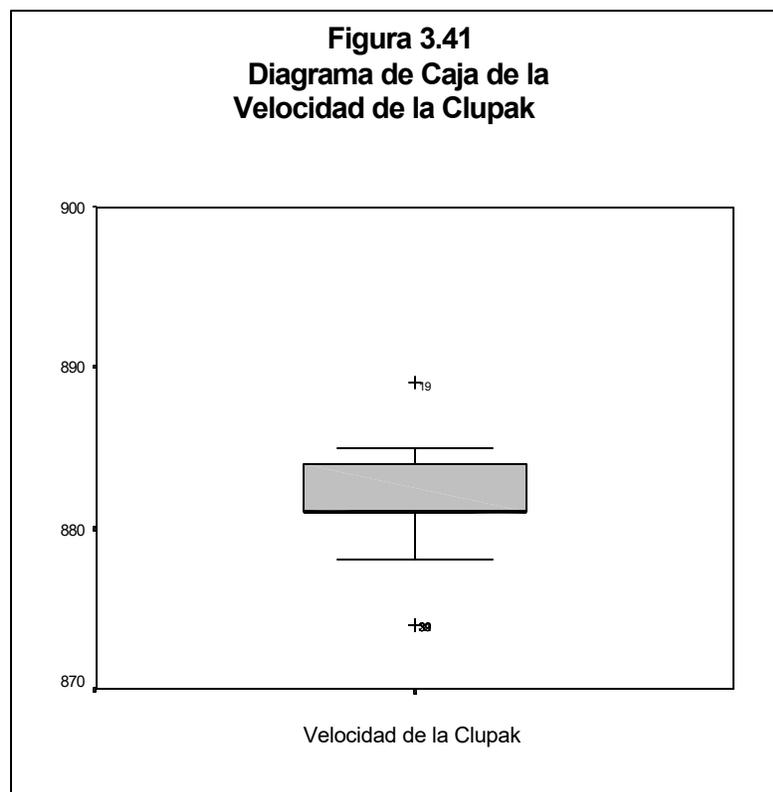
TABLA XV

Estadísticas Descriptivas de la Velocidad

del Clupak(en pies/min)

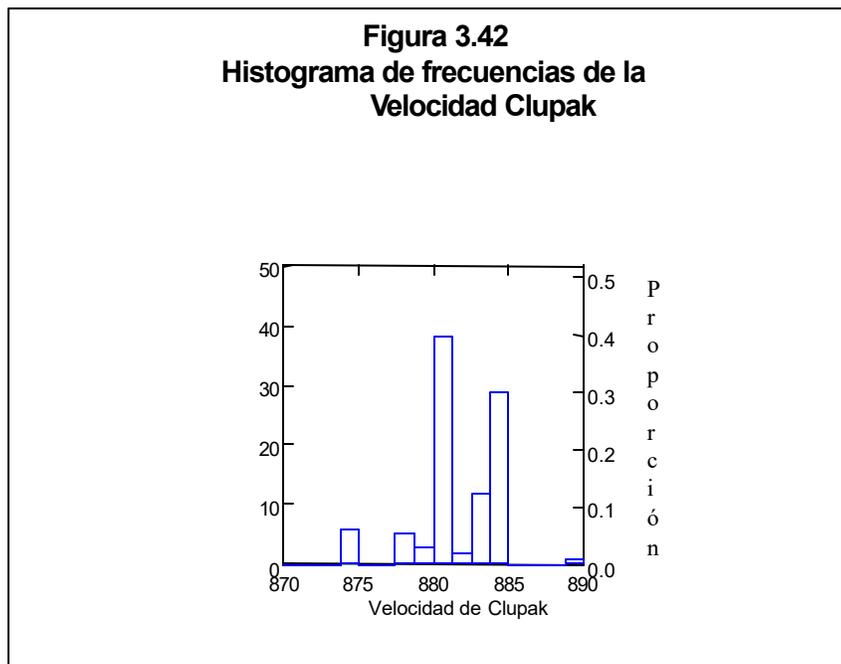
Mínimo	874
Máximo	889
Media	881,656
Mediana	881
Varianza	7,365
Desviación Estándar	2,714
Rango	15

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.



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.



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.

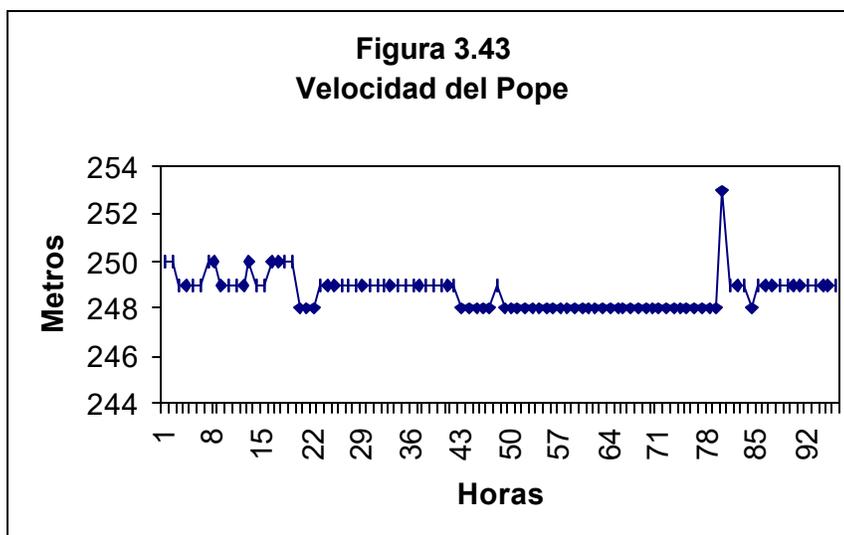
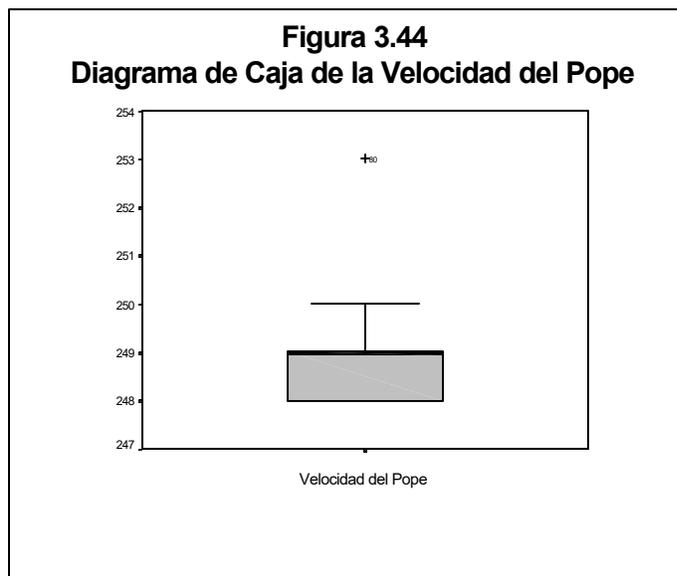


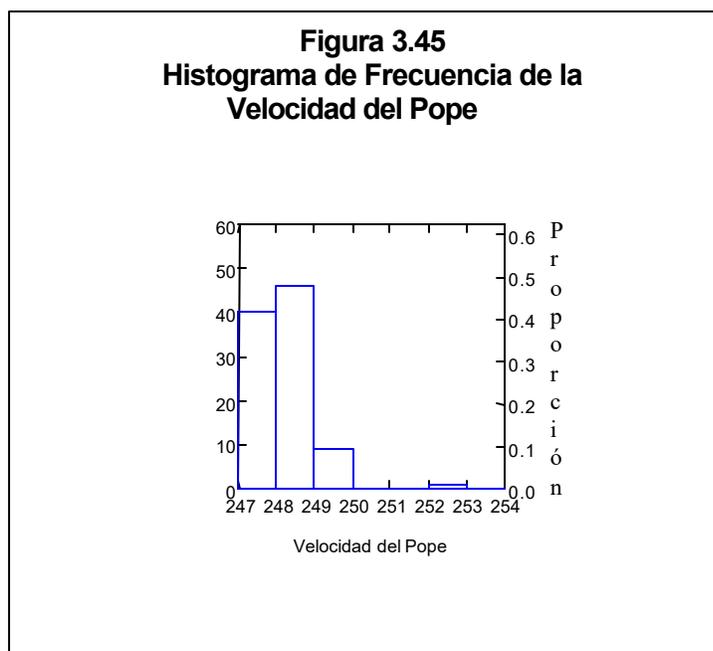
TABLA XVI
Estadísticas Descriptivas de la Velocidad
del Pope(en mts/min)

Mínimo	248
Máximo	253
Media	248,719
Mediana	249
Varianza	0,604
Desviación Estándar	0,777
Rango	5

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.



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.



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.

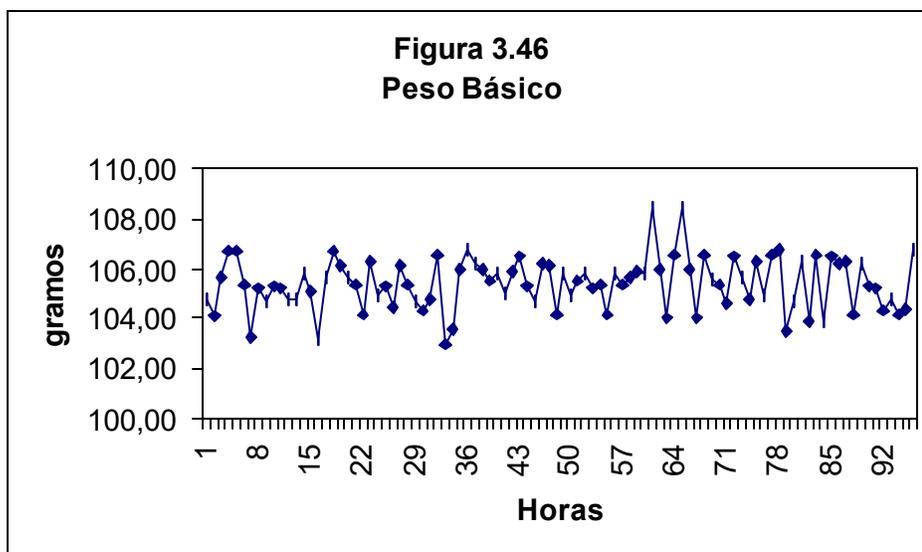
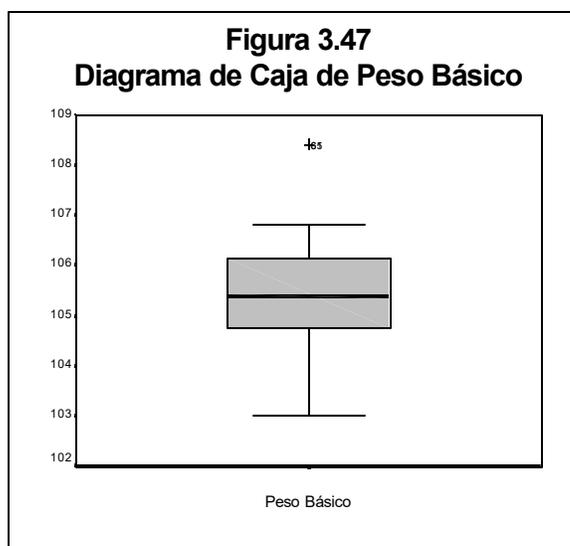


TABLA XVII
Estadísticas Descriptiva del Peso Básico
(en g/m²)

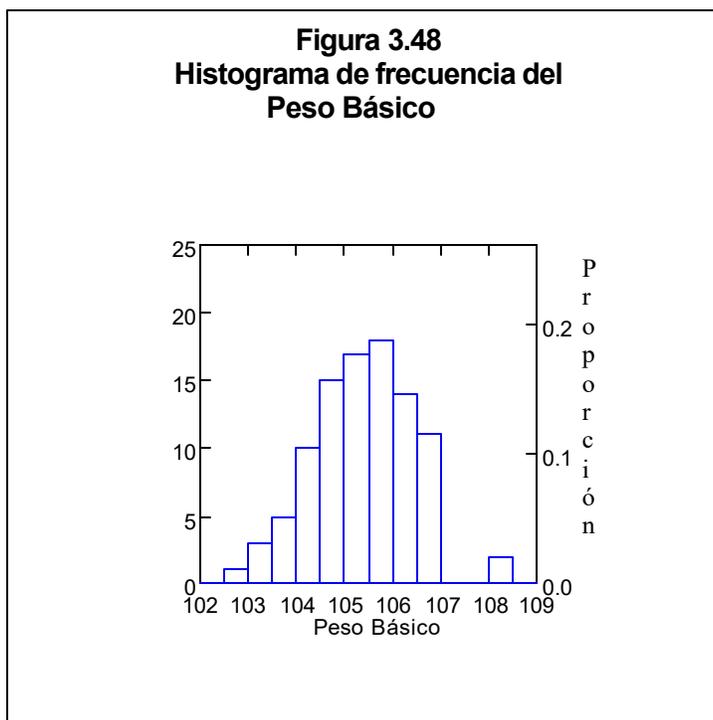
Mínimo	103
Máximo	108,4
Media	105,419
Mediana	105,4
Varianza	1,05
Desviación Estándar	1,025
Sesgo	0,059
Kurtosis	0,354

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.



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/m^2 . Si $Q2=105.4$, quiere decir que la mediana de las observaciones es 105.4 g/m^2 . Si $Q3= 106.175$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 106.175 g/ m^2 . 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/m^2 .

Existe un valor aberrante, 108.40 (observación 65) g/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.47.



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

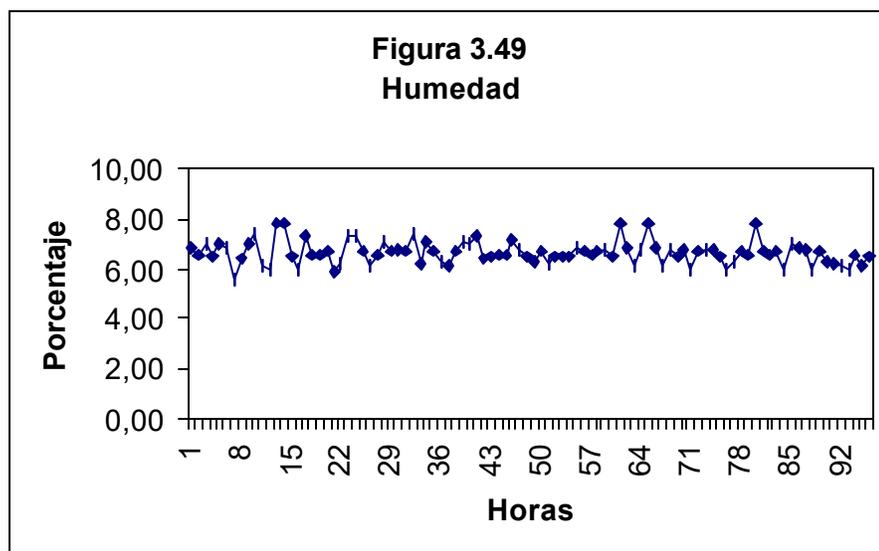
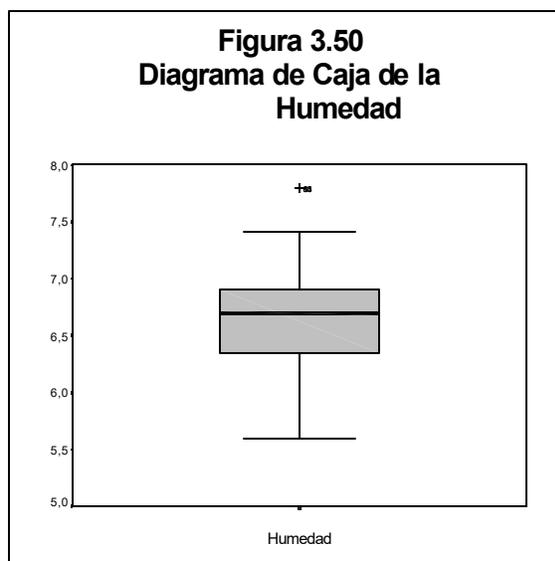


TABLA XVIII
Estadísticas Descriptiva de la Humedad
(en porcentaje)

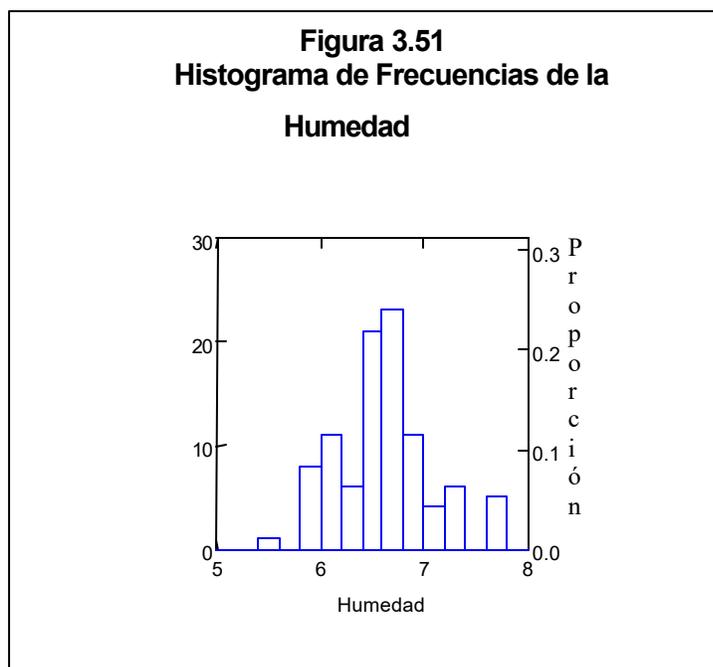
Mínimo	5,6
Máximo	7,8
Media	6,66
Mediana	6,7
Varianza	0,21
Desviación Estándar	0,459
Sesgo	0,493
Kurtosis	0,416

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.



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.



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

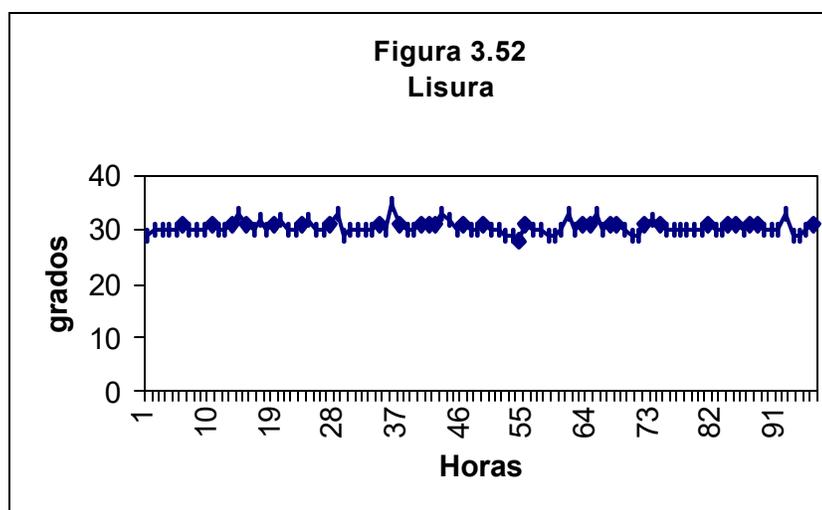
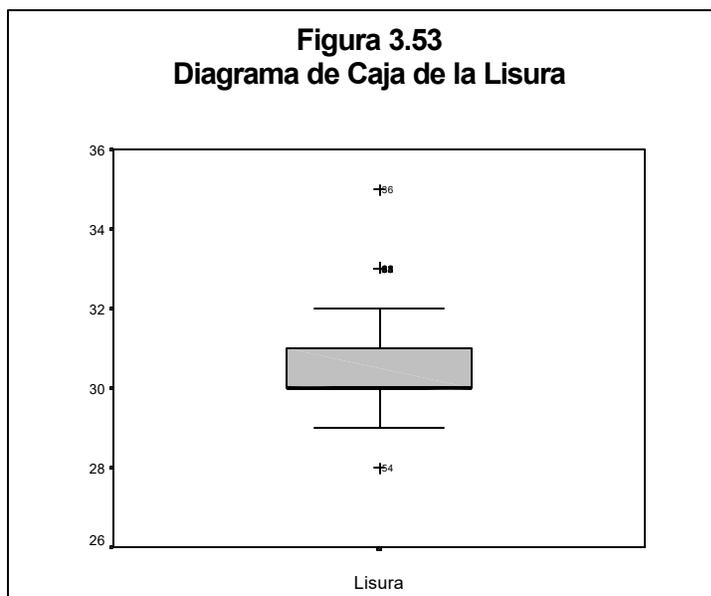


TABLA XIX**Estadísticas Descriptivas de la Lisura****(^o)**

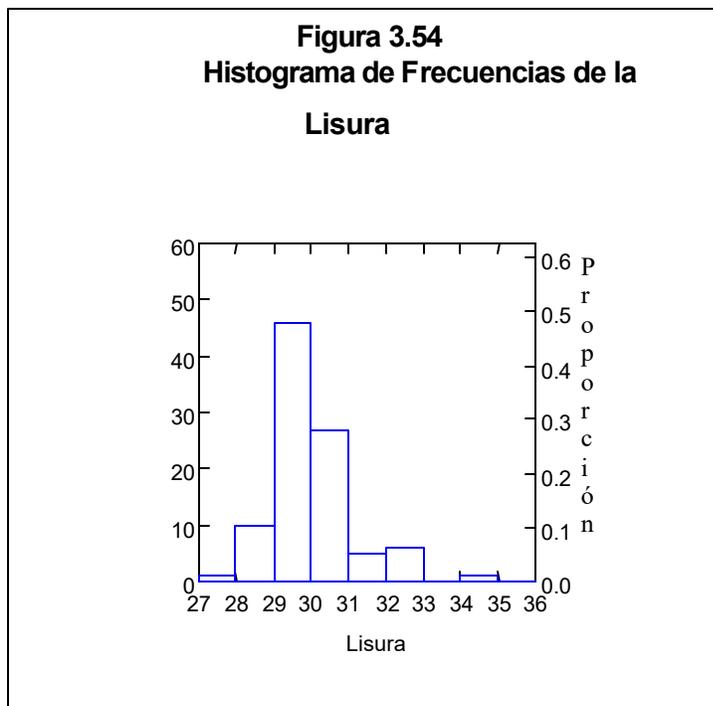
Mínimo	28
Máximo	35
Media	30,5
Mediana	30
Varianza	1,221
Desviación Estándar	1,105
Sesgo	1,195
Kurtosis	2,648

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 28° y el máximo es 35°. En promedio la lisura representa 30.5° de la prueba realizada al papel extensible.



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 30° . Si $Q2=30$, nos indica que la mediana de las observaciones es 30° . Si $Q3=31$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 31° . Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 30° .

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



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 30°. El 28.1% se encuentra en los 31°. Apenas el 1% se encuentra entre los 34 y 35°. Como podemos apreciar en la figura 3.54.

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

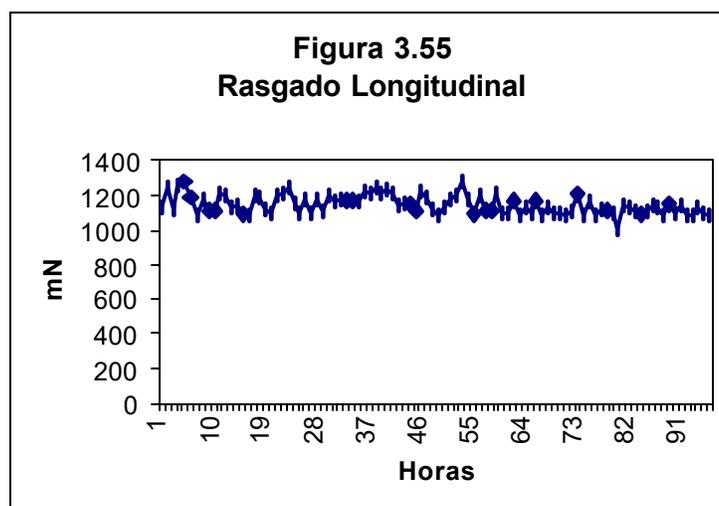
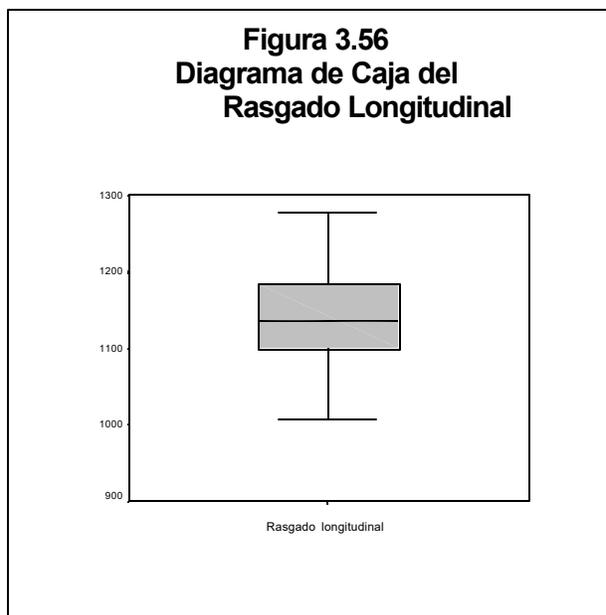


TABLA XX

Estadísticas Descriptivas del Rasgado Longitudinal
(en mN)

Mínimo	1007
Máximo	1278
Media	1145,76
Mediana	1135
Varianza	2870,058
Desviación Estándar	53,575
Sesgo	0,416
Kurtosis	-0,344

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.

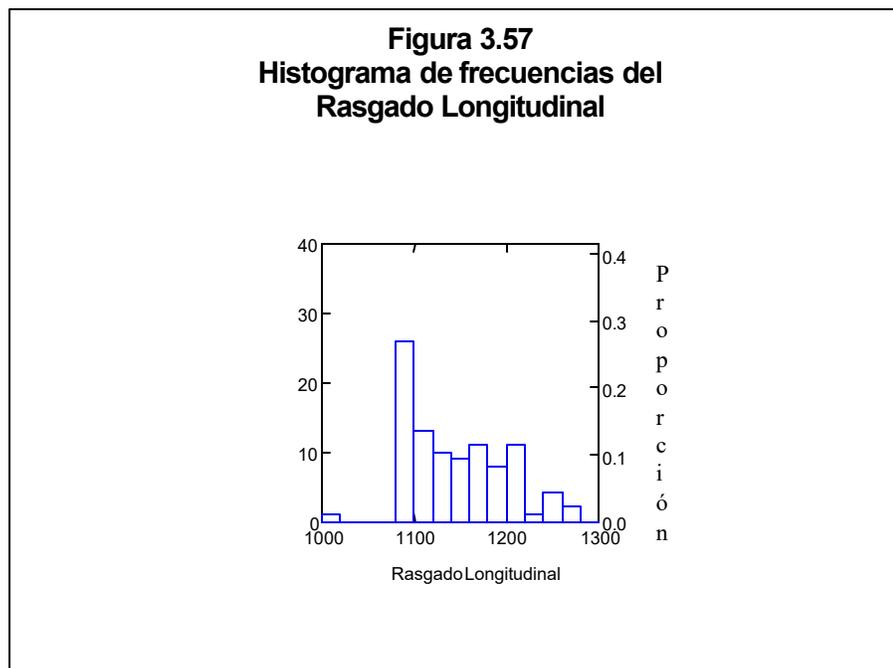


Si $Q1=1100$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000

con respecto al rasgado longitudinal, han sido menores o iguales a 1100 mN.

Si $Q_2=1135$, nos indica que la mediana de las observaciones es 1135 mN. Si $Q_3=1183.5$, 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.



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.

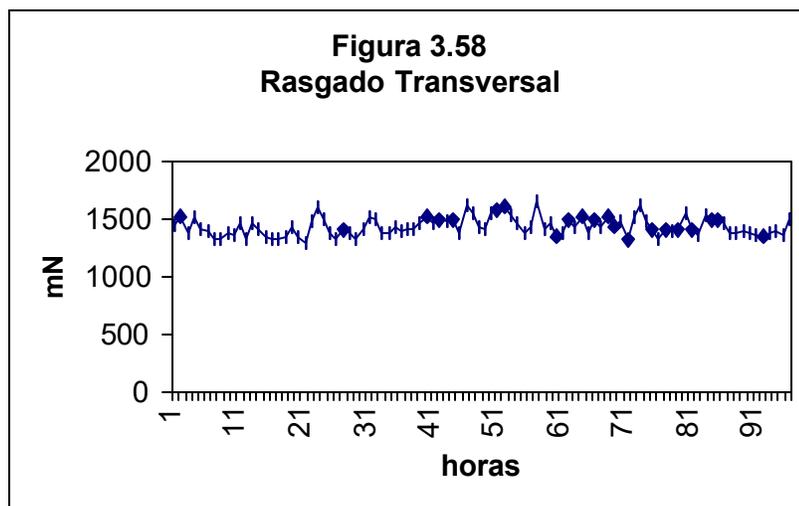
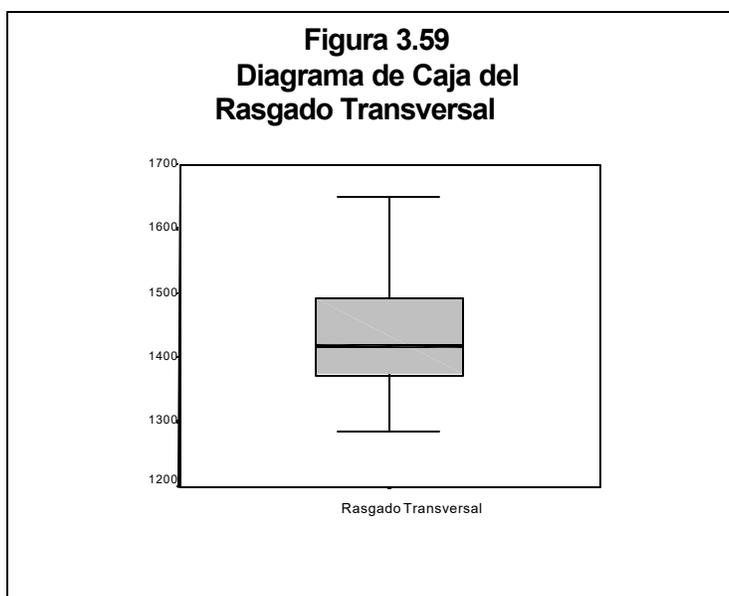


TABLA XXI
Estadísticas Descriptivas del Rasgado Transversal
(en mN)

Mínimo	1283
Máximo	1649
Media	1435,125
Mediana	1419
Varianza	6321,668
Desviación Estándar	79,509
Sesgo	0,558
Kurtosis	-0,223

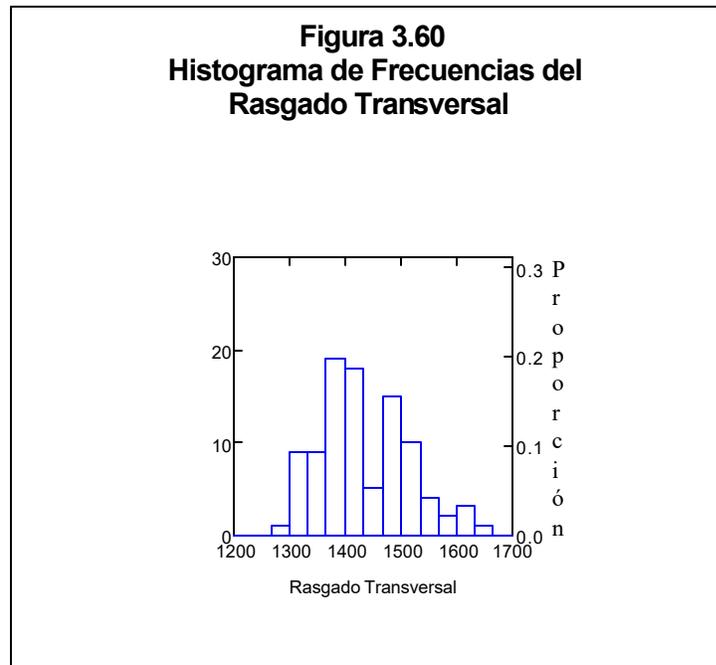
El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana. El Coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos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



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.

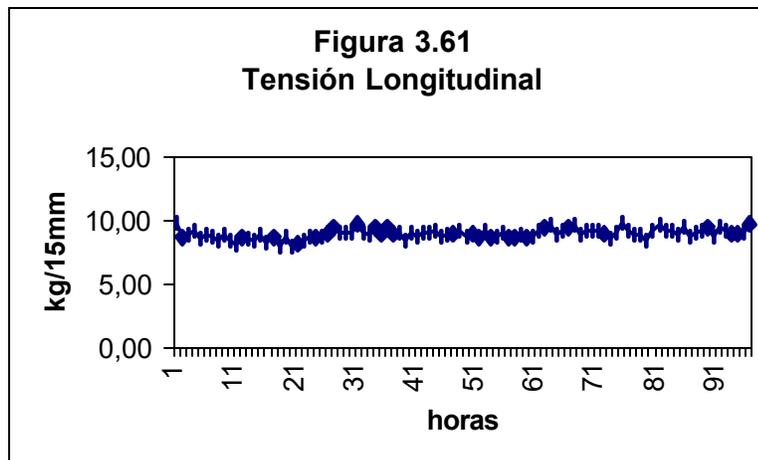
Si $Q2=1419$, nos indica que la mediana de las observaciones es 1419 mN. Si $Q3=1493.75$, indica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 1493.75 mN. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 1419 y el otro 50% se encuentra entre 1374 y 1493.75 mN con respecto al rasgado transversal.

Como podemos apreciar en la figura 3.59.



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.

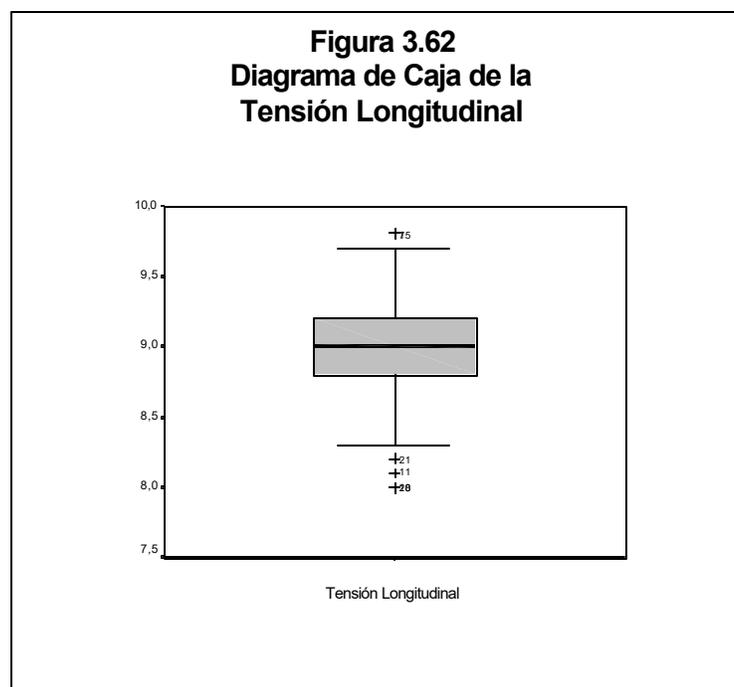
A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable: Tensión Longitudinal.

**TABLA XXII****Estadísticas Descriptivas de la Tensión Longitudinal****(en kg/15mm)**

Mínimo	8
Máximo	9,8
Media	8,978
Mediana	9
Varianza	0,14
Desviación Estándar	0,375
Sesgo	-0,214
Kurtosis	0,282

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.

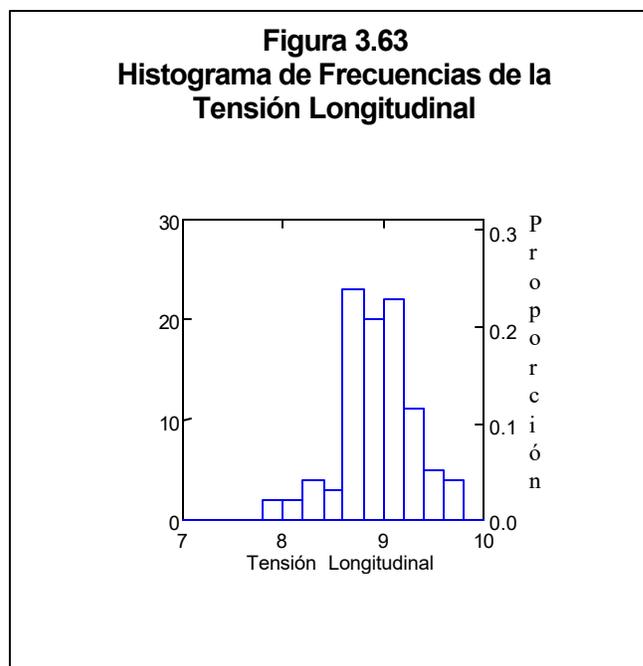


Si $Q1=8.8$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la Tensión Longitudinal, han sido menores o iguales a 8.8 kg/15mm.

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.



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.

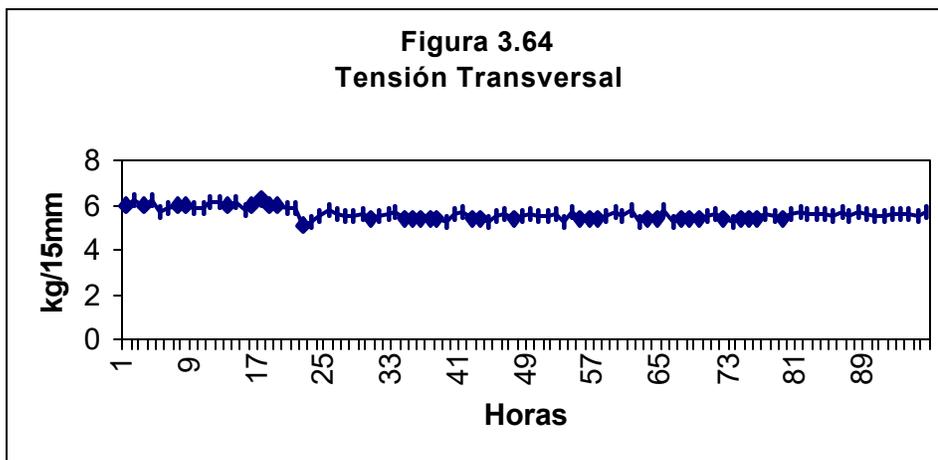
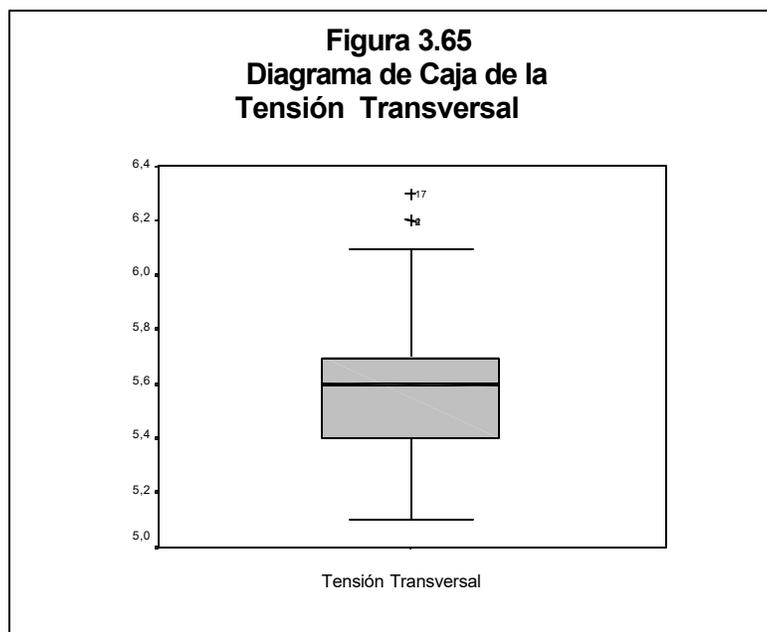


TABLA XXIII
Estadísticas Descriptivas de la Tensión Transversal
(en kg/15mm)

Mínimo	5,1
Máximo	6,3
Media	5,61
Mediana	5,6
Varianza	0,062
Desviación Estándar	0,25
Sesgo	0,764
Kurtosis	-0,038

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.

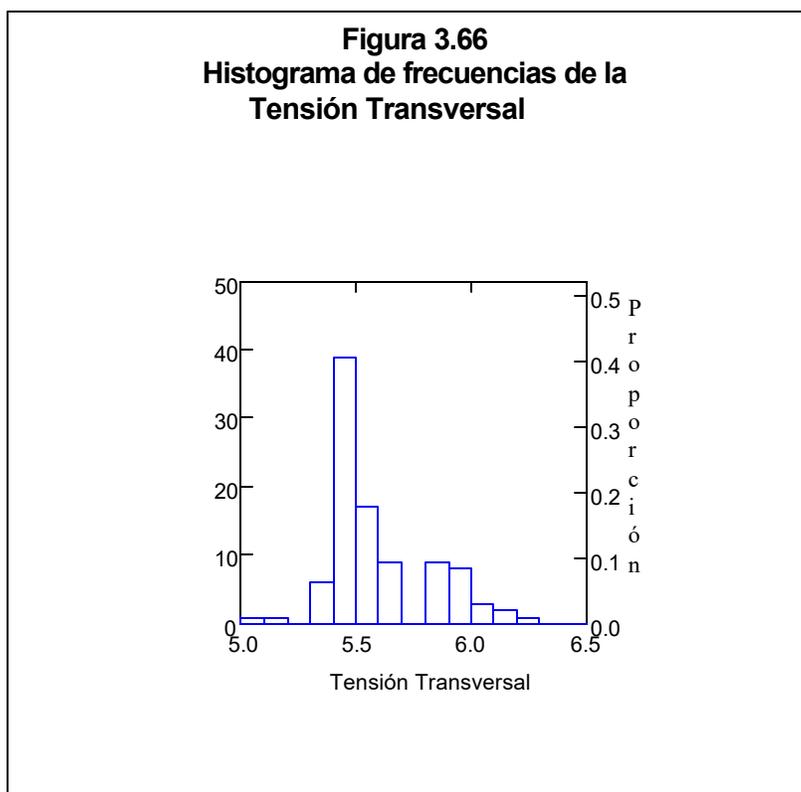


Si $Q1=5.4$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a la tensión transversal, han sido menores o iguales a 5.4 kg/15mm.

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.



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

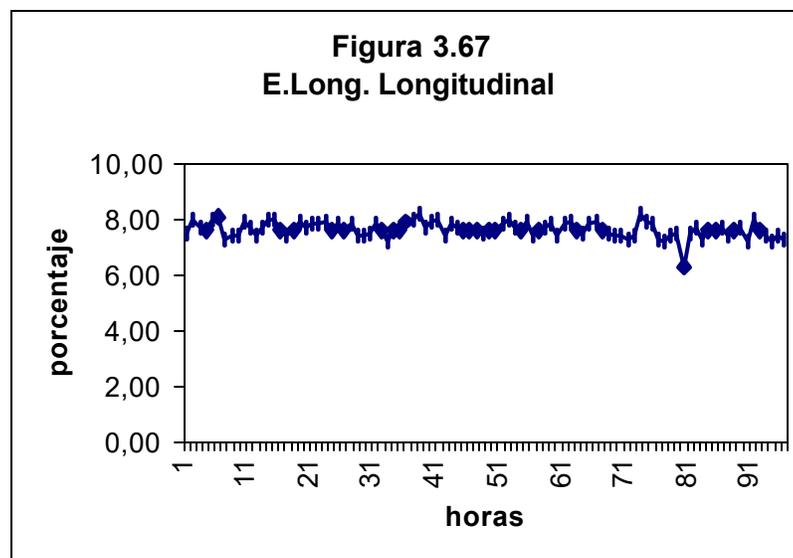
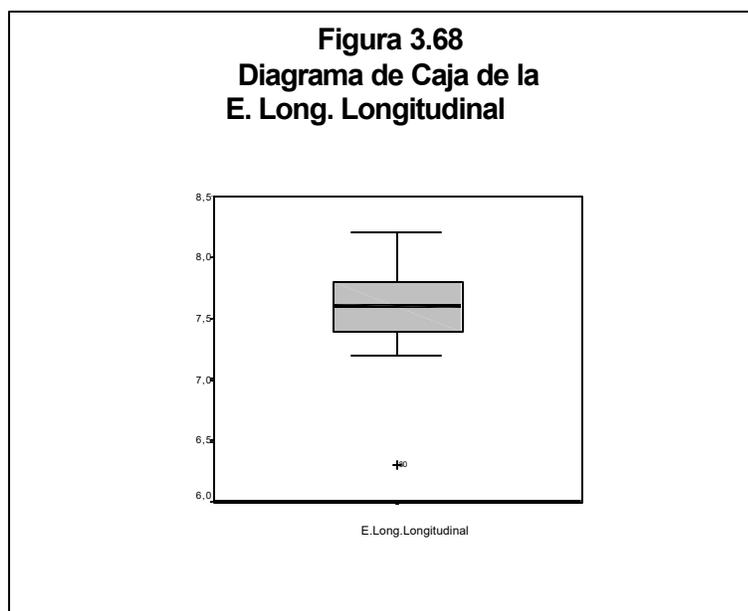


TABLA XXIV
Estadísticas Descriptivas de la E. Longitud
Longitudinal (en porcentaje)

Mínimo	6,3
Máximo	8,2
Media	7,627
Mediana	7,6
Varianza	0,074
Desviación Estándar	0,272
Rango	1,9

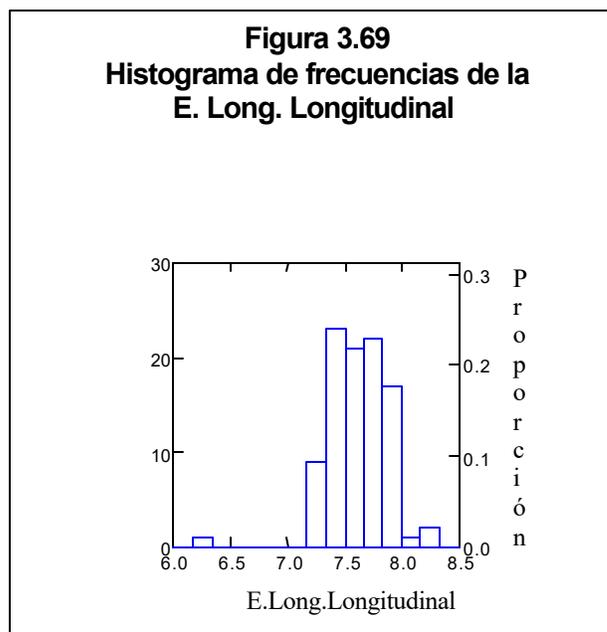
El mínimo de los datos es 6.3% y el máximo de los datos es 8.2% se encuentra en E. Longitud Longitudinal al realizar la prueba al papel extensible. En promedio dicha variable representa el 7.627% y el rango de explicación representa el 1.9% de las observaciones registradas para realizar la prueba al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



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.



Aproximadamente, el 26.1% de los valores observados por hora (31 agosto-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.

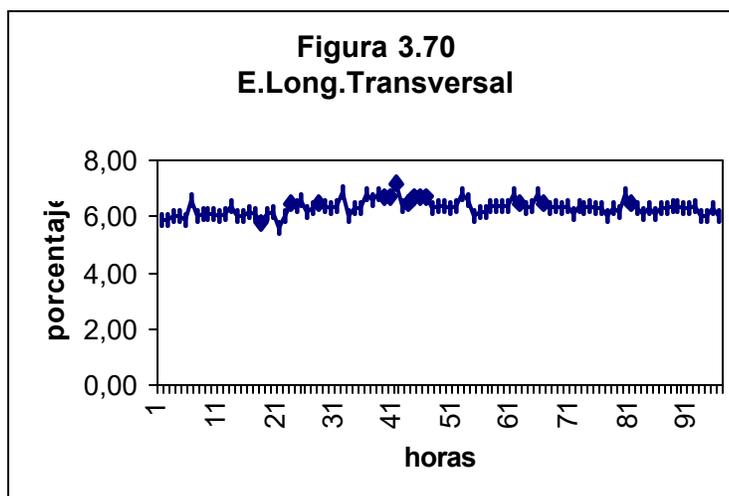
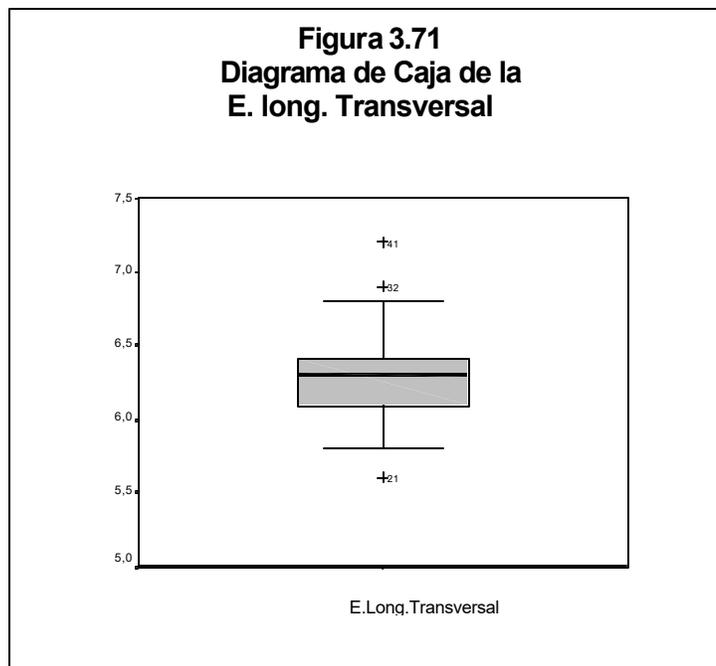


TABLA XXV
Estadísticas Descriptivas de E. Long. Transversal
(en porcentaje)

Mínimo	5,6
Máximo	7,2
Media	6,323
Mediana	6,3
Varianza	0,074
Desviación Estándar	0,272
Sesgo	0,33
Kurtosis	0,494

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 .

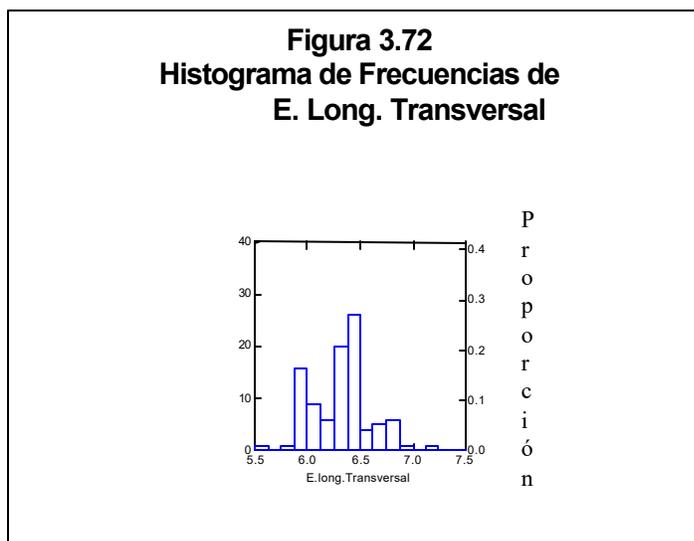


Si $Q1=6.2$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a E. Long. Transversal, han sido menores o iguales que 6.2%.

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.



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

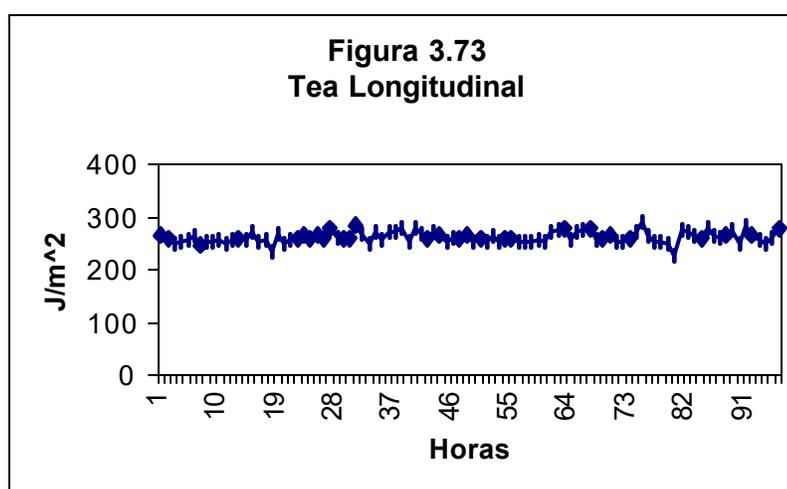


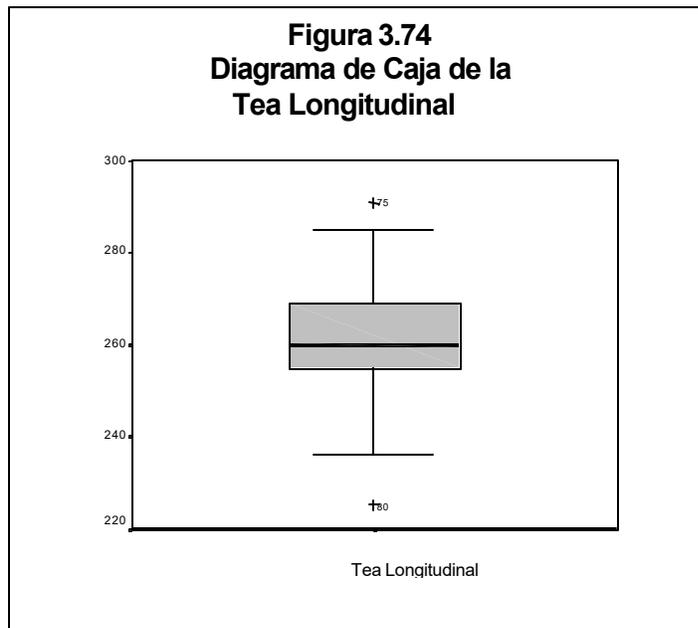
TABLA XXVI

Estadísticas Descriptivas de Tea Longitudinal

(en J/m^2)

Mínimo	225
Máximo	291
Media	261,708
Mediana	260
Varianza	114,23
Desviación Estándar	10,688
Sesgo	0,084
Kurtosis	0,9

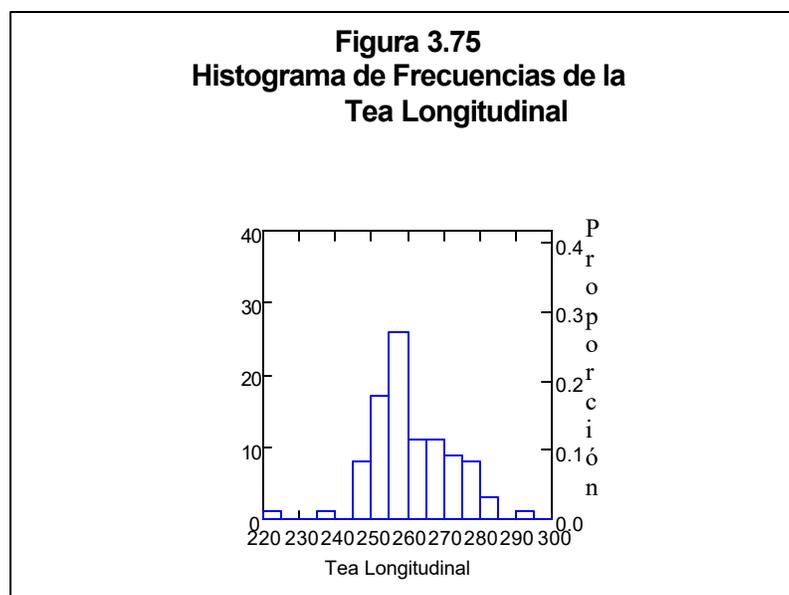
El coeficiente de sesgo indica que los datos se encuentran concentrados en el lado izquierdo, es decir que la media es mayor que la mediana . El coeficiente de kurtosis indica que la distribución es platicúrtica, ya que tiene menor concentración de datos que la normal en sus colas. El mínimo de los datos se encuentra en 225 J/m^2 y el máximo de los datos se encuentra en 291 J/m^2 en Tea Longitudinal al realizar la prueba en el papel extensible.



Si $Q_1=255$, 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/m^2 .

Si $Q_2=260$, nos indica que la mediana de las observaciones es 260 J/m^2 . Si $Q_3=269$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que 269 J/m^2 . Es decir que el 50% de los datos se encuentra en 260 J/m^2 y el otro 50% de los datos se encuentra entre 255 y 269 J/m^2 .

Existen dos valores aberrantes, 225 (observación 80) y 291 (observación 75) J/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.74.



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/m^2 . El 19.7 % se encuentra entre los 261 y 279 J/m^2 . Apenas el 1% sobrepasa la barrera de los 290 J/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.75.

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

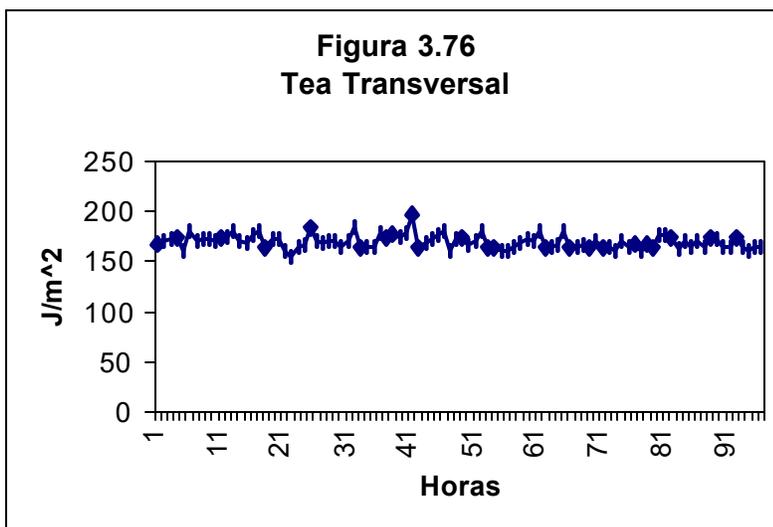
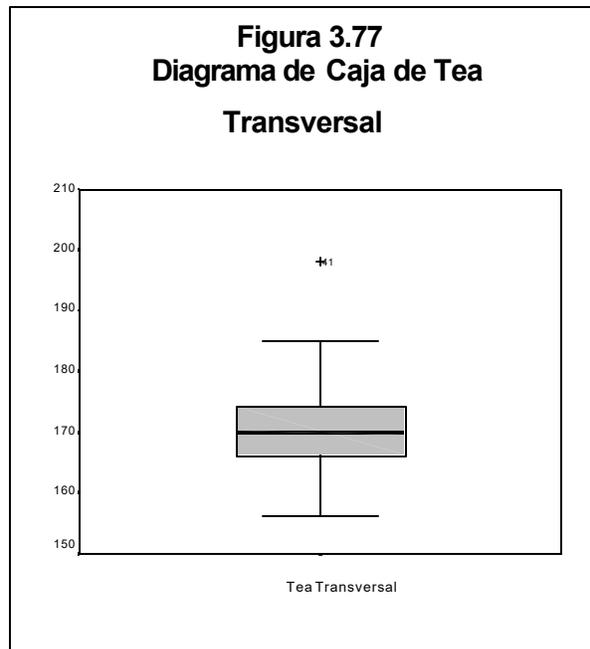


TABLA XXVII
Estadísticas Descriptivas de Tea Transversal
(en J/m²)

Mínimo	156
Máximo	198
Media	170,125
Mediana	170
Varianza	44,511
Desviación Estándar	6,672
Sesgo	0,931
Kurtosis	2,11

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.

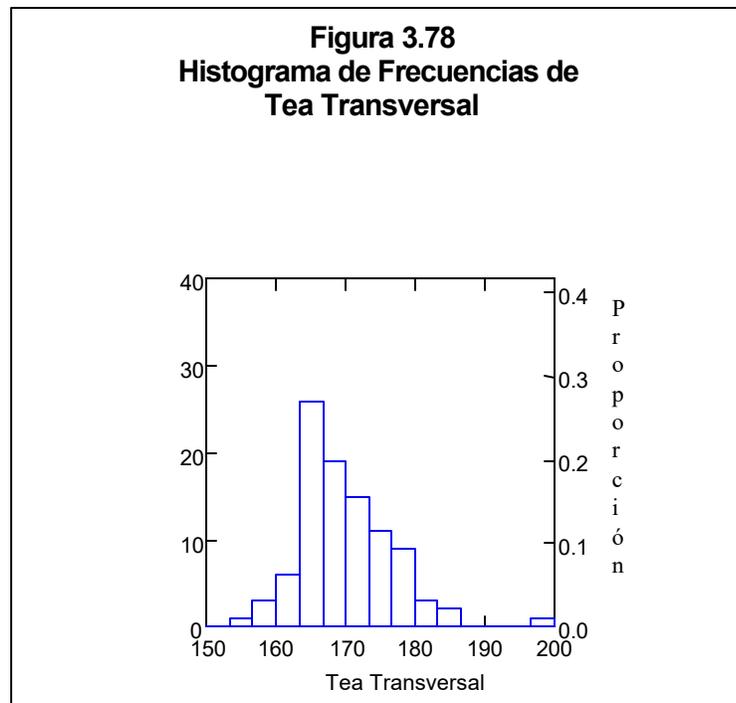


Si $Q1=166$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto a Tea Transversal, han sido menores o iguales que $166 J/m^2$.

Si $Q2=170$, nos indica que la mediana de las observaciones es $170 J/m^2$. Si $Q3=174$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales que $174 J/m^2$. Es decir que el 50% de los

datos se encuentra en 170 J/m^2 y el otro 50% de los datos se encuentra entre 166 y 174 J/m^2 .

Existe un valor aberrante, 198 (observación 41) J/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.77.



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/m^2 . El 5.1% se

encuentra entre 181 y 185 J/m^2 . Apenas el 1% representa 198 J/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.78.

A continuación presentaremos el análisis univariado de la variable:
Porosidad

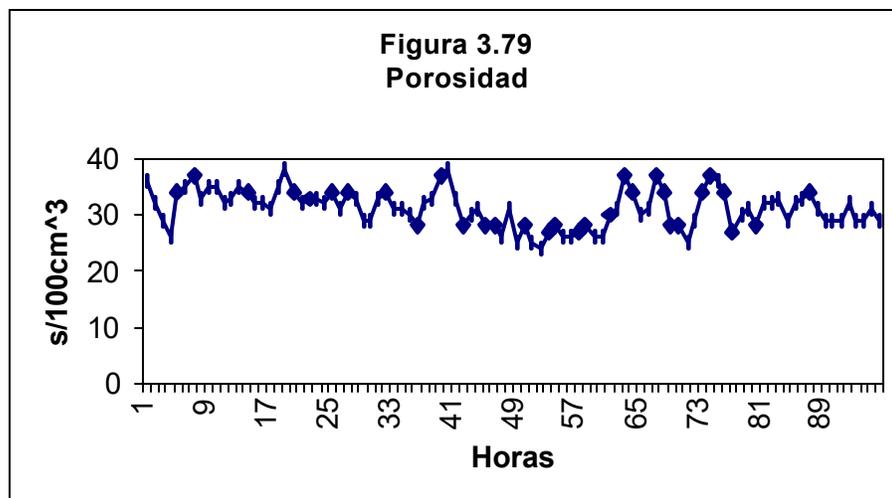


TABLA XXVIII

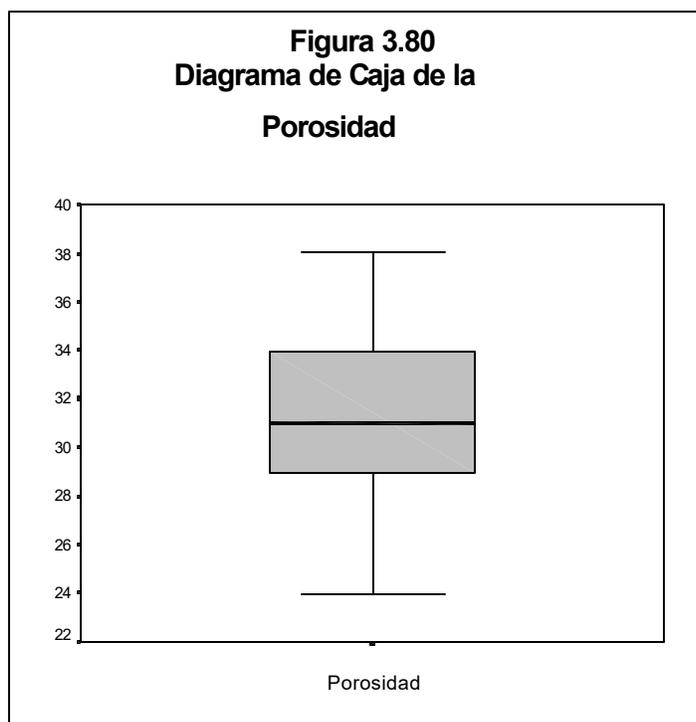
Estadísticas Descriptivas de la Porosidad

Mínimo	24
Máximo	38
Media	31,146
Mediana	31
Varianza	11,052
Desviación Estándar	3,324
Rango	14

(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.

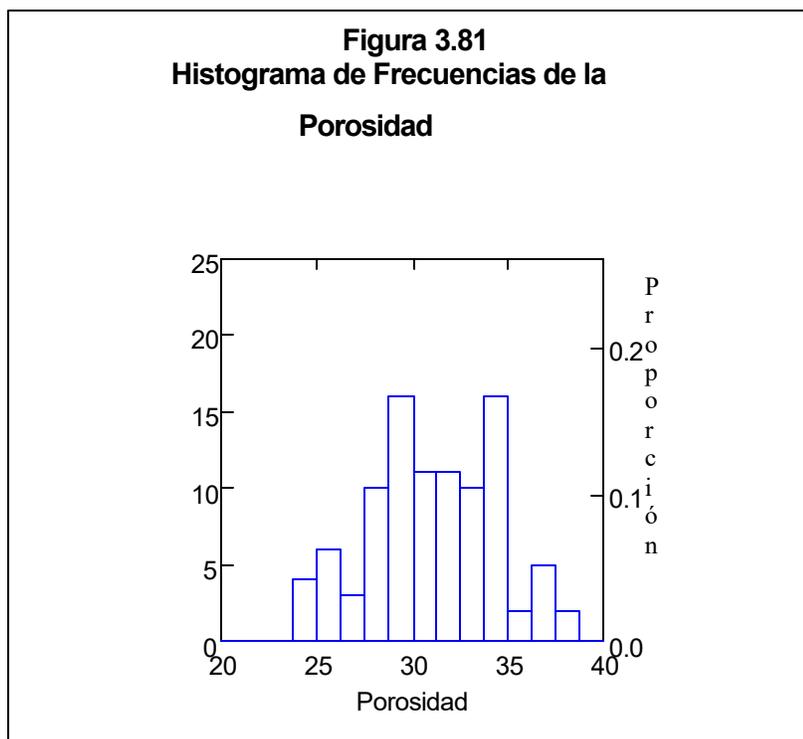
Figura 3.80
Diagrama de Caja de la
Porosidad



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 $29\text{s}/100\text{cm}^3$.

Si $Q2=31$, nos indica que la mediana de las observaciones es $31\text{s}/100\text{cm}^3$. Si $Q3=34$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a $31\text{s}/100\text{cm}^3$. Es decir que el 50% de los datos se encuentra en $31\text{ s}/100\text{cm}^3$ y el otro 50% de los datos se encuentra entre 29 y $34\text{ s}/100\text{cm}^3$.

Como podemos apreciar en la figura 3.80.



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.

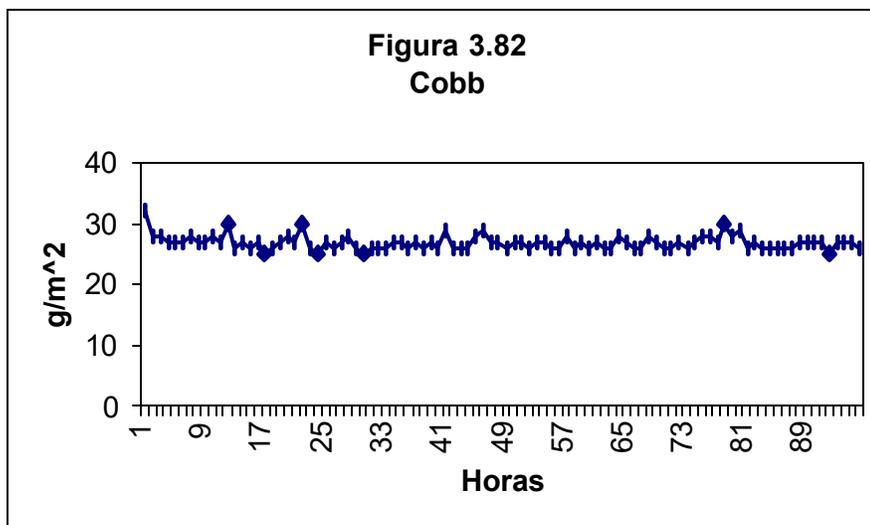


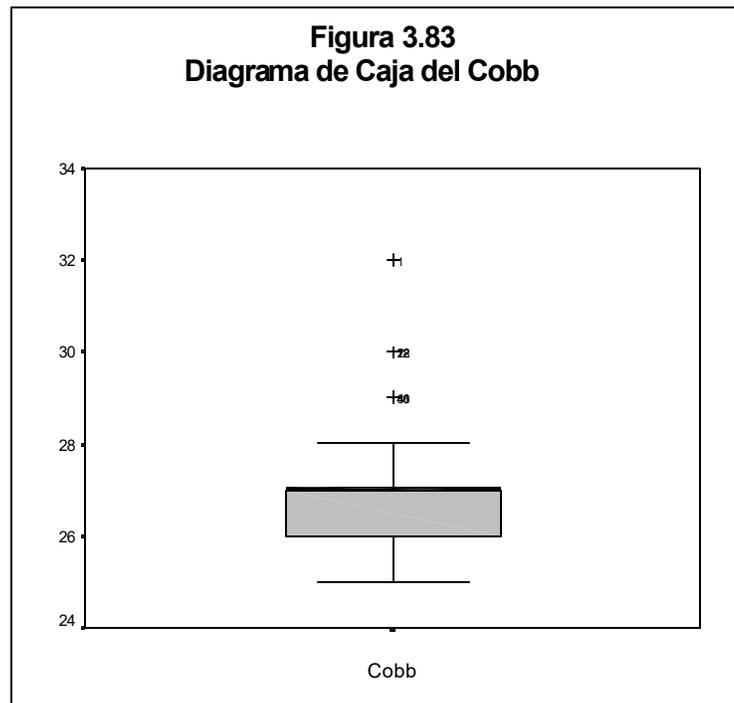
TABLA XXIX

Estadísticas Descriptivas del Cobb

(en g/m²)

Mínimo	25
Máximo	32
Media	26,896
Mediana	27
Varianza	1,336
Desviación Estándar	1,156
Rango	7

El mínimo de los datos es 25 g/m^2 y el máximo de los datos es 32 g/m^2 del Cobb al realizar la prueba en el papel extensible. El promedio de esta variable es 26.896 g/m^2 y el rango de explicación es 7 g/m^2 .

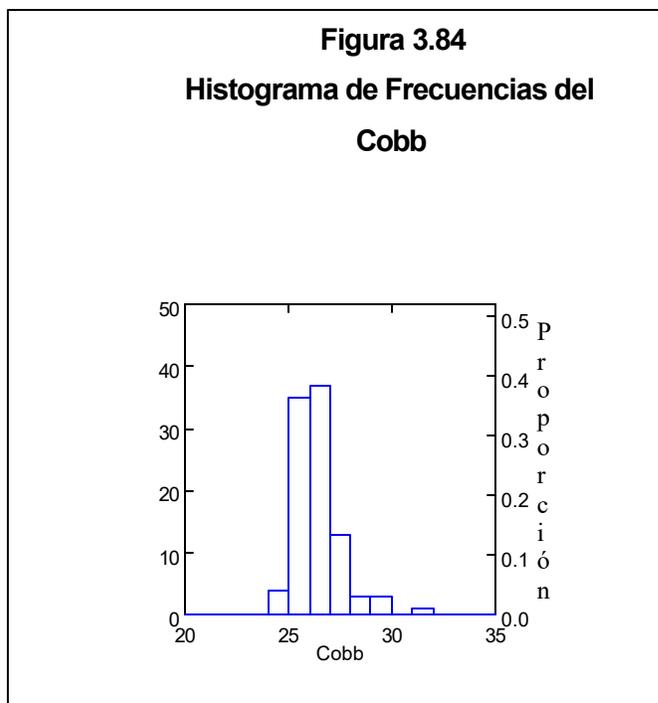


Si $Q1=26$, significa que el 25% de los valores observados por hora desde el 31 de agosto hasta el 22 de septiembre del 2000 con respecto al Cobb, han sido menores o iguales a 26 m^2 .

Si $Q_2=27$, nos indica que la mediana de las observaciones es 27 g/m^2 . Si $Q_3=27$, implica que el 75% de las observaciones son menores o iguales a 27 g/m^2 .

Es decir que el 75% de los datos se encuentra en 27 g/m^2 y el 25% de los datos se encuentra en 26 g/m^2 con respecto al Cobb.

Existen tres valores aberrantes, 29 (observación 80), 30 (observación 22) y 32 (observación 1) g/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.83.



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/m^2 al realizar la prueba en el papel extensible. El 36.5% se encuentra en 26 g/m^2 y el 1% se mantiene en 32 g/m^2 . Como podemos apreciar en la figura 3.84.

3.2.1. Prueba de Kolmogorov – Smirnov

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

H_0 = La variable aleatoria tiene una distribución normal con media y varianza respectivos, Vs. ;

H_1 = No es cierto H_0

Se aceptará H_0 si tiene una probabilidad mayor a 0.1 caso contrario se rechazará H_1 .

- **Variable Peso Básico**

H_0 = La variable Peso Básico tiene una distribución normal con media (105.42) y varianza (1.02^2), Vs.

$H_1 = \text{No es cierto } H_0$

Probabilidad K-S = 0.77

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

- **Humedad**

$H_0 =$ La variable Humedad tiene una distribución normal con media (6.66) y varianza (0.46^2) , Vs.

$H_1 = \text{No es cierto } H_0$

Probabilidad K-S = 0.20

Se acepta que la variable Humedad pertenezca a una distribución Normal

- **Rasgado Longitudinal**

$H_0 =$ La variable Rasgado Longitudinal tiene una distribución normal con media (1145.76) y varianza (53.57^2) , Vs.

$H_1 = \text{No es cierto } H_0$

Probabilidad K-S = 0.24

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

- **Rasgado Transversal**

$H_0 =$ La variable Rasgado Transversal tiene una distribución normal con media (1435.13) y varianza (79.51^2), Vs.

$H_1 = \text{No es cierto } H_0$

Probabilidad K-S = 0.25

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

- **Tensión Longitudinal**

$H_0 =$ La variable Tensión Longitudinal tiene una distribución normal con media (8.98) y varianza (0.37^2), Vs.

$H_1 = \text{No es cierto } H_0$

Probabilidad K-S = 0.52

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

- **Elongación de la Longitud Longitudinal**

H_0 = La variable E. Longitud Longitudinal tiene una distribución normal con media (7.63) y varianza (0.27²), Vs.

H_1 = No es cierto H_0

Probabilidad K-S = 0.15

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

- **Tea Longitudinal**

H_0 = La variable Tea Longitudinal tiene una distribución normal con media (261.71) y varianza (10.69²), Vs.

H_1 = No es cierto H_0

Probabilidad K-S = 0.12

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

- **Tea Transversal**

H_0 = La variable Tea Transversal tiene una distribución normal con media (170.13) y varianza (6.67^2), Vs.

H_1 = No es cierto H_0

Probabilidad K-S = 0.22

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

- **Porosidad**

H_0 = La variable Porosidad tiene una distribución normal con media (31.15) y varianza (3.32^2), Vs.

H_1 = No es cierto H_0

Probabilidad K-S = 0.35

Se acepta que la variable Porosidad pertenezca a una distribución Normal

3.3 Análisis Multivariado

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

TABLA XXX
VARIABLES DE ESTUDIO

VARIABLES	SIGNIFICADOS
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 Transversal
X21	Tensión Longitudinal
X22	Tensión Transversal
X23	E.Longitud Longitudinal
X24	E.longitud Transversal
X25	Tea Longitudinal
X26	Tea Transversal
X27	Porosidad
X28	Cobb

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 $X \in M_{96 \times 28}$.

3.3.1 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 X_2 (Velocidad de la Primera Prensa) está altamente correlacionada con las variables: X_4 (Consistencia), X_8 (Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar), X_{21} (Tensión Longitudinal), X_{22} (Tensión Transversal) y X_{24} (E. Longitud longitudinal). La variable X_4 (Consistencia) está altamente correlacionada con las variables: X_2 (Velocidad de la Primera Prensa), X_7 (Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar), X_8 (Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar), X_{15} (Velocidad del Pope) y X_{22} (Tensión Transversal). La variable X_5 (Vacío de Couch) está altamente correlacionada con la variable X_{15} (Velocidad del Pope). La variable X_7 (Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar) está altamente correlacionada con la variable X_8 (Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar) y X_4 (Consistencia) . La variable X_8 (Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar) está altamente correlacionada con la variables: X_2 (Velocidad de la Primera Prensa), X_4 (Consistencia) y X_7 (Temperatura de Vapor Alimentadora 10.6 Bar). La variable X_{11} (Velocidad del Primer Grupo) está altamente correlacionada con la variable X_{12} (Velocidad del Segundo grupo).La variable X_{12} (Velocidad del Segundo grupo) está altamente correlacionada con la variable X_{11} (Velocidad del Primer Grupo) . La variable X_{15} (Velocidad del

Pope) está altamente correlacionada con las variables: X_4 (Consistencia) y X_5 (Vacío de Couch). La variable X_{21} (Tensión Longitudinal) está altamente correlacionada con la variables: X_2 (Velocidad de la Primera Prensa) y X_{25} (Tea longitudinal) . La variable X_{22} (Tensión Transversal) con las variables: X_2 (Velocidad de la Primera Prensa) y X_4 (Consistencia). La variable X_{23} (E. Longitud Longitudinal) está altamente correlacionada con la variable X_{25} (Tea longitudinal) . La variable X_{24} (E. Longitud longitudinal) está altamente correlacionada con las variables: X_2 (Velocidad de la Primera Prensa) y X_{26} (Tea Transversal). La variable X_{25} (Tea longitudinal) está altamente correlacionada con las variables: X_{21} (Tensión Longitudinal) y X_{23} (E. Longitud longitudinal) . La variable X_{26} (Tea Transversal) está altamente relacionada con la variable X_{24} (E. Longitud longitudinal).

TABLA XXXI
MATRIZ DE CORRELACION

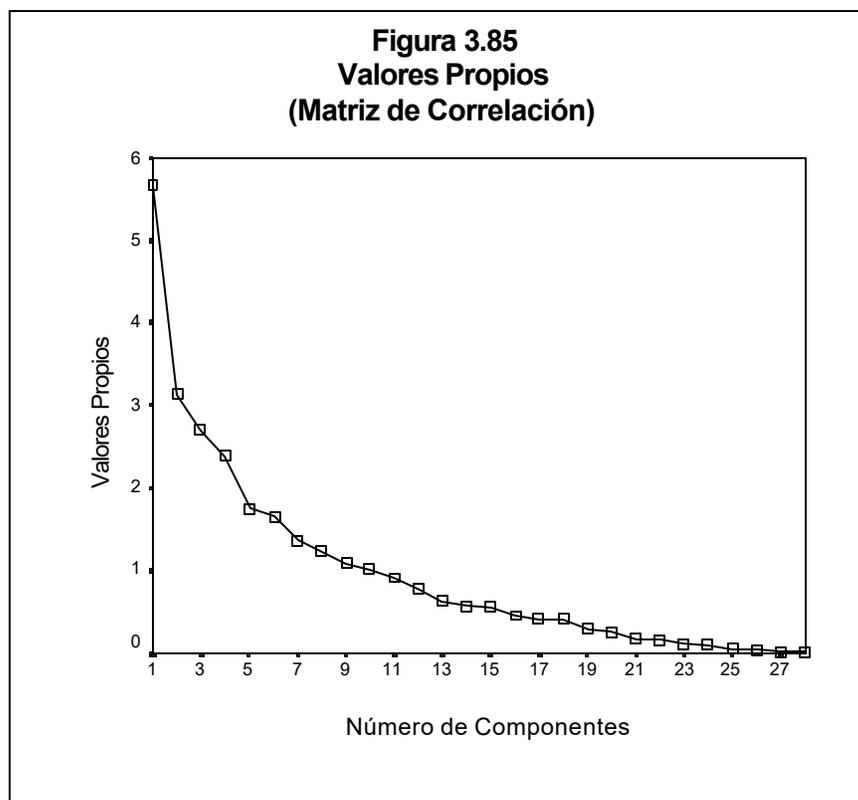
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28
X1	1	-0,272	-0,134	-0,137	-0,005	0,04	0,086	0,1636	-0,185	0,1732	-0,006	0,0194	-0,211	0,1083	0,021	-0,06	-0,082	-0,167	-0,078	-0,108	-0,292	0,2117	0,071	-0,178	-0,183	0,0065	-0,118	-8E-05
X2	-0,272	1	0,1387	0,5982	0,118	-0,474	-0,464	-0,567	0,0129	-0,402	-0,276	-0,272	0,3279	-0,327	-0,389	0,1111	-0,015	5E-05	-0,169	0,3013	0,5076	-0,764	-0,157	0,5491	0,2773	-0,087	-0,358	-0,287
X3	-0,134	0,1387	1	-0,013	0,21	-0,113	-0,07	-0,118	0,057	-0,065	0,3523	0,2464	0,051	-0,19	0,2775	-0,165	-0,135	-0,03	-0,169	-0,178	0,2932	0,0253	-0,199	-0,146	0,1711	-0,055	-0,002	-0,086
X4	-0,137	0,5982	-0,013	1	0,283	-0,399	-0,506	-0,55	0,0163	-0,03	-0,367	-0,37	0,1544	-0,23	-0,533	0,1579	-0,065	0,074	-0,088	0,3193	0,2227	-0,646	0,0355	0,3387	0,2054	-0,193	-0,198	-0,043
X5	-0,005	0,1181	0,2096	0,2834	1	-0,165	0,1348	0,1187	0,0927	0,4201	-0,012	-0,061	-0,047	-0,036	-0,501	0,0451	-0,226	0,0618	0,0333	-0,169	0,0305	-0,113	0,3292	-0,155	0,401	-0,142	0,1267	-0,189
X6	0,04	-0,474	-0,113	-0,399	-0,165	1	0,1944	0,2331	-0,056	0,3166	0,032	0,026	-0,213	0,0788	0,2642	0,0611	0,0385	-0,017	0,2454	-0,129	-0,11	0,4063	0,0595	-0,336	-0,081	-0,02	0,1223	0,046
X7	0,086	-0,464	-0,07	-0,506	0,135	0,1944	1	0,9515	0,2414	-0,115	0,3579	0,353	-0,248	0,2785	0,3463	-0,186	0,072	0,1679	0,1333	-0,327	-0,35	0,3378	0,0483	-0,233	-0,087	0,1038	0,3243	-0,064
X8	0,1636	-0,567	-0,118	-0,55	0,119	0,2331	0,9515	1	0,236	-0,023	0,3847	0,3818	-0,169	0,3277	0,3741	-0,194	0,0437	0,1308	0,0587	-0,345	-0,412	0,4342	0,0568	-0,285	-0,104	0,1272	0,3608	-0,012
X9	-0,185	0,0129	0,057	0,0163	0,093	-0,056	0,2414	0,236	1	-0,212	0,0993	0,1041	-0,169	-0,03	0,0524	-0,15	0,0523	0,0148	-0,078	-0,031	-0,052	-0,136	0,0789	0,0078	0,0825	-0,061	0,1687	-0,083
X10	0,1732	-0,402	-0,065	-0,367	-0,012	0,032	0,3579	0,3847	0,0993	1	-0,103	-0,101	-0,179	0,07	-0,329	0,1141	-0,241	-0,023	0,074	-0,156	-0,11	0,3872	0,311	-0,426	0,1137	-0,088	0,0438	0,0491
X11	-0,006	-0,276	0,3523	-0,367	-0,012	0,032	0,3579	0,3847	0,0993	-0,103	1	0,9548	-0,179	0,3438	0,4681	-0,029	0,1211	0,0879	0,1021	-0,024	-0,139	0,3308	0,1429	-0,085	0,0834	0,2109	0,2103	-0,149
X12	0,0194	-0,272	0,2464	-0,37	-0,061	0,026	0,353	0,3818	0,1041	-0,101	0,9548	1	-0,181	0,36	0,4189	-0,055	0,1016	0,0678	0,1432	-0,027	-0,178	0,3064	0,1581	-0,079	0,0401	0,1816	0,1254	-0,162
X13	-0,211	0,3279	0,051	0,1544	-0,047	-0,213	-0,248	-0,313	-0,169	-0,179	-0,179	-0,181	1	-0,154	-0,14	0,0323	-0,278	-0,19	0,0845	0,0577	0,1653	-0,256	-0,18	0,1254	-0,033	-0,086	-0,136	0,087
X14	0,1083	-0,327	-0,19	-0,23	-0,036	0,0788	0,2785	0,3227	-0,03	0,07	0,3438	0,36	-0,154	1	0,1533	0,0409	-0,053	0,272	0,1374	-0,088	-0,265	0,2537	0,1824	-0,095	-0,043	0,0925	0,1351	-0,015
X15	0,021	-0,389	0,2775	-0,533	-0,501	0,2642	0,3463	0,3741	0,0524	-0,329	0,4681	0,4189	-0,14	0,1533	1	-0,199	0,1928	-0,006	-0,054	-0,165	-0,05	0,4868	-0,307	-0,104	-0,208	0,293	0,293	0,0959
X16	-0,06	0,1111	-0,165	0,1579	0,045	0,0611	-0,186	-0,194	-0,15	0,1141	-0,029	-0,055	0,0323	0,0409	-0,199	1	0,4082	0,2909	0,2073	0,2446	0,0712	-0,021	0,1919	0,2386	0,1717	0,106	-0,097	-0,069
X17	-0,082	-0,015	-0,135	-0,065	-0,226	0,0385	0,072	0,0437	0,0523	-0,241	0,1211	0,1016	-0,278	-0,053	0,1928	0,4082	1	0,2845	0,0941	0,2839	-0,029	0,09	0,1082	0,3642	0,0337	0,3157	0,1212	0,0219
X18	-0,169	-0,169	-0,169	-0,088	0,033	0,2454	0,1333	0,0587	-0,078	0,074	0,0879	0,0678	-0,19	0,272	-0,006	0,2909	0,2845	1	-0,034	-0,021	0,0496	0,0076	0,2451	0,2872	0,2505	0,2556	0,2206	-0,19
X19	-0,078	-0,169	-0,169	-0,088	0,033	0,2454	0,1333	0,0587	-0,078	0,074	0,1021	0,1432	0,0845	0,1374	-0,054	0,2073	0,0941	-0,034	1	0,2828	-0,242	0,0123	0,4808	0,0704	0,0678	0,0514	0,0153	-0,022
X20	-0,108	0,3013	-0,178	0,3193	-0,169	-0,129	-0,327	-0,345	-0,031	-0,156	-0,024	-0,027	0,0577	-0,088	-0,165	0,2446	0,2839	-0,021	0,2828	1	0,0944	-0,355	0,1392	0,3302	0,0396	-0,046	-0,166	-0,002
X21	-0,292	0,5076	0,2932	0,2227	0,03	-0,11	-0,35	-0,412	-0,052	-0,11	-0,139	-0,178	0,1653	-0,265	-0,05	0,0712	-0,029	0,0496	-0,242	0,0944	1	-0,343	-0,106	0,2569	0,6617	-0,014	-0,063	-0,112
X22	0,2117	-0,764	0,0253	-0,646	-0,113	0,4063	0,3378	0,4342	-0,136	0,3872	0,3308	0,3064	-0,256	0,2537	-0,021	0,4868	-0,021	0,09	0,0076	0,0123	-0,343	1	-0,01	-0,414	-0,234	0,3933	0,1895	0,1496
X23	0,071	-0,157	-0,199	0,0355	0,329	0,0595	0,0483	0,0568	0,0789	0,311	0,1429	0,1581	-0,18	0,1824	-0,307	0,1919	0,1082	0,2451	0,4808	0,1392	-0,106	-0,01	1	0,1679	0,5129	0,1704	0,2284	-0,135
X24	-0,178	0,5491	-0,146	0,3387	-0,155	-0,336	-0,233	-0,285	0,0078	-0,426	-0,085	-0,079	0,1254	-0,095	-0,104	0,2386	0,3642	0,2872	0,0704	0,3302	0,2569	-0,414	0,1679	1	0,276	0,6208	-0,085	-0,086
X25	-0,183	0,2773	0,1711	0,2054	0,401	-0,081	-0,087	-0,104	0,0825	0,1137	0,0834	0,0401	-0,033	-0,043	-0,208	0,1717	0,0337	0,2505	0,0678	0,0396	0,6617	-0,234	0,5129	0,276	1	0,1509	0,3007	-0,206
X26	0,0065	-0,067	-0,055	-0,193	-0,142	-0,02	0,1038	0,1272	-0,061	-0,088	0,2109	0,1816	-0,086	0,0925	0,293	0,106	0,3157	0,2556	0,0514	-0,046	-0,014	0,3933	0,1704	0,6208	0,1509	1	0,1401	0,0645
X27	-0,118	-0,358	-0,002	-0,198	0,127	0,1223	0,3243	0,3808	0,1687	0,0438	0,2103	0,1254	-0,136	0,1351	0,293	-0,097	0,1212	0,2206	0,0153	-0,166	-0,063	0,1895	0,2284	-0,085	0,3007	0,1401	1	0,1437
X28	-8E-05	-0,287	-0,095	-0,043	-0,189	0,046	-0,064	-0,012	-0,083	0,0491	-0,149	-0,162	0,087	-0,015	0,0959	-0,089	0,0219	-0,19	-0,022	-0,002	-0,112	0,1496	-0,135	-0,086	-0,206	0,0645	0,1437	1

3.3.2 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)

$\lambda_1=5.669$	$\lambda_{15}=0.549$
$\lambda_2=3.136$	$\lambda_{16}=0.459$
$\lambda_3=2.702$	$\lambda_{17}=0.425$
$\lambda_4=2.388$	$\lambda_{18}=0.413$
$\lambda_5=1.745$	$\lambda_{19}=0.303$
$\lambda_6=1.650$	$\lambda_{20}=0.263$
$\lambda_7=1.372$	$\lambda_{21}=0.184$
$\lambda_8=1.229$	$\lambda_{22}=0.155$
$\lambda_9=1.084$	$\lambda_{23}=0.120$
$\lambda_{10}=1.017$	$\lambda_{24}=0.093$
$\lambda_{11}=0.922$	$\lambda_{25}=0.054$
$\lambda_{12}=0.775$	$\lambda_{26}=0.031$
$\lambda_{13}=0.64$	$\lambda_{27}=0.026$
$\lambda_{14}=0.579$	$\lambda_{28}=0.017$



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)

Componentes	λ	Porcentaje del Total de la Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado de Explicación
1	5,669	20,246	20,246
2	3,1361	11,200	31,447
3	2,7018	9,649	41,096
4	2,3885	8,530	49,626
5	1,7453	6,233	55,859
6	1,6497	5,892	61,751
7	1,3721	4,900	66,652
8	1,2293	4,390	71,042
9	1,0841	3,872	74,914
10	1,0168	3,632	78,545
11	0,9216	3,292	81,837
12	0,7747	2,767	84,603
13	0,6405	2,287	86,891
14	0,5792	2,068	88,959
15	0,5491	1,961	90,920
16	0,4585	1,638	92,558
17	0,4248	1,517	94,075
18	0,4129	1,475	95,549
19	0,3034	1,084	96,633
20	0,2626	0,938	97,571
21	0,1841	0,657	98,228
22	0,1548	0,553	98,781
23	0,1202	0,429	99,210
24	0,0928	0,332	99,542
25	0,0544	0,194	99,736
26	0,0307	0,110	99,845
27	0,0258	0,092	99,938
28	0,0174	0,062	100,000

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X1	0,245	-0,267	0,172	-0,178	-0,07	0,116	-0,523	0,003	0,303	-0,278
X2	-0,846	0,196	-0,224	0,196	-0,12	0,058	-0,098	-0,019	-0,105	-0,119
X3	-0,009	0,024	-0,265	0,638	0,393	0,215	-0,013	-0,095	0,113	0,081
X4	-0,763	0,065	0,175	0,052	-0,17	-0,002	-0,1	-0,023	0,139	0,259
X5	-0,113	0,078	0,659	0,518	-0,09	-0,024	-0,114	0,074	0,072	0,022
X6	0,447	-0,147	0,196	-0,237	0,314	-0,055	0,364	-0,314	-0,219	-0,234
X7	0,722	0,152	0,013	0,199	-0,41	-0,204	0,055	0,03	-0,184	-0,171
X8	0,799	0,106	0,05	0,168	-0,36	-0,219	0,006	0,035	-0,102	-0,123
X9	0,087	0,183	-0,078	0,333	-0,45	-0,225	0,264	-0,244	0,26	0,009
X10	0,16	-0,263	0,756	-0,021	0,392	0,049	-0,092	-0,038	0,077	0,086
X11	0,562	0,439	-0,213	0,297	0,073	0,508	-0,049	0,001	0,107	0,144
X12	0,555	0,41	-0,2	0,244	8E-04	0,551	-0,065	0,008	0,089	0,101
X13	-0,39	-0,175	-0,188	0,024	0,044	0,181	0,253	0,555	-0,347	-0,001
X14	0,441	0,202	0,144	-0,088	-0,16	0,199	-0,204	0,2	-0,315	0,363
X15	0,602	0,093	-0,624	0,017	0,239	-0,037	0,117	-0,044	0,011	-0,025
X16	-0,191	0,376	0,239	-0,415	0,196	0,091	-0,06	-0,258	-0,258	0,176
X17	0,071	0,532	-0,195	-0,443	0,026	-0,177	0,013	-0,391	0,16	0,066
X18	0,059	0,573	0,141	-0,039	0,007	-0,301	-0,249	-0,111	-0,386	0,309
X19	0,121	0,258	0,318	-0,339	-0,12	0,415	0,487	0,169	-0,079	-0,231
X20	-0,393	0,278	-0,057	-0,394	-0,14	0,357	0,251	-0,185	0,224	0,097
X21	-0,514	0,218	-0,144	0,356	0,493	-0,156	0,126	-0,09	-0,114	-0,144
X22	0,779	-0,116	0,044	-0,17	0,411	-0,041	-0,147	0,041	0,033	-0,005
X23	0,069	0,511	0,662	-0,08	-0,04	0,134	0,115	0,147	0,208	-0,131
X24	-0,462	0,644	-0,259	-0,277	-0,06	-0,149	-0,162	0,256	0,068	-0,182
X25	-0,259	0,583	0,356	0,403	0,321	-0,138	0,139	0,069	0,049	-0,148
X26	0,205	0,53	-0,193	-0,28	0,274	-0,229	-0,279	0,393	0,157	-0,224
X27	0,387	0,29	0,131	0,194	0,058	-0,423	0,335	0,173	0,143	0,252
X28	0,093	-0,282	-0,101	-0,302	0,142	-0,243	0,27	0,348	0,362	0,426

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:

X_2 = Velocidad de la Primera Prensa

X_8 =Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar

X_4 =Consistencia

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

X_{24} = E. Longitud longitudinal

X_{25} =Tea longitudinal

X_{18} = Lisura

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

X_{10} = Condensador de la Temperatura

X_5 = Vacío de Couch

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

X_3 = Velocidad de la Segunda Prensa

X_{17} = Humedad

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

X_{21} = Tensión Longitudinal

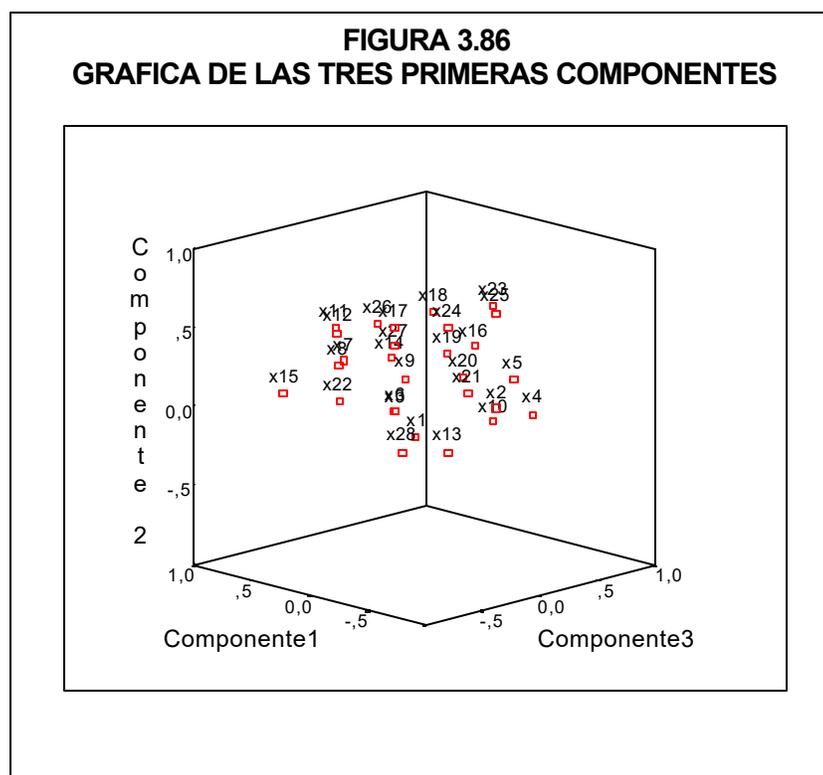
X_{22} = Tensión Transversal

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

X_{12} = Velocidad del Segundo Grupo

X_{11} = Velocidad del Primer Grupo

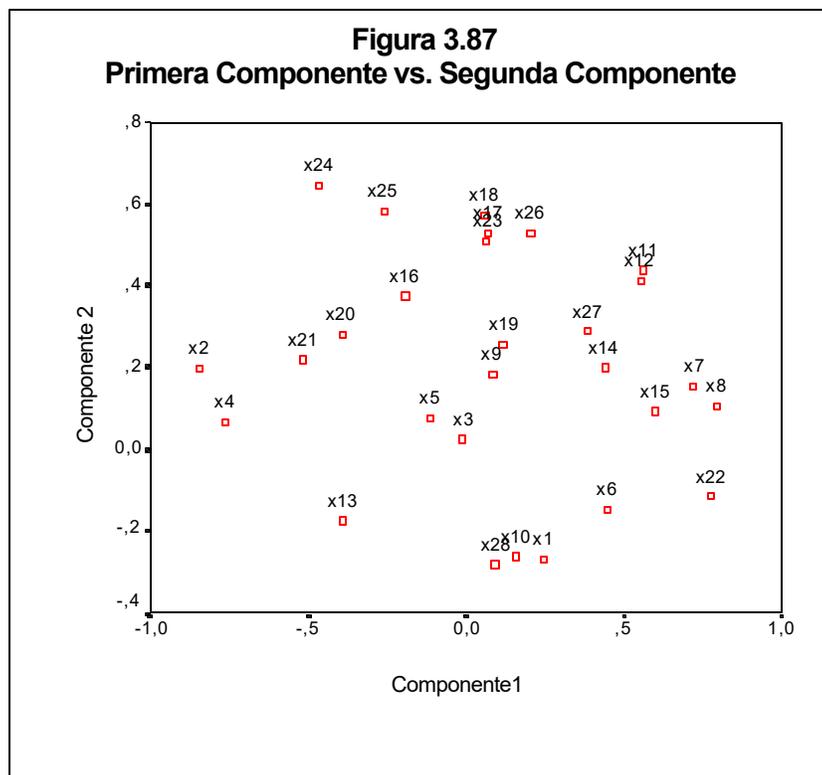
A continuación se mostrará el comportamiento de las tres primeras componentes.



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

3.3.2.1 Primera Componente vs Segunda Componente

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



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

Las variables X_{15} , X_7 y X_8 se encuentran relacionadas positivamente en cambio las variables X_2 y X_4 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:

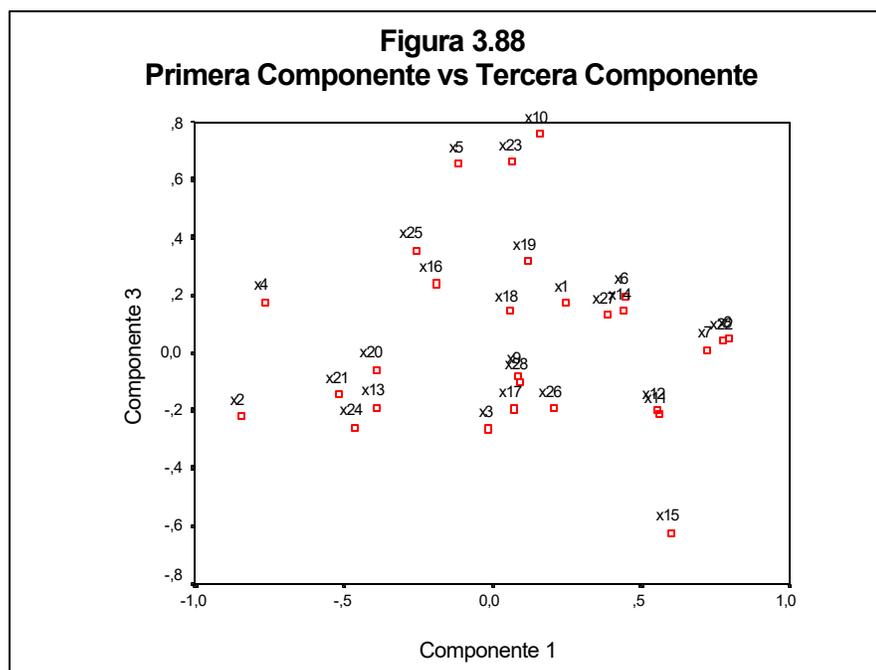
Las variables X_{18} , X_{17} y X_{23} se encuentran relacionadas positivamente en cambio las variables X_{28} , X_{10} y X_1 se encuentran relacionadas negativamente cuyos verdaderos nombres son Lisura, Humedad y E.Longitud longitudinal que mantienen una relación opuesta con el Cobb, Condensador de la Temperatura y Velocidad de la Tela.

Se observan otras agrupaciones X_{18} , X_{17} , X_{23} y X_{26} 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 X_{11} y X_{12} 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 X_{19} y X_9 que representan al Rasgado Longitudinal y al Condensador de Agua.

3.3.2.2 Primera Componente vs Tercera Componente

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



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

En la componente tres las variables que más contribuyen son X_5 , X_{23} y X_{10} que representan al Vacío de Couch, E. Longitud Longitudinal y Condensador de la Temperatura en el lado positivo en cambio la variable X_3 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 X_{21} , X_{24} , X_{13} y X_{20} 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 X_8 , X_{17} , X_{26} , X_9 y X_{28} 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 X_{27} , X_{14} y X_6 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 estas 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.

3.3.3. 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 $X \in M_{96 \times 12}$, 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

	X2	X3	X4	X8	X10	X11	X12	X17	X18	X21	X24	X25
X2	1	0,139	0,598	-0,567	-0,402	-0,276	-0,272	-0,015	5E-05	0,508	0,549	0,277
X3	0,139	1	-0,013	-0,118	-0,065	0,352	0,246	-0,135	-0,03	0,293	-0,146	0,171
X4	0,598	-0,013	1	-0,55	-0,03	-0,367	-0,37	-0,065	0,074	0,223	0,339	0,205
X8	-0,567	-0,118	-0,55	1	-0,023	0,385	0,382	0,044	0,131	-0,412	-0,285	-0,104
X10	-0,402	-0,065	-0,03	-0,023	1	-0,103	-0,101	-0,241	-0,023	-0,11	-0,426	0,114
X11	-0,276	0,352	-0,367	0,385	-0,103	1	0,955	0,121	0,088	-0,139	-0,085	0,083
X12	-0,272	0,246	-0,37	0,382	-0,101	0,955	1	0,102	0,068	-0,178	-0,079	0,04
X17	-0,015	-0,135	-0,065	0,044	-0,241	0,121	0,102	1	0,285	-0,029	0,364	0,034
X18	5E-05	-0,03	0,074	0,131	-0,023	0,088	0,068	0,285	1	0,05	0,287	0,25
X21	0,508	0,293	0,223	-0,412	-0,11	-0,139	-0,178	-0,029	0,05	1	0,257	0,662
X24	0,549	-0,146	0,339	-0,285	-0,426	-0,085	-0,079	0,364	0,287	0,257	1	0,276
X25	0,277	0,171	0,205	-0,104	0,114	0,083	0,04	0,034	0,25	0,662	0,276	1

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

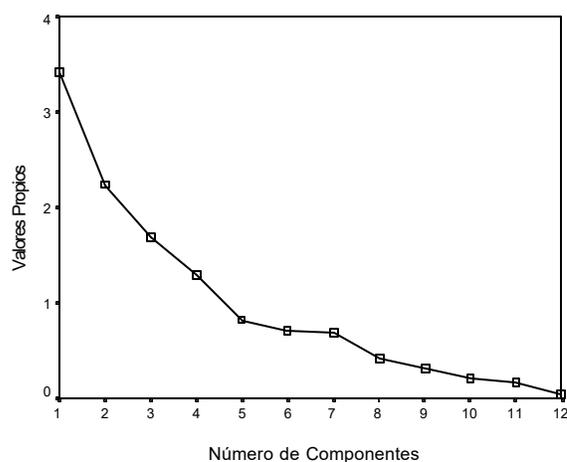
TABLA XXXVI

VALORES PROPIOS DE LA MATRIZ DE CORRELACION

(DATOS ESTANDARIZADOS)

$\lambda_1 = 3.417$	$\lambda_7 = 0.689$
$\lambda_2 = 2.244$	$\lambda_8 = 0.409$
$\lambda_3 = 1.696$	$\lambda_9 = 0.323$
$\lambda_4 = 1.292$	$\lambda_{10} = 0.211$
$\lambda_5 = 0.823$	$\lambda_{11} = 0.155$
$\lambda_6 = 0.705$	$\lambda_{12} = 0.036$

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 PROPIOS Y PORCENTAJE DE EXPLICACION
(MATRIZ DE CORRELACION)

Componentes	λ	Porcentaje del Total de la Varianza Explicada	Porcentaje Acumulado de Explicación
1	3,417	28,47321643	28,47321643
2	2,244	18,70072044	47,17393687
3	1,696	14,13264376	61,30658062
4	1,292	10,76334964	72,06993026
5	0,823	6,860400384	78,93033064
6	0,705	5,87226416	84,8025948
7	0,689	5,745535062	90,54812986
8	0,409	3,412341153	93,96047102
9	0,323	2,688198018	96,64866903
10	0,211	1,75799687	98,4066659
11	0,155	1,293641609	99,70030751
12	0,036	0,299692488	100

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)

	1	2	3	4
X2	0,83220373	0,22339609	0,02249214	-0,30604249
X3	0,00498921	0,41549636	0,63384433	-0,24972754
X4	0,73243707	-0,08477895	0,01137674	-0,03433533
X8	-0,73739169	0,12687802	-0,19367584	0,1803497
X10	-0,20473927	-0,42784272	0,4053135	0,59947081
X11	-0,59132642	0,71013082	0,17281175	-0,13911479
X12	-0,60259774	0,66841321	0,12366617	-0,15530915
X17	0,02014776	0,39193142	-0,62448634	0,13689107
X18	0,07090185	0,39600282	-0,34191517	0,58305407
X21	0,62731968	0,35095066	0,42534313	0,18395895
X24	0,57809868	0,43976464	-0,48663338	-0,02937283
X25	0,39511674	0,48698947	0,34922586	0,55284464

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:

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

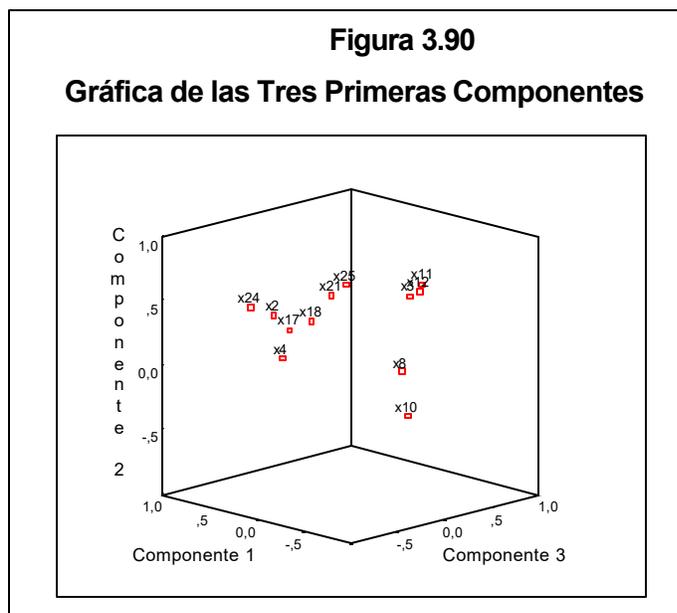
X_{17} = Humedad

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

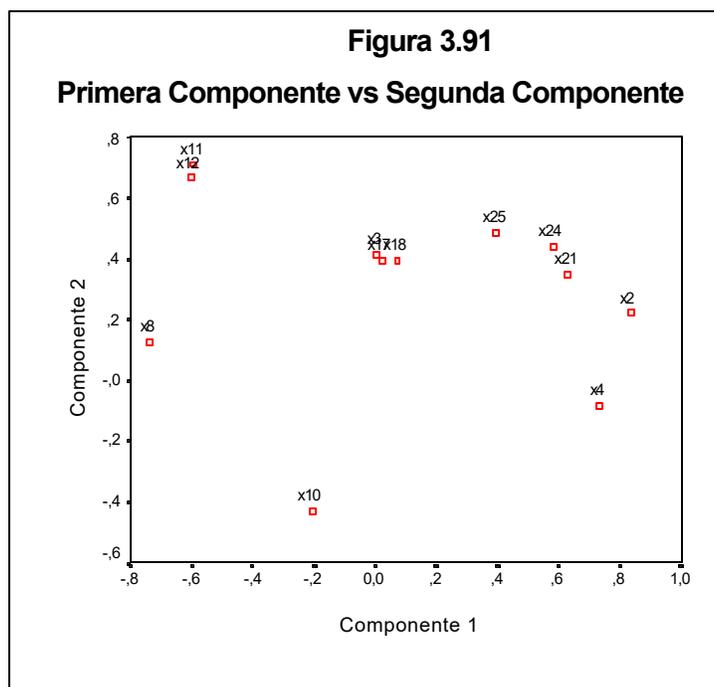
A continuación se mostrará el comportamiento de las tres primeras componentes que explican 61.31% del total de la información



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

3.3.3.1. 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.



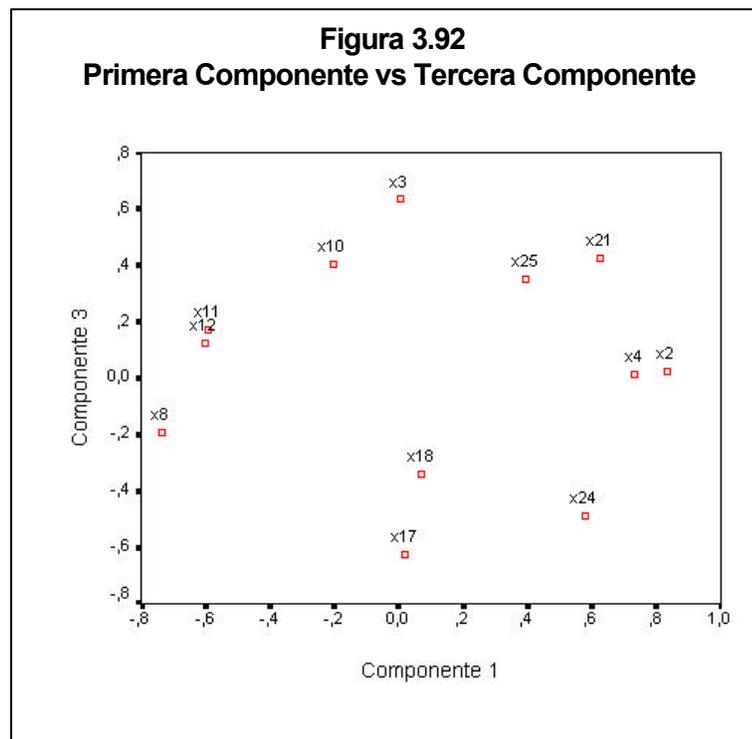
En la Primera Componente se encuentra la variable X_2 en el lado positivo que corresponde a la Velocidad de la Primera Prensa y la variable X_8 en el lado negativo que corresponde a la Temperatura de Vapor Alimentadora 4 Bar.

En la Segunda Componente se encuentra las variables X_{11} y X_{12} 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 X_{10} que corresponde al Condensador de la Temperatura.

Las agrupaciones que podemos observar 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 Transversal y Tensión Longitudinal pero podemos darnos cuenta que la variable de resultado X_{25} se encuentra un poco distante de las variables X_{24} y X_{21} .

3.3.3.2. 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.



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

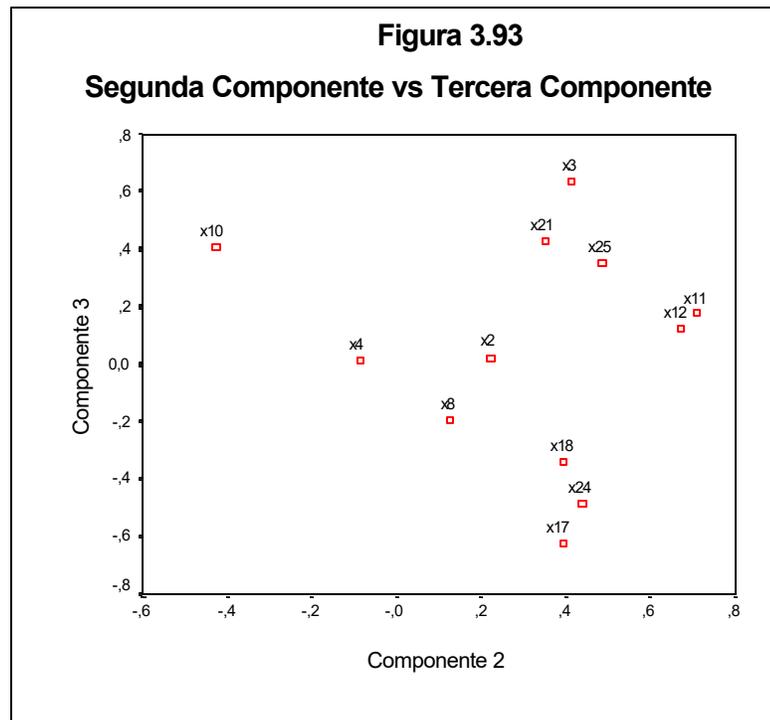
En la Tercera Componente se encuentra la variable X_3 en el lado positivo que representa a la Velocidad de la Segunda Prensa y X_7 y X_{18} que representan a la Humedad y Lisura en el lado negativo .

Las agrupaciones que se pueden observar son X_{11} y X_{12} 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 X_4 y X_2 que representan a la Consistencia y Velocidad de la Primera Prensa durante el proceso permanecen correlacionadas.

3.3.3.3 Segunda Componente vs Tercera Componente

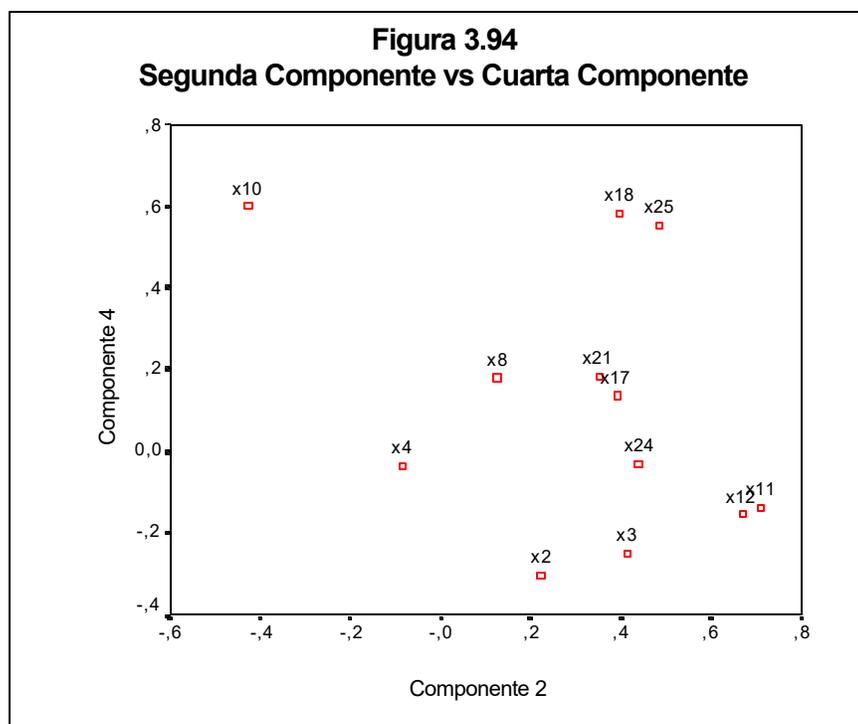
La combinación de la Segunda Componente y la Tercera Componente explican el 32.834% del total de la información para la elaboración del papel extensible.



Las agrupaciones que se pueden observar son las variables X_{18} , X_{24} y X_{17} 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 X_3 , X_{21} y X_{25} que representan a la Velocidad de la Segunda Prensa, Tensión Longitudinal y Tea longitudinal.

3.3.3.4 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.



En la Cuarta Componente podemos observar que la variable X_{10} que representa al Condensador de la Temperatura se encuentra distante de la variable X_{18} que representa a la Lisura que nos

permite verificar la calidad del papel en cambio dicha variable se encuentra agrupada con la variable X_{25} que representa al Tea longitudinal.

Las agrupaciones que se encuentran son X_{21} , X_{17} y X_{24} 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 estas 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.

3.4. 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

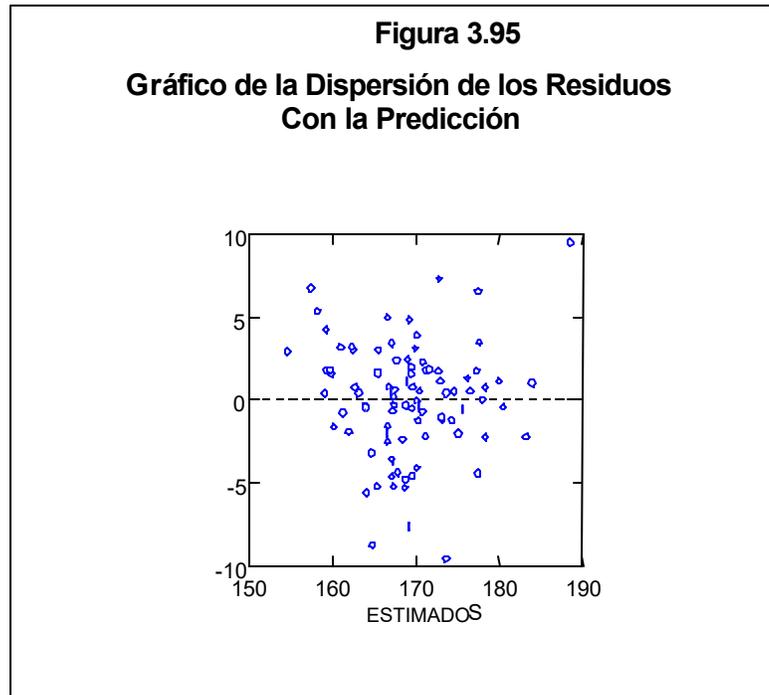
N=96		Cuadrado Múltiple R:0,742		Error Estandar Estimado:3.624		
Efecto	Coficiente	Error Estándar	Coficiente Estándar	Tolerancia	Valor t	Valor P (2colas)
Constante	-568,826	408,796	0	0	-1,391	0,168
X2	-0,008	0,002	-0,412	0,291	-3,989	0
X3	0,611	0,307	0,147	0,571	1,989	0,05
X4	-3,541	1,169	-0,246	0,471	-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.



Se realizará la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar si los residuos son normales con media cero y varianza s^2 .

H_0 : Los residuos son normales con media cero y desviación estándar 3.62

Vs.

H_1 : $\neg H_0$

Max.Dif=0.087

Valor p =0.463

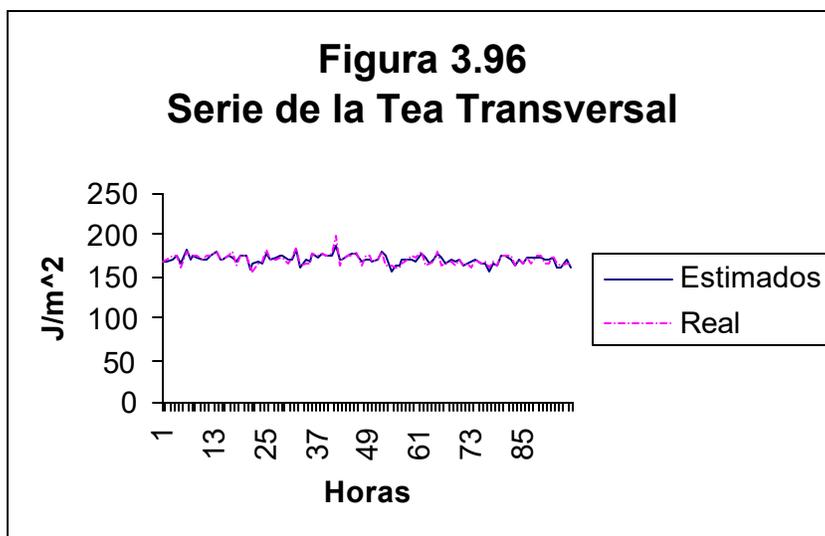
Por lo tanto hay evidencia estadística para aceptar que los residuos son normales .

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:

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

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.



CONCLUSIONES

1. Al analizar Componentes Principales para explicar la relación existente entre las 12 variables detalladas en el Estudio B 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 Tensión Longitudinal, Humedad y Elongación de la Longitud Longitudinal se mantienen agrupadas para medir la calidad 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 = $-568,826 - 0,008 \cdot \text{Velocidad de la Primera Prensa} + 0,611 \cdot \text{Velocidad de la Segunda Prensa} - 3,541 \cdot \text{Consistencia} + 0,022 \cdot \text{Temperatura de Vapor Alimentadora 4.0} + 1,19 \cdot \text{Condensador de la Temperatura} + 1,671 \cdot \text{Velocidad del Primer Grupo} - 1,468 \cdot \text{Velocidad del Segundo Grupo} - 0,564 \cdot \text{Humedad} - 0,202 \cdot \text{Lisura} + 0,077 \cdot \text{Tensión Longitudinal} + 27,16 \cdot \text{E. Longitud Transversal} - 0,024 \cdot \text{Tea Longitudinal}$.

3. Aproximadamente un 77.1% de la Velocidad de la Primera Prensa registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentra entre 800 y 900 pies/min. El 22.9% no ha sobrepasado la barrera entre 0 y 100 pies/min.
4. De los valores registrados en la corrida de producción del Papel Extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, el 25% se encuentra entre 0(mínimo) y 842.75 pies/min(Q1). La Mediana es 846 pies/min. El 50% de las observaciones registradas se

encuentra entre 842,75 y 849 pies/min(Q3). El restante 25% se encuentra entre 849 y 851 pies/min(máximo).

5. Aproximadamente el 40.6% de la velocidad de la Segunda Prensa registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 200, se encuentra entre 846 y 847 pies/min. Finalmente el 7.3% de las observaciones se encuentra en 850 y 851 pies/min.
6. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la velocidad de la Segunda Prensa, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 845 pies/min(mínimo) y 846pies/min(Q1). La Mediana es 847 pies/min. El 50% de los valores registrados se encuentra entre 846 y 848 pies/min(Q3). El otro 25% se encuentra entre 848 y 851 pies/min(máximo). Existe un valor aberrante de 851 pies/min durante la producción del papel extensible.
7. Aproximadamente un 57.3% de la Consistencia registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentra en 41 Vol. de Consistencia. No sobrepasa de un 1% de la Consistencia 42 Vol. de consistencia al producir el papel extensible.
8. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Consistencia, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 39.5(mínimo) y 40.5Vol.(Q1). La Mediana es 41 Vol. El

50% de los valores registrados se encuentra en 40.5 y 41 Vol.(Q3). El otro 25% se encuentra entre 41 y 42 Vol.

9. Aproximadamente el 65.6% de la Temperatura de Vapor 4.0 registrados desde el 31 de agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentran entre 150 y 158 bares. Mientras que el 4.1% no sobrepasa la barrera de los 230 bares.
10. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Temperatura de Vapor 4.0, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 158(mínimo)bares. La mediana es 158 bares. El 50% de los valores se encuentran entre 158 y 207.5 bares (Q3). El otro 25% se encuentra entre 207.5 y 230 bares(máximo).
11. Aproximadamente el 75% del Condensador de la Temperatura registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentran entre 27 y 28 grados. En cambio el 11.5% se encuentra en 26 grados.
12. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto al Condensador de la Temperatura, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 20(mínimo) y 28 grados(Q1). La Mediana es 28 grados. El 100% de los valores registrados se encuentran

en 28 grados. Existen seis valores aberrantes, 20, 25, 26, 27, 28 y 30 grados registrados en la corrida de producción.

13. Aproximadamente el 57.3% de la Velocidad del Primer Grupo registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentra en 874 pies/min. En cambio 6.2% se encuentra entre 875 y 880 pies/min.

14. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Velocidad del Primer Grupo , el 25% de los valores registrados se encuentra en 872(mínimo) y 873 pies/min(Q1). La mediana es 874 pies/min. El 50% de los valores registrados se encuentran entre 873 y 874 pies/min (Q3). El otro 25% se encuentra entre 874 y 880 pies/min (máximo). Existe un valor aberrante 880 pies/min registrado en la corrida de producción.

15. Aproximadamente el 25% de la Humedad registrado desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentran entre los 6.6 y 6.7%. Apenas el 7.3% está entre 7.4 y 7.8%.

16. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la humedad, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 5.6(mínimo) y 6.3%(Q1). La Mediana es 6.7%. El 50% de los valores registrados se encuentra entre 6.3 y 6.9%(Q3). El otro 25% se

encuentra entre 6.9 y 7.8%(máximo). Existe un valor aberrante 7.8% durante la producción.

17. Aproximadamente el 47.9% de la Lisura registrado desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentra entre los 29 y 30 grados. Apenas el 1% se encuentra entre los 34 y 35 grados.

18. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la lisura, el 25% de los valores se encuentra entre 28(mínimo) y 30 grados(Q1). La mediana es 30 grados. El 50% de los valores registrados se encuentran entre 30 y 31 grados(Q3). El otro 25% se encuentra entre 31 y 35 grados. Existen 3 valores aberrantes 28, 32 y 35 grados durante la corrida de producción del papel extensible.

19. Aproximadamente un 24% de la Tensión Longitudinal registrado desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentran entre los 8.80 y 8.90 kg/15mm. Apenas el 7.3% está entre 9.60 y 9.80 kg/15mm.

20. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Tensión Longitudinal, el 25% de los valores registrados se encuentra entre 8(mínimo) y 8.8 kg/15mm(Q1). La mediana es 9 kg/15mm. El 50% de los valores se encuentran entre 8.8 y 9.2 kg/15mm (Q3). El otro 25% se encuentra entre 9.2 y 9.8

kg/15mm(máximo). Existen cuatro valores aberrantes 8, 8.10, 8.20 y 9.80 kg/15mm.

21. Aproximadamente el 20.8% de la Elongación de la longitud Transversal registrados desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentran en 6.3%. El 8.3% se encuentra entre 6.8 y 7.2%.

22. De los valores registrados durante la corrida de producción del papel extensible que empieza desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto a la Elongación de la longitud Transversal, el 25% se encuentra entre 5.6(mínimo) y 6.2%(Q1). La Mediana es 6.3%. El 50% de los valores se encuentran entre 6.2 y 6.4%(Q3). El otro 25% se encuentra entre 6.4 y 7.2%(máximo). Existen tres valores aberrantes, 5.6%, 6.9% y 7.2%.

23. Aproximadamente el 27.2% del Tea Longitudinal registrado desde el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000, se encuentra entre 255 y 260J/m². Apenas el 1% no sobrepasa la barrera de los 290 J/m².

24. De los valores registrados en la corrida de producción del papel extensible que empieza el 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 con respecto al Tea Longitudinal, el 25% se encuentran entre 225(mínimo) y 255(Q1). La Mediana es 260 J/ m². El 50% de los valores registrados se encuentra entre 255 y 269 J/ m²(Q3). El otro 25% se encuentra entre 269 y 291 J/ m²(máximo). Existen dos valores aberrantes 225 y 291 J/ m².

RECOMENDACIONES

Al trabajar varios meses con los datos de la corrida de producción perteneciente al 31 de Agosto hasta el 22 de Septiembre del 2000 podemos recomendar lo siguiente:

1. Realizar continuamente en cada corrida de producción un análisis de la información de los reportes presentados por “Maquinista 1” y “Maquinista 2” (variables de proceso) los cuales permitirán verificar las variables más relevantes dentro del proceso de producción del papel extensible a través de métodos estadísticos realizados en esta Tesis.
2. Implementar una Base de Datos de cada tipo de papel, la cual contenga información de las variables de mayor influencia que se obtienen durante el proceso con el objetivo de realizar reportes estadísticos donde se presenten resultados que ayuden a tomar decisiones que maximicen la productividad de la Industria .
3. Realizar estudios comparativos entre las variables de proceso(Reportes de Maquinista 1 y Maquinista 2) y las variables de resultado(Departamento de Calidad) lo cual permitirá obtener modelos

matemáticos que permitan estimar variables de interés. En las conclusiones se muestra un Modelo de Regresión Múltiple para el Tea Transversal lo cual permitirá tomar decisiones inmediata con respecto a esta variable.

4. Las variables identificadas en el Estudio A y Estudio B permitirán a esta Industria aplicar en un futuro un Análisis de Diseños de Experimentos que le permita encontrar valores en las variaciones que se presentan para maximizar la producción papelera.

BIBLIOGRAFIA

1. LIBBY C. EARL, Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel, Novena Edición, Tomo I, Cia. Editorial Continental, México, 1982.
2. LIBBY C. EARL, Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel, Novena Edición, Tomo II, Cia. 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.
6. CANAVOS GEORGE C. , Probabilidad y Estadística Aplicaciones y Métodos, Mac Graw- Hill / Interamericana de México S.A, 1988

Direcciones de Internet

www.papeleranacional.com