



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL  
LITORAL**

**Instituto de Ciencias Matemáticas**

**Ingeniería en Estadística Informática**

**“Análisis Multivariante de la Generación y  
Producción en una Termoeléctrica de la ciudad  
de Esmeraldas”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ESTADÍSTICA INFORMÁTICA**

Presentada por:

**Katty Helen Delgado Blandón**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO**

**2005**

# AGRADECIMIENTO

A Dios Todopoderoso que tiene misericordia de mi.

A ti Mamá, por que eres ejemplo de fuerza,

de constante trabajo y nunca me faltó

tu amor e incondicional apoyo.

A mi querida hermana, por estar siempre pendiente de mi.

A mis amigos que junto a sus familias me acogieron  
muchas veces, brindándome compañía, cariño y solidaridad,

A todas las personas que con gestos y palabras

contribuyeron en este trabajo.

Gracias.

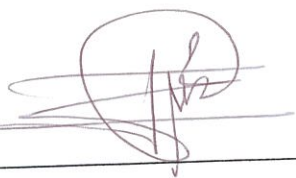
# DEDICATORIA

Con la bendición de Dios y profundo amor

Para Él, mi Mamá y mi hermana

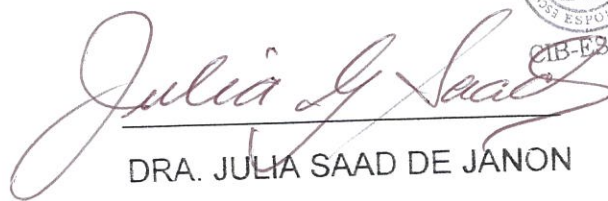
Por todo lo de ellos recibido

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



ING. JORGE MEDINA

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



DRA. JULIA SAAD DE JANON

DIRECTOR DE TESIS

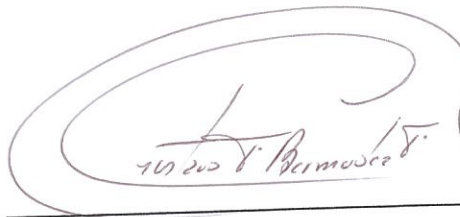


CIB-ESPOL



ING. JORGE FERNÁNDEZ R.

VOCAL



ING. GUSTAVO BERMÚDEZ F.

VOCAL




CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente ; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

  
Katty Helen Delgado Blandón

# RESUMEN

El presente trabajo pretende determinar el comportamiento de los índices de Producción y cuales son los factores que en ellos influyen, además de analizar cada uno de estos factores individual y conjuntamente desde junio de 1999 a febrero del 2005.

En el primer capítulo se tratará la energía, generación eléctrica, tipos de centrales generadoras en particular las termoeléctricas y su funcionamiento, esto nos aclarará el panorama antes de definir variables con las que no estamos cotidianamente vinculados.

La fuente de información es la que se describe en el segundo capítulo; como y cuando se constituyó, donde está ubicada geográficamente y en el Sistema Nacional Interconectado, sus características de funcionamiento, etc. Del departamento técnico de la central mencionada se obtendrá un informe mensual que contiene las variables objeto del presente estudio. En el capítulo tres se describirá cada una de estas variables y se hará el análisis univariado de cada una; se presentarán gráficas porcentuales por intervalos, pero para las variables Índices de Producción se mostrarán también su desarrollo real a través del tiempo. En el capítulo cuatro se desarrollará el análisis Multivariado y se concluye con el cinco que contiene las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	I
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	XI
SIMBOLOGÍA	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XVII

## CAPITULO 1

1.	LA ENERGÍA.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Importancia de la Energía.....	3
1.3	La Energía a través de la Historia.....	6
1.3.1	Energía Mecánica.....	7
1.3.2	Energía Potencial.....	8
1.3.3	Energía Cinética.....	8
1.3.4	Conservación de la Energía Mecánica.....	9
1.3.5	Disipación de la Energía Mecánica.....	10
1.3.6	Energía Nuclear.....	10
1.3.7	Biomasa.....	12
1.3.8	Energía Geotérmica.....	13
1.3.8	Energía Geotérmica.....	13
1.3.9	Energía Eólica.....	13
1.3.10	Energía Oceánica.....	14
1.4	Producción de Corriente Eléctrica.....	14
1.4.1	Centrales Termoeléctricas.....	17
1.4.2	Central Nuclear.....	19
1.4.3	Central Solar.....	19
1.4.4	Central Hidroeléctrica.....	19
1.4.5	Central Mareomotriz.....	20
1.4.6	Central de Biomasa.....	20



1.5 Calderas.....	21
1.5.1 Componentes Básicos de una Caldera.....	24
1.5.2 Clasificación de Calderas.....	25
1.5.3 Ciclo Térmico de Calderas.....	28
1.5.4 Análisis de Selección de Calderas.....	28
1.5.5 Factor de Seguridad.....	30
1.6 Turbinas de Vapor.....	31
1.6.1 Tipos de Turbinas.....	32
1.6.2 Factor de Seguridad.....	33
1.7 Generadores.....	34
1.7.1 Clasificación de los generadores.....	35
1.8 Ciclo Rankine.....	38
1.8.1 Ciclo Rankine con Recalentamiento.....	40
1.8.2 Ciclo Rankine con Regeneración.....	41
 CAPITULO 2	
2. LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS.....	45
2.1 Antecedentes.....	45
2.2 Ubicación de la Central Térmica.....	48
2.2.1. Ubicación Geográfica.....	48
2.2.2. Ubicación Eléctrica.....	49
2.3 Estructura Organizacional por Proceso.....	51
2.4 Descripción de la Central Térmica Esmeraldas.....	52
2.2.1. Esquema de Generación de Energía.....	53

2.5 Descripción de las Instalaciones.....	55
2.5.1. Generación de Vapor.....	55
2.5.2. Turbina a Vapor y Generador.....	56
2.5.3. Condensador y Aguas de Enfriamiento.....	57
2.5.4. Transformadores Principales.....	57
2.5.5. Sistema de Almacenamiento y Manejo de Combustible.....	58
2.5.6. Sistema de Tratamiento Aplicado de Agua.....	59
2.5.7. Piscina de Neutralización.....	60
2.5.8. Planta de Hidrógeno.....	60
2.5.1. Sistema de Manejo de Químicos.....	61
2.5.1. Equipos de Control de Emisiones de Aire.....	61
2.5.1. Sistemas de Agua Lluvias, Servidas e Industriales.....	62
2.6. Actividades de Operación y Mantenimiento.....	63

### CAPITULO 3

3. DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ANÁLISIS UNIVARIADO.....	64
3.1 Estadística Descriptiva.....	64
3.2 Definición de Variables.....	65
3.2.1 Variables de Generación.....	65
3.2.2 Variables Tiempos de Producción.....	67
3.2.3 Variables de Energía.....	69
3.2.4 Índices de Producción.....	71
3.3 Análisis Univariado.....	72

3.3.1	Variable X1: Capacidad Efectiva.....	73
3.3.2	Variable X2: Potencia Máxima.....	74
3.3.3	Variable X3: Potencia Mínima.....	76
3.3.4	Variable X4: Generación Bruta.....	77
3.3.5	Variable X5: Consumo Interno UES (TE).....	79
3.3.6	Variable X6: Consumo Interno UFS (SNI).....	80
3.3.7	Variable X7: Generación Neta .....	82
3.3.8	Variable X8: Energía Entregada a Emelesa.....	83
3.3.9	Variable X9: Horas Periodo.....	85
3.3.10	Variable X10: Horas Operación.....	86
3.3.11	Variable X11: Horas Equivalentes en Reserva.....	88
3.3.12	Variable X12: Horas F/S Mant. Programado.....	89
3.3.13	Variable X13: Horas F/S Mant. Correctivo.....	91
3.3.14	Variable X14: Horas F/S por Falla.....	92
3.3.15	Variable X15: Horas Equivalentes Decremento.....	94
3.3.16	Variable X16: Horas Disponibles.....	95
3.3.17	Variable X17: Horas Indisponibles.....	97
3.3.18	Variable X18: Energía Disponible.....	98
3.3.19	Variable X19: Energía Programada por el CENACE.....	100
3.3.20	Variable X20: Energía No Generada.....	101
3.3.21	Variable X21: Reserva al Sistema.....	103
3.3.22	Variable X22: Energía no Generada por Decremento.....	104
3.3.23	Variable X23: Energía no Generada por Mantenimiento Programado.....	106

3.3.24	Variable X24: Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo.....	107
3.3.25	Variable X25: Energía no Generada por Falla.....	109
3.3.26	Variable X26: Confiabilidad.....	110
3.3.27	Variable X27: Factor de Planta.....	111
3.3.28	Variable X28: Disponibilidad Propia.....	113
3.3.29	Variable X29: Indisponibilidad.....	114
3.3.30	Variable X30: Factor de Reserva al Sistema.....	116
3.3.31	Variable X31: Factor de Decremento.....	117
3.3.32	Variable 32: Factor de Falla.....	119
3.3.33	Variable X33: Decremento capacidad Original.....	120
3.3.34	Variable X34: Consumo Específico.....	122
3.3.35	Variable X35: Consumo de Fuel Oil.....	123

#### CAPITULO 4

4.-	ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO.....	125
4.1	Análisis de Correlación.....	125
4.2	Análisis de Correspondencia.....	127
4.2.1	Método de Normalización Simétrico.....	129
4.3	Prueba Chi-Cuadrado.....	129
4.4	Análisis de Correspondencia Simple.....	135

4.4.1	Análisis de Correspondencia para Factor de Planta e Indisponibilidad1.....	135
4.4.2	Análisis de Correspondencia para Factor de Reserva al Sistema y Factor Decremento.....	136
4.4.3	Análisis de Correspondencia para Factor de Falla y Factor Decremento .....	137
4.5	Análisis de Homogeneidad.....	139
4.5.1	Análisis de Homogeneidad para Índices de Consumo y Fuel Oil.....	141
4.5.2	Análisis de Homogeneidad para Principales Variables.....	144
4.6	Análisis Factorial para las Variables no Índices.....	146
4.7	Regresión Mediante Escalonamiento Óptimo (CATRE).....	148
4.7.1	Regresión para predecir Índice Decremento Capacidad Original.....	150
4.7.2	Regresión para Predecir Factor de Reserva al Sistema.....	151
4.7.3	Regresión para Predecir Índice Disponibilidad.....	152
4.7.4	Regresión para Predecir Índice Factor de Planta.....	153
	Recomendaciones	
CAPITULO 5		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	154
5.1	Conclusiones.....	155
5.2	Recomendaciones.....	157

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

CTE	Central Termoeléctrica Esmeraldas
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CONELEC	Instituto de Seguridad Social de las Fuerzas Armadas
EMELESA	Empresa Eléctrica de Esmeraldas
INECEL	Instituto Ecuatoriano de Electrificación
SIN	Sistema Nacional Interconectado
CAR	Calentador de Aire Regenerativo
RPM	Revoluciones por Minuto
MWH	Megavatios Hora

## SIMBOLOGÍA

$\mu$	Media Poblacional.
$\sigma^2$	Varianza Poblacional.
$\sigma$	Desviación estándar de la Población.
$\gamma_1$	Coefficiente de Sesgo.
$\alpha_4$	Coefficiente de Kurtosis.
$\tilde{X}$	Mediana
$F(x)$	Función de Distribución de Probabilidad.
$Cov(X,Y)$	Covarianza entre X y Y.
$S_{XY}$	Estimador de la covarianza entre las variables X y Y.
$S_{XX}$	Estimador de la varianza de la variable X.
$S_{YY}$	Estimador de la varianza de la variable Y.
$\rho_{XY}$	Coefficiente de correlación entre la variable X y la variable X.
$r_{XY}$	Estimador del coeficiente de correlación entre la variable X y la variable $X_y$
$Z_{\alpha/2}$	Estadístico de prueba Normal Estándar
$H_0$	Hipótesis Nula.
$H_1$	Hipótesis Alterna.
$X_{ij}$	Número de unidades observadas sometidas a la i-ésimo característica del factor A y j-ésimo característica del factor B.



$E_{ij}$	Número de observaciones esperada con la i-ésimo característica del factor A y j-ésimo característica del factor B.
$\chi^2$	Distribución Ji-cuadrado.
$\chi^2_{\alpha, (r-1)(c-1)}$	Estadístico de prueba Ji-cuadrado con $(r-1)*(c-1)$ grados de libertad.
$\mathbf{X}$	Matriz de Datos.
$\bar{\mathbf{X}}$	Vector de medias.
$\Sigma$	Matriz de varianzas y covarianzas.
$\rho$	Matriz de correlaciones
$\langle a_i, a_j \rangle$	Producto punto entre $a_i$ y $a_j$
$\ a\ $	Norma del vector a
$\lambda_i$	i-ésimo valor propio
$e_i$	i-ésimo vector propio
k	número de componentes principales
$Y_i$	i-esima componente principal en combinación lineal con la p-variables observables.

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1	Frecuencia de Capacidad Efectiva	73
TABLA 3.2	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de la Capacidad Efectiva	74
TABLA 3.3	Frecuencia de Potencia Máxima	74
TABLA 3.4	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de la Potencia Máxima	75
TABLA 3.5	Frecuencia de Potencia Mínima	76
TABLA 3.6	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de la Potencia Mínima	77
TABLA 3.7	Frecuencia de Generación Bruta	77
TABLA 3.8	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Generación Bruta	78
TABLA 3.9	Frecuencia de Consumo Interno UES (TE)	79
TABLA 3.10	Medidas de Tendencia Central y Consumo Interno UES (TE)	80
TABLA 3.11	Frecuencia de Consumo Interno UFS (SNI)	80
TABLA 3.12	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Consumo Específico UFS (SNI)	81
TABLA 3.13	Frecuencia de Generación Neta	82
TABLA 3.14	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Generación Neta	83
TABLA 3.15	Frecuencia de Energía Entregada a EMELESA	83
TABLA 3.16	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía Entregada a EMELESA	84
TABLA 3.17	Frecuencia de Horas Periodo	85
TABLA 3.18	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Periodo	86
TABLA 3.19	Frecuencia de Horas Operación	86
TABLA 3.20	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Operación	87
TABLA 3.21	Frecuencia de Horas Equivalentes en Reserva	88
TABLA 3.22	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de la Horas Equivalentes en Reserva	89
TABLA 3.23	Frecuencia de Horas Fuera de Servicio por Mantenimiento Programado	89
TABLA 3.24	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Fuera de Servicio por Mantenimiento Programado	90
TABLA 3.25	Medidas de tendencia Central y Dispersión de Horas F/S por Mantenimiento Correctivo	92
TABLA 3.26	Frecuencia de Horas de F/S por Falla	92

TABLA 3.27	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas F/S por Falla	93
TABLA 3.28	Frecuencia de Horas Equivalentes en Decremento	94
TABLA 3.29	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Equivalentes en Decremento	95
TABLA 3.30	Frecuencia de Horas Disponibles	95
TABLA 3.31	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Disponibles	96
TABLA 3.32	Frecuencia de Horas Indisponibles	97
TABLA 3.33	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Indisponibles	98
TABLA 3.34	Frecuencia de Energía Disponible	98
TABLA 3.35	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía Disponible	99
TABLA 3.36	Frecuencia de Energía Programada por el CENACE	100
TABLA 3.37	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía Programada por CENACE	101
TABLA 3.38	Frecuencia de Energía no Generada	101
TABLA 3.39	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada	102
TABLA 3.40	Frecuencia de Reserva al Sistema	103
TABLA 3.41	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Reserva Al Sistema	104
TABLA 3.42	Frecuencia de Energía no Generada por Decremento	104
TABLA 3.43	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Decremento	105
TABLA 3.44	Frecuencia de Energía no Generada por Mantenimiento Programado	106
TABLA 3.45	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Mantenimiento Programado	107
TABLA 3.46	Frecuencia de Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo	107
TABLA 3.47	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo	108
TABLA 3.48	Frecuencia de Energía no Generada por Falla	109
TABLA 3.49	Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Falla	109
TABLA 3.50	Frecuencia de Confiabilidad	110
TABLA 3.51	Frecuencia de Factor de Planta	111
TABLA 3.52	Frecuencia de Disponibilidad Propia	113
TABLA 3.53	Frecuencia de Indisponibilidad	114

TABLA 3.54	Frecuencia de Factor de Reserva al Sistema	116
TABLA 3.55	Frecuencia de Factor de Decremento	117
TABLA 3.56	Frecuencia de Factor de Falla	119
TABLA 3.57	Frecuencia de Decremento Capacidad Original	120
TABLA 3.58	Frecuencia de Consumo Específico	122
TABLA 3.59	Frecuencia de Consumo de Fuel Oil	123
TABLA 4.1	Prueba Chi-Cuadrada para Capacidad Efectiva y Energía Entregada a EMELESA	130
TABLA 4.2	Prueba Chi-Cuadrada para Potencia Máxima y Generación Bruta	130
TABLA 4.3	Prueba Chi-Cuadrada para Potencia Mínima y Horas Periodo	131
TABLA 4.4	Prueba Chi-Cuadrada para Consumo Interno UES y Consumo Interno UFS	132
TABLA 4.5	Prueba Chi-Cuadrada para Generación Neta y Horas Operación	132
TABLA 4.6	Prueba Chi-Cuadrada para Horas Disponibles y Energía no Generada por Mantenimiento Programado	133
TABLA 4.7	Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Planta e Indisponibilidad	135
TABLA 4.8	Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Reserva al Sistema y Factor de Decremento	136
TABLA 4.9	Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Reserva al Sistema y Factor de Decremento	136
TABLA 4.10	Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Falla y Factor de Decremento	137
TABLA 4.11	Medidas de discriminación para Índices y Fuel	142
TABLA 4.12	Medidas de Saturación para Índices	143
TABLA 4.13	Medidas de Saturación para variables	145
TABLA 4.14	Autovalores	146
TABLA 4.15	Matriz de Componentes Rotados	147

TABLA 4.16	Coeficientes de Modelo para Factor de Decremento Capacidad Original	150
TABLA 4.17	Coeficientes de Modelo para Factor de Reserva al Sistema	151
TABLA 4.18	Coeficientes de Modelo para Disponibilidad	152
TABLA 4.19	Coeficientes de Modelo para Disponibilidad	153

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1	Capacidad Efectiva	73
Gráfico 3.2	Potencia Máxima	75
Gráfico 3.3	Potencia Mínima Generada	76
Gráfico 3.4	Generación Bruta	78
Gráfico 3.5	Consumo Interno UES (TE)	79
Gráfico 3.6	Consumo Interno UFS (SNI)	81
Gráfico 3.7	Generación Neta	82
Gráfico 3.8	Energía Entregada a EMELESA	84
Gráfico 3.9	Horas Periodo	85
Gráfico 3.10	Horas Operación	87
Gráfico 3.11	Horas Equivalente en Reserva	88
Gráfico 3.12	Horas Mantenimiento Programado	90
Gráfico 3.13	Horas Mantenimiento Correctivo	91
Gráfico 3.14	Horas Falla	93
Gráfico 3.15	Horas Equivalentes en Decremento	94
Gráfico 3.16	Horas Disponibles	96
Gráfico 3.17	Horas Indisponibles	97
Gráfico 3.18	Energía Disponible	99
Gráfico 3.19	Energía Programada por el CENACE	100
Gráfico 3.20	Energía no Generada	102
Gráfico 3.21	Reserva al Sistema	103
Gráfico 3.22	Energía no Generada por Decremento	105
Gráfico 3.23	Energía no Generada por Mantenimiento Programado	106
Gráfico 3.24	Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo	108
Gráfico 3.25	Energía no Generada por Falla	109
Gráfico 3.26	Confiabilidad	110
Gráfico 3.27	Confiabilidad en el Periodo	111
Gráfico 3.28	Factor de Planta	112
Gráfico 3.29	Factor de Planta en el Periodo	112
Gráfico 3.30	Disponibilidad Propia	113
Gráfico 3.31	Disponibilidad Propia en el Periodo	114
Gráfico 3.32	Indisponibilidad	115
Gráfico 3.33	Indisponibilidad en el Periodo	115
Gráfico 3.34	Factor de Reserva al Sistema	116
Gráfico 3.35	Factor de Reserva al Sistema en el Periodo	117
Gráfico 3.36	Factor de Decremento	118
Gráfico 3.37	Factor de Decremento en el Periodo	118
Gráfico 3.38	Factor de Falla	119
Gráfico 3.39	Factor de Falla en el Periodo	120
Gráfico 3.40	Decremento Capacidad Original	121
Gráfico 3.41	Decremento Capacidad Original en el Periodo	121
Gráfico 3.42	Consumo Específico	122
Gráfico 3.43	Consumo Específico en el Periodo	123
Gráfico 3.44	Consumo de Fuel Oil	124
Gráfico 3.45	Consumo de Fuel Oil en el Periodo	124
Gráfico 4.1	Medidas Discriminante	142

Gráfico 4.2	Saturación en los Componentes	143
Gráfico 4.3	Puntuación de Objetos	144
Gráfico 4.4	Saturación en los componentes	145
Gráfico 4.5	Autovalores	146

# INTRODUCCIÓN

En el año 2004 la producción térmica neta alcanzó 3 892,93 GWh (30,41% con respecto al total) y es superior en 1,85% con relación a la producción térmica del año anterior. Se alcanzó también en el 2004 la cantidad de 34,97 GWh en exportación a través de la interconexión con Colombia; lo que corresponde a 0,28% del consumo interno de energía en ese mismo año.

Por ser creciente el consumo de energía eléctrica y un servicio de suma importancia para el desarrollo de las actividades cotidianas: productivas, comerciales, etc. Se ha querido desarrollar la presente investigación, con el fin de conocer más sobre la producción, generación y algo de distribución de energía, los factores que influyen en ella haciendo que aumente o disminuya su capacidad de producir y generar Megavatios Hora. La compañía de la cual obtendremos información es importante para la producción nacional; el CENACE se encarga de programar para ella como para todas las empresas de generación, cuando debe entrar a generar, cuando parar, en que niveles técnicos hacerlo, etc.



La Central Termoeléctrica de Esmeraldas (CTE) es quien proporciona los datos para el presente estudio; esta pertenece al Estado ecuatoriano.

Los objetivos del trabajo son:

Analizar los niveles generación y producción de energía para CTE en base a las variables control del CENACE.

Objetivos específicos:

- Determinar el estado de los índices de producción de energía y los factores que influyen en ellos.
- Realizar un análisis Univariado de las variables estudiadas.
- Realizar un análisis Multivariado y hallar un modelo predictivo.

# CAPITULO 1

## 1. LA ENERGÍA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Hasta principios del siglo XIX, el efecto del calor sobre la temperatura de un cuerpo se explicaba postulando la existencia de una sustancia o forma de materia invisible, denominada calórico. Según la teoría del calórico, un cuerpo de temperatura alta contiene más calórico que otro de temperatura baja; el primero cede parte del calórico al segundo al ponerse en contacto ambos cuerpos, con lo que aumenta la temperatura de dicho cuerpo y disminuye la suya propia. Aunque la teoría del calórico explicaba algunos fenómenos de la transferencia de

calor, las pruebas experimentales presentadas por el físico británico Benjamin Thompson en 1798 y por el químico británico Humphry Davy en 1799 sugerían que el calor, igual que el trabajo, corresponde a energía en tránsito. Entre 1840 y 1849, el físico británico James Prescott Joule, en una serie de experimentos muy precisos, demostró de forma concluyente que el calor es una transferencia de energía y que puede causar los mismos cambios en un cuerpo que el trabajo.

El desarrollo de una teoría cinética para la materia fue realizado sobre la base de esas viejas ideas a las que se refería Thompson, con aportaciones sucesivas de científicos tales como Clausius (1822 - 1888), Maxwell (1831 - 1879), Boltzmann (1844 - 1906) y Gibbs (1839 - 1903), y proporcionó una explicación a la noción de temperatura y a otros conceptos claves para la comprensión de los fenómenos caloríficos.

La energía térmica es la forma de energía que interviene en los fenómenos caloríficos. Cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, el caliente comunica energía al frío; el tipo de energía que se cede de un cuerpo a otro como consecuencia de una diferencia de temperaturas es precisamente la energía térmica.

Según el enfoque característico de la teoría cinético-molecular, la energía térmica de un cuerpo es la energía resultante de sumar todas las energías mecánicas asociadas a los movimientos de las diferentes

partículas que lo componen. Se trata de una magnitud que no se puede medir en términos absolutos, pero es posible, sin embargo, determinar sus variaciones. La cantidad de energía térmica que un cuerpo pierde o gana en contacto con otro a diferente temperatura recibe el nombre de calor. El calor constituye, por tanto, una medida de la energía térmica puesta en juego en los fenómenos caloríficos.

En el caso de los fenómenos caloríficos la transferencia de energía térmica se produce de un modo semejante, puesto que ésta se cede no del cuerpo que almacena más energía térmica al cuerpo que almacena menos, sino del de mayor al de menor temperatura. La temperatura puede ser asimilada por tanto al nivel de energía térmica, y el calor puede ser comparado con la cantidad de agua que un recipiente cede al otro al comunicarlos entre sí.

## **1.2 IMPORTANCIA DE LA ENERGÍA**

Nuestro entorno está basado económicamente en el suministro eléctrico y está vinculado a la transferencia y transformación de la energía, en la cual sin duda juega un papel clave en la transformación a otras formas previa a su generación y transferencia generalmente a distancias considerables.

Los procesos detallados de la digestión de alimentos es un asunto complicado, pero se realiza una transformación de la energía química localizada en los alimentos a energía térmica para mantener el cuerpo caliente y en energía mecánica para que el cuerpo realice trabajo moviendo las diferentes partes del mismo como un todo. Hay también alguna transformación en energía eléctrica y otros tipos de energía química que permiten establecer comunicación entre las diferentes partes del cuerpo y facilita la función del sistema nervioso. Aquí de nuevo se involucra transferencia y transformación. Todos los procesos biológicos a través del dominio de los seres vivos pueden ser interpretados en términos del concepto de energía.

Los vientos y los huracanes constituyen otro ejemplo de la transformación de energía térmica comunicada a la atmósfera a través de energía mecánica; los movimientos resultantes son amplificados por la transferencia de energía mecánica de la tierra en rotación.

La energía también juega un papel característico en los terremotos. Cuando una masa de rocas se desliza a lo largo de una falla, la energía potencial es transformada en energía cinética o energía de movimiento, la cual produce cambios en las vecindades. La energía puede llegar a producir graves destrucciones cerca de la superficie y cerca de la fuente. Este fenómeno puede ser detectado a grandes distancias de la fuente por medio de instrumentos sensibles denominados sismógrafos.

La propagación por ondas es un ejemplo muy importante de transferencia de energía, lo mismo que la luz y el sonido.

Como un ejemplo de la propagación por ondas es el caso de la energía transferida, que se recibe en cantidades relativamente grandes del sol a través de las ondas emitidas por este cuerpo caliente y luminoso, el cual es responsable por la existencia y mantenimiento de la vida en la tierra.

Cual es el origen de toda esta energía procedente de la superficie solar que entrega energía a una tasa aproximadamente de  $4 \times 10^{23}$  kilovatios. Este ha sido un problema muy interesante para los astrónomos y físicos. Solamente en tiempos recientes se ha encontrado una respuesta plausible a este interrogante. La fuente de energía solar no es una transformación tan simple de la energía química en calor como cuando se quema carbón, ahora se considera que existe una transformación de masa en energía a través de la creación de núcleos de helio a partir de hidrógeno, es un proceso termonuclear, base de la bomba de hidrógeno.

Deberíamos ser más conscientes del papel de la energía en la vida humana y en sus actividades. Ello se podría lograr a través de los medios de comunicación; que informen sobre la velocidad de transformación de la energía lo cual determina la disminución de los

recursos energéticos los cuales son finitos. La tecnología moderna está diseñando continuamente equipos y nuevas formas de transferir y transformar la energía para obtener los requerimientos de una sociedad que aspira cada vez más a una mejor y mayor calidad de vida esta forma de transformación de la energía a ritmos muy rápidos a partir de combustibles fósiles y de la construcción de plantas, las cuales no solamente disminuye las reservas de combustibles sino que también interfieren con el ambiente, generando procesos de alteración. El rápido incremento de la población mundial produce mayores requerimientos de energía.

Podría objetarse en la transferencia y transformación de la energía es de importancia vital y que si ello no fuera así se pasaría por muchas dificultades. Pero entonces ¿cuál es el significado real de la energía y de qué manera se mide? Por ejemplo el agua se mide en galones o en litros. Si para los requerimientos domésticos se usa energía eléctrica hay un aparato que mide el número de revoluciones del dial. El aparato es un medidor de vatio-hora.

### **1.3 LA ENERGÍA A TRAVÉS DE LA HISTORIA**

Durante la mayor parte de su historia, la Humanidad obtuvo energía de la biomasa, el viento y la fuerza muscular de animales y otros seres

humanos. El petróleo también se utiliza desde hace mucho tiempo, pero sólo a partir del siglo XVIII comenzó su explotación masiva como fuente energética, cuando se descubrieron pozos en Estados Unidos. La electricidad, obtenida en gran parte del mundo como producto secundario de otras energías, es en la actualidad uno de los principales recursos que se usan para mantener andando el mundo.

En la actualidad, los hidrocarburos son una de las grandes bases energéticas de nuestra sociedad. Pero son energías no renovables; es decir, una vez que se terminen, no podrán ser repuestas. Por lo tanto, científicos de todo el mundo se han dedicado a investigar la utilización de otros recursos energéticos para seguir "moviendo al mundo". La energía solar y la nuclear, son dos grandes áreas de investigación. Pero también hay otras energías, menos conocidas y, por lo tanto, menos utilizadas. Son conocidas como inagotables, porque existirán siempre que exista nuestro planeta con sus actuales características. Además de la energía mecánica, cinética, potencial, existe energía solar, la geotérmica, la eólica y la oceánica.

### **1.3.1 La energía mecánica**

De todas las transformaciones o cambios que sufre la materia, los que más interesan a la mecánica son los asociados a la posición y/o a la velocidad. Ambas magnitudes definen, en el



marco de la dinámica de Newton, el estado mecánico de un cuerpo, de modo que este puede cambiar porque cambie su posición o porque cambie su velocidad. La forma de energía asociada a los cambios en el estado mecánica de un cuerpo o de una partícula material recibe el nombre de energía mecánica.

### **1.3.2 Energía Potencial:**

La energía potencial, por lo tanto, es la energía que posee un cuerpo o sistema en virtud de su posición o de su configuración (conjunto de posiciones). Así el estado de mecánico de una piedra que se eleva a una altura dada no es el mismo que el que el que tenía a nivel del suelo: ha cambiado su posición. En un muelle que es tensado, las distancias relativas entre sus espiras aumentan. Su configuración ha cambiado por efecto del estiramiento. En uno y otro caso el cuerpo adquiere en el estado final es capaz de romper un vidrio al chocar contra el suelo y el muelle puede poner en movimiento una bola inicialmente en reposo.-

### **1.3.3 Energía Cinética:**

La forma de energía asociada a los cambios de velocidad recibe el nombre de energía cinética. Un cuerpo en movimiento

es capaz de producir movimiento, esto es, de cambiar la velocidad de otros. La energía cinética es, por lo tanto, la energía mecánica que posee un cuerpo en virtud de su movimiento o velocidad.

#### **1.3.4 Conservación de la Energía Mecánica:**

Cuando se consideran únicamente transformaciones de tipo mecánico, es decir, cambios de posición y cambios de velocidad, las relaciones entre trabajo y energía se convierten de hecho en ecuaciones de conservación, de modo que si un cuerpo no cede ni toma energía mecánica mediante la realización de trabajo, la suma de la energía cinética y energía potencial habrá de mantenerse constante. Eso es lo que también se deduce de la ecuación. En efecto, sí.-

#### **1.3.5 Disipación de la Energía Mecánica:**

Salvo en condiciones de espacio vacío (como ocurre en el espacio exterior a la atmósfera terrestre), los cuerpos se mueven en presencia de fuerzas de rozamiento que se oponen al movimiento y que tienden, por lo tanto, a frenarlo. Estas fuerzas se denominan también disipativas porque restan energía cinética a los cuerpos en movimiento y la disipan o desperdician en forma de calor.

El que sobre un cuerpo actúen fuerzas de rozamiento significa, desde el punto de vista de la energía en juego, que se produce una pérdida continua de energía calórica. En tales casos la conservación de la energía mecánica deja de verificarse y con el tiempo toda la energía mecánica inicial termina disipándose.

### **1.3.6 Energía Nuclear**

La energía nuclear es aquella que está atrapada al interior de cada átomo de la materia. Hasta el siglo 19, los físicos que estudiaron la materia planteaban que la energía de una partícula estaba determinada por la velocidad que ella tenía. Sin embargo, Albert Einstein planteó que las partículas tenían energía independientemente de la velocidad que llevasen. Esta observación fue el origen de la era nuclear.

Cuando las partículas que forman el núcleo del átomo son separadas por una fuerza externa, se libera gran cantidad de energía, en forma de luz y de calor. Esto se denomina fisión nuclear (fisión viene de fisus: separar, romper). Cuando la liberación de la energía se produce de una sola vez, genera una enorme explosión. Esto es lo que sucede con las bombas atómicas. Pero en una planta de fisión nuclear, los núcleos de los átomos de uranio se separan mediante una reacción en

cadena controlada. Ello permite que la liberación de energía se realice lentamente. El principal problema con la fisión nuclear es que libera gran cantidad de radiación, peligrosa para el ser humano. Por ello, los reactores de las plantas nucleares están cubiertos por una espesa capa de concreto.

La fusión nuclear consiste en unir núcleos pequeños para "construir" un núcleo más grande. El Sol utiliza la fusión nuclear de átomos de hidrógeno para formar átomos de helio, lo cual produce calor, luz y otras radiaciones.

Los científicos han realizado diversos experimentos para intentar controlar la fusión nuclear, de modo que la energía liberada pueda aprovecharse. El interés se debe principalmente a que el proceso emite mucha menos radiación dañina para el ser humano. Sin embargo, hasta ahora no se ha logrado producir una fusión controlada, que permita aprovechar la energía. El material más utilizado para generar energía nuclear es el uranio 235.

La energía nuclear tiene diversos usos. En algunos países, se usa en aplicaciones tales como medicina y agricultura. En

otros, la energía liberada calienta el agua y la transforma en vapor que mueve turbinas y genera electricidad.

### **1.3.7 Biomasa**

Cuando los desechos orgánicos inician el proceso químico de fermentación (pudrimiento), liberan una cantidad de gases llamados biogás. Con tecnologías apropiadas, el biogás se puede transformar en otros tipos de energía, como calor, electricidad o energía mecánica. El biogás también se puede producir en plantas especiales: los residuos orgánicos se mezclan con agua y se depositan en grandes recipientes cerrados llamados digestores, en los que se produce la fermentación por medio de bacterias anaeróbicas.

La biomasa es uno de los primeros recursos energéticos utilizados por el ser humano, y todavía en la actualidad es uno de los más necesarios para una importante cantidad de población mundial. La energía de la biomasa es aquella que se produce a partir de productos vegetales y sus derivados. El concepto abarca principalmente leña, desechos forestales (aserrín, virutas) y agrícolas (residuos de cosechas); también se consideran biomasa los papeles, cartones y similares.

### **1.3.8 Energía Geotérmica**

Bajo la corteza terrestre, la capa superior del manto está compuesta por magma, roca líquida a muy altas temperaturas. En algunas zonas, los depósitos o corrientes de agua subterránea son calentados por el magma, hasta temperaturas a veces superiores a los 140 grados Celsius. Cuando el agua, o el vapor, emergen a la superficie a través de fisuras en la corteza, aparecen los géiseres, fumarolas y fuentes termales. En algunos lugares del mundo, como Reykjavik, capital de Islandia, la energía geotérmica se utiliza directamente para temperar edificios, piscinas y otras construcciones. En otros, se utiliza el vapor de agua para mover turbinas y generar electricidad.

### **1.3.9 Energía Eólica**

"Eólica" viene de Eolo, dios griego del viento. El viento es energía en movimiento. El ser humano ha utilizado esta energía de diversas maneras a lo largo de su historia: barcos a vela, molinos, extracción de agua de pozos subterráneos. En la actualidad, el viento se usa también para producir electricidad. Al soplar, el viento mueve las aspas de un molino. Esta energía

cinética se transforma, mediante un generador, en energía eléctrica. En algunos países, como Dinamarca y Alemania, existen granjas eólicas, en las que cientos de molinos son impulsados por el viento, produciéndose electricidad suficiente para alimentar ciudades completas.

#### **1.3.10 Energía Oceánica**

Una de las energías menos exploradas, pese a que es una fuente inagotable de energía cinética. Los océanos pueden proveernos de energía mediante tres maneras: el movimiento de las olas, las mareas y la diferencia de temperatura entre las capas del océano. La energía cinética de las olas y de las mareas puede ser utilizada para mover una turbina y generar electricidad. Japón, Francia, Israel y Gran Bretaña son quienes más han avanzado en el estudio de la energía oceánica, diseñando estaciones experimentales.

### **1.4 PRODUCCIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA**

La generación de electricidad (corriente alterna) se basa en la ley de Faraday-Lenz. Cuando existe movimiento relativo entre un conductor eléctrico y un campo magnético (imán) se produce una fuerza

electromotriz (fem) que hace circular corriente eléctrica por el conductor. Se ha producido así la electricidad.

La energía que encierra la electricidad proviene de unas de las partículas más pequeñas conocidas por la ciencia: los electrones, que poseen una carga eléctrica negativa. Toda la materia está formada por átomos, y los átomos están formados por partículas más pequeñas: protones, neutrones y electrones. Algunos tipos de átomos tienen electrones que están menos "apegados" al núcleo. Esto quiere decir que fácilmente pueden ser movilizados de un átomo a otro. Cuando los electrones se mueven entre los átomos de la materia, se produce una corriente de electricidad. Esto es lo que sucede cuando los electrones (en rojo, en la figura) circulan por un trozo de alambre. Algunos elementos son mejores conductores que otros. Esto se relaciona con la capacidad de los electrones de los átomos de esa materia, de moverse de un lugar a otro. A esta capacidad se le llama resistencia de un material. A menor resistencia, mejor conductor de electricidad es el elemento. El cobre es un excelente metal conductor de electricidad, ya que su resistencia es baja. Las pilas y baterías contienen energía química almacenada. Cuando las sustancias químicas del interior de la pila reaccionan unas con otras, producen una carga eléctrica. Esta



carga se transforma en energía eléctrica cuando la batería o pila se conecta en un circuito.

La electricidad produce calor. Cuando fluye, la resistencia causa fricción, y la fricción provoca calor. Mientras mayor sea la resistencia de un elemento, más caliente puede ponerse. Ese principio es el que utilizan, por ejemplo, las estufas eléctricas de radiación, los secadores de pelo o los calentadores de agua.

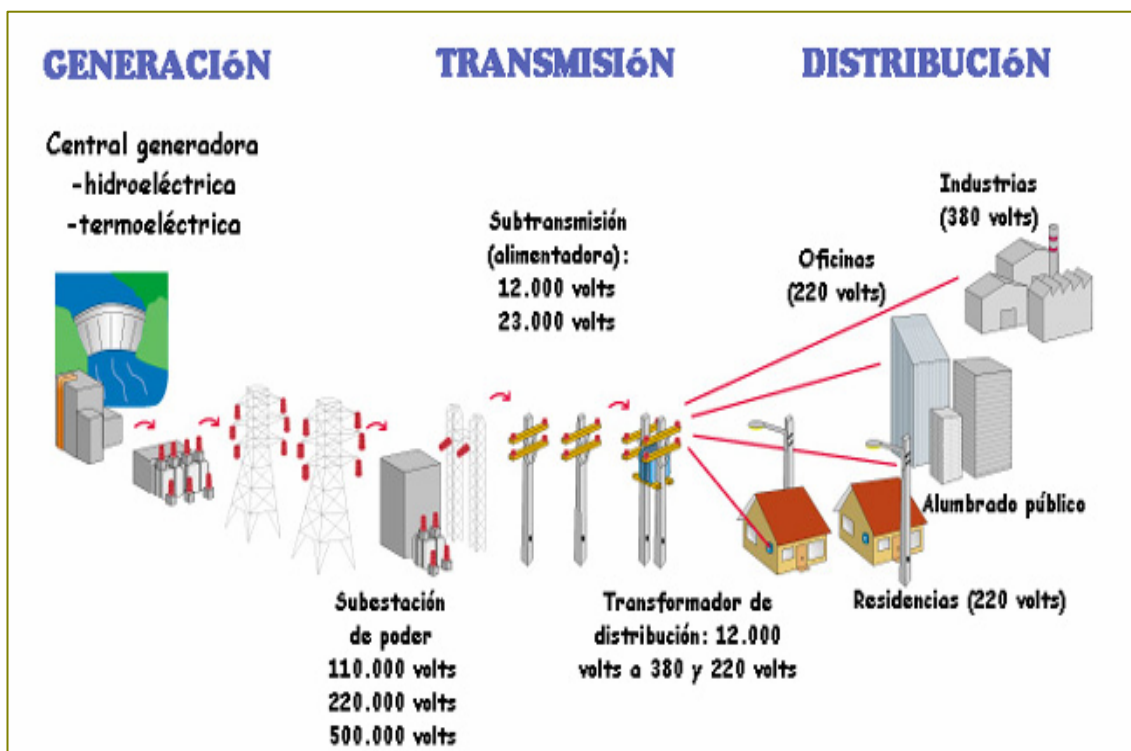
Otro tipo de energía eléctrica es la electricidad estática. Al contrario de la corriente eléctrica, que se mueve, la electricidad estática se mantiene en un lugar y consiste en los átomos que se traspasan de un elemento a otro, sin moverse.

Los rayos y relámpagos de una tormenta también son electricidad estática.

Las nubes se cargan eléctricamente a medida que los cristales de hielo en su interior se frotan unos con otros. Las nubes llegan a estar tan cargadas que los electrones saltan entre la nube y la tierra (rayos), o entre una nube y otra (relámpagos).

La electricidad que nosotros consumimos, y que se transporta a través de una red de cables, se produce básicamente al transformar la energía cinética en energía eléctrica. Para ello, se utilizan turbinas y generadores.

Gráfico 1.1



Fuente: [www.elrincondelvago.com/electrica/datos/generacion](http://www.elrincondelvago.com/electrica/datos/generacion)

#### 1.4.1 Centrales Termoeléctricas

Usan el calor para producir electricidad. Calientan una sustancia, que puede ser agua o gas, los cuales al calentarse salen a presión y mueven turbinas y entonces el movimiento se transforma. Para alimentar una central termoeléctrica se pueden usar muchas fuentes energéticas: carbón, petróleo, gas natural, energía solar, geotérmica o nuclear, biomasa:

*Centrales térmicas a vapor.* En este caso, se utiliza agua en un ciclo cerrado (siempre es la misma agua). El agua se calienta en grandes calderas, usando como combustible el carbón, gas, biomasa, etc. La turbina se mueve debido a la presión del

vapor de agua, y su energía cinética es transformada en electricidad por un generador.

*Centrales térmicas a gas.* En vez de agua, estas centrales utilizan gas, el cual se calienta utilizando diversos combustibles (gas, petróleo o diesel). El resultado de esta combustión es que gases a altas temperaturas movilizan a la turbina, y su energía cinética es transformada en electricidad.

*Centrales de ciclo combinado.* Utilizan dos turbinas, una a gas y otra a vapor. El gas calentado moviliza a una turbina y luego calienta agua, la que se transforma en vapor y moviliza, a su vez, a una segunda turbina.

En las centrales térmicas, concretamente se llevan a efecto tres grandes transformaciones de energía, la primera consiste en transformar la energía química almacenada en el combustible en energía térmica para producir vapor y esto se lo hace en la caldera, la segunda se realiza convirtiendo la energía térmica del vapor en energía mecánica por medio de la turbina es decir el vapor mueve la turbina y la tercera consiste en transformar la energía mecánica en energía eléctrica mediante el generador eléctrico produciendo la electricidad

según la ley de Faraday-Lenz.

#### **1.4.2 Central Nuclear**

En las centrales nucleares, el combustible es el uranio. El calor generado en la vasija del reactor -fisión- produce vapor de agua a presión en un circuito exterior al reactor.

El fundamento es el mismo que en la central térmica.

En los molinos de viento o aerogeneradores, es el viento (partículas de aire a gran velocidad y alta energía cinética) el agente externo que mueve el alternador.

#### **1.4.3 Central Solar**

En la central solar es la energía del sol la que hace hervir el agua y generar vapor a presión.

Otro sistema es mediante el uso las células fotovoltaicas (placas solares a base de silicio) que transforman la energía del sol en corriente eléctrica directamente.

#### **1.4.4 Central Hidroeléctrica**

En la central hidroeléctrica es la velocidad del agua la que mueve el alternador. La energía potencial del agua se

transforma en energía cinética.

#### **1.4.5 Central Mareomotriz**

En la central mareomotriz, el agente externo es la velocidad del agua del mar. Las subidas y bajadas de las mareas, originan unas corrientes con gran energía cinética capaces de mover los alternadores.

#### **1.4.6 Central de Biomasa**

En las centrales de biomasa, es el vapor de agua producido al quemar la materia orgánica residual derivada de cultivos agrícolas principalmente.

Habiendo mencionado los tipos de centrales generadoras de energía eléctrica, se describirá a continuación como y donde se genera el vapor que es parte importante en la generación térmica de electricidad, porque esta es el tipo de central en la que se basará este estudio. Estas son Calderas, Turbina y Generador.

## 1.5 CALDERAS

Una caldera es un recipiente cerrado en el que se calienta agua, se genera vapor bajo presión o vacío mediante la aplicación de calor generado por combustibles, electricidad o energía nuclear. Por lo general, las calderas se subdividen en cuatro tipos clásicos: residencial, comercial, industrial y de servicios públicos.

Las calderas residenciales producen vapor a baja presión o agua caliente, principalmente para aplicaciones de calefacción en residencias privadas.

Las calderas comerciales producen vapor o agua caliente sobre todo para aplicaciones de aplicación en uso comercial y, en ciertas ocasiones, para operaciones de procesos.

Las calderas industriales producen vapor o agua caliente, ante todo para aplicaciones en procesos y algunas veces para calefacción.

Las calderas de servicios públicos producen vapor que se utiliza principalmente para producir electricidad.

Dentro de estos cuatro tipos generales de calderas surgen algunos tipos específicos que se clasifican de acuerdo con su uso. Un ejemplo podría ser una caldera de recuperación de calor que recupera la energía que por lo general no se emplea y la convierte en calor

utilizable. De manera similar, la caldera de lecho fluidificado es una caldera que emplea un proceso de combustión de lecho fluidificado. En este tipo de proceso, el combustible se quema en un lecho de partículas granuladas que se mantiene en suspensión mediante un flujo ascendente de aire y productos remanentes de la combustión. Esta tecnología, en uso desde hace 40 años, se adapta como un proceso de combustión instalado dentro de la caldera.

En general las calderas se venden tanto como un paquete o como para instalarse en el sitio de operación. Una caldera en paquete es aquella que se equipa y se envía completa, con el equipo de quemado de combustible, con chimenea de tiro mecánico, controles automáticos y accesorios que, por lo general, se embarcan en una o más secciones principales. Las calderas para instalarse son aquellas que se embarcan de fábrica con tubos, cubiertas, domos, accesorios, etc. Y se ensamblan por completo en el sitio de su instalación.

La definición comúnmente aceptada para capacidad de una caldera es la tasa de rendimiento, que establece el fabricante, para la cual la diseñó para operar durante un periodo. La máxima capacidad continua es la carga máxima en kilogramos de vapor por hora para un periodo específico para la cual se diseñó la caldera.

Las calderas modernas proporcionan la mayor parte de la fuerza motriz en el mundo y, probablemente, sean las piezas mecánicas menos conocidas. Las calderas son tema de ingeniería, de leyes físicas, de legislaciones del congreso, y de reglamentos en dependencias gubernamentales que, entre todas ellas, dan forma a su destino. A pesar de esta atención, esta antigua fuente de energía está todavía envuelta en el misterio.

El objetivo principal de una caldera es generar vapor o agua caliente a presiones y/o temperaturas superiores a las atmosféricas. El vapor se produce mediante transferencia de calor del proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando, de esta manera, se presión y temperatura.

Debido a estas altas presiones y temperaturas se desprende que el recipiente contenedor o recipiente de presión debe diseñarse de forma tal que se logren los límites de diseños deseados, con un factor de seguridad razonable.

Cuando se diseña una caldera deben tomarse en cuenta muchos factores. Después que se ha decidido que combustible deberá quemarse, es necesario determinar la que cantidad de vapor es necesaria para satisfacer los requerimientos de la caldera. Los



parámetros de operación incluyen rangos de carga mínimos, máximos y normales; la duración del ciclo y el tipo de carga, bien sea constante o variable.

### **1.5.1 Componentes Básicos de una Caldera**

Los componentes básicos de una caldera son las secciones de convección y el hogar.

En la sección del hogar se consumen los productos de la combustión y se libera calor, el cual se transfiere al agua y, de esta manera, se produce vapor o se calienta el agua. Este espacio debe diseñarse teniendo en cuenta, las tres "T" de la combustión: tiempo, turbulencia y temperatura. Para lograr una combustión completa es necesario que el combustible tenga el tiempo suficiente para que se consuma por completo; deberá existir suficiente turbulencia para obtener una mezcla completa de aire y combustible con el fin de lograr un quemado eficiente; y deberá lograrse una temperatura suficientemente elevada para permitir la ignición de los productos.

La sección de convección de una caldera es aquella porción en que el calor contenido en la combustión de los gases se transfiere al agua para producir el vapor; aquí deben tomarse las medidas adecuadas para permitir que las partículas no quemadas pasen y puedan captarse en los separadores inferiores. La caída de presión y el flujo volumétrico son factores muy importantes para determinar el diseño general de la sección de convección.

### **1.5.2 Clasificación de Calderas**

Por sus características las calderas se clasifican generalmente como calderas de tubos de humo (pirotubulares) o de tubos de agua (acuotubulares).

La caldera de vapor pirotubular, concebida especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación presenta las siguientes características.

El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor.

La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al cuerpo lado gases, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión.

En cuanto al acceso, al lado agua se efectúa a través de la boca de hombre, situada en la bisectriz superior del cuerpo y con tubuladuras de gran diámetro en la bisectriz inferior y placa posterior para facilitar la limpieza de posible acumulación de lodos.

El conjunto completo, calorífugado y con sus accesorios, se asienta sobre un soporte deslizante y bancada de sólida y firme construcción suministrándose como unidad compacta y dispuesta a entrar en funcionamiento tras realizar las conexiones a instalación

Las calderas acuotubulares (el agua está dentro de los tubos) eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor, para accionar las máquinas a vapor de principios de siglo.

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

La producción del vapor de agua depende de la correspondencia que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son la presión y la temperatura. A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido, y también a cualquier presión puede ser vaporizada el agua, con tal que se aumente convenientemente su temperatura. se presentan en una gran variedad de diseños y configuraciones. En este tipo de unidad, los productos de la combustión que rodean los bancos de tubos y el agua circula por el interior de dichos tubos, los cuales tienen una inclinación vertical hacia un recipiente o colector de vapor localizado en el punto más alto de la caldera. Por lo general el tipo de caldera se describe por la configuración de estos tubos.

### **1.5.3 Ciclo Térmico de Calderas**

En el ciclo térmico como puede observarse en esta simple figura, se producen las distintas transformaciones y transferencia de la energía. El proceso químico de la combustión en la caldera produce energía, parte de la cual es cedida al agua que está circulando elevando su temperatura al punto de ebullición, el vapor presurizado y caliente incide sobre los alabes de la turbina, la que se pondrá en movimiento rotacional junto con el rotor del generador produciendo energía eléctrica.

### **1.5.4 Análisis para Selección de Calderas**

El riesgo principal de los aparatos a presión es la liberación brusca de presión. Para poder ser utilizados deben reunir una serie de características técnicas y de seguridad requeridas en las disposiciones legales que les son de aplicación, lo que permitirá su homologación, con la acreditación y sellado pertinente.

Al margen de las características constructivas de los equipos, los usuarios de los aparatos a presión, para los que es de aplicación el reglamento de aparatos a presión, deberán llevar

un libro registro, visado y sellado por la correspondiente autoridad competente, en el que deben figurar todos los aparatos instalados, indicándose en el mismo: características, procedencia, suministrador, instalador, fecha en la que se autorizó la instalación y fecha de la primera prueba y de las pruebas periódicas, así como las inspecciones no oficiales y reparaciones efectuadas con detalle de las mismas. No se incluyen en el libro las botellas y botellones de GLP u otros gases, sifones, extintores y aparatos análogos, de venta normal en el comercio.

Los operadores encargados de vigilar, supervisar, conducir y mantener los aparatos a presión deben estar adecuadamente instruidos en el manejo de los equipos y ser conscientes de los riesgos que puede ocasionar una falsa maniobra o un mal mantenimiento. En el caso de calderas de  $P \times V > 50$  (P en  $\text{kg/cm}^2$  y V en  $\text{m}^3$ ), el Reglamento de aparatos a presión exige que los operadores dispongan de acreditación que garantice un adecuado nivel de conocimientos.

El Reglamento de aparatos a presión, mediante sus ITC determina, para cada aparato, las prescripciones de seguridad que deberán cumplir, así como las características de los

emplazamientos o salas donde estén instalados, en función de su categoría.

#### **1.5.5 Factor de Seguridad**

Válvulas de seguridad- Todas las válvulas de seguridad que se instalen en las calderas de esta Instrucción serán de sistema de resorte y estarán provistas de mecanismos de apertura manual y regulación precintable, debiéndose cumplir la condición de que la elevación de la válvula deberá ser ayudada por la presión del vapor evacuado. No se permitirá el uso de válvulas de seguridad de peso directo ni de palanca con contrapeso.

Las válvulas de seguridad cumplirán las disposiciones constructivas y de calidad recogidas en la norma UNE 9-100.

Toda caldera de vapor saturado llevará como mínimo dos válvulas de seguridad independientes, las cuales deberán precintarse a una presión que no exceda en un 10 por 100 a la de servicio, sin sobrepasar en ningún caso la de diseño. No obstante, las calderas de la clase C podrán llevar una sola válvula, que deberá estar precintada a la presión de diseño como máximo.

Válvulas del circuito de agua de alimentación.- La tubería de alimentación de agua desde la bomba dispondrá de dos válvulas de retención; una de estas válvulas se situará muy cerca de la caldera y la otra se colocará a la salida de la bomba. La válvula de retención situada junto a la caldera llevará, entre esta y dicha válvula, una válvula de interrupción que pueda aislar e incomunicar la caldera de la tubería de alimentación; estas dos válvulas podrán ser sustituidas por una válvula mixta de interrupción y retención. Si existe un economizador incorporado a la caldera de vapor, estas válvulas se montarán a la entrada del economizador.

Todas las válvulas deberán estar protegidas contra la acción de los fluidos calientes y se instalarán en sitio y forma tales que puedan ser accionadas fácilmente por el personal encargado.

## **1.6 TURBINAS DE VAPOR**

Se usan ampliamente en las refinerías para suministro de potencia. Se usan para accionar bombas centrífugas, compresores de gas, soplantes de aire, ventiladores y generadores eléctricos. Cada turbina está diseñada para un propósito específico y desarrolla una potencia específica. Los principios básicos para el diseño de la turbina son



siempre los mismos, aunque generalmente cuanto mayor es la turbina más complicado es.

La turbina de vapor opera a base del principio de molino de viento, o la de paletas movida por un flujo de agua que proviene de un río, En una turbina de vapor, el vapor pasa a través de una tobera pequeña a gran velocidad y empuja las aspas o álabes montados en un rotor. La fuerza del vapor hace que el rotor gire y esta fuerza desarrollada puede accionar una bomba o un compresor, o generar electricidad.

El suministro de vapor a una turbina debe estar libre tanto de condensado como de cualquier líquido, pues este causaría una rápida erosión de los álabes del rotor. Esta es una de las razones por las cuales el vapor generado es sobrecalentado.

La condensación en las líneas de vapor aumenta con la distancia desde la caldera. Se instalan trampas de vapor a lo largo de la línea para extraer el condensado en las turbinas, todas las tomas de vapor se hacen por parte superior de las líneas de distribución de vapor.

### **1.6.1 Tipo de Turbinas**

*Turbinas de Impulsión.-* En una turbina de Impulsión el vapor es dirigido desde toberas hacia los álabes montados en un

disco giratorio. La caída de presión se produce únicamente a través de la tobera y la presión en los álabes permanece constante.

*Turbinas de Reacción.*- En las turbinas de reacción el vapor se expande en anillos alternos de álabes fijos y álabes móviles. La caída de presión se efectúa tanto en los álabes fijos como los móviles.

Las turbinas pueden ser de impulsión o de una combinación de impulsión y reacción. Las turbinas se clasifican también por las condiciones a las que sale el vapor de la máquina.

a.- *Turbina de condensación:* Es aquella en la cual el vapor exhausto sale a presión inferior a la atmosférica.

b.- *Turbina no condensante:* Es aquella en la cual el vapor exhausto sale a una presión por encima de la atmosférica.

### **1.6.2 Factor Seguridad**

A menos que la carcasa de la turbina esté diseñada para soportar la presión total del suministro, debe estar protegida por alguna forma de dispositivo de seguridad. Normalmente se

coloca una válvula de seguridad en la línea que está entre la admisión y la válvula de bloqueo.

Se acoplan válvulas centinelas a la carcasa de las turbinas que están diseñadas para resistir la presión del vapor. La válvula centinela deja escapar vapor para advertir que existe presión excesiva, pero no es lo suficientemente grande para liberar tanto vapor que reduzca rápidamente la presión en la carcasa.

## **1.7 GENERADORES**

Los Motores y generadores eléctricos, son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, con medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dinamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor. Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831.

### 1.7.1 Clasificación de los Generadores

Existen tres tipos básicos de generadores eléctricos rotatorios: síncronos de ca, inducción de ca y rotatorios de cd.

Casi toda la energía eléctrica generada por las instalaciones eléctricas a servicio del público y por generadores de turbina industriales es proporcionada por generadores síncronos de ca. Este tipo de generador incluye un sistema de excitación que se emplea para regular el voltaje de salida y el factor de potencia.

Los generadores de inducción son motores de inducción de jaula de ardilla impulsados por encima de su velocidad síncrona. No tiene sistema de excitación y por ello no puede controlarse el voltaje o factor de potencia. El sistema debe suministrar la excitación. En general, los generadores de inducción se aplican donde existe un desperdicio de energía relativamente pequeño o un potencial hidráulico; son impulsados por una turbina de vapor, un motor de expansión de gas o una turbina hidráulica para recuperar la potencia de la corriente de energía. En estos casos resulta económico ajustar

el factor de potencia y voltaje en otros generadores síncronos mayores del sistema.

Los generadores rotarios de cd han sido reemplazados casi por completo por rectificadores estáticos de silicio. La demanda de generadores rotatorios de cd se limita a unas cuantas aplicaciones muy particulares, como en elevadores o grandes excavadoras. No se ha encontrado un método práctico para reducir el elevado mantenimiento asociado con los conmutadores y escobillas de los generadores de cd.

El principio fundamental de operación de los generadores síncronos de ca es que el movimiento relativo entre un conductor magnético induce un voltaje en el conductor. La magnitud del voltaje es proporcional a la tasa con la cual el conductor corta las líneas de flujo magnético. La disposición más común comprende de un electroimán cilíndrico que gira dentro de un conjunto de conductores estacionarios. El electroimán se llama campo; los conductores constituyen la armadura. Una fuente externa de energía de cd se aplica a través de los anillos colectores en el rotor. La fuerza del flujo, y por lo tanto, el voltaje inducido en la armadura se regulan mediante la corriente directa y el voltaje suministrado al campo.

La corriente alterna se produce en la armadura debido a la inversión del campo magnético a medida que los polos norte y sur pasan por los conductores individuales. Las líneas de flujo magnético siempre forman un circuito cerrado. Al confinar el flujo del campo en materiales con elevada permeabilidad se intensifica la densidad de éste. La permeabilidad de ciertos aceros es miles de veces mayor que la del aire. La densidad del flujo en la cara de los polos es proporcional a los amperes – vuelta sobre los polos y la permeabilidad combinada de todos los materiales en el circuito incluyendo el núcleo del rotor, el núcleo del estator y el entrehierro.

El núcleo del estator está construido con laminaciones de acero para proporcionar tanto una trayectoria magnética de alta permeabilidad como una trayectoria de alta resistencia eléctrica para minimizar el voltaje inducido y la generación inherente de calor.

Existen dos parámetros que limitan la producción de energía eléctrica de un generador:

Saturación de la densidad de flujo. A medida que se incrementa la corriente de excitación del campo, se alcanza un punto donde la densidad de flujo no aumenta más debido a la

saturación del hierro del núcleo. Lo normal es que la capacidad del generador en kilovoltamperes (kVA) se encuentre cerca de este punto de saturación del flujo.

Elevación de la temperatura en el devanado y en el aislamiento debido a las pérdidas. Esto comprende las pérdidas debidas a la corriente de excitación en el devanado del campo, la corriente alterna en el devanado de la armadura, el circuito magnético y cualesquiera corrientes parásitas o campos magnéticos que se generen.

Las siguientes descripciones son importantes para explicar el funcionamiento del tipo de generación eléctrica que se estudia en el presente trabajo.

## **1.8 CICLO RANKINE**

Una planta de generación de vapor se puede analizar mediante el ciclo Rankine. El vapor saturado seco descargado por la caldera a una presión  $P_1$  es suministrado a la turbina, en donde se expande isoentrópicamente hasta una presión  $P_2$ . En el condensador se transforma el vapor húmedo, isobárica e isotérmicamente, en líquido saturado mediante la remoción de calor. Si la presión en el

condensador  $P2 = P3$  es mucho menor que la presión del vapor en la presión del vapor en la caldera  $P4 = P1$ , el líquido saturado se bombea isoentrópicamente hasta alcanzar la presión  $P4$ . El líquido comprimido es suministrado por la caldera, en donde se calienta primero hasta la temperatura de saturación correspondiente a la presión  $P1$ , y luego se evapora hasta transformarse finalmente en vapor saturado seco para terminar el ciclo termodinámico.

La eficiencia térmica de este ciclo Rankine ideal puede obtenerse recurriendo a la primera ley de la termodinámica.

En consecuencia:

La diferencia de entalpía en el proceso isoentrópico puede calcularse a través de la expresión:

El trabajo requerido por la bomba es generalmente muy pequeño comparado con el trabajo desarrollado por la turbina. De aquí que la expresión del rendimiento generalmente se simplifique así:

La eficiencia térmica del ciclo puede incrementarse aumentando la entalpía del vapor suministrado a la turbina. Dicha entalpía puede incrementarse aumentando la temperatura del vapor en la caldera. Este calentamiento puede lograrse mediante el empleo de un sobrecalentador, el cual permite aumentar isobáricamente la entalpía del vapor, transformándolo en vapor sobrecalentado.



La eficiencia térmica del ciclo Rankine también puede incrementarse disminuyendo la entalpía del vapor a la descarga de la turbina. Esta disminución generalmente se logra disminuyendo la presión de operación de condensador. Sin embargo, una disminución de la presión de descarga trae como consecuencia un aumento en la humedad del vapor descargado por la turbina. Esta consecuencia es significativa si se considera que una humedad excesiva en los últimos pasos de la turbina origina una disminución en el rendimiento de ésta, y puede dar origen a la erosión de los alabes.

### **1.8.1 Ciclo Rankine con Recalentamiento**

La eficiencia del ciclo Rankine puede incrementarse también aumentando la presión de operación en la caldera. Sin embargo, un aumento en la presión de operación de la caldera origina un mayor grado de humedad en los últimos pasos de la turbina. Este problema puede solucionarse haciendo uso de recalentamiento, en donde el vapor a alta presión procedente de la caldera se expande solo parcialmente en una parte de la turbina, para volver a ser recalentado en la caldera. Posteriormente, el vapor retorna a la turbina, en donde se expande hasta la presión del condensador. Un ciclo ideal con

recalentamiento, y su correspondiente diagrama temperatura-entropía aparece en la siguiente figura. Obsérvese en esta figura que el ciclo Rankine con sobrecalentamiento solamente, sería más eficiente que el ciclo con recalentamiento, si en el primero fuera posible calentar el vapor hasta el estado  $1'$  sin incurrir en problemas de materiales.

El ciclo Rankine con recalentamiento puede ayudar a elevar mínimamente la eficiencia del ciclo, pero se usa para alargar el tiempo de vida de la turbina. Idealmente podríamos usar una cantidad infinita de recalentamientos para continuar elevando la eficiencia pero en la práctica solo se usan dos o tres, ya que la ganancia de trabajos es muy pequeña.

### **1.8.2 Ciclo Rankine con Regeneración.**

La eficiencia del ciclo Rankine es menor que un ciclo de Carnot, porque se añade calor distinto al de la temperatura más alta. Este defecto se puede compensar usando un ciclo regenerativo. A continuación se presentan dos métodos, aunque el primero es muy impráctico. El líquido se bombea hacia unos serpentines en la turbina para lograr una transmisión de calor. Así, podemos decir que el fluido sufre un incremento de temperatura reversible

de a hasta b, mientras que se expande y enfría reversiblemente desde d hasta e. La eficiencia térmica de este ciclo regenerativo es igual a la del ciclo de Carnot. La prueba es que en el ciclo existen tres condiciones:

El calor es añadido al ciclo a una temperatura constante  $T_A$

El calor es rechazado del ciclo a otra temperatura constante  $T_B$ .

Todos los procesos son, o los consideramos, reversibles.

Comparando con las condiciones del ciclo de Carnot, se concluye que son iguales.

Aunque una turbina como la descrita anteriormente se pudiera construir, sería dañino para ella ya que aumentaría considerablemente la humedad por la disminución de temperatura.

Podemos sugerir un método alternativo, el cual consiste en extraer una pequeña porción del vapor en la turbina, antes de que se expanda completamente. Esta extracción se mezcla con el líquido proveniente de una primer bomba en un calentador "abierto" o "por contacto". De esta forma podemos incrementar la temperatura del fluido sin decrementar la calidad del vapor en la turbina. Si tuviéramos una cantidad infinita de puntos de extracción a diferentes temperaturas en el proceso de expansión, la diferencia de temperaturas entre el vapor extraído

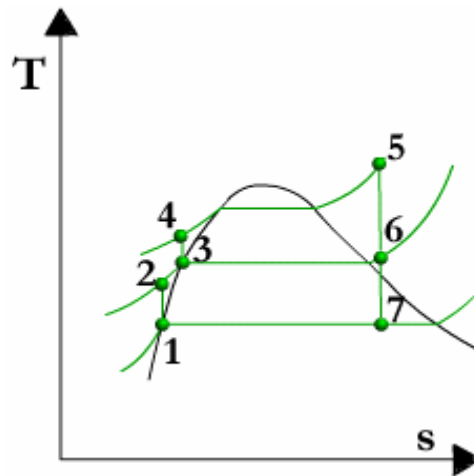
y el líquido proveniente de la bomba sería mínima, lo mismo pasaría con la irreversibilidad que se produce al mezclar ambos fluidos.

Para este sistema hipotético, el calor se transfiere solamente en los puntos donde la temperatura es máxima y mínima. Si tenemos un número finito de puntos de extracción la irreversibilidad de las mezclas hace que exista una pérdida de energía. Aunque estas pérdidas se den, la eficiencia térmica de un ciclo regenerativo irreversible puede ser mayor que un ciclo Rankine reversible común. Esto es posible gracias a que en un ciclo regenerativo el calor se añade a una temperatura promedio más alta, y por eso un mayor porcentaje de este calor puede ser convertido en trabajo.

Dado que la mayor pérdida de energía de una planta de potencia se presenta en el condensador, en donde se desecha calor al medio enfriador, es pertinente considerar métodos de reducir este calor desechado y de mejorar la eficiencia del ciclo.

El método más deseable de calentamiento del condensador sería uno que fuera reversible y continuo. Suponiendo que esto fuera posible el diagrama T-S estaría representado por la figura siguiente:

Gráfico 1.2



Fuente: <http://www.us.es/deupfis1/Tecfluyc/Rankine05.pdf>

En este diagrama se considera que el vapor está saturado al inicio de la expansión. La curva 4-5 es paralela a la 3-6 puesto que se postula que el calentamiento es reversible. Se observará que el incremento de Entropía durante el calentamiento es igual a la disminución durante la expansión y enfriamiento del vapor, y que el área 4,5,6,3 es igual al área 1,2,3,6,7.

## **CAPITULO 2**

### **2. LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

El 22 de enero de 1978, el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) convocó a un concurso interno de precios para la puesta en marcha de una central térmica a vapor de 120 MW, incluyendo la respectiva subestación y la línea de transmisión: Santo Domingo – Esmeraldas. La convocatoria, de conformidad con el Acuerdo Ministerial No. 14100 A del 20 de enero de 1978 y publicado en el Registro Oficial No.520 del 3 de febrero del mismo año, determinó las necesidades concernientes al diseño detallado, suministros, transporte al sitio, obras civiles, montajes, pruebas, funcionamiento y operación experimental de dicha central, bajo la modalidad “Llave en Mano”.

Luego del análisis de la documentación presentadas por varias empresas, INECEL adjudicó el contrato a la firma GRUPPO INDUSTRIE

MECCANICHE PER IMPIANTIALI, Stereo s.p.A.-GIE-, que presentó la oferta más conveniente. La decisión del Directorio de INECEL aprobó el 31 de mayo de 1978.

### ***Misión***

Generar Bienestar y Desarrollo Nacional, mediante la producción y comercialización de energía eléctrica con eficiencia, eficacia y disminuyendo el impacto ambiental.

### ***Visión***

Empresa líder en el sector termoeléctrico por su eficiencia productiva, servicio al cliente y alta rentabilidad; con personal proactivo y con sistemas de gestión certificados.

### ***Misión Desagregada***

*Sistema de gestión Organizacional:* Lograr el mejoramiento permanente del sistema de gestión.

*Logística de Entrada:* Optimizar la provisión de bienes y servicios.

*Producción:* Optimizar la producción, la confiabilidad y disponibilidad de equipos y sistemas.

*Finanzas:* Optimizar la gestión financiera con el fin de maximizar el valor de la empresa en el mercado.

*Comercialización:* Mejorar la gestión comercial con el fin de lograr la satisfacción del cliente.

*Relaciones Industriales:* Optimizar el Talento Humano y el ambiente de trabajo con el fin de apoyar a la consecución de los resultados cooperativos.

*Sistemas de Información:* Optimizar el manejo de información en función de Hardware y Software.

### **Objetivos**

#### *A largo plazo:*

Prestar excelentes servicios a los clientes .

Adoptar los avances tecnológicos.

Alcanzar alto desempeño financiero.

#### *A mediano plazo:*

Desarrollar el esquema de comercialización en un mercado de competencia abierta.



Implantar cultura organizacional en base a los valores de la empresa.

Propiciar el uso de las tecnologías mas adecuadas para el desarrollo del negocio.

Lograr un posicionamiento efectivo y rentable en el mercado.

Certificar Sistemas de Gestión.

*A corto plazo:*

Maximizar utilidad financiera.

Objetivos Plan Operativo.

## **2.2 UBICACIÓN DE LA CENTRAL TÉRMICA**

### **2.2.1 Ubicación Geográfica**

La central térmica Esmeraldas, se encuentra ubicada en la provincia del mismo nombre, Parroquia "Vuelta Larga". Su extensión aproximada es de 205.617m<sup>2</sup>, circunscrito bajo los siguientes linderos:

Por el norte: Carretera Esmeraldas – Atacames, Km.7 ½ .

Por el sur: Con el río Teaone.

Por el este: Con Emelesa, y el canal de descarga de la Refinería Estatal.

Por el oeste: Con la fábrica Indega (Coca - Cola).

### 2.2.2 Ubicación Eléctrica

La Central Térmica Esmeraldas (CTE) se encuentra conectada al Sistema Nacional Interconectado en los siguientes niveles de voltaje:  
138-69-13.8 KV:

NIVEL 138 KV:

A través de una línea de transmisión radial de 154 Km, doble circuito y de 138 KV, con un límite térmico de 141 MVA por circuito, se interconectan las Subestaciones de Santo Domingo y Esmeraldas.

NIVEL 69 KV:

Para dar servicio a la provincia de Esmeraldas se dispone de un auto transformador trifásico AA1 con una capacidad de 75/75/25 MVA y con los voltajes de 138/69/13.8 KV de la subestación Esmeraldas, de donde salen dos alimentadores para servir a EMELESA Y A LA REFINERÍA ESTATAL.

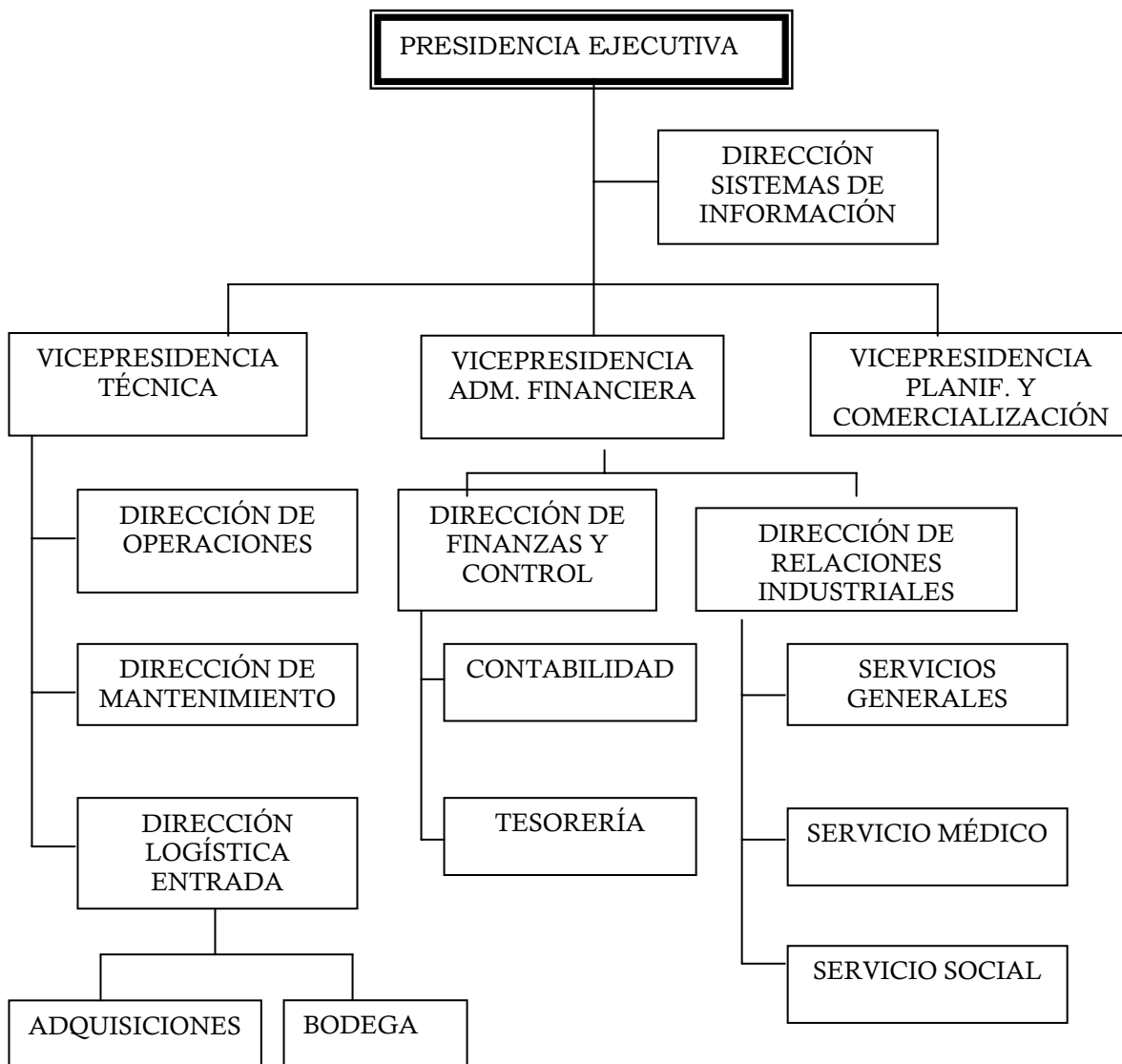
NIVEL 13.8 KV:

Siendo el nivel de generación de 13.8 KV, el generador se conecta al sistema nacional Interconectada en el nivel de 138 KV, a través del transformador MT1 con una capacidadde160 MVA.

Para la alimentación a los transformadores de servicios auxiliares UT1 y STO, con una capacidad de 12 megavatios y con una relación de voltaje 13, 8/4,16 KV, se toma de:

Salida del generador para el UT1; y de la salida del terciario del auto transformador AA1 para el STO.

### 2.3. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL POR PROCESOS



**Fuente:** Secretaría de Vicepresidencia Técnica de CTE

**Elaboración:** Katty Delgado Blandón

## **2.4. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL TÉRMICA ESMERALDAS**

La energía eléctrica es el producto final de una cadena de transformaciones en la cual el primer nivel viene definido como fuente de energía primaria, para nuestro caso lo constituye el combustible BUNKER C.

La Central Térmica Esmeraldas S.A. genera energía eléctrica mediante una turbina de vapor, con una capacidad nominal global de generación de 132,5 MW.

El vapor es generado por medio de un caldero tipo acuotubular que emplea combustible residual Fuel Oil, el cual es suministrado desde la Refinería Esmeraldas, de Petroecuador, mediante un oleoducto exclusivo que conecta a la refinería con la Central Térmica.

La CTE cuenta además con sistemas de almacenamiento y manipuleo de combustible, sistema de tratamiento de agua de alimentación al caldero, sistema de enfriamiento, patio de transformadores principales y líneas de transmisión. Otras instalaciones son: oficinas de administración y de operaciones, bodegas, talleres, dispensario médico y comedor.

La Central Térmica Esmeraldas fue diseñada para utilizar el ciclo termodinámico de RANKINE tipo regenerativo, con recalentamiento de vapor. Este tipo de centrales está básicamente compuesto por: una *caldera*, en la que viene vaporizada una cierta cantidad de agua en función del calor suministrado por el combustible; una *turbina* que recibe el vapor y transforma (la energía) el contenido térmico de este vapor en energía mecánica, y un *alternador* que opera la transformación final, de energía mecánica en energía eléctrica.

#### **2.4.1 Esquema de Generación de Energía**

*Descripción del proceso para una unidad de generación.*

El caldero utiliza en la combustión el combustible y el aire ambiente o de combustión. En la combustión se generan gases calientes, los cuales se emplean para precalentar el aire de combustión mediante un calentador de aire regenerativo. Es de notar que en estos gases de escape se emiten algunos contaminantes del aire, como dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, óxido de carbono y partículas.

La generación de vapor se produce al interior de los tubos que revisten la caldera. El calor de combustión produce el cambio de fase del agua de líquido a vapor, éste se acumula en el domo superior de la caldera, y

se le otorga mayor energía al pasar por el supercalentador. El vapor finalmente es suministrado a la turbina, a una presión nominal de  $162\text{Kg/cm}^2$  (2304 psi) y a un flujo de 429 ton/hora (945785 lb/hora).

El vapor ingresa a la turbina, generando energía mecánica en forma de rotación del eje de la misma. La turbina está diseñada para proporcionar hasta seis extracciones de vapor en sus varias etapas. Este vapor se utiliza para calentamiento de condensado y calentamiento del agua de alimentación del caldero. La potencia de salida de la turbina es 132,5 MW.

La energía mecánica del eje de la turbina acciona el eje generador, produciendo la generación de energía eléctrica. El generador está diseñado para una potencia aparente de 155.88 MVA, a 3600 rpm y factor de potencia de 0.85. Esta se distribuye en última instancia a la red nacional de distribución de energía eléctrica.

El vapor a baja presión que escapa de la turbina es condensado en el condensador. La condensación del vapor se logra mediante el paso del agua de enfriamiento, proveniente del río Teaone. El condensado así recolectado sirve para su posterior alimentación a la caldera, repitiéndose un nuevo ciclo.

## 2.5. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

### 2.5.1 Generación de Vapor

La CTE cuenta con un caldero acuotubular, o de tubos de agua, que generan vapor para su respectiva turbina de generación.

El caldero está diseñado de tal forma que la producción de vapor es de 429 ton/h, trabaja a presión de 162kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de 540°C, con vapor supercalentado, en este caso la presión del vapor a la salida del sobrecalentador es de 144kg/cm<sup>2</sup>.

El control de temperatura del vapor generado se efectúa mediante sistema de atemperación y recirculación de los gases de escape hacia el hogar.

La combustión se produce mediante ocho quemadores tangenciales alimentados con fuel oil.

El sistema de tiro del caldero es del tipo forzado, esto es, emplea un ventilador para suministro de aire de combustión. Este aire es precalentado con un serpentín a vapor, para luego ser calentado adicionalmente en un calentador de aire regenerativo. En este dispositivo, el flujo a alta temperatura de gases de escape transfiere calor al CAR y éste al aire a menor temperatura que ingresa al caldero.



El flujo de gases de combustión es desalojado a la atmósfera mediante una chimenea de 60m de altura, con un diámetro exterior de 5,6 m aproximadamente en la cúspide y un diámetro efectivo de 3,4m.

El caldero cuenta con dispositivos de seguridad tales como válvulas de seguridad del supercalentador, localizadas en la línea de suministro principal de vapor.

### **2.5.2 Turbina a Vapor y Generador**

La turbina a vapor, es del tipo impulso y reacción, de 3 etapas, y permiten una potencia de salida de 132,5 MW a una velocidad de 3600 RPM. Esta turbina cuenta con seis extracciones de vapor, las cuales se emplean en el calentamiento de fluidos de sistemas auxiliares de la caldera. Las condiciones nominales del vapor de entrada para cada turbina son de  $140 \text{ kg/cm}^2$  y  $538^\circ\text{C}$ .

La generación de energía eléctrica se efectúa en el generador, diseñado para operar con 13,8 kV. El generador posee una potencia aparente nominal de 155882 kVA, a 60 Hz, 3600 RPM. El enfriamiento del generador es con hidrógeno, a presión de  $2,1 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.5.3. Condensador y Agua de Enfriamiento

El condensador permite la recuperación del vapor a baja presión que sale de la turbina, transformándolo en agua de alimentación para la caldera. El condensador de la caldera es del tipo de superficie horizontal, a dos pasos, y posee un área activa de transferencia de calor de  $7920 \text{ m}^2$ . El fluido de enfriamiento es agua dulce, captada del río Teaone y previamente tratada mediante procesos físicos y químicos, con un caudal estimado de  $302 \text{ m}^3/\text{Min}$ . La cantidad de vapor condensado es de  $277,4 \text{ ton/h}$ .

El agua proveniente del condensador es reciclada hacia la torre de enfriamiento para ser reutilizada en el proceso. De la torre se descarga agua proveniente de la purga, que se encuentra a una temperatura de  $35^\circ\text{C}$ . La temperatura del agua de enfriamiento disminuye a medida que transcurre por la tubería de descarga final, que conecta al río Teaone, encontrándose a  $31,6^\circ\text{C}$ .

### 2.5.4 Transformadores Principales

A la salida del generador se cuentan con un transformador principal de marca ITALTRAFRO. El MT1 que está conectado a la subestación del sistema nacional es de una capacidad nominal de  $90/120/160 \text{ MVA}$  y

una tensión nominal 13,8/69/13,8/ kV. Hay dos transformadores auxiliares que sirven para alimentar los equipos de la Central. También existe un transformador AA1 que sirve a la provincia de Esmeraldas y está situado en la subestación.

### **2.5.5 Sistema de Almacenamiento y Manejo de Combustibles**

La caldera utiliza Fuel Oil para la combustión.

El combustible es transportado hacia la central desde la Refinería Estatal de Esmeraldas a través de un oleoducto de 12" diámetro recubierto con material aislante.

El fuel oil se almacena en un tanque principal de 10000 m<sup>3</sup> de capacidad y luego se distribuye desde el tanque a dos tanques secundarios mediante tubería. El tanque se encuentra localizado dentro de un cubeto de hormigón armado y posee un diámetro de 36 m y una altura de 12 m.

Previo el bombeo, el combustible es precalentado con vapor de agua proveniente del caldero de la central mediante un intercambiador de calor, a una temperatura aproximada de 100°C, previo a ser inyectado en los quemadores del caldero.

El volumen total de combustible fuel oil consumido el año 2001 fue de 139318,1m<sup>3</sup>.

En la Central además de Fuel Oil, se utiliza Diesel 2 para el arranque del caldero. Se cuenta también con un tanque de almacenamiento de diesel, 45 m<sup>3</sup>. El diesel llega a la Central mediante carros cisternas de 4000 galones de capacidad, y con frecuencia de recepción de 6 a 8 semanas, para esta operación se cuenta con una isla de descarga.

Tanto los tanques de fuel oil como el de almacenamiento de diesel se ubican al interior de un cubeto de hormigón armado.

#### **2.5.6 Sistema de Tratamiento Aplicados al Agua**

La CTE se abastece de agua proveniente del Río Teaone y el Sistema de Red Pública de agua potable.

El agua potable es utilizada en actividades domésticas y en el proceso de desmineralización (DEMI), mientras que el agua del río Teaone es empleada en el proceso de clarificación. Para abastecerse de agua de río, la empresa utiliza dos bombas alternativas, de eje vertical, que levanta 400 m<sup>3</sup>/h de agua. El agua de río antes de ser utilizada en las actividades operacionales de la planta es previamente tratada, recibiendo los siguientes tratamientos: clarificación, sistema de enfriamiento, sistema de filtración y sistema de desmineralización.

### **2.5.7 Piscina de Neutralización**

Es una piscina destinada a recibir las aguas provenientes de la regeneración de resinas de la planta de desmineralización, a fin de neutralizar el carácter ácido y alcalino de los flujos de lavado. La piscina de neutralización posee una capacidad aproximada de 200 m<sup>3</sup>. También recibe las descargas de la limpieza de calderos, limpieza del calentador de aire regenerativo (CAR), y las descargas del agua almacenada en la caldera durante períodos de para. La descarga del agua una vez neutralizada se efectúa por el respectivo de canal de descarga que desemboca en río Teaone.

### **2.5.8 Planta de Hidrógeno**

En la planta de hidrógeno mediante el proceso de electrólisis se produce hidrógeno puro que es utilizado en las actividades productivas de la Central Térmica.

En las instalaciones de la planta de hidrógeno existe un área para almacenamiento de los cilindros de H<sub>2</sub> comprimido de alta presión (200 Bar). Cada uno de estos cilindros de almacenamiento tiene una capacidad de 42 m<sup>3</sup>.

Durante el proceso de elaboración de hidrógeno se genera oxígeno, el mismo que se pierde en el ambiente. Existe en las inmediaciones de la planta un aparato lavaojos para ser utilizados en caso de accidentes.

### **2.5.9 Sistema de Manejo de Químicos**

En la CTE se cuenta con dos tanques principales de almacenamiento de Soda cáustica y Ácido Sulfúrico de 20 m<sup>3</sup> , de capacidad. Existen además dos tanques de almacenamiento de menor capacidad para almacenamiento de ácido sulfúrico de 4 y 2 m<sup>3</sup> , y otro de Soda cáustica de 15m<sup>3</sup> de capacidad. Cuenta también con una planta de producción de hidrógeno para el sistema de enfriamiento del generador.

### **2.5.10 Equipos de Control de Emisiones de Aire**

La CTE no cuenta con equipos de tratamiento de sus emisiones gaseosas, tales como precipitadores electrostáticos, filtros, lavadores de gases o similares.

### **2.5.11 Sistemas de Aguas Lluvias, Servidas e Industriales**

Las aguas de escorrentía que se generen la CTE son colectadas a través de canales abiertos. El sistema pluvial se conecta finalmente a la tubería principal de descarga de los afluentes, que evacua los mismos hacia el río Teaone.

El sistema de alcantarillado pluvial de la empresa es sometido a mantenimiento una vez al año.

La CTE no cuenta con planos actualizados de los sistemas de alcantarillado sanitario y de drenaje de aguas lluvias.

El sector donde funciona la planta, carece de servicio de redes de alcantarillado sanitario, por tal motivo, las aguas residuales domésticas, de la empresa son tratadas en cinco pozos sépticos, que mediante tubería de hormigón se conectan a un campo de infiltración con dimensiones de 10 x 20 m.

La CTE posee un sistema independiente de conducción y transporte de los efluentes industriales generados. Sin embargo los efluentes industriales se descargan en conjunto con la aguas pluviales, a través de la única tubería de descarga hacia el río que posee la empresa.

El sistema recoge los efluentes provenientes de la piscina de neutralización, torre de enfriamiento, clarificador, purga y mantenimiento

programado del caldero. Las descargas mencionadas confluyen en una descarga principal hacia el río Teaone.

Los efluentes evacuados de las actividades de regeneración de las resinas reciben tratamiento de neutralización de pH, previo a su descarga final.

## **2.6. ACTIVIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Los datos históricos de la empresa establecen que la generación de energía eléctrica en los últimos cuatro años ha sido superior a 400.000 MWh anuales.

La operación de la Central involucra cuatro aspectos importantes:

- Conversión de la energía química del combustible en calor para la generación de vapor.
- Transformación de la energía del vapor en energía mecánica al accionar la turbina.
- Conversión de energía mecánica a energía eléctrica en el generador.
- Condensación del vapor a baja presión que escapa de la turbina.

En este proceso se requiere de importantes cantidades de agua de enfriamiento.



# **CAPITULO 3**

## **3. DEFINICIÓN DE VARIABLES Y ANÁLISIS UNIVARIADO**

### **3.1 Estadística Descriptiva**

La estadística descriptiva tiene como objetivo sintetizar la información contenida en los elementos de una muestra. Por lo tanto, la estadística descriptiva sólo nos proporciona lo que se denomina medidas resumen como por ejemplo: la media, la moda, la mediana, la desviación típica siendo estas medidas de posición y dispersión. Es muy importante dejar claro que la información sólo es válida para la muestra y no para toda la población. El objetivo de la inferencia estadística es generalizar o inferir los datos de la muestra al conjunto de la población investigada o estudiada. Para poder aplicar la técnica de la inferencia estadística es imprescindible contar con una muestra que sea representativa de la población objeto de estudio.

### **3.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

Las Variables de Generación, Tiempos de Producción, Energía y los Índices de Producción forman parte del Informe Ejecutivo del Proceso de Operación

que debe registrar mensualmente CTE para su propio control y el de CENACE; estas resumen en gran medida variables que maneja el sistema de Generación y Producción Eléctrica dentro de la planta.

Capacidad de Placa no es una variable pero está incluida también en el Informe.

No se considerara la como variable Energía Generada pese a que se incluye en el informe mencionado anteriormente porque es igual a la Energía Bruta.

El análisis se realizará a partir de Junio de 1999 a Febrero del 2005, los datos anterior a ese tiempo presentan errores o faltas, por lo que no fueron considerados.

### **3.2.1 Variables de Generación**

*Capacidad de Placa.*- Capacidad de diseño, es de 132.5 MW.

*1.-Capacidad Efectiva.*- Capacidad real de la unidad. Medida en Megavatios

*2.-Potencia Máxima Generada.*- Producto entre Voltaje e Intensidad. Los datos que presenta esta variable son el registro del mayor valor de la Potencia a la cual se generó Energía en un determinado mes. Su unidad de medida: Megavatios.

*3.-Potencia Mínima Generada.*- Producto entre Voltaje e Intensidad. Los datos que presenta esta variable son el registro del menor valor de la

Potencia a la cual se generó energía en un determinado mes. Su unidad de medida: Megavatios

*4.-Generación Bruta.-* Suma de la energía generada en un mes. Su unidad de medida: Megavatios Hora.

*5.-Consumo Interno UES (TE).-* La planta consume parte de la energía que genera en bombas, ventiladores, etc. Medida en Megavatios Hora.

*6.-Consumo Interno UFS (SNI).-* Es la energía que consume pero de parte del Sistema Nacional Interconectado. Medida en Megavatios Hora

*7.-Generación Neta.-* Diferencia entre Generación bruta y Consumo interno. Unidad de medida: Megavatios Hora.

*8.-Energía Entregada a EMELESA.-* Empresa Eléctrica de Esmeraldas S.A.: se encarga de la distribución de la energía eléctrica que produce CTE. Distribuye el 2,4% del total nacional. En esta variable se muestra la cantidad de Energía que entrega CTE a la distribuidora en Megavatios Hora.

### **3.2.2 Variables de Tiempos - Producción**

*9.-Horas Periodo.-* Horas totales. Es el producto de los días que tiene cada mes con las horas de cada día.

*10.-Horas en Operación.-* Suma del tiempo en que la planta estuvo operando cada mes, medido en horas.

*11.-Horas Equivalente en Reserva.-* Se dan cuando por orden del CENACE se debe generar a menor capacidad efectiva, cuando la planta se encuentra en condiciones aptas para hacerlo con normalidad.

*12.-Horas F/S Mantenimiento Programado.-* Suma de horas con unidad parada. La Central utiliza un software diseñado para el seguimiento de las actividades de mantenimiento en los equipos principales de generación. Para el mantenimiento anual de la central generalmente se disponen de 45 días.

*13.-Horas F/S Mantenimiento Correctivo.-* Tiempo en que la planta dejó de generar por corrección en el sistema, medida en horas.

*14.-Horas F/S por Falla.-* Tiempo en que la planta estuvo paralizada por fallas en el sistema ya sea por causas internas o externas. Unidad de medida: horas.

*15.-Horas Equivalente Decremento.-* Se dan cuando la planta lista para generar con normalidad, por factores externos (CENACE) tiene que disminuir el tiempo de generación.

16.-*Horas Disponibles*.- Diferencia entre Horas periodo y Horas F/S mantenimiento programado.

17.-*Horas Indisponibles*.- Suma de Horas F/S Mantenimiento Programado, Horas F/S Mantenimiento Correctivo, Horas F/S Falla.

### **3.2.3 Variables de Energía**

18.-*Energía Disponible*.- Producto de Energía efectiva con Horas periodo; unidad de medida Megavatios Hora.

19.-*Energía Programada CENACE*.- Centro Nacional de Control de Energía, sus funciones se relacionan con la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI) y las administraciones técnicas y financieras de Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador conforme la normativa promulgada para el sector público. En esta variable se presenta en Megavatios Hora la programación de Energía que realiza mensualmente el CENACE para CTE.

1 *Energía Generada*.- Es igual a la Generación bruta.

20.-*Energía No generada*.- Diferencia entre Energía disponible y Energía generada. Medida en Megavatios Hora.

21.-*Reserva Al Sistema.*- Diferencia entre Energía disponible y Energía no generada. En Megavatios Hora.

Energía No Generada Por:

22.-*Decremento.*- Cantidad de energía que se dejó de generar por orden del CENACE; en Megavatios Hora.

23.-*Mantenimiento Programado.*- CTE se encarga de programar reducciones de energía para realizar mantenimiento en los equipos; medida en Megavatios Hora.

24.-*Mantenimiento Correctivo.*- Es la cantidad de energía que no se genera porque el sistema no está funcionando de forma adecuada; medido en Megavatios Hora.

25.-*Falla.*- Cantidad de energía que no se generó por daños en los equipos. Medida en Megavatios Hora.

Adicional a las variables del Informe se añadirá Consumo de Fuel Oil porque una de las fórmulas de los índices de producción la requiere.

35.-*Consumo de Fuel Oil.*- La caldera utiliza Fuel Oil para la combustión, también para su arranque. Este combustible es transportado hacia la central

desde la refinería Estatal de Esmeraldas a través de un oleoducto de 12” diámetro recubierto con material aislante. Esta variable presenta el consumo total al mes de Fuel en metros cúbicos.

### 3.2.4 Índices de Producción

Estos índices se presentan en porcentajes a excepción de consumo específico medido en KWH/Glns.

$$26.-\text{Confiabilidad.} - \%C = \left( \frac{\text{ENERGIA GENERADA}}{\text{ENERGIA DISPONIBLE}} \right) * 100$$

$$27.-\text{Factor de Planta.} - \%FP = 100 - \left( \frac{\# \text{ HORAS FALLA(AÑO)}}{\# \text{ HORAS AÑOS}} \right) * 100$$

28.-Disponibilidad Propia.-

$$\%D = \left( \frac{\text{HORAS PERIODO} - (\text{H. FALLA} + \text{H. MANTENIMIENTO} + \text{H. DECREMENTO})}{\text{HORAS PERIODO}} \right) * 100$$

29.-Indisponibilidad.-  $\%I = 100 - \text{Disponibilidad}$

30.-Factor de Reserva al Sistema.-

$$\%FRS = \left( \frac{\text{ENERGIA DISPONIBLE} - \text{RESERVA AL SISTEMA}}{\text{ENERGIA DISPONIBLE}} \right)$$

31.-Factor de decremento.-

$$\%FD = \frac{\text{HORAS PERIODO} - \text{HORA DECREMENTO}}{\text{HORAS PERIODO}} * 100$$

32.-Factor de Falla.-

$$\%FF = \frac{HORAS EQUIVALENTE DECREMENTO}{HORAS PERIODO} * 100$$

33.-Decremento Capacidad Original.-

$$\%DCO = \frac{CAPACIDAD DE PLACA - CAPACIDAD EFECTIVA}{CAPACIDAD DE PLACA} * 100$$

$$34.-Consumo Específico.- \%CC = \frac{ENERGIA GENERADA (KWH)}{CONSUMO FUEL (GLNS)}$$

### 3.3 ANÁLISIS UNIVARIADO

Se presentará en esta sección tablas de frecuencias, gráficas en porcentaje y el comportamiento durante el periodo de los índices de producción con sus respectivas metas. Se describirán las medidas de tendencia central y de dispersión para cada variable.



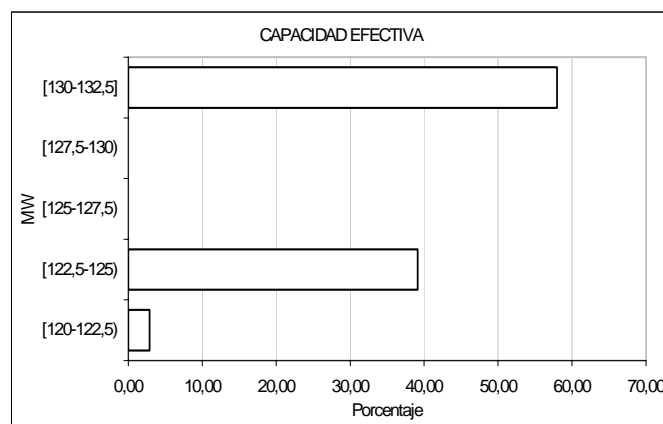
### 3.3.1 Primera Variable: $X_1 = \text{Capacidad Efectiva}$

TABLA 3.1  
Frecuencia de Capacidad Efectiva

CAPACIDAD EFECTIVA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[120-122,5)	2	2,90
[122,5-125)	27	39,13
[130-132,5]	40	57,97

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.1



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El 57,97% de los meses analizados registran una Capacidad Efectiva promedio entre 130 y 132,5 MW; 39,13% de estos datos se encuentra entre 122,5 y 125 MW; el restante 2,90% se encuentran entre 120 y 122,5 MW.

TABLA 3.2  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de la Capacidad Efectiva

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
129,12	132,00	132,50	3,88	15,12
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,46	-1,47	120,00	132,50	132,50

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La tabla 3.2 resume las medidas de tendencia central y de dispersión para la variable 1. El promedio de la Capacidad Efectiva es 129,12 MW; el valor máximo es 135.5 y el mínimo 120MW; los datos se encuentran alejados de la media en 3,88 MW, la moda de los datos es 132,50 MW. Con un valor de – 0,46 podemos decir que los datos están sesgados a la izquierda.

### 3.3.2 Segunda Variable $X_2$ =Potencia Máxima Generada

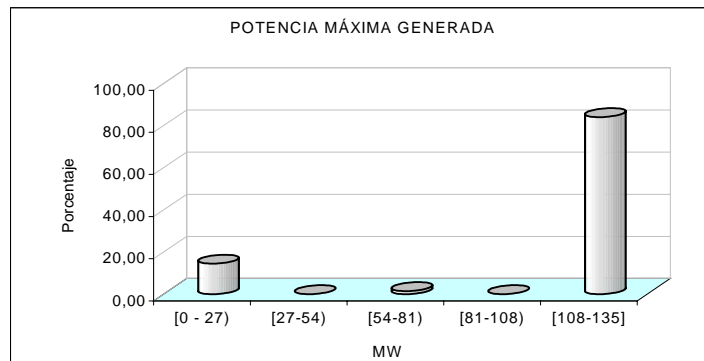
TABLA 3.3  
Frecuencia de Potencia Máxima

POTENCIA MÁXIMA GENERADA	ABSOLUTA	Porcentaje
[0 - 27)	10	14,49
[54 - 81)	1	1,45
[108-135]	58	84,06

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Potencia Máxima Generada registra que el 84,06% de los datos se encuentran entre 108 y 135 megavatios; seguido del 14,49% para Potencias entre 0 y 27 Megavatios.

GRÁFICO 3.2



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

TABLA 3.4  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Potencia Máxima

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
109,65	130,09	0,00	46,41	2154,03
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-1,941	1,929	0,00	134,90	131,97

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio es 109,65 Megavatios, con una desviación estándar de 46,41. El valor máximo de potencia que se dio en el periodo analizado es de 134,90 MW; es mínimo 0. los datos se encuentran dispersos de la media en 46,41 MWH. El valor que mas se repite es cero, es lo que se espera.

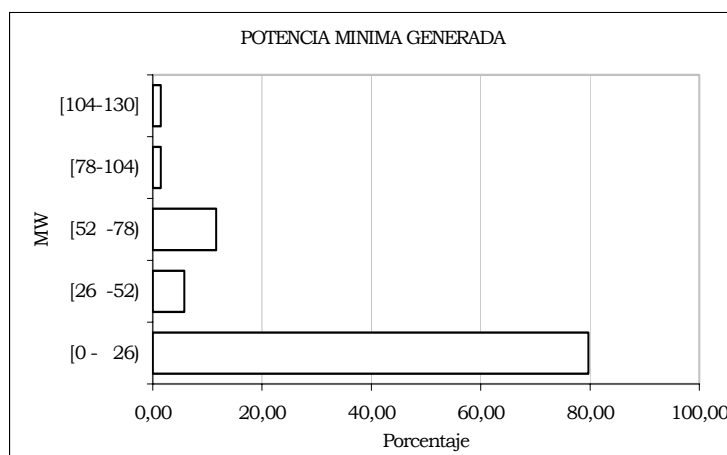
### 3.3.3 Tercera Variable: $X_3$ = *Potencia Mínima Generada*

TABLA 3.5  
Frecuencia de Potencia Mínima

POTENCIA MÍNIMA GENERADA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 26)	55	79,71
[26 -52)	4	5,80
[52 -78)	8	11,59
[78-104)	1	1,45
[104-130]	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.3



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Como era de esperarse aquí se obtiene un porcentaje mas alto para las Potencias más bajas, lo opuesto a la variable anterior; casi el 80% de los datos se encuentran entre cero y veintiséis megavatios, entre 52 y 78 megavatios hay 8 datos, lo que representa el 11,49%.

TABLA 3.6  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Potencia Mínima

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
12,95	0,00	0,00	27,69	766,94
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil3
2,12	4,107	0,00	127,80	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Fue en Noviembre del 2004 cuando se dio un valor tan alto de Potencia Mínima (127,80 MW), dicho de otra forma, la generación de este mes se realizó con Potencia entre 127,80 y 131,80 Megavatios. Los datos más alejados de la media se encuentran sobre ella, por ser el coeficientes de simetría positivo. Valor que mas se repite es el cero; los datos están dispersos de la media en 27,69 MW.

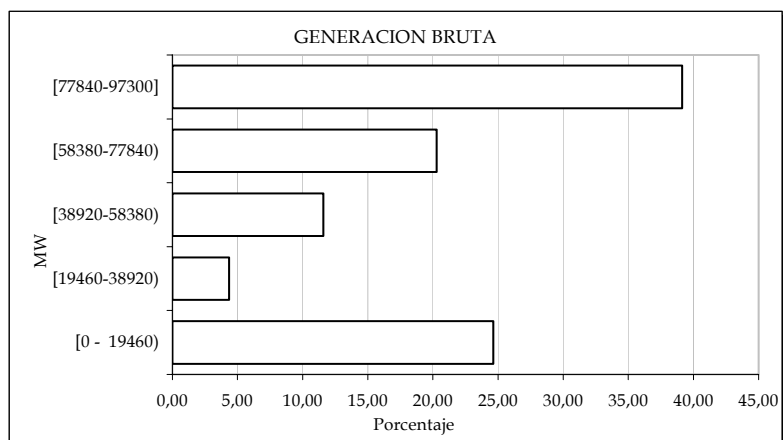
### 3.3.4 Cuarta Variable: $X_4 = \text{Generación Bruta}$

TABLA 3.7  
Frecuencia de Generación Bruta

GENERACIÓN BRUTA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 19460)	17	24,64
[19460-38920)	4	5,80
[38920-58380)	7	10,14
[58380-77840)	14	20,29
[77840-97300]	27	39,13

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.4



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Se ha dejado de Generar Energía varios meses en el periodo de análisis por eso se presentan sumas de cero, esto puede ser consecuencia de varios factores como daños en la planta, daños en el Sistema Nacional Interconectado (SNI), o por orden del CENACE. Un 39,13% de los datos se encuentra en el intervalo más alto que es de 77.840 a 97.300 Megavatios Hora. El intervalos más bajo se encuentra en segundo lugar, con 24,64%.

TABLA 3.8  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Generación Bruta

Media	Mediana	Moda	Desv. Tip.	Varianza
56.427,97	66.526,08	0,00	34.550,23	1.193.718.616,42
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,625	-1,142	0,00	97.300,30	8.6347,91

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo de Generación Bruta para el periodo analizado es 97.300,30 MWH, se registró en Enero del 2002. Los datos están sesgados a la

izquierda; el 75% de los datos son menores a 86.347,91 MWH. El promedio es 56.427,97 MWH.

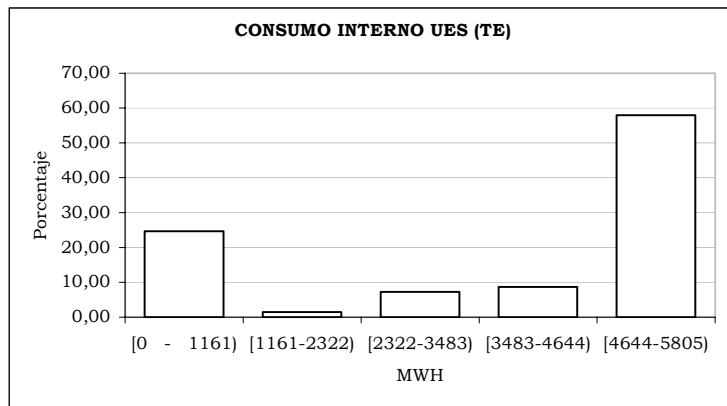
### 3.3.5 Quinta Variable: $X_5 = \text{Consumo Interno UES (TE)}$ .

TABLA 3.9  
Frecuencia de Consumo Interno UES (TE)

CONSUMO INTERNO UES (TE)	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 1161)	17	24,64
[1161-2322)	1	1,45
[2322-3483)	5	7,25
[3483-4644)	6	8,70
[4644-5805)	40	57,97

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.5



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Internamente se consume entre 4644 y 5805 MWH con una representatividad del 57,97%, luego el 24,64% de consumo entre 0 y 1161 MWH.

TABLA 3.10  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión Consumo Interno UES (TE)

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
3.745,23	5.110,20	0,00	2.201,49	4846.570,47
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,83	-1,020	0,00	5.804,30	5.110,20

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El Cuartil 3 indica que el 75% de los datos se encuentran por debajo de los 5.110,20 MWH. Los datos están sesgados a la izquierda, ha habido meses con valores en cero, si no genera no consume de esa generación. El consumo máximo para el periodo fue 5.804,30 MWH.

**Sexta Variable:  $X_6$  = Consumo Interno UFS (SNI).**

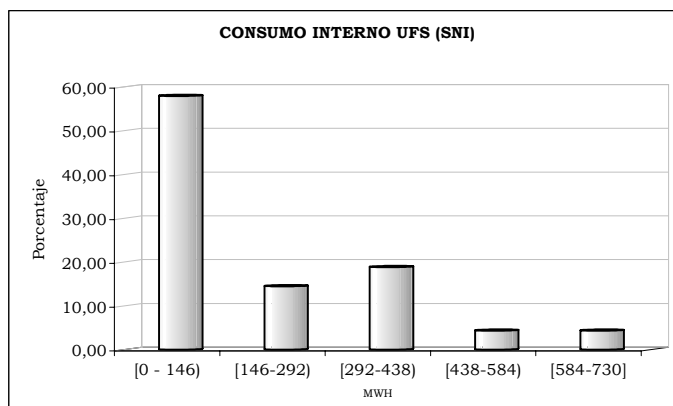
TABLA 3.11  
Frecuencia de Consumo Interno UFS (SNI)

CONSUMO INTERNO UFS	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 146)	40	57,97
[146-292)	10	14,49
[292-438)	13	18,84
[438-584)	3	4,35
[584-730]	3	4,35

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón



GRÁFICO 3.6



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

De la electricidad que se obtiene del Sistema Nacional Interconectado: el 57,97% se dio entre 0 y 146 MWH; el 18,84% entre 292 y 438 MWH; el 14,49% entre 146 y 292.

TABLA 3.12  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión Consumo Interno UFS (SNI)

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
173,67	72,10	0,00	201,22	40.490,96
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
1,05	0,23	0,00	729,90	342,70

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El Cuartil 3 indica que el 75% de los datos se encuentran por debajo de los 342,7 MWH. El promedio de los datos es 173,6 MWH; cuando los valores registran cero es porque se cubre las necesidades de energía eléctrica con la que se genera. El máximo de consumo fue 720,90 MWH, los datos se encuentran dispersos de la media en 201,22 MWH.

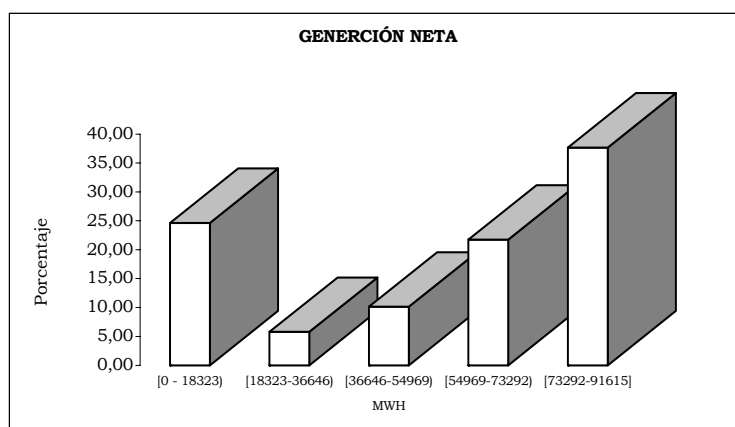
### 3.3.7 Séptima Variable: $X_7$ = *Generación Neta*

TABLA 3.13  
Frecuencia de Generación Neta

GENERACIÓN NETA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 18323)	17	24,64
[18323-36646)	4	5,80
[36646-54969)	7	10,14
[54969-73292)	15	21,74
[73292-91615]	26	37,68

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.7



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Esta variable se obtiene de la diferencia entre la Generación Bruta y el consumo interno de la misma; el 37,68% de los datos se encuentran entre 73.392 y 91.615 MWH; el 23,19% entre 0 y 19.323 MWH; el 21,74% entre 54.969 y 73.392 MWH.

TABLA 3.14  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión Generación Neta

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
52.682,73	61.328,40	0,00	32.410,42	1.050.435.295,46
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,60	-1,15	0,00	91.611,10	80.973,80

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Generación Neta es 52.682,73 MWH; el valor más alto generado fue 91.611,10 MWH. 75% de los datos son menores a 80.973,80 MWH; los datos más alejados de la media se encuentran por debajo de ella. La dispersión de los datos con respecto de la media es 32.410,42 MWH.

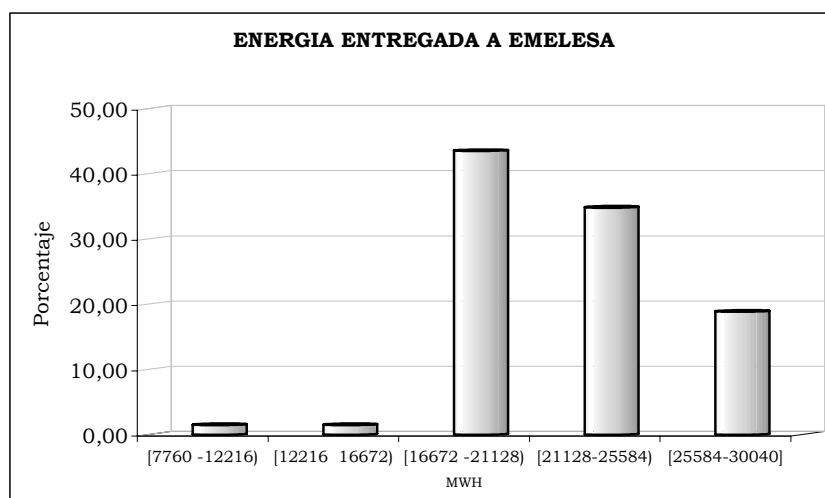
### 3.3.8 Octava Variable: $X_8$ =Energía Entregada a EMELESA

TABLA 3.15  
Frecuencia de Energía Entregada a EMELESA

ENERGÍA ENTREGADA A EMELESA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[7760 - 12216)	1	1,45
[12216 - 16672)	1	1,45
[16672 - 21128)	30	43,48
[21128-25584)	24	34,78
[25584-30040]	13	18,84

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.8



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Aquí nunca se darán valores iguales a cero porque pese a que no se genere, la interconexión con la subestación Santo Domingo permite entregar lo requerido, el mínimo valor que se ha registrado es de 7.760 MWH que se encuentra en el primer intervalo con un 1,45%; el 43,48% de lo entregado se encuentra entre 16.672 y 21.128 MWH.

TABLA 3.16  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión Energía Entregada a EMELESA

Media	Mediana	Moda	Dev. típ.	Varianza
22.046,47	21.377,30	19.306,00	3.835,57	14.711.588,75
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,42	1,58	7.760,00	30.037,00	24.940,50

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Las entregas se han ido incrementando anualmente, el máximo entregado 30.037 MWH se dio en octubre del 2004; el valor que más se repite es

19.306,00 MWH; la entrega mínima registrada fue 7760,00MWH; los datos se encuentran dispersos de la media en 3835,57MW.

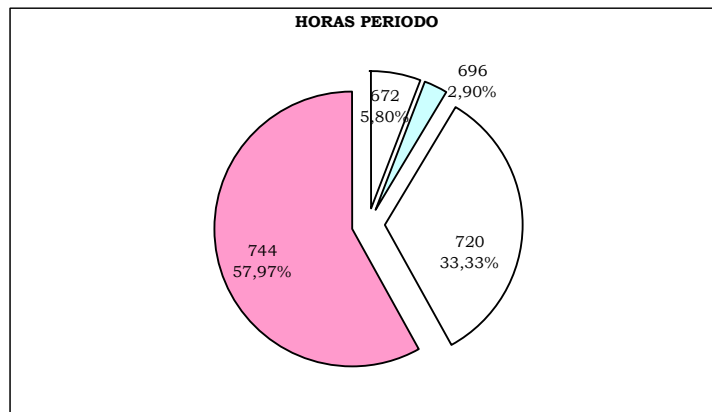
### 3.3.9 Novena Variable: $X_9 = \text{Horas Periodo}$

TABLA 3.17  
Frecuencia de Horas Periodo

HORAS PERIODO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
672	4	5,80
696	2	2,90
720	23	33,33
744	40	57,97

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.9



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Los meses que hacen la mayoría en el año son de 31 días, por eso el 57,97% pertenece a 744 horas; el 33,33% a 720; el 5,8% a 672 y dos años bisiestos que tienen meses de febrero con 696 horas, representan el 2,9%.

TABLA 3.18  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión Horas Periodo

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
730,43	744,00	744,00	19,51	380,81
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-1,64	2,52	672,00	744,00	744,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de horas es 730,43; los 2 resultados que se obtuvieron de 696 fueron en el 2000 y 2004 años bisiestos; el valor que más se repite es 744,00 horas; los datos están dispersos del promedio con 19,51 horas.

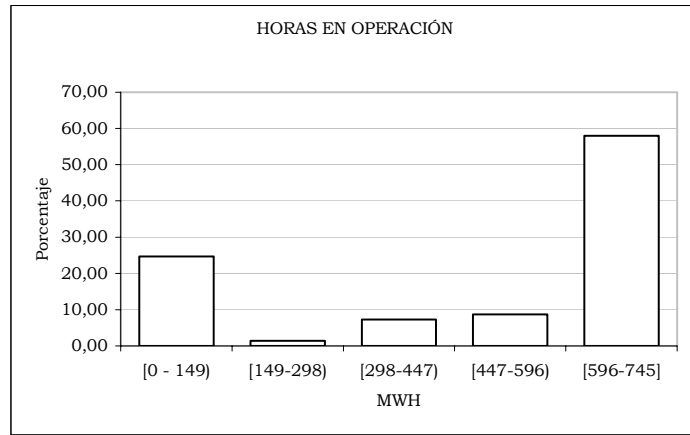
### 3.3.10 Décima Variable: $X_{10}$ = *Horas Operación*

TABLA 3.19  
Frecuencia de Horas Operación

HORAS EN OPERACIÓN	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 149)	17	24,64
[149-298)	1	1,45
[298-447)	5	7,25
[447-596)	6	8,70
[596-745]	40	57,97

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.10



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El tiempo en que la planta ha estado operando entre 596 y 744 horas es el 57,97%; seguida de valores entre 0 y 149 horas con un 24,64%. Valores de 0 determinan que la planta estuvo parada.

TABLA 3.20  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas Operación

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
494,66	672,00	0,00	288,84	83.427,33
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,83	-1,02	0,00	744,00	719,54

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio en que opera la planta para el periodo analizado es 494,66; horas el 75% de los datos es menor a 719,54 horas; con mínimo de 0 y máximo de 744 horas; el valor que mas se repite es 0 y además los datos se dispersan de la media en 288,84 horas.

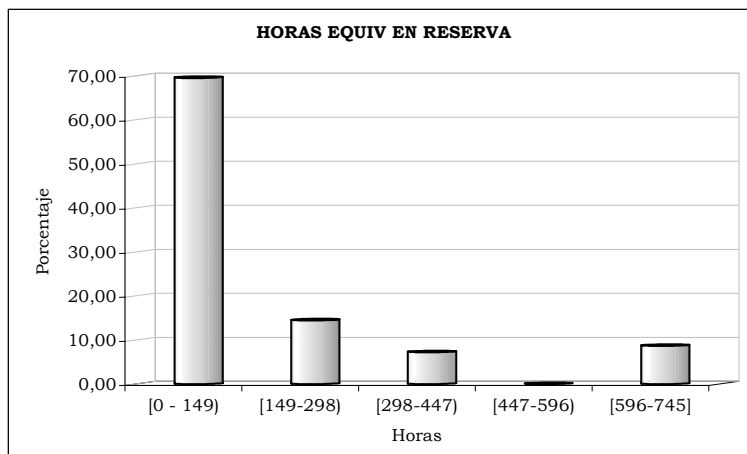
### 3.3.11 Décima Primera Variable: $X_{11}$ = *Horas Equivalentes en Reserva*

TABLA 3.21  
Frecuencia de Horas Equivalentes en Reserva

HORAS EQUIV EN RESERVA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 149)	48	69,57
[149-298)	10	14,49
[298-447)	5	7,25
[596-745]	6	8,70

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.11



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

De los 69 meses analizados 48 registraron Horas Equivalentes en Reserva de entre 0 y 149, lo que representa el 69,57% de los datos; seguido de 14,49% para una cantidad de horas entre 149 y 298.



TABLA 3.22  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Horas Equivalentes en Reserva

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
144,65	47,66	0,00	202,97	41.195,97
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
1,97	3,16	0,00	744,00	191,05

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo de horas Equivalentes en Reserva fue 744,00 MWH. Los valores menores de 191,05 son el 75% de los datos. La desviación típica de los datos es 202,97 horas con respecto al promedio que es 144,65 horas

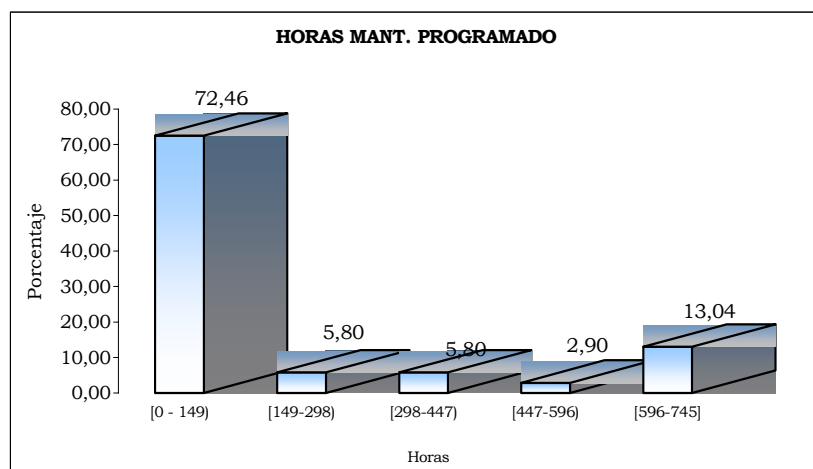
### 3.3.12 Décima Segunda Variable: $X_{12}$ = *Horas Fuera de Servicio por Mantenimiento Programado*

TABLA 3.23  
Frecuencia de Horas F/ S por Mantenimiento Programado

HORAS MANT. PROGRAMADO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 149)	50	73,91
[149-298)	4	4,35
[298-447)	4	5,80
[447-596)	2	2,90
[596-745]	9	13,04

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.12



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Con el 72,46% se dan horas entre 0 y 149 para mantenimiento Programado, en ese tiempo la planta esta fuera de servicio con el fin de ocuparse del buen funcionamiento de los equipos; seguido del 13,04% en que se ha tomado tiempo máximo de horas para mantener los equipos.

TABLA 3.24  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Horas F/ S por Mantenimiento Programado

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
140,32	0,00	0,00	248,38	61.691,20
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
1,52	0,75	0,00	744,00	227,75

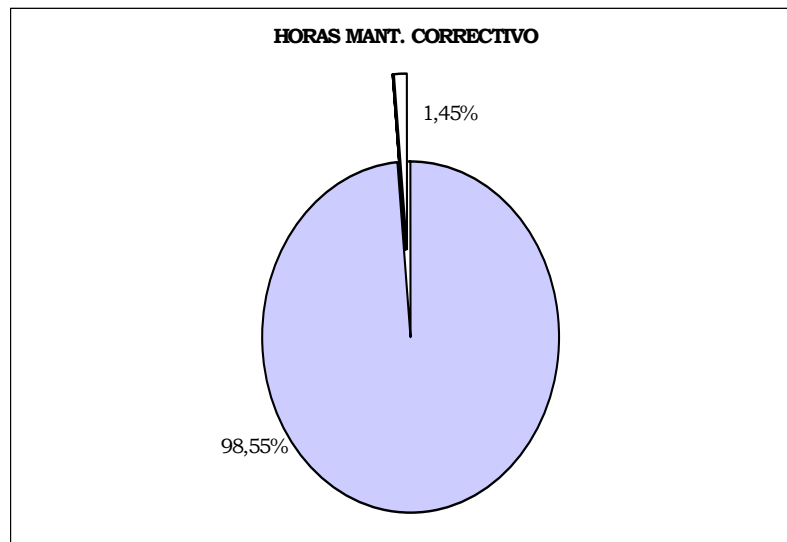
Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La media de tiempo para mantener la Central de forma programada es 140,32 horas. El máximo de tiempo en que se le dio mantenimiento fue un mes de 31 en el 2001, el 75% de los datos es menos que 227,75 horas. Los valores

están dispersos del promedio en 248,38 horas y se tiene también que el valor que más se repite es el 0.

### 3.3.13 Décima Tercera Variable: $X_{13}$ =Horas Fuera de Servicio por Mantenimiento Correctivo

GRÁFICO 3.13



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Las horas empleadas en mantenimiento correctivo son en general menores a las 41 horas a acepción del mes de mayo del 2001, donde se dio un valor de 227,47 horas para este fin lo que representa el 1,45% de los datos.

TABLA 3.25  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Horas F/ S por Mantenimiento Correctivo

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
8,62	0,00	0,00	28,91	835,82
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
6,63	49,69	0,00	227,47	4,99

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de horas para realizar Mantenimientos Correctivos es 8,62 horas. El 75% de los datos son menores a 4,99 horas, existe una asimetría muy alta, también una curtosis elevada. Es el valor que se puede considerar aberrante de 227,47 horas lo que provoca gran variabilidad en los datos; se presenta la desviación estándar con un valor de 28,91 horas.

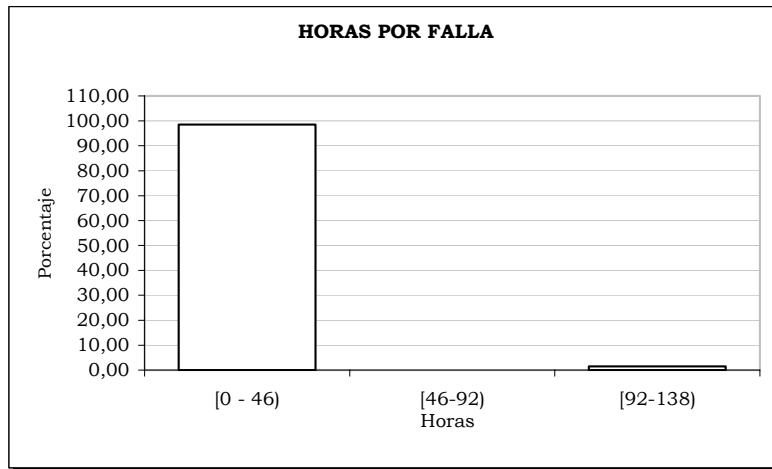
### 3.3.14 Décima Cuarta Variable: $X_{14}$ = *Horas Fuera de Servicio por Falla*

TABLA 3.26  
Frecuencia de Horas F/ S por Falla

HORAS POR FALLA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 46)	68	98,55
[46-92)	0	0,00
[92-138)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.14



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El 98,55% de las hora falla no supera las 41; en Agosto del 2002 se presenta el único dato del último intervalo y equivale al 1,45%.

TABLA 3.27  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Horas F/ S por Falla

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
3,38	0,00	0,00	16,92	286,33
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
7,37	57,08	0,00	135,60	1,04

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El 75% de los datos son menores a 1,04 horas, el máximo de ellas 135,6. La media de tiempo para corregir fallas 3,38 horas; con una dispersión respecto de la media de 16,92 horas.

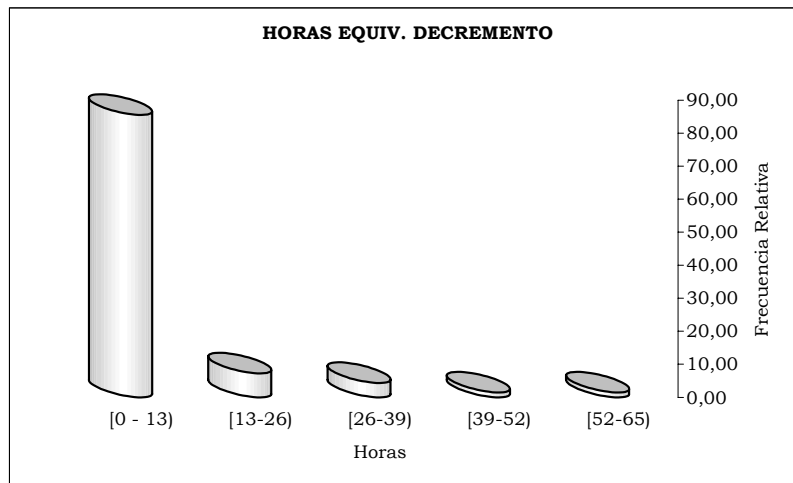
### 3.3.15 Décima Quinta Variable: $X_{15}$ = *Horas Equivalente en Decremento*

TABLA 3.28  
Frecuencia de Horas Equivalente en Decremento

HORAS EQUIV. DECREMENTO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 13)	59	85,51
[13-26)	5	7,25
[26-39)	3	4,35
[39-52)	1	1,45
[52-65)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.15



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Las Horas Equivalentes en Decremento son en un 85,51% menores a 13; con el 7,25% se encuentran entre 13 y 26 horas.

TABLA 3.29  
Medidas de Tendencia Central de Horas Equivalentes en Decremento

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
5,98	0,00	0,00	11,83	139,99
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
2,86	9,46	0,00	64,90	5,60

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo en Horas Equivalentes en Decremento fue de 64,90 horas, este valor se registro en mayo del 2004; 75% de los datos son menores a 5,60 horas, con una media de 5,98 horas mensuales. Los datos están dispersos con respecto al promedio en 11,83 horas y de ellos el que más se repite es el 0.

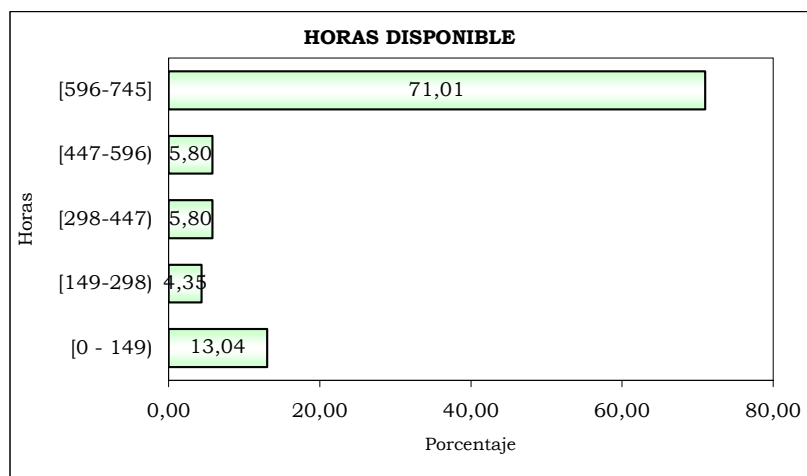
### 3.3.16 Décima Sexta Variable: $X_{16}$ = *Horas Disponibles*

TABLA 3.30  
Frecuencia de Horas Disponibles

HORAS DISPONIBLE	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 149)	9	13,04
[149-298)	3	4,35
[298-447)	4	5,80
[447-596)	4	5,80
[596-745]	49	71,01

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.16



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Las Horas Disponibles se encuentran entre 596 y 745 en un 71,01%. Con 13,04% se tienen horas Disponibles entre 0 y 149; el tiempo entre 298 y 596 horas son disponibles en 5,8%.

TABLA 3.31  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Horas Disponible

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
572,13	702,07	720,00	241,06	58.110,16
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-1,45	0,63	0,00	744,00	720,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Horas Disponibles es 572,13; El máximo de tiempo disponible es 744 horas; el 75% de los datos está por debajo de los 720 horas. La desviación estándar es 241,06 horas y la moda de los datos 720,00 horas.



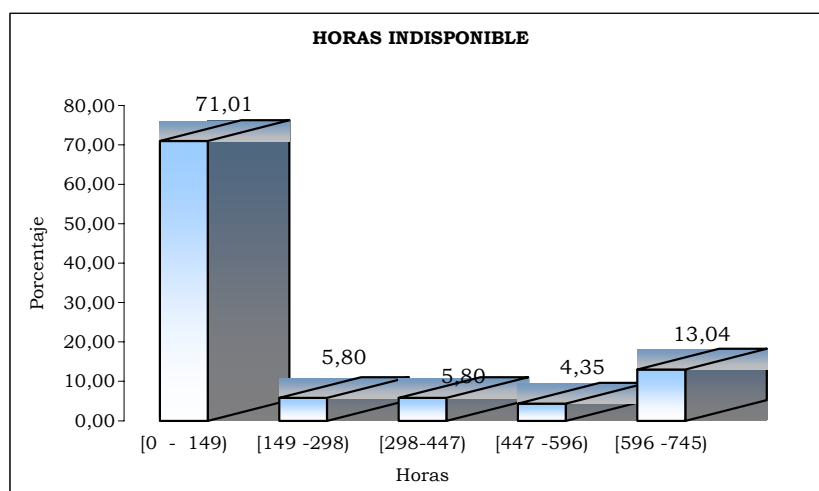
### 3.3.17 Décima Séptima Variable: $X_{17}$ = *Horas Indisponibles*

TABLA 3.32  
Frecuencia de Horas Indisponibles

HORAS INDISPONIBLE	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 149)	49	71,01
[149 -298)	4	5,80
[298-447)	4	5,80
[447 -596)	3	4,35
[596 -745)	9	13,04

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.17



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El complemento del tiempo disponible se presenta con un 71,01% de horas entre 0 y 149; seguido del 13,04% para horas entre 596 y 745.

TABLA 3.33  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Horas Indisponible

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
5,98	0,00	0,00	11,83	139,99
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
2,86	9,46	0,00	64,90	5,60

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo en Horas Equivalentes en Decremento fue de 64,90 horas, este valor se registro en mayo del 2004; 75% de los datos son menores a 5,60 horas, con una media de 5,98 horas mensuales. Los datos se desvían de la media en 11,83 horas; el valor que mas se repite es 0.

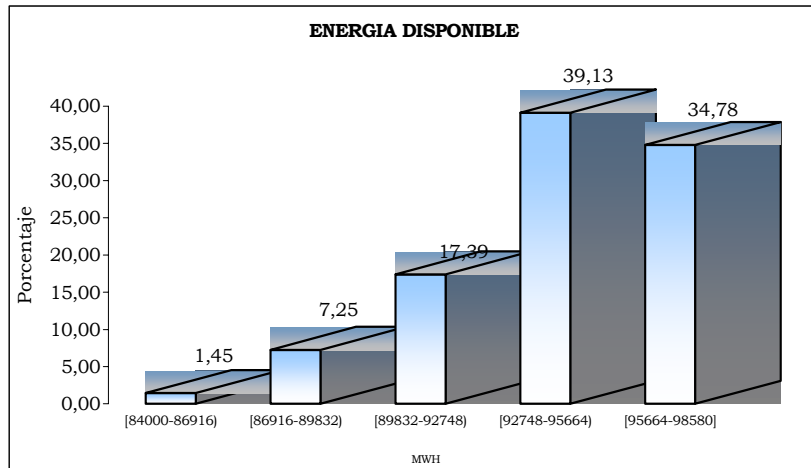
### 3.3.18 Décima Octava Variable: $X_{18}$ = *Energía Disponible*

TABLA 3.34  
Frecuencia de Energía Disponible

ENERGÍA DISPONIBLE	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[84000-86916)	1	1,45
[86916-89832)	5	7,25
[89832-92748)	12	17,39
[92748-95664)	27	39,13
[95664-98580]	24	34,78

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.18



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
 Elaboración: Katty Delgado Blandón

En la Disponibilidad de Energía tenemos que al 39,13% le corresponde los valores entre 92.748 y 95.664(sin incluir) Megavatios Hora; al 34,78% valores entre 95.664 y 98.580; La disponibilidad de energía nunca fue cero, con 1,45% se presenta energía entre 84.000 y 86.916.

TABLA 3.35

Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía Disponible

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
94.321,22	95.040,00	98.580,00	3.781,86	14.302.453,32
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-0,44	-0,68	84.000,00	98.580,00	98.580,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
 Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Energía Disponible es 94.321,22 Megavatios Hora; Los datos más alejados de la media se encuentran por debajo de ella, lo muestra su

asimetría y vale mencionar es cercana a cero. El máximo de Energía Disponible es 98.580. Los datos están dispersos de la media en 3.781,86 Megavatios Hora.

### 3.3.19 Décima Novena Variable: $X_{19}$ =Energía Programada por el CENACE

TABLA 3.36  
Frecuencia de Energía Programada por el CENACE

ENERGÍA PROGRAMADA (CENACE)	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 19642)	12	17,39
[19642-39284)	1	1,45
[39284-58926)	8	11,59
[58926-78568)	3	4,35
[78568-98210]	45	65,22

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.19



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

En la programación que realiza el CENACE para la Central sobresalen los valores que se encuentran entre 78.568 y 98.210 Megavatios Hora con el 65,22%; luego se tienen los valores menores a 19.642 MWH.

TABLA 3.37  
Medidas de Tendencia Central y Dispersión de Energía Programada por el CENACE

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
68.514,43	86.400,00	0,00	33.545,65	1.125.310.691,46
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
-1,15	-0,23	0,00	98.208,00	91140,000

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo valor que ha programado el CENACE para el periodo analizado es de 98.208 Megavatios Hora; con un promedio de 68.514 MWH. Los datos presentan sesgo negativo y desviación típica de 33.545,65 MWH; con moda de 0.

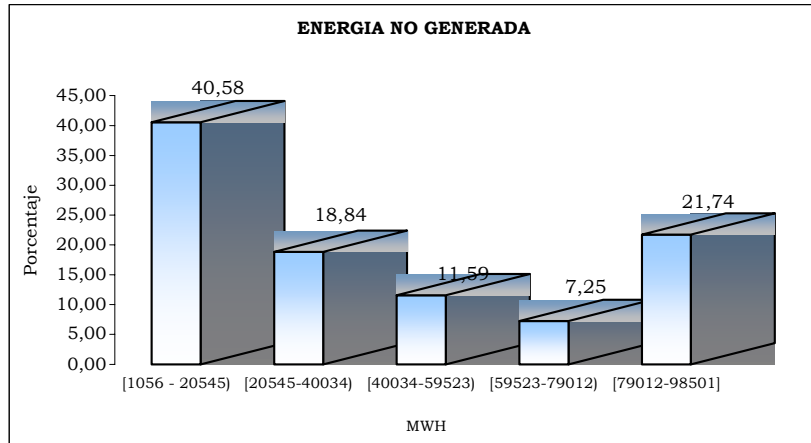
### 3.3.20 Vigésima Variable: $X_{20}$ =Energía No Generada

TABLA 3.38  
Frecuencia de Energía No Generada

ENERGÍA NO GENERADA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[1056 - 20545)	28	40,58
[20545-40034)	13	18,84
[40034-59523)	8	11,59
[59523-79012)	5	7,25
[79012-98501]	15	21,74

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.20



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La cantidad de Energía que se ha dejado de generar se presentan son mayor frecuencia en el primer intervalo, es decir valores menores a 19.489 MWH que equivale al 40,58% de los datos; seguido con el 23,19% los valores que se encuentran entre 77.956 y 97.445 MWH; un 18,84% representa los valores entre 19.489 y 38978 MWH.

TABLA 3.39  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Energía No Generada

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
38.012,93	29.737,09	90.000,00	33.190,14	1.101.585.133,60
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
0,57	-1,18	1.056,00	98.498,00	65936,71

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de la programación Energética del CENACE es 38.012,93 MWH; con un máximo de 98.498 MWH. El 75 % de los datos se encuentra por debajo de 65.936,71; tienen sesgo positivo y dispersos de la media en 33.190,14MWH; su moda es 90.000MWH.

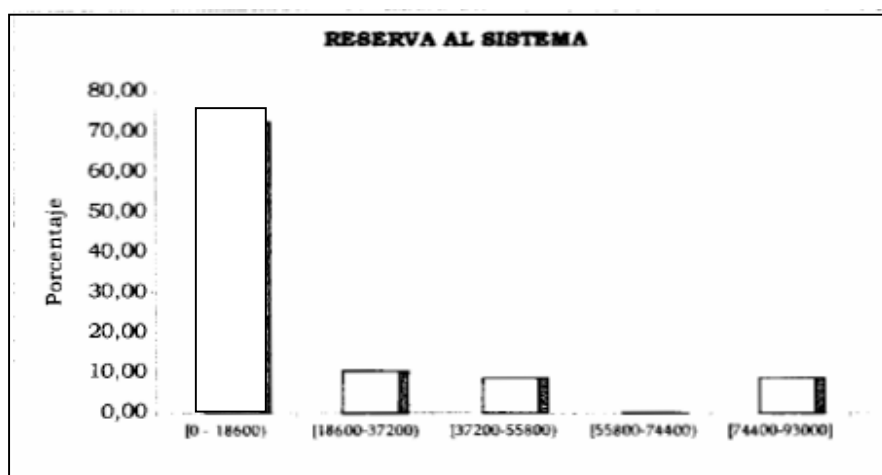
### 3.3.21 Vigésima Primera Variable: $X_{21}$ =Reserva al Sistema

TABLA 3.40  
Frecuencia de Reserva al Sistema

RESERVA AL SISTEMA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 18600)	50	72,46
[18600-37200)	7	10,14
[37200-55800)	6	8,70
[55800-74400)	0	0,00
[74400-93000]	6	8,70

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.21



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La Reserva al Sistema muestra valores menores a 18.600 con una representatividad de 72,46%; El 8,70% de los datos se encuentran entre 18.6000 y 37.200 también entre 74.400 y 93.000 MWH.

TABLA 3.41  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Reserva al Sistema

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
17.653,97	5.633,80	0,00	25.266,59	638.400.455,92
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
1,99	3,17	0,00	93.000,00	22808,74

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de la Reserva Al Sistema es 17.635,80 MWH, con un máximo de 93.000 MWH y mínimo 0. Su desviación estándar es 25.266,59 MWH y simetría positiva.

### 3.3.22 Vigésima Segunda Variable: $X_{22}$ =Energía no Generada por Decremento

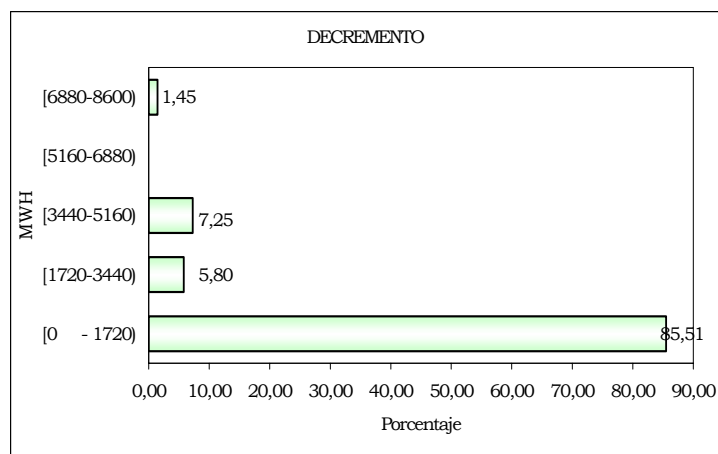
TABLA 3.42  
Frecuencia de Energía no Generada por Decremento

DECREMENTO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 1720)	59	85,51
[1720-3440)	4	5,80
[3440-5160)	5	7,25
[5160-6880)	0	0,00
[6880-8600)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón



GRÁFICO 3.22



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El porcentaje de Energía no Generada por decremento es de 85,51 para valores menores a 1.720 MWH; seguido del 7,25% valores que se encuentran entre 3.440 y 5.160 MWH.

TABLA 3.43  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Decremento

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
783,49	0,00	0,00	1.569,44	2.463.130,03
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
2,85	9,35	0,00	8.595,25	719,74

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Energía no Generada por Decremento es 783,49 MWH, con un máximo de 8.595,25 MWH. La curva de distribución de esta variable acumula más valores que los de la distribución normal, es una curtosis alta. La moda de los datos es 0 y se desvían de la media en 1.569,44 MWH.

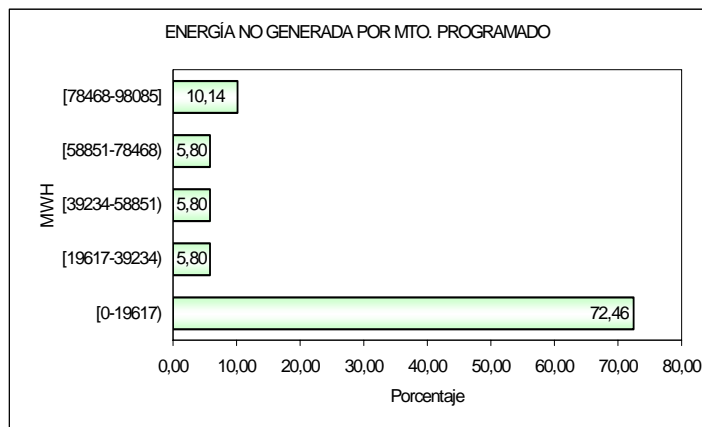
**3.3.23 Vigésima Tercera Variable:  $X_{23}$  =Energía no Generada por Mantenimiento Programado.**

TABLA 3.44  
Frecuencia de Energía no Generada por Mantenimiento Programado

MTO. PROGRAMADO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 19617)	50	72,46
[19617-39234)	4	5,80
[39234-58851)	4	5,80
[58851-78468)	4	5,80
[78468-98085]	7	10,14

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.23



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La cantidad de se ha dejado de Generar Energía por mantenimiento programado es menor a 19.617 lo que represente el 72,46%. Y valores entre 78.468 y 98.085 en 10,14%.

TABLA 3.45  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Mantenimiento Programado

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
17.955,21	0,00	0,00	31.708,57	1.005.433.725,91
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
1,51	0,74	0,00	98.080,92	30177,08

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Energía no Generada por Mantenimiento Programado es 17.955,21 MWH, con un máximo de 98.080,92 MWH. La curva de distribución de esta variable acumula más valores e los de la distribución normal, no es una curtosis alta. El 75% de los datos son menores a 30.177,08 MWH; el sesgo es positivo y se encuentran dispersos de la media en 31.708,57 MWH.

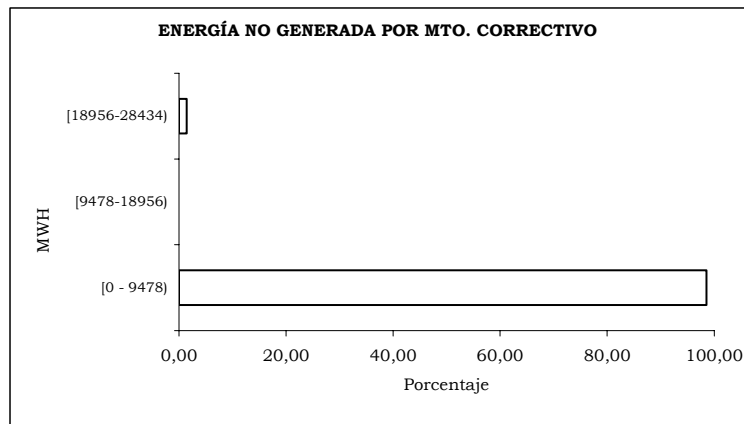
**3.3.24 Vigésima Cuarta Variable:  $X_{24}$  =Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo.**

TABLA 3.46  
Frecuencia de Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo

MTO. CORRECTIVO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 9478)	68	98,55
[18956-28434)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.24



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Se dejó de Generar Energía por Mantenimiento Correctivo 98,55% de las veces en cantidades menores a 9.478 MWH y el porcentaje restante, valores entre 18.956 y 28.434 MWH.

TABLA 3.47  
Medida de Tendencia Central de Energía no Generada por Mantenimiento Correctivo

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
1.094,08	0,00	0,00	3.624,68	13.138.271,85
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
6,57	48,95	0,00	28.434,22	636,21

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El promedio de Energía que se dejó de Generar por Mantenimiento Correctivo es 1.094,08 MWH; con máximo de 28.434,22 y mínimo de 0 MWH. El 75% de los datos son menores de 636,21MWH. La dispersión de los datos con respecto al promedio es 3.624,68 MWH.

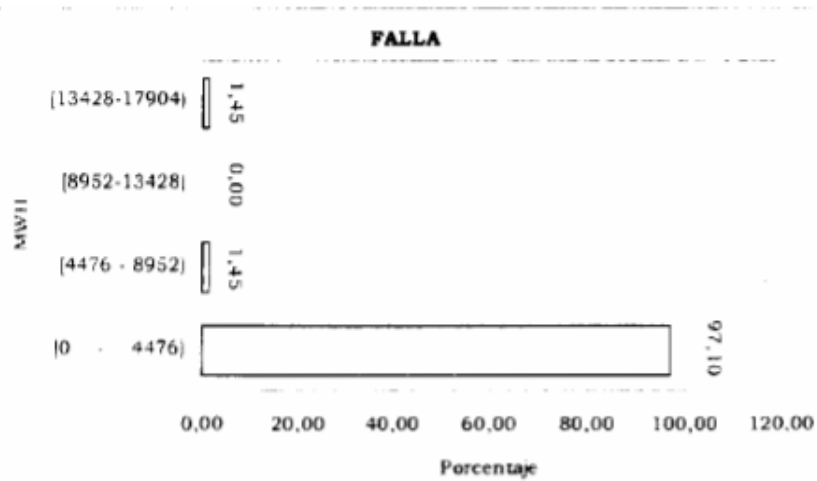
### 3.3.25 Vigésima Quinta Variable: $X_{25}$ =Energía no Generada por Falla.

TABLA 3.48  
Frecuencia de Energía no Generada por Falla

FALLA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 4476)	67	97,10
[4476 - 8952)	1	1,45
[13428-17904)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

GRÁFICO 3.25



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Se ha dejado de Generar por Falla entre 0 y 4.476 MWh en un 97,10%.

TABLA 3.49  
Medida de Tendencia Central y Dispersión de Energía no Generada por Falla

Media	Mediana	Moda	Desv. típ.	Varianza
446,42	0,00	0,00	2.233,69	4.989.363,33
Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Cuartil 3
7,37	57,08	0,00	17.898,65	133,80

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Estos valores presentan un promedio de 446,42 MWH, con un máximo de Energía que se dejó de Generar por Falla de 17.898,65 MWH; El 75% de los datos son menores al 133,80 MWH; la dispersión con respecto de la media es 2.233,69 MWH; tienen sesgo positivo.

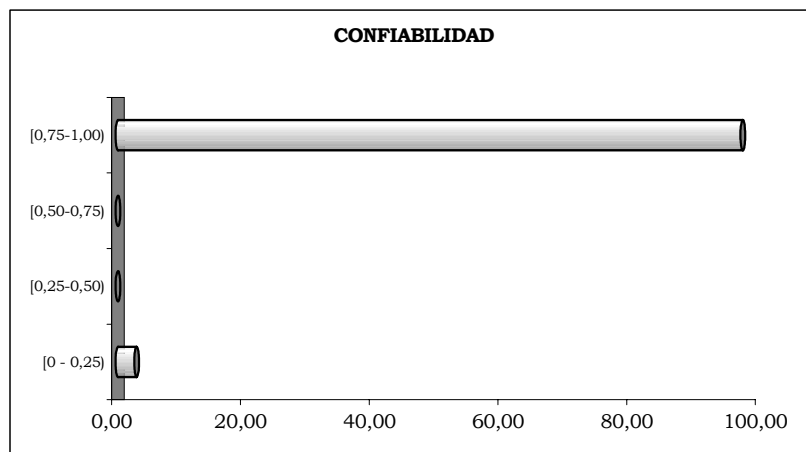
### 3.3.26 Vigésima Sexta Variable: $X_{26} = \text{Confiabilidad}$

TABLA 3.50  
Frecuencia de Confiabilidad

CONFIABILIDAD	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,25)	2	2,90
[0,75-1,00)	67	97,10

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

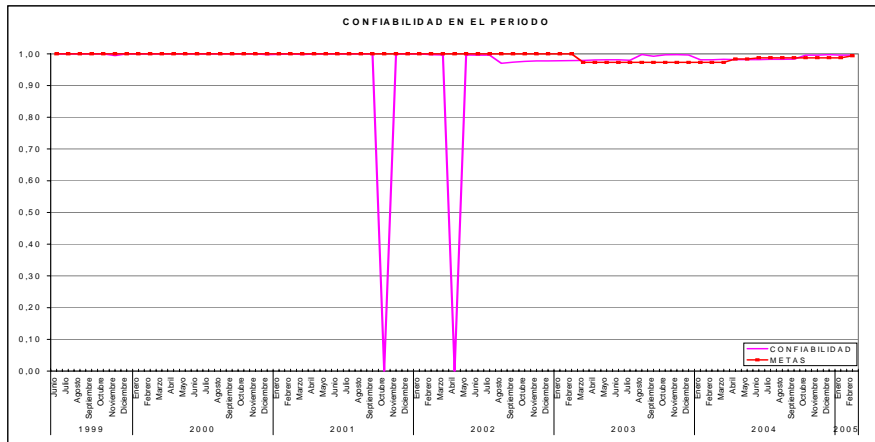
GRÁFICO 3.26



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Los datos superiores al 0,75 de Confiabilidad son el 97,10% y el restante 2,90% corresponde a Confiabilidad entre 0 y 0,25.

GRÁFICO 3.27



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Para el periodo en análisis se presentan dos valores en que la confiabilidad fue 0, octubre de 2001 y abril del 2002; fuera de ellos la confiabilidad se mantiene próxima a su objetivo que es 100%.

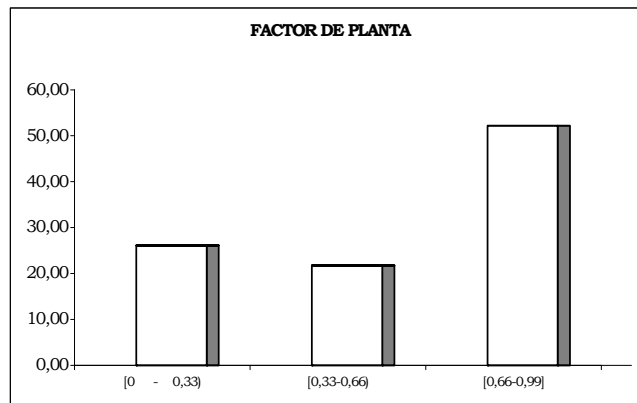
### 3.3.27 Vigésima Séptima Variable: $X_{27} = \text{Factor de Planta}$

TABLA 3.51  
Frecuencia de Factor de Planta

FACTOR PLANTA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,33)	18	26,09
[0,33-0,66)	15	21,74
[0,66-0,99]	36	52,17

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

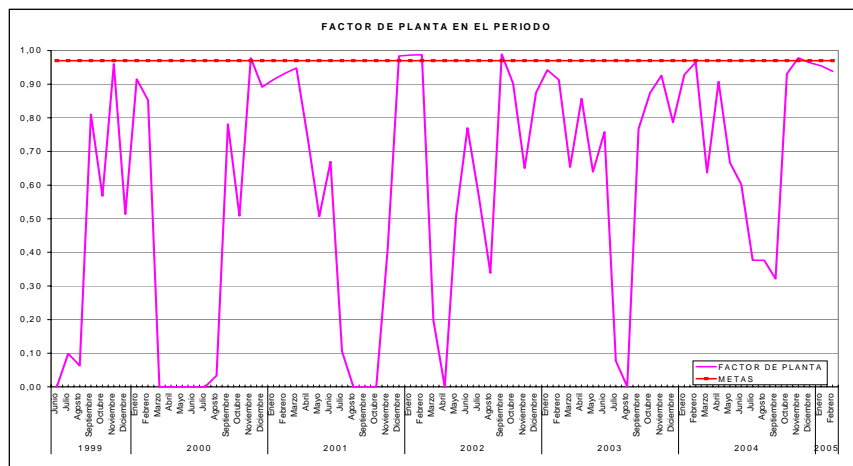
GRÁFICO 3.28



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

52,17% de los datos Factor de Planta se encuentran entre 0,66 y 0,99 seguidos del 26,09% para los datos menores a 0,33 sin incluir este valor y el restante 21,74% para los datos entre 0,33 incluido y 0,66 sin incluir.

GRÁFICO 3.29



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La meta que pretende alcanzar el Factor de Planta a lo largo del periodo es de 97%; sobrepasada en cinco meses, con valores de cero en el tiempo donde no hubo generación.



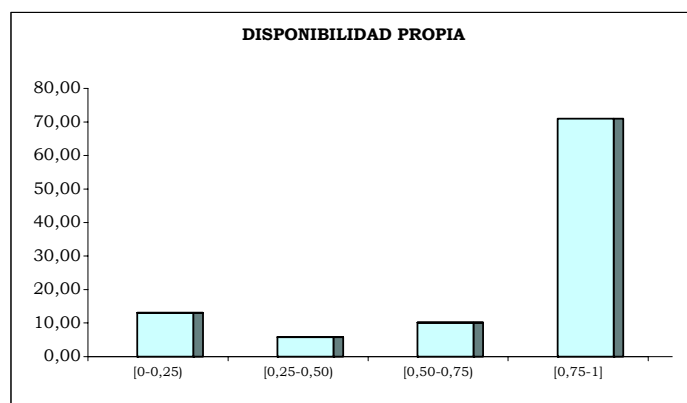
### 3.3.28 Vigésima Octava Variable: $X_{28} = \text{Disponibilidad Propia}$

TABLA 3.52  
Frecuencia de Disponibilidad Propia

DISPONIBILIDAD PROPIA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,25)	9	13,04
[0,25 - 0,50)	4	5,80
[0,50 - 0,75)	7	10,14
[0,75 - 1,00]	49	71,01

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

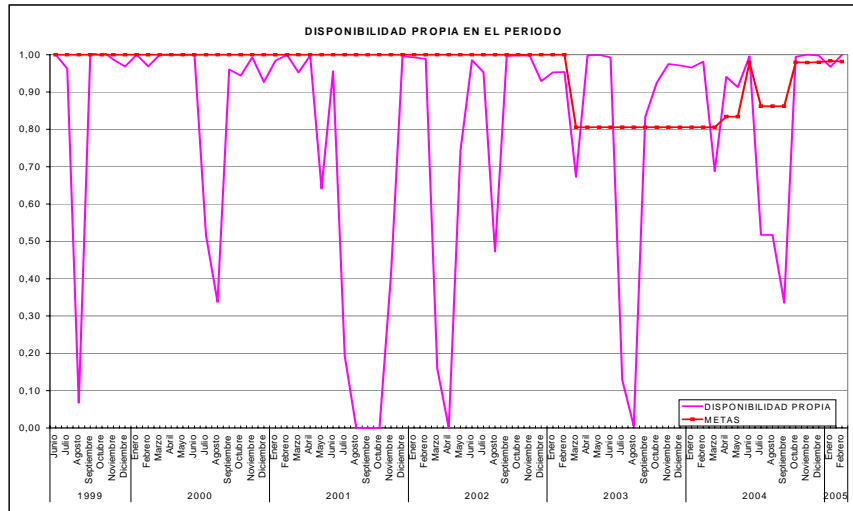
GRÁFICO 3.30



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La disponibilidad Propia registró valores entre 0,75 y 1 con un porcentaje de 71,017%; el 13,04% de los datos son mayores a 0 pero menores de 0,25.

GRÁFICO 3.31



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

En marzo del 2003 la meta que pretendía alcanzarse en disponibilidad propia disminuyó a 80,54% hasta marzo del 2004 y luego presenta variaciones, son muy variables los datos de disponibilidad propia.

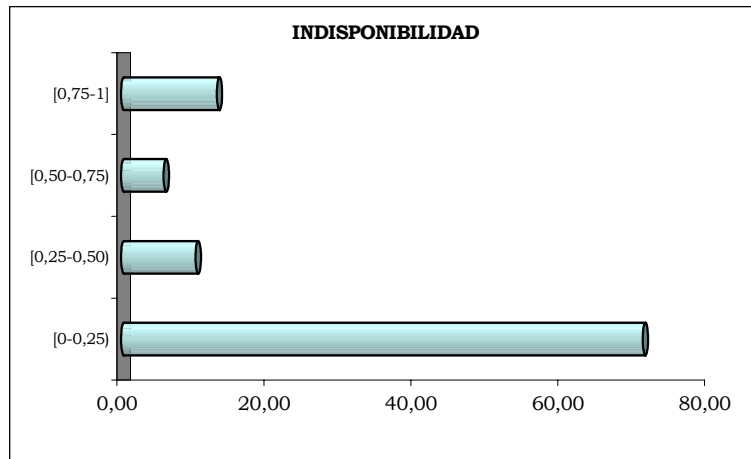
### 3.3.29 Vigésima Novena Variable: $X_{29} = \text{Indisponibilidad}$

TABLA 3.53  
Frecuencia de Indisponibilidad

INDISPONIBILIDAD	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,25)	49	71,01
[0,25-0,50)	7	10,14
[0,50-0,75)	4	5,80
[0,75-1,00)	9	13,04

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

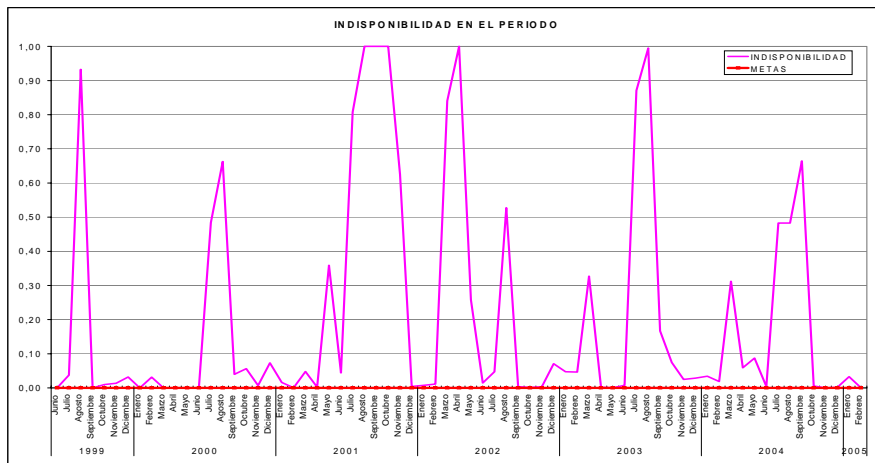
GRÁFICO 3.32



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La Indisponibilidad presenta su porcentaje más alto, de 71,01% para valores entre 0 y 0,25; luego con 13,04 valores entre 0,75 y 1,00.

GRÁFICO 3.33



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Presenta picos muy elevados la gráfica; puesto que el valor de la meta a alcanzar es 0 que pocas veces ha conseguido.

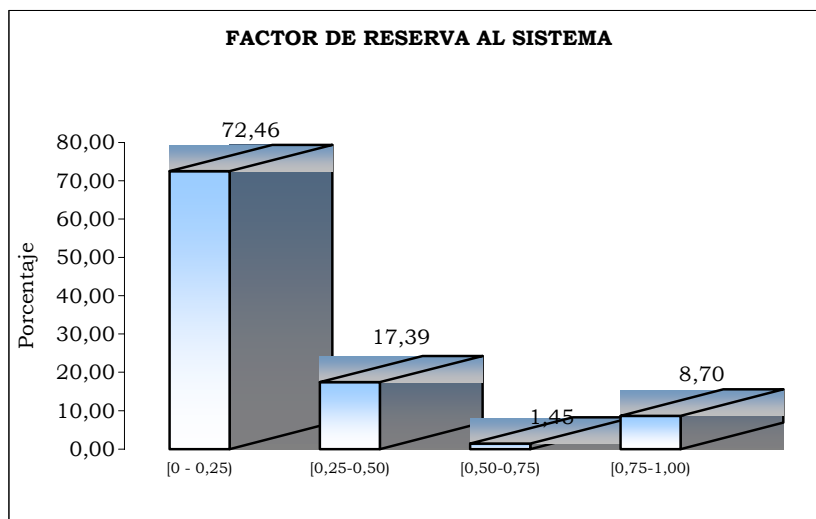
### 3.3.30 Trigésima Variable: $X_{30} = \text{Factor de Reserva al Sistema}$

TABLA 3.54  
Frecuencia de Factor de Reserva al Sistema

FACTOR DE RESERVA AL SISTEMA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,25)	50	72,46
[0,25-0,50)	12	17,39
[0,50-0,75)	1	1,45
[0,75-1,00)	6	8,70

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

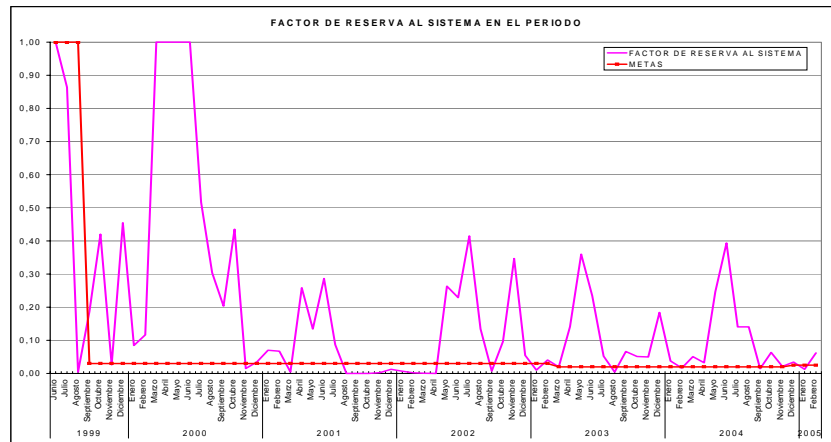
GRÁFICO 3.34



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

La Indisponibilidad presenta su porcentaje más alto, 72,446% para valores entre 0 y 0,25; luego con 17,39 valores entre 0,25 incluido y 0,50 sin incluir; con el 8,70% valores entre 0,75 y 1.

GRÁFICO 3.35



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Con un promedio de 0,20 se dan los datos de esta variable; una mediana de 0,07 y datos inferiores a 0,26 en un 75%; los datos más alejados del promedio están por encima de el.

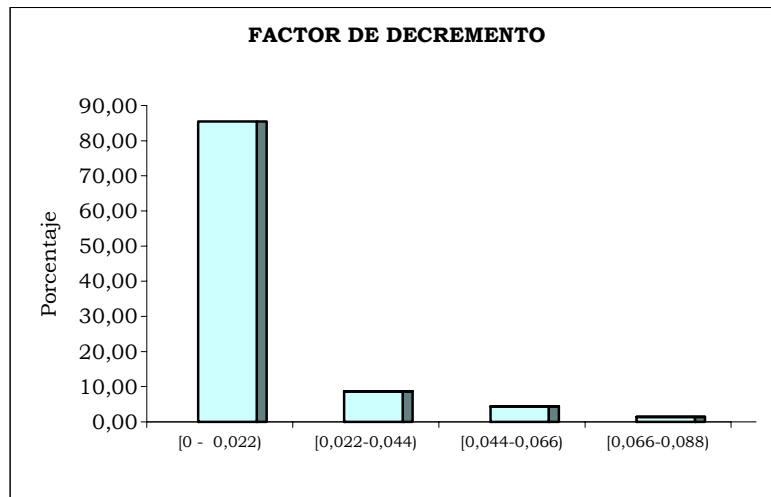
### 3.3.31 Trigésima Primera Variable: X31 = *Factor de Decremento*

TABLA 3.55  
Frecuencia de Factor de Decremento

FACTOR DE DECREMENTO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,022)	59	85,51
[0,022-0,044)	6	8,70
[0,044-0,066)	3	4,35
[0,066-0,088)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

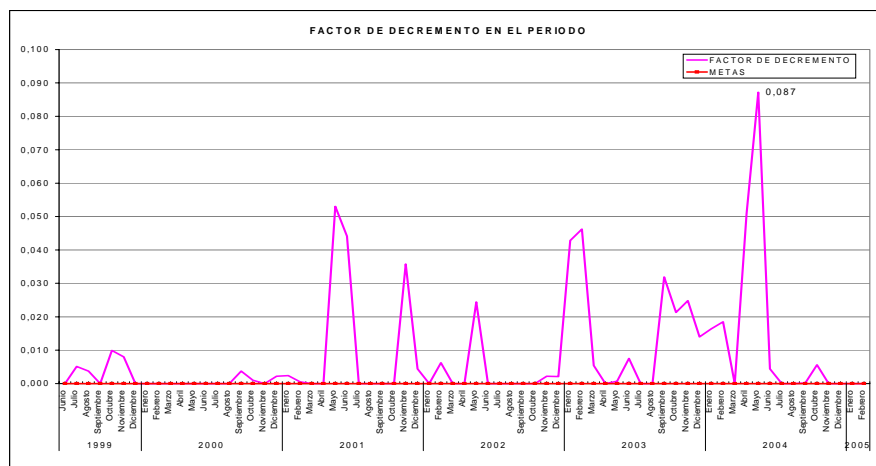
GRÁFICO 3.36



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katy Delgado Blandón

Con el 85,51% se dan datos entre 0 y 0,022 de Factor de Decremento; con el porcentaje más bajos, 1,45 se presenta solo un dato entre 0,066 y 0,088.

GRÁFICO 3.37



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katy Delgado Blandón

Lo que ocurre con el factor de decremento es que tiene muchos picos cuando la meta que desea alcanzar es de 0. su valor más alto lo registra el mes de mayo del 2004 con 8,70%.

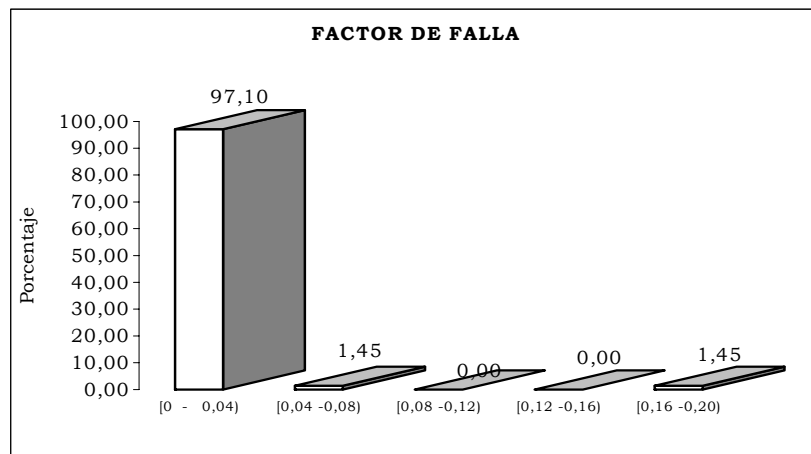
### 3.3.32 Trigésima Segunda Variable: X32 = *Factor de Falla*

TABLA 3.56  
Frecuencia de Factor de Falla

FACTOR DE FALLA	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,04)	67	97,10
[0,04 -0,08)	1	1,45
[0,16 -0,20)	1	1,45

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

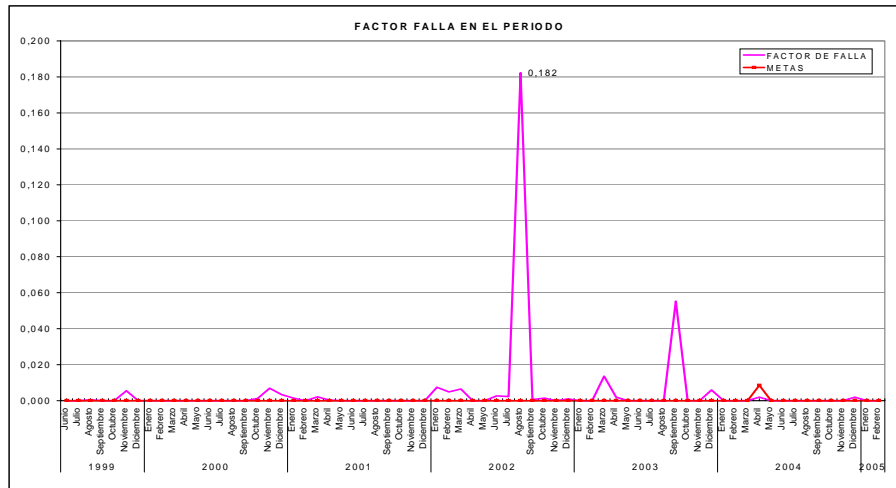
GRÁFICO 3.38



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Factor de Falla obtuvo datos con un 97,10% entre 0,00 y 0,04; dos intervalos con el mismo porcentaje de 1,45 se presentaron en esta variable.

GRÁFICO 3.39



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El máximo para el Factor de Falla es 18.20% dado en el mes de agosto del 2002. La meta propuesta es 0%.

### 3.3.33 Trigésima Tercera Variable: $X_{33} = \text{Decremento Capacidad Original}$

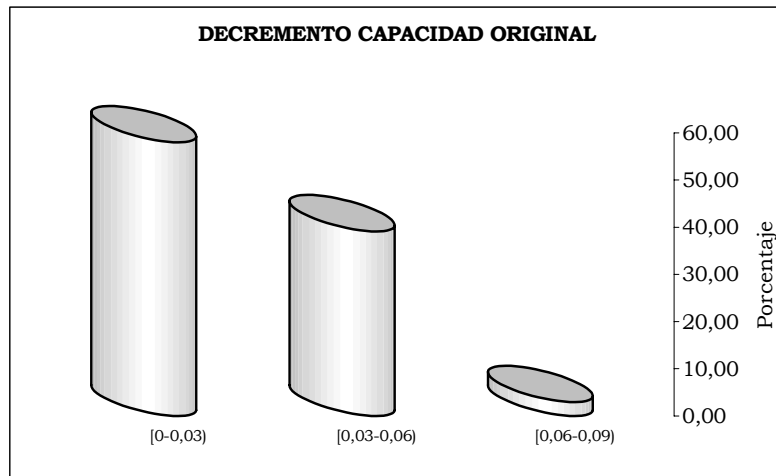
TABLA 3.57  
Frecuencia de Decremento Capacidad Original

DECREMENTO CAP. ORIGINAL	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 0,03)	40	57,97
[0,03-0,06)	27	39,13
[0,06-0,09)	2	2,90

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón



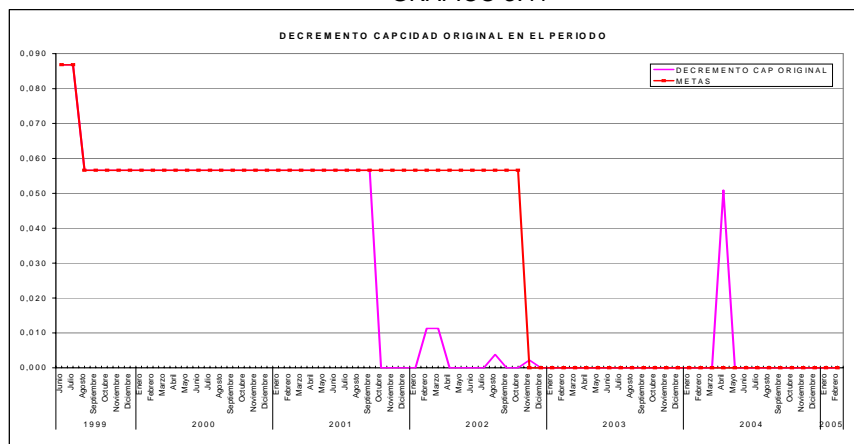
GRÁFICO 3.40



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

Encontramos que esta variable representa con el 57,97% sus valores entre 0 y 0,03; con el 39,13% los que se encuentra entre 0,03 incluido y 0,06; el porcentaje restante de 2,90 para 0,06 incluido y 0,09.

GRÁFICO 3.41



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

A partir de agosto de 1999 a octubre del 2002 disminuye la meta a alcanzar de 8,68% a 5,66% seguida a cabalidad por CTE hasta septiembre de 2001

con variaciones hasta que se reduce nuevamente la meta en noviembre de 2002 para mantenerse, vale mencionar el pico de 5.1% en el 2004.

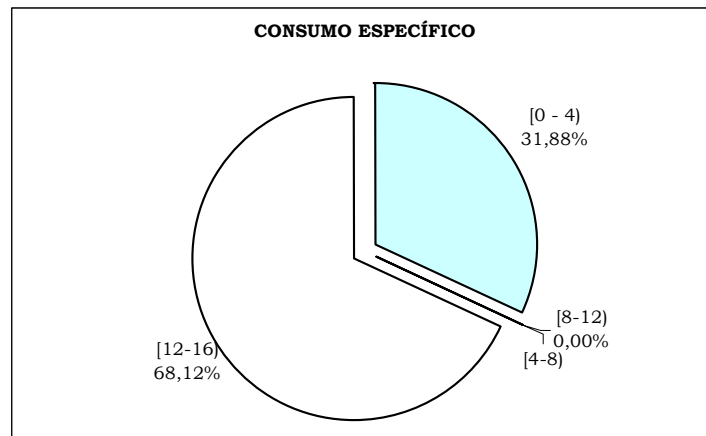
### 3.3.34 Trigésima Cuarta Variable: $X_{34}$ = Consumo Específico

TABLA 3.58  
Frecuencia de Consumo Específico

CONSUMO ESPECÍFICO	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 4)	22	31,88
[12-16)	47	68,12

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

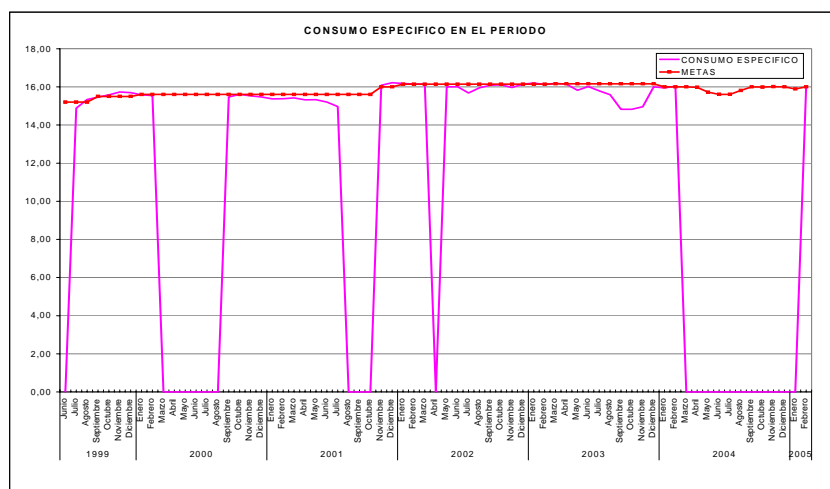
GRÁFICO 3.42



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El porcentaje más alto (68,12%) es para valores de Consumo específico entre 12 y 16 seguido de un 31,88% para valores entre 0 y 4; los otros dos intervalos son 0.

GRÁFICO 3.43



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

El valor promedio para Consumo Específico es 10,70; los datos presentan un máximo de 16,22 y mínimo de 0; los datos más alejados del promedio se encuentran por debajo de la media; su mediana es 15,46.

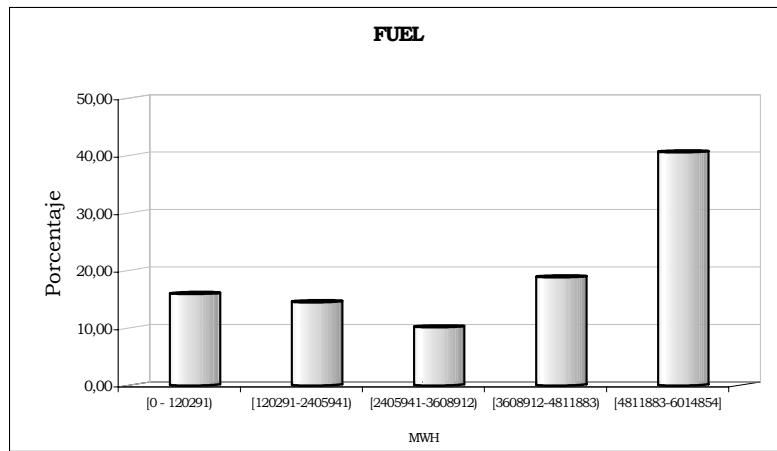
### 3.3.35 Trigésima Quinta Variable: $X_{35} = \text{Consumo de Fuel Oil}$

TABLA 3.59  
Frecuencia de Consumo de Fuel Oil

FUEL	ABSOLUTA	PORCENTAJE
[0 - 1202970)	11	15,94
[1202970-2405941)	10	14,49
[2405941-3608912)	7	10,14
[3608912-4811883)	13	18,84
[4811883-6014854]	28	40,58

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katty Delgado Blandón

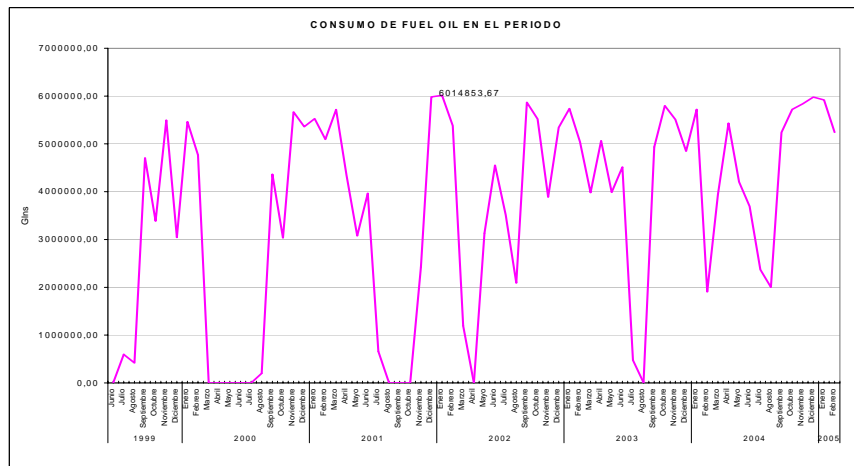
GRÁFICO 3.43



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katy Delgado Blandón

Se consumió Fuel Oil entre 4'811.883 y 6'014.854 de galones en un 79,71% de los meses evaluados; un porcentaje de 15,94 para consumos entre 0 y 120,291 galones.

GRÁFICO 3.44



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción CTE  
Elaboración: Katy Delgado Blandón

El valor promedio para Consumo de Fuel Oil es 3'519.825,73 galones; los datos presentan un máximo de 6'014.853.00.

# CAPITULO 4

## 4.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO MULTIVARIADO

### 4.1 Análisis de Correlación

Esta técnica estadística está basada en el coeficiente de correlación  $\rho_{jk}$ , definido en términos del cociente entre la covarianza  $\sigma_{jk}$  y el producto de varianzas  $\sigma_{jj}$  y  $\sigma_{kk}$ . El coeficiente de correlación proporciona una medida de la asociación lineal entre dos variables. El coeficiente de correlación entre  $X_j$  y  $X_k$  se denota por  $\rho_{jk}$  y se define por:

$$\rho_{jk} = \frac{\sigma_{jk}}{\sqrt{\sigma_{jj} \sigma_{kk}}}$$

En general, si dos variables se distribuyen de manera independiente, entonces  $\rho_{jk} = 0$  y  $\rho_{kj} = 0$ .

Se tiene un arreglo de p filas y p columnas que agrupa todas las medidas de las relaciones de tipo lineal que existen entre las p variables investigadas, denominadas Matriz de Correlación ( $\rho$ ).

$$\rho = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{11}}{\sqrt{\sigma_{11}}\sqrt{\sigma_{11}}} & \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_{11}}\sqrt{\sigma_{22}}} & \dots & \frac{\sigma_{1p}}{\sqrt{\sigma_{11}}\sqrt{\sigma_{pp}}} \\ \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_{11}}\sqrt{\sigma_{22}}} & \frac{\sigma_{22}}{\sqrt{\sigma_{22}}\sqrt{\sigma_{22}}} & \dots & \frac{\sigma_{2p}}{\sqrt{\sigma_{22}}\sqrt{\sigma_{pp}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\sigma_{1p}}{\sqrt{\sigma_{11}}\sqrt{\sigma_{pp}}} & \frac{\sigma_{2p}}{\sqrt{\sigma_{22}}\sqrt{\sigma_{pp}}} & \dots & \frac{\sigma_{pp}}{\sqrt{\sigma_{pp}}\sqrt{\sigma_{pp}}} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{22} & \dots & \rho_{2p} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \rho_{3p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \rho_{p3} & \dots & \rho_{pp} \end{bmatrix}$$

=

Se puede demostrar que  $-1 \leq \rho_{jk} \leq 1$  para toda  $j \neq k$ . Si  $\rho_{jk} = 0$  significa que no existe relación lineal entre las variables  $X_j$  y  $X_k$  y si  $|\rho_{jk}| = 1$  entonces existe una perfecta relación lineal.

El total de correlaciones obtenidas fueron 595, correspondientes a las combinaciones de 35 en 2, a partir de las 35 variables seleccionadas para este análisis. El 49.08% de los pares de variables utilizadas para este análisis poseen un coeficiente de correlación negativo y el 50.92% de los pares de variables poseen un coeficiente de correlación positivo.

## 4.2 Análisis De Correspondencia

Uno de los fines del análisis de correspondencias es describir las relaciones existentes entre dos variables nominales, recogidas en una tabla de correspondencias, sobre un espacio de pocas dimensiones, mientras que al mismo tiempo se describen las relaciones entre las categorías de cada variable. Para cada variable, las distancias sobre un gráfico entre los puntos de categorías reflejan las relaciones entre las categorías, con las categorías similares representadas próximas unas a otras. La proyección de los puntos de una variable sobre el vector desde el origen hasta un punto de categoría de la otra variable describe la relación entre ambas variables.

El análisis de las tablas de contingencia a menudo incluye examinar los perfiles de fila y de columna, así como contrastar la independencia a través del estadístico de chi-cuadrado. Sin embargo, el número de perfiles puede ser bastante grande y la prueba de chi-cuadrado no revelará la estructura de la dependencia. El procedimiento Tablas de contingencia ofrece varias medidas y pruebas de asociación pero no puede representar gráficamente ninguna relación entre las variables.

El análisis de correspondencias se puede utilizar para analizar cualquier tabla de medidas de correspondencia que sean positivas.

El análisis de correspondencia calculará, medidas de correspondencia, perfiles de fila y de columna, valores propios, puntuaciones de fila y de

columna, inercia, masa, estadísticos de confianza para las puntuaciones de fila y de columna, estadísticos de confianza para los valores propios, gráficos de transformación, gráficos de los puntos de fila, gráficos de los puntos de columna y diagramas de dispersión biespaciales, de las diversas filas y columnas de la tabla y además nos permitirá analizar la posible relación entre las variables, las diversas categorías de las variables estarán representadas en el gráfico más próximas o alejadas en las diversas dimensiones en función de su grado de similitud o diferencia

Procedimientos relacionados. Si hay implicadas más de dos variables, utilice el análisis de homogeneidad. Si se deben escalar las variables de forma ordinal, utilice el análisis de componentes principales mediante escalamiento óptimo.

Para la medida de distancia entre las filas y columnas se puede seleccionar el estadístico Chi-Cuadrado. Utiliza una distancia ponderada entre los perfiles, donde la ponderación es la masa de las filas o de las columnas. Esta distancia es necesaria para el análisis de correspondencias típico.

#### **4.2.1 Método de Normalización Simétrico**

Para cada dimensión, las puntuaciones de fila son la media ponderada de las puntuaciones de columna divididas por el valor propio coincidente y las puntuaciones de columna son la media ponderada de las puntuaciones de fila divididas por el valor propio coincidente. Utilice este método si desea



examinar las diferencias o similitudes entre las categorías de las dos variables.

### 4.3 Prueba Chi- Cuadrado

Chi-cuadrado (Tablas de contingencia)

Estadístico utilizado para contrastar la hipótesis de que las variables de fila y columna son independientes. No debe utilizarse si cualquiera de las casillas tiene un valor esperado menor que 1, o si más de un 20% de las casillas tienen valores esperados menores que 5. A efectos prácticos, el valor de significación es más importante que el valor real del estadístico.

Se presentará a continuación no la tabla de contingencia sino la tabla que hace aprobar o rechazar la hipótesis de dependencia, consideramos mostrar parte del análisis en tablas independientes porque luego resumiremos la dependencia en una sola tabla conjunta.

Tabla 4.1  
Prueba Chi-Cuadrada para Capacidad Efectiva y Energía Entregada a EMELESA

Pruebas de chi-cuadrado			
Capacidad Efec. Ener. Entreg a EMELESA	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	41,46	8,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	49,39	8,00	0,00
<i>Asociación lineal por lineal</i>	24,07	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

H<sub>0</sub>: La Capacidad Efectiva y la Energía Entregada a EMELESA.

Vs.

H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 41.46$

Grados de libertad 8

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que la Capacidad Efectiva Y la energía entregada a EMELESA no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

Tabla 4.2  
Prueba Chi-Cuadrada para Potencia Máxima y Generación Bruta

Pruebas de chi-cuadrado			
Potencia Max y Gen Bruta	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	40,03	8,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	38,47	8,00	0,00
<i>Asociación lineal por lineal</i>	29,03	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

H<sub>0</sub>: Potencia Máxima y Generación Bruta.

Vs.

H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 40.03$

Grados de libertad 8

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que la Potencia Máxima y Generación Bruta no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

Tabla 4.3  
Prueba Chi-Cuadrada para Potencia Mínima y Horas Periodo

Pruebas de chi-cuadrado			
Pot. Mín. Horas Periodo	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	53,11	12,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	20,36	12,00	0,06
<i>Asociación lineal por lineal</i>	10,53	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

H<sub>0</sub>: Potencia Mínima y Horas Periodo.

Vs.

H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 53.11$

Grados de libertad 12

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que la Potencia Mínima y Horas Periodo no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

Tabla 4.4  
Prueba Chi-Cuadrada para Consumo Interno UES y Consumo Interno UFS

Pruebas de chi-cuadrado			
Consum UES y Cons UFS	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	91,21	16,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	79,15	16,00	0,00
<i>Asociación lineal por lineal</i>	34,69	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

H<sub>0</sub>: Consumo Interno UES y Consumo Interno UFS

Vs.

H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 91.21$

Grados de libertad 16

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que el Consumo Interno UES y Consumo Interno UFS no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

Tabla 4.5  
Prueba Chi-Cuadrada para Generación Neta y Horas Operación

Pruebas de chi-cuadrado			
Gen Neta y Horas Operación	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	151,06	16,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	121,63	16,00	0,00
<i>Asociación lineal por lineal</i>	57,40	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

H<sub>0</sub>: Generación Neta y Horas Operación

Vs.

H<sub>1</sub>: No es verdad H<sub>0</sub>

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 151.06$

Grados de libertad 16

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que la Generación Neta y Horas Operación no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

Tabla 4.6  
Prueba Chi-Cuadrada para Horas Disponibles y Energía no Generada por Mantenimiento Programado

Pruebas de chi-cuadrado			
Horas Disp. Energía no gen por Mto. Program.	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
<i>Chi-cuadrado de Pearson</i>	170,99	16,00	0,00
<i>Razón de verosimilitud</i>	110,24	16,00	0,00
<i>Asociación lineal por lineal</i>	65,91	1,00	0,00

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

$H_0$ : Horas Disponibles y Energía no Generada por Mantenimiento Programado.

Vs.

$H_1$ : No es verdad  $H_0$

Valor del estadístico de prueba  $\chi^2 = 170,99$

Grados de libertad 16

Valor p 0.00

El valor p de la prueba es 0.00 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula el cual nos indica que las Horas Disponibles y Energía no Generada por Mantenimiento Programado no son independientes a todo nivel de significancia estadística.

En el anexo 1 se presenta una tabla que contiene todas las variables dependientes, con sus respectivos valores del estadístico de prueba, nivel de significancia y grados de libertad.

Marcado se encontrará en la tabla mencionada casillas marcadas y en negrillas para el índice Factor de Plata y las variables de las cuales él depende, estas son: Potencia Máxima, Generación Bruta, Consumo Interno UES y UFS, Generación Neta, Horas Operación, Horas Disponibles, Horas Equivalentes en Reserva, Energía no Generada, Horas fuera de servicio por mantenimiento Programado, Reserva al sistema, Energía Programada por el CENACE, Energía no generada por mantenimiento Programado, Consumo de Fuel y además con los otros Índices como: Disponibilidad, Indisponibilidad y Factor de Reserva al Sistema. Se dará un nuevo análisis para tratar de reducir estas dependencias a las más importantes. En total el índice Factor

de Planta depende de 18 variables, lo que no ocurre con la Capacidad Efectiva que solo depende de 2, estas son: Decremento de Capacidad Original y Energía Entregada a EMELESA. Se puede observar que Potencia máxima, Generación Bruta y Generación Neta son las variables que mayor dependencias tienen con otras variables.

Para los Índices se realizará un Análisis de Correspondencia, teniendo presente los valores de la matriz del anexo 1.

#### 4.4 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA SIMPLE

##### 4.4.1 Análisis de Correspondencia para variables Factor de Planta e Indisponibilidad.

Tabla 4.7  
Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Planta e Indisponibilidad

Examen de los puntos de fila									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
					1	2	1	2	
0-0,329	0,26	-1,31	-0,46	0,34	0,64	0,10	0,91	0,09	1,00
0,33-0,659	0,22	-0,08	1,44	0,26	0,00	0,78	0,00	1,00	1,00
0,66-0,999	0,52	0,69	-0,37	0,21	0,36	0,12	0,81	0,19	1,00
Total activo	1,00			0,82	1,00	1,00			

Examen de los puntos columna									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
					1	2	1	2	
0-0,249	0,71	0,48	-0,21	0,13	0,23	0,06	0,86	0,14	1,00
0,25-0,49	0,10	-0,37	2,03	0,25	0,02	0,73	0,04	0,96	1,00
0,50-0,749	0,06	-1,00	0,85	0,06	0,08	0,07	0,63	0,37	1,00
0,75-1,01	0,13	-1,88	-0,80	0,37	0,66	0,15	0,87	0,13	1,00
Total activo	1,00			0,82	1,00	1,00			

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

El Factor de Planta presenta una mejor explicación para su varianza en la dimensión 1 con un valor de 0,64 que corresponde a los valores entre 0 y 0,249; de 0,36 para valores entre 0,66 y 0,99. En la dimensión 2 se da entre los valores 0,33 y 0,659; para el índice de Disponibilidad se obtiene una buena representatividad de los valores en el primer y cuarto intervalo con 0,86 y 0,87 respectivamente. Las sumas ponderadas de las distancias al centroide dividida entre la suma de las celdas en la tabla es mayor en el primer intervalo para el Factor de Planta con un valor de 0,34; para la Disponibilidad es 0,37 en el último intervalo.

#### 4.4.2 Análisis de Correspondencia Simple para las Variables Factor de Reserva al Sistema y Factor de Decremento

La siguiente tabla presenta dos variables no correlacionadas, observe los niveles bajos de inercia y el nivel de significancia alto.

Tabla 4.8  
Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Reserva al Sistema y Factor de Decremento

Resumen					Proporción de inercia		Confianza para el Valor propio	
	Valor propio	Inercia	Chi-cuadrado	Sig.	Explicada	Acumulada	Desviación típica	Correlación
Dimensión								2
1,00	0,31	0,10			0,86	0,86	0,12	-0,17
2,00	0,13	0,02			0,14	1,00	0,04	
Total		0,11			1,00	1,00		
9 grados de libertad								

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Tabla 4.9  
Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Reserva al Sistema y Factor de Decremento

Examen de los puntos de fila									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
		1	2	1	2				
0-0,249	0,72	-0,24	-0,15	0,02	0,14	0,14	0,86	0,14	1,00
0,25-0,49	0,17	1,21	0,04	0,08	0,82	0,00	1,00	0,00	1,00
0,50-0,749	0,01	-0,34	1,03	0,00	0,01	0,12	0,21	0,79	1,00
0,75-1,01	0,09	-0,34	1,03	0,01	0,03	0,74	0,21	0,79	1,00
Total activo	1,00			0,11	1,00	1,00			

Examen de los puntos columna									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
		1	2	1	2				
0-0,0219	0,86	-0,11	0,13	0,00	0,03	0,11	0,62	0,38	1,00
0,022-0,0439	0,09	0,78	-0,71	0,02	0,17	0,35	0,75	0,25	1,00
0,044-0,0659	0,04	-0,78	-1,23	0,02	0,09	0,52	0,50	0,50	1,00
0,066-0,088	0,01	3,91	0,32	0,07	0,71	0,01	1,00	0,00	1,00
Total activo	1,00			0,11	1,00	1,00			

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Podemos observar que la mejor explicación para la variabilidad de los datos es 1 en el intervalo de 0,066 y 0,08, pero las inercias son bajas, se debe tomar en cuenta la gráfica individual de cada variable ya que no están correlacionadas fuertemente.



### 4.4.3 Análisis de Correspondencia Simple para las Variables Factor de Falla e Factor de Decremento.

Tabla 4.10  
Análisis de Correspondencia para Índices Factor de Falla y Factor de Decremento

Examen de los puntos de fila									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
					1	2	1	2	
0-0,04	0,97	-0,07	0,02	0,00	0,01	0,02	0,99	0,01	1,00
0,04-0,08	0,01	5,16	-0,12	0,15	0,98	0,01	1,00	0,00	1,00
0,08-0,12	0,00	,	,	,	,	,	,	,	,
0,16-0,20	0,01	-0,49	-1,49	0,00	0,01	0,98	0,57	0,43	1,00
Total activo	1,00			0,16	1,00	1,00			

Examen de los puntos columna									
					Contribución				
					De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
					1	2	1	2	
0-0,0219	0,86	-0,19	-0,05	0,01	0,08	0,06	0,99	0,01	1,00
0,022-0,0439	0,09	2,03	0,00	0,14	0,91	0,00	1,00	0,00	1,00
0,044-0,0659	0,04	-0,18	0,73	0,00	0,00	0,70	0,41	0,59	1,00
0,066-0,088	0,01	-0,18	0,73	0,00	0,00	0,23	0,41	0,59	1,00
Total activo	1,00			0,16	1,00	1,00			

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Resultan independientes este par de variables con un nivel de significancia 0,29 y es estadístico Chi-Cuadrado de 10,97; pues bien, la variabilidad con respecto a Factor de Falla para la dimensión 1 es 0,98 en que pertenece al intervalo 0,04 y 0,08 este último valor sin incluir; para la dimensión 2 es 0,98 en el último intervalo que es 0,16 a 0,20. En términos práctico esto resulta impositivo; porque si recordamos la Meta de este índice es 0, y si los datos se dan en estos intervalos con tal frecuencia, no se están cumpliendo las metas, Para la segunda parte de

esta tabla tenemos el Factor de Decremento que se explica muy bien en el segundo datos es 1 en el intervalo.

Son Independientes también el Consumo Específico y el Decremento de la Capacidad Original, presenta un nivel de significancia de 0,999; los valores de inercia en las tablas de correspondencias son 0. Hay independencia entre el Consumo Específico y la Disponibilidad.

#### **4.5 Análisis de Homogeneidad**

El análisis de homogeneidad cuantifica los datos (categóricos) nominales mediante la asignación de valores numéricos a los casos (los objetos) y a las categorías. El análisis de homogeneidad se conoce también por el acrónimo HOMALS, del inglés Homogeneity Analysis by Means of Alternating Least Squares (Análisis de Homogeneidad Mediante Mínimos Cuadrados Alternantes).

El objetivo de HOMALS es describir las relaciones entre dos o más variables nominales en un espacio de pocas dimensiones que contiene las categorías de las variables así como los objetos pertenecientes a dichas categorías. Los objetos pertenecientes a la misma categoría se representan cerca los unos de los otros, mientras que los objetos de diferentes categorías se representan alejados los unos de los otros. Cada objeto se encuentra lo más cerca posible de los puntos de categoría para las categorías a las que pertenece dicho objeto.

El análisis de homogeneidad es similar al análisis de correspondencias, pero no está limitado a dos variables. Es por ello que el análisis de homogeneidad se conoce también como el análisis de correspondencias múltiple. También se puede ver el análisis de homogeneidad como un análisis de componentes principales para datos nominales.

El análisis de homogeneidad es más adecuado que el análisis de componentes principales típico cuando puede que no se conserven las relaciones lineales entre las variables, o cuando las variables se miden a nivel nominal. Además, la interpretación del resultado es mucho más sencilla en HOMALS que en otras técnicas categóricas, como pueden ser las tablas de contingencia y los modelos loglineales. Debido a que las categorías de las variables son cuantificadas, se pueden aplicar sobre las cuantificaciones técnicas que requieren datos numéricos, en análisis subsiguientes.

El análisis de homogeneidad calcula, frecuencias, autovalores, historial de iteraciones, puntuaciones de objeto, cuantificaciones de categoría, medidas de discriminación, gráficos de las puntuaciones de objeto, gráficos de las cuantificaciones de categoría, gráficos de las medidas de discriminación.

Todas las variables del análisis tienen cuantificaciones de categoría que pueden diferir para cada dimensión (nominal múltiple). En el análisis, sólo se

utiliza un conjunto de variables. El número máximo de dimensiones utilizado en el procedimiento es el más pequeño entre el número total de categorías menos el número de variables sin datos perdidos y el número de casos menos 1. Por ejemplo, si una variable dispone de cinco categorías y la otra de cuatro (sin datos perdidos), el número máximo de dimensiones es siete  $((5+4) - 2)$ . Si especifica un número superior al máximo, se utilizará el valor máximo.

Procedimientos relacionados. Para dos variables, el Análisis de homogeneidad es análogo al Análisis de correspondencias. Si piensa que las variables poseen propiedades ordinales o numéricas, se deben utilizar Componentes principales mediante escalamiento óptimo. Si hay conjuntos de variables que son de interés, se debe utilizar el Análisis de correlación canónica no lineal.

#### **4.5.1 Análisis de Homogeneidad para los Índices y Consumo de Fuel Oil**

Autovalores	
Dimensión	Autovalores
1	,388
2	,316

El porcentaje de varianza es explicado por la dimensión uno con 0,388 y 0,316 para la dimensión 2.

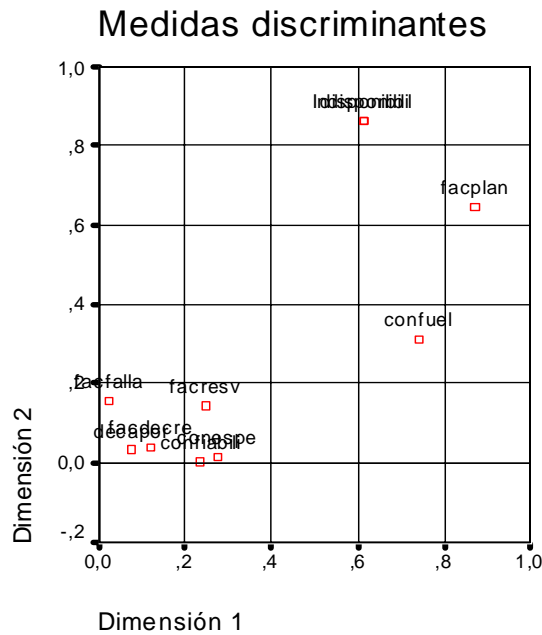
Tabla 4.11  
Medidas de discriminación para Índices y Fuel

	Dimensión	
	1	2
Confiabilidad	,236	,002
Factor de Planta	,873	,647
Disponibilidad	,614	,864
Indisponibilidad	,614	,864
Factor Resv.	,250	,146
Factor Decremento	,120	,038
Factor Falla	,022	,156
Decremento Cap. Org	,076	,032
Consumo Específico	,276	,017
Consumo Fuel	,742	,314

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

La tabla 4.11 presenta los valores discriminantes; las variables que discriminan mejor en la dimensión 1, son el Factor de Planta, Consumo de Fuel a Disponibilidad e Indisponibilidad, en la dimensión 2 Factor de Planta, Disponibilidad e Indisponibilidad.

Gráfico 4.1



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

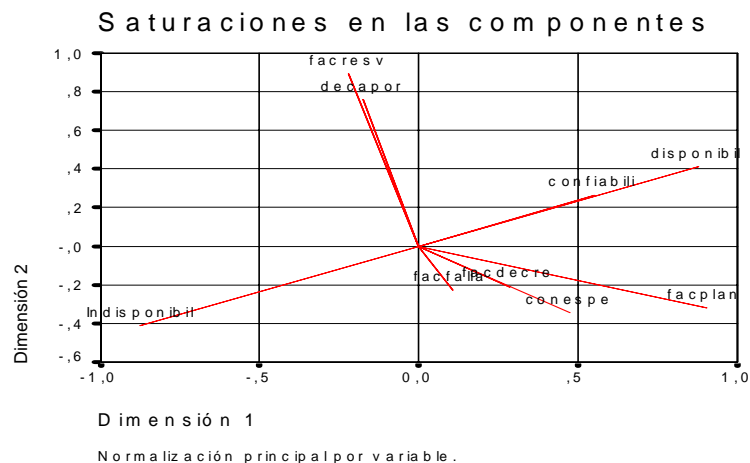
El gráfico muestra mejor lo descrito en el párrafo anterior, las variables que se encuentran encerradas en el círculo son los índices que se dan en los primeros intervalos en su mayoría, más alejados se encuentra el consumo de fuel, Factor de Planta que son valores más altos, es decir se requiere de altas cantidades de combustible para mantener un Factor de planta alto y relativamente la confiabilidad de la misma forma. Son variables alejadas de la tendencia.

Tabla 4.12  
Medidas de Saturación para Índices

	Dimensión	
	1	2
Confiabilidad	,546	,265
Fac. Plan.	,902	-,317
Disponibil	,875	,410
Indisponibil	-,875	-,410
Fac. Resv	-,222	,892
Fac Decre	,282	-,205
Fac Falla	,104	-,229
Dec Cap Org	-,175	,758
Consu Espe	,473	-,346

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Gráfico 4.2



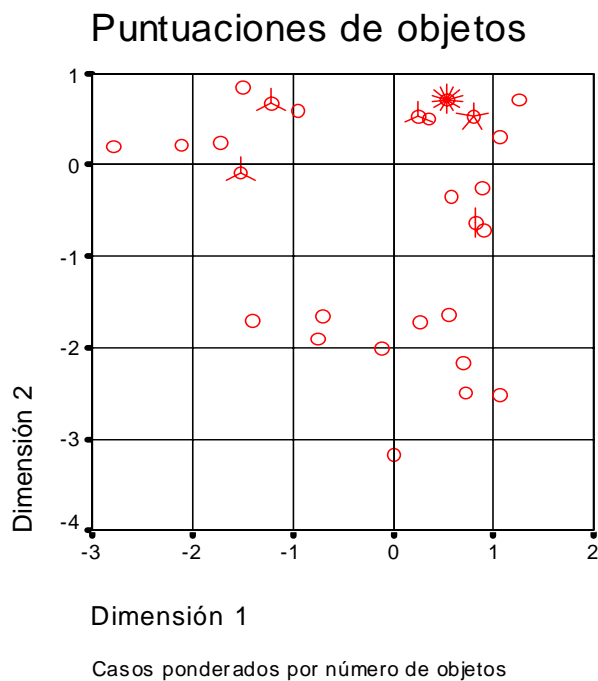
Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

La tabla 4.12 junto a la gráfica 4.2 muestran que las saturaciones de las componentes son menores a uno, pero cuatro de estas están sobre 0,5; posiblemente debería redefinirse la codificación o quitarlas del análisis.

#### 4.5.2 Análisis de Homogeneidad Principales Variables

En el gráfico 4.3 se resume las puntuaciones de las variables que intervienen en el análisis, adjuntas a él. Vemos que en el círculo derecho, se concentra la mayor cantidad de datos, los girasoles tienen

Gráfico 4.3



Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

un máximo de 14 pétalos y mínimo uno. En el círculo de la izquierda hasta 3 pétalos máximos por girasol, en el rectángulo los girasoles no tienen

pétalos. La concentración de datos derecha es superior a 0 en la dimensión 1 y entre  $-1$  y  $1$  en la dimensión 2.

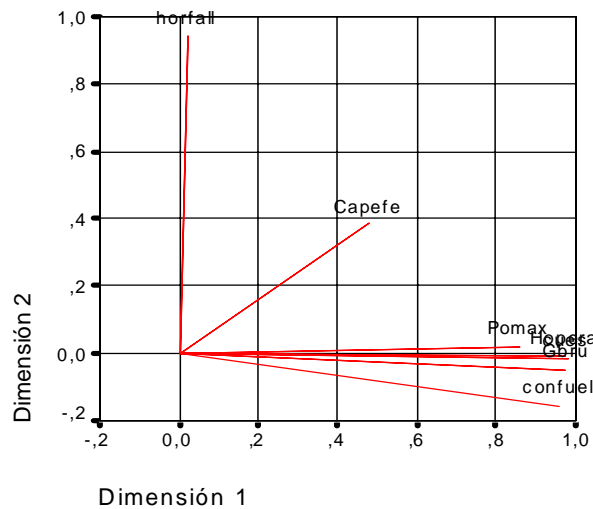
Las saturaciones se explican en el siguiente gráfico, 4.4 y la tabla 4.13, pretenden determinar el grado de aproximación o lejanía entre las variable, la más lejana de ellas es el consumo de Fuel.

Tabla 4.13  
Medidas de Saturación para variables

	Dimensión	
	1	2
Cap. Efectiva	,479	,385
Pot. Máxima	,859	,019
Gen Bruta	,978	-,049
Con Interno UES	,978	-,014
Horas Operación	,976	-,010
Hora Falla	,019	,940
Con Fuel	,960	-,154

Gráfico 4.4

### Saturaciones en las componentes



Normalización principal por variable.

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

## 4.6 Análisis Factorial para las variables no Índices

El análisis con las 26 variables se reduce a un considerado número de 6 componentes que nos darán luces para determinar claramente los grupos



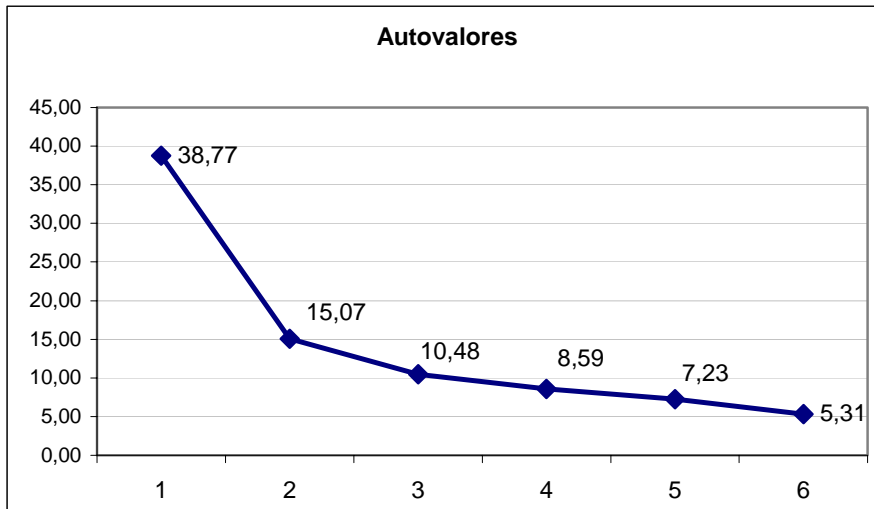
de variables. Si tomamos los 3 primeros explicaremos el 64,32 % de la variabilidad de los datos.

Tabla 4.14  
Autovalores

Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
Total	% de la varianza	% acumulado
10,08	38,77	38,77
3,92	15,07	53,84
2,72	10,48	64,32
2,23	8,59	72,92
1,88	7,23	80,15
1,38	5,31	85,46

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Gráfico 4.5



Autovalores  
Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Tabla 4.15  
Matriz de Componentes Rotados

Matriz de componentes rotados			
	Componente		
	1	2	3
Cap. Efec	0,17	0,29	-0,09
Pomas	0,58	0,41	0,06
Pmin	0,22	0,09	-0,04
Gbru	<b>0,90</b>	0,33	-0,02
Cues	<b>0,91</b>	0,27	0,05
Cufs	-0,70	-0,10	0,00
GN	<b>0,90</b>	0,31	-0,01
Eeem	0,14	0,13	0,06
Hper	-0,21	-0,13	0,07
Hopera	<b>0,93</b>	0,24	0,06
Herese	-0,19	<b>-0,95</b>	-0,04
Ener no por Dec	0,14	-0,05	0,70
Ener no Mto. Pro	-0,89	0,42	-0,09
Ener no Mat. Core	0,01	0,08	<b>0,89</b>
E no generada	<b>-0,91</b>	-0,30	0,02
Res al Sist	-0,17	<b>-0,95</b>	-0,06
H Mto Pro	<b>-0,89</b>	0,42	-0,09
H Mto Cor	0,01	0,08	<b>0,89</b>
H Fall	-0,06	0,04	-0,02
H Equi Decre	0,08	-0,05	<b>0,79</b>
H Dispo	0,89	-0,43	0,02
H Indispo	-0,89	0,43	-0,02
E Disp	-0,06	0,10	0,01
E Pro CENACE	0,58	0,19	0,11
E no por Falla	-0,02	0,04	0,00
Consumo fuel	0,86	0,35	-0,02

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Se realizó una rotación a los datos para alcanzar mayor precisión, los valores marcados en negrillas serán los conjuntos que sirvan para predecir el comportamiento de los índices.

#### **4.7 Regresión mediante Escalamiento Óptimo (CATREG)**

La regresión mediante escalamiento óptimo cuantifica los datos categóricos mediante la asignación de valores numéricos a las categorías, obteniéndose una ecuación de regresión lineal óptima para las variables transformadas. La regresión mediante escalamiento óptimo se conoce también por el acrónimo CATREG, del inglés categorical regression with optimal scaling (regresión categórica mediante escalamiento óptimo).

El análisis de regresión lineal ordinario implica minimizar las diferencias de la suma de los cuadrados entre una variable de respuesta (la dependiente) y una combinación ponderada de las variables predictoras (las independientes). Las variables son normalmente cuantitativas, con los datos categóricos (nominales) recodificados como variables binarias o de contraste. Como resultado, las variables categóricas sirven para separar grupos de casos y la técnica estima conjuntos separados de parámetros para cada grupo. Los coeficientes estimados reflejan cómo los cambios en los predictores afectan a la respuesta. El pronóstico de la respuesta es posible para cualquier combinación de los valores predictores.

Una aproximación alternativa incluye la regresión de la respuesta respecto a los propios valores predictores categóricos. Como consecuencia, se estima un coeficiente para cada variable. Sin embargo, para las variables categóricas, los valores categóricos son arbitrarios. La codificación de las categorías de diferentes maneras proporciona diferentes coeficientes, dificultando las comparaciones entre los análisis de las mismas variables.

CATREG amplía la aproximación típica mediante un escalamiento de las variables nominales, ordinales y numéricas simultáneamente. El procedimiento cuantifica las variables categóricas de manera que las cuantificaciones reflejen las características de las categorías originales. El procedimiento trata a las variables categóricas cuantificadas como si fueran variables numéricas. La utilización de transformaciones no lineales permite a las variables ser analizadas en varios niveles para encontrar el modelo que más se ajusta.

### *Estadístico R*

Medida de asociación lineal entre dos variables. Los valores de R van de -1 (una relación negativa perfecta en la que todos los puntos caen sobre una recta de pendiente negativa) y +1 (una relación positiva perfecta en la que todos los puntos caen sobre una recta de pendiente positiva). Un valor de 0 indica que no existe relación lineal.

#### **4.7.1 Regresión para Predecir Índice Decremento Capacidad Original**

Resumen del modelo		
R múltiple	R cuadrado	R cuadrado corregida
0,69	0,47	0,42

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	32,63	6,00	5,44	9,27	0,00
Residual	36,37	62,00	0,59		
Total	69,00	68,00			

En las tablas anteriores se puede apreciar un valor de R múltiple el cual indica la relación de las variables con el índice, que en este caso es

aceptada porque los confirma la siguiente tabla ANOVA con un nivel de significancia de 0,00 y 6 grados de libertad.

Se presentará a continuación la tabla del modelo y su tolerancia.

Tabla 4.16  
Coeficientes de Modelo para Factor de Decremento Capacidad Original

	Coeficientes tipificados				Tolerancia	
	Beta	Error típ.			Después de la transformación	Antes de la transformación
Gen Bruta	0,48	0,32	2,22	0,27	0,08	0,04
Cues	0,13	0,39	0,11	0,10	0,06	0,03
H Opera	0,82	0,38	4,64	0,62	0,06	0,03
E no generad	0,52	0,32	2,68	-0,20	0,08	0,05
E no Gen pro	0,61	0,15	17,44	0,19	0,40	0,03
H Dispo	0,19	0,13	2,12	0,01	0,48	0,03

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

La tabla 4.16 presenta los coeficientes tipificados para el modelo de regresión, con las variables, Generación Bruta, Consumo Interno UES, Horas Operación, Energía no Generada, Energía no Generada por Mantenimiento Programado, Horas Disponibles.

#### 4.7.2 Regresión para Predecir Índice Factor de Reserva al Sistema.

Es casi cercano a uno el valor de R, por consiguiente podemos decir que casi están perfectamente alineados los valores de las variables en la tabla 4.17 con el índice en cuestión, también se puede verificar esa afirmación por los valores del nivel de significancia en la tabla ANOVA.

Resumen del modelo		
R múltiple	R cuadrado	R cuadrado corregida
0,98	0,96	0,96

ANOVA					
	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	66,33	6,00	11,06	257,05	0,00
Residual	2,67	62,00	0,04		
Total	69,00	68,00			

Tabla 4.17  
Coeficientes de Modelo para Factor de Reserva al Sistema

	Coeficientes tipificados				Tolerancia	
	Beta	Error típ.			Después de la transformación	Antes de a transformación
Gen Bruta	0,70	0,35	4,09	0,40	0,01	0,04
Cues	0,34	0,36	0,93	-0,19	0,00	0,03
H Opera	0,82	0,12	49,24	0,44	0,05	0,03
E no generad	0,26	0,06	17,10	0,12	0,16	0,05
E no Gen pro	0,19	0,06	9,48	-0,04	0,16	0,03
H Dispo	1,37	0,07	420,82	0,27	0,14	0,03

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

#### 4.7.3 Regresión para Predecir Índice Disponibilidad

Resumen del modelo		
R múltiple	R cuadrado	R cuadrado corregida
1,00	1,00	1,00

Es perfecta la alineación del índice Disponibilidad con los datos variables, es valor R es 1, la ANOVA presenta el estadístico de prueba alto y el nivel de significancia óptimo, para aprobar la dependencia de las variables. El

cuadro 4.18 se muestran los coeficientes beta del modelo con mínimas desviaciones.

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	68,98	6,00	11,50	34706,76	0,00
Residual	0,02	62,00	0,00		
Total	69,00	68,00			

Tabla 4.18  
Coeficientes de Modelo para Disponibilidad

	Coeficientes tipificados				Tolerancia	
	Beta	Error típ.			Después de la transformación	Antes de la transformación
Gbru	0,05	0,08	0,42	0,03	0,00	0,04
Cues	0,04	0,07	0,34	0,02	0,00	0,03
Hopera	-0,10	0,03	10,48	-0,06	0,00	0,03
Enogenera	-0,01	0,01	4,78	0,01	0,19	0,05
Enogenmtopro	-0,10	0,01	81,85	0,09	0,04	0,03
Hdispo	0,91	0,01	7667,43	0,91	0,04	0,03

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

#### 4.7.4 Regresión para Predecir Índice Factor de Planta.

Es un modelo casi perfecto por lo que muestra el valor de R, la tabla ANOVA, con sus parámetros y la tabla 4.19, con los niveles de tolerancia y desviaciones típicas baja. Presentamos aquí los coeficientes del modelo, que para futuro podremos simular y determinar el comportamiento relativo de las variables.

Resumen del modelo		
R múltiple	R cuadrado	R cuadrado corregida
0.99	0.99	0.99

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	68,91	6,00	11,48	7622,70	0,00
Residual	0,09	62,00	0,00		
Total	69,00	68,00			

Tabla 4.19  
Coeficientes de Modelo para Disponibilidad

	Coeficientes tipificados				Tolerancia	
	Beta	Error típ.			Después de la transformación	Antes de la transformación
Gbru	0,61	0,12	24,60	0,59	0,00	0,04
cues	-0,50	0,12	17,87	-0,48	0,00	0,03
Hopera	0,79	0,03	834,84	0,79	0,03	0,03
enogenera	-0,11	0,02	47,02	0,09	0,09	0,05
enogenmtopro	-0,21	0,03	41,89	0,14	0,02	0,03
hdispo	-0,20	0,03	39,76	-0,13	0,02	0,03

Fuente: Informe Ejecutivo de Proceso de Producción  
Elaboración: Katty Helen Delgado

Para los demás índices no presentan dependencia con las variables que hemos tomado para la regresión, es claro que repitiendo el proceso para varias combinaciones se puede encontrar el modelo adecuado.



# CAPITULO 5

## 1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.1 Conclusiones

1. El Informe Ejecutivo de Proceso de Producción Contiene 34 medidas de dicho proceso, ellas fueron tomadas como variables de este estudio adicionando una mas que se requería en el cálculo de los Índices de Producción, de las 34 variables 9 son del tipo índice, registrados en forma de porcentaje y dependientes de varias medidas. El CENACE es quien diseña este tipo de informe y controla con el las generadoras de el tipo Térmico.
2. El índice de Confiabilidad es casi estable en el tiempo, con un promedio de 0,96 la meta que se pretende alcanzar es 1. El Factor de planta no corre con la misma suerte; presenta siempre valores

extremos y pocas veces alcanza su objetivo que es 0,97. La Disponibilidad Propia presenta muchas variaciones también, incluso se llegó a reducir el nivel objetivo, su promedio es de 0,78 su meta propuesta es 1, en un intervalo de tiempo donde se redujo esta meta la variable sobrepasa lo esperado. La Indisponibilidad es lo opuesto a la anterior habrá que invertir los resultados expuestos. La meta del Factor de reserva al sistema es 0,02; su promedio es 0,19 con un periodo muy elevado en el cual dejó de generar la planta por daños serios en los equipos. Lo esperado es que no haya Factor de Decremento pero no siempre ocurre, el máximo valor presente en el periodo fue en mayo del 2004. Factor Falla, hay fallas que no son propias de la planta sino del SIN, no se pudo determinar con que porcentaje falla el sistema afectando la planta porque la separación de este valor se da solo hasta septiembre del 2002, el promedio es 5%. En cuanto al Decremento de Capacidad Original tenemos que su meta es cero pero de no ser por el periodo entre octubre del 2001 a noviembre del 2002 coincidiría su meta con su comportamiento. El Consumo Específico debe ser bajo, la planta alcanza la meta de 16,16 en un 76%.

3. Las variables que se probaron son más importantes en el estudio y que ayudan a explicar el comportamiento de los índices son la Generación Bruta, Consumo Interno UES, Generación Neta, Horas

Operación, Energía no Generada por Mantenimiento Programado, Energía no Generada, Horas Mantenimiento Programado, Horas Disponibles, Horas Indisponible.

4. Siempre que no Genere la Planta estará cubierto el servicio a EMELESA por la Interconexión con la Subestación Santo Domingo, es su promedio de Energía no Generada 38.012,93 MWH comparado la demanda mensual de la distribuidora que es en promedio 26.661,0 MWH es mas del 100%.
5. En el anexo III se muestra con es la programación que realiza es CENACE debido a los requerimiento del SNI y como realmente se Genera en el año 2001 fue cuando medos se cumplió el requerimiento.
6. El tiempo disponible promedio es 572,16 horas mensuales esto equivale al 78,33%, Horas falla son 0,46%.
7. El indice de confiabilidad es siempre alto y es uno de los objetivos de la empresa mantenerlo asi, pero se debe tomar en cuenta los demas indices en el tiempo que muestren el estado actual de la empresa.

## 1.2 Recomendaciones

1. Establecer parámetros más estrictos en índices como el de disponibilidad para que no presenten profundas desviaciones de las metas que se proponen, esto puede ser con efectivo mantenimiento de los equipos, reducción de los tiempos de paro,.
2. Utilizar los modelos regresivos para determinar o predecir el comportamiento del mismo.
3. Tomar muy en cuenta los mantenimientos que se programan para dejar de generar energía, porque esta variable influye en los índices de producción, que refleja el estado actual de la empresa.
4. Coordinar con el CENACE periodos y cantidades de generación que pueda cumplir la empresa.
5. Determinar si el consumo Interno de Energía es el adecuado porque es una variable de mucha influencia en las demás que se podría estar ignorando su importancia.
6. Pedir asesoramiento en temas de control de sistemas para monitorear los equipos y disminuir las horas de falla a lo que se propone.
7. No es conveniente que se supere en casi 50% la demanda de su mayor cliente con lo que no se generó solo porque se puede cubrir esta de otro modo que nos es produciendo.

8. Mantener constante el índice de confiabilidad en esmerarse en alcanzar las metas de los otros sin descuidarse.

**ANEXO**

## ANEXO 1

### Variables con Estadístico Chi-Cuadrado, Grados de Libertad y Nivel de Significancia.

Variables	Valor	gl	Sig.	Variables	Valor	gl	Sig.
Dec Cap Orig y Capacidad Efec.	75,68	4	0,00	Consumo UES y Cons UFS	91,21	16	0,00
Poten Max y Gen bruta	40,03	8	0,00	Consumo UES y Genta	140,27	16	0,00
Poten Max y Consumo UES	51,15	8	0,00	Consumo UES y Horas Oper	175,78	16	0,00
Poten Max y Gen Neta	40,03	8	0,00	Consumo UES y Horas Mto. Pro	90,38	16	0,00
Poten Max y Horas Operación	40,03	8	0,00	Consumo UES y Horas Dispo	110,71	16	0,00
Poten Max y Horas Equi en Reser	26,60	6	0,00	Consumo UES y Horas indis	110,71	16	0,00
Poten Max y Ener no Generada	37,72	8	0,00	Consumo UES y Ener no Gen	111,98	16	0,00
Poten Max y Reser al Sist	26,15	6	0,00	Consumo UES y E no Gen. Mto Pro	88,94	16	0,00
Poten Max y E no Gen. Mto Pro	22,86	8	0,00	<b>Consumo UES y Fact. de Plan</b>	103,89	8	0,00
Poten Max y Confiabilidad	12,15	2	0,00	Consumo UES y Disponibil	80,06	12	0,00
<b>Poten Max y Factor de Plan.</b>	37,08	4	0,00	Consumo UES e Indipon	80,06	12	0,00
Poten Max y Fac. de Res al Sist	32,89	6	0,00	Consumo UES y Consumo de Fuel	105,16	16	0,00
Poten Max y Consumo Espec	25,18	2	0,00	Consumo UFS y Gen Net	86,38	16	0,00
Poten Max y Consumo de Fuel	69,00	8	0,00	Consumo UFS y Horas Opre	91,88	16	0,00
Gen Bruta y Consumo Espec	139,60	16	0,00	Consumo UFS y Horas Mto Prog	49,68	16	0,00
Gen Bruta y Horas Opera	138,94	16	0,00	Consumo UFS y Horas Falla	22,32	4	0,00
Gen Bruta y Horas Equi res	67,49	12	0,00	Consumo UFS y Horas Inds	56,01	16	0,00
Gen Bruta y Hora Mto Progra	67,72	16	0,00	Consumo UFS y Energ no Gen	63,75	16	0,00
Gen Bruta y Hora Falla	22,32	4	0,00	Consumo UFS y Ener Progr	57,91	16	0,00
Gen Bruta y Hora Disponible	96,05	16	0,00	Consumo UFS y no Gen	28,29	8	0,00
Gen Bruta y Hors indisponible	96,05	16	0,00	<b>Consumo UFS y Fac. de Plan</b>	59,81	8	0,00
Gen Bruta y Ener Progra	41,08	16	0,00	Consumo UFS y Disponibi	66,13	12	0,00
Gen Bruta y Ener no Gener	205,60	16	0,00	Consumo UFS y Fac. Falla	28,29	8	0,00
Gen Bruta y Reserva al Sistema	75,06	12	0,00	Consumo UFS y Fuel	64,96	16	0,00
Gen Bruta y E no Gen. Mto Pro	66,07	16	0,00	Gen Neta y Horas Opr	151,06	16	0,00
<b>Gen. Bruta y Fac. de Plant.</b>	113,84	8	0,00	Gen Neta y Horas Equi en Reser	70,91	12	0,00
Gen Bruta y Disponibi	55,68	12	0,00	Gen Neta y Horas Mto Progr	80,83	16	0,00
Gen Bruta y Indisponibilidad	55,68	12	0,00	Gen Neta y Horas Disponi	87,53	16	0,00
Gen Bruta y Fac Resv al Sist	52,54	12	0,00	Gen Neta y Horas Indisponi	87,53	16	0,00
Gen Bruta y Consumo de Fuel	189,25	16	0,00	Gen Neta y Ener no Gen	183,72	16	0,00
Energ. A EMELESA y Ener Disponi	35,51	16	0,00	Gen Neta y Res a Sis	79,33	12	0,00
Energ a EMELESA y Confiabilidad	34,65	4	0,00	Gen Neta y E no Gen. Mto Pro	79,15	16	0,00
Ener. A EMELESA y Dec Cap Org	35,14	8	0,00	<b>Gen Neta y Fac. de Plan.</b>	113,36	8	0,00
Ener. A EMELESA y Cap. Efec	41,46	8	0,00	Gen Neta y Disponibi	62,88	12	0,00
Potenc Min y hora Periodo	53,11	12	0,00	Gen Neta e Inds	62,88	12	0,00
Horas Periodo y Ener Dispo	86,59	12	0,00	Gen Neta y Fac Res al Sist	56,28	12	0,00
Horas Oper y Hora Mto Prog	125,92	16	0,00	Gen neta y Consumo de Fuel	171,64	16	0,00
Hora Oper y Hora Dispo	135,08	16	0,00	Hora Mto y Hora Equi Decre	69,00	4	0,00

Horas Oper y Horas Indispo	135,08	16	0,00	Hora Mto. Corr y Fac Decr	22,32	3	0,00
Horas Oper y E no Genera	129,85	16	0,00	Hora Falla y Ene no Gen	69,00	2	0,00
Horas Oper y E no Gen. Mto Pro	107,65	16	0,00	horas Falla y Fac Falla	69,00	2	0,00
<b>Horas Operación y Fac. Plan.</b>	114,54	8	0,00	Horas Equi Decre y Ener no Dec	177,55	12	0,00
Horas Oper y Dispo	94,87	12	0,00	Horas Equi Decre y E no Gen Corre	69,00	4	0,00
Horas Oper y Indispo	94,87	12	0,00	Horas Equi Decre y Fac Decre	161,41	12	0,00
Horas Oper y Consumo de Fuel	104,24	16	0,00	Horas Dispo y Horas Indispo	276,00	16	0,00
Horas Equ en Reser y Ener no Gen	94,07	12	0,00	Horas Dispo y enogenera	80,12	16	0,00
Horas Equ en Reser y Reser al Sis	173,74	9	0,00	Horas Dispo y E no Gen. Mto Pro	170,99	16	0,00
<b>Horas Equ en Reser. y Fac Plan.</b>	33,08	6	0,00	<b>Horas Disponible y Fac. Plan.</b>	59,96	8	0,00
Horas Equ en reser y Fac Res al Sist.	135,79	9	0,00	Horas Disponible y Disponibil	186,67	12	0,00
Horas Equ en reser y Decr Cap Orig	30,52	6	0,00	Horas Disponible e Indisponibil	186,67	12	0,00
Horas Equ en Reser y Consumo de Fuel	83,03	12	0,00	Horas Disponible y Consumo de Fuel	56,11	16	0,00
Horas F/S Mto. Pro y Horas Dispo	201,65	16	0,00	Horas Disponible y E no Generada	80,12	16	0,00
Horas F/S Mto. Pro y Horas Indispo	201,65	16	0,00	Horas Disponible y E no Gen. Mto Pro	170,99	16	0,00
Horas F/S Mto. Pro y Ener no Generada	66,89	16	0,00	<b>Horas Indispo. Y Fac. Plan</b>	59,96	8	0,00
Horas F/S Mto. Pro y E no Gen. Mto Pro	233,83	16	0,00	Horas Indispo y Disponibil	186,67	12	0,00
<b>Horas F/S Mto. Pro y Fac Plan.</b>	61,20	8	0,00	Horas Indispo e Indisponibil	186,67	12	0,00
Horas F/S Mto. Pro y Disponib	155,30	12	0,00	Horas Indispo y Consumo de Fuel	56,11	16	0,00
Horas F/S Mto. Pro y Indisp	155,30	12	0,00	Ener Disp y Dec Cap Org	38,13	8	0,00
Horas F/S Mto. Pro Horas y Consumo fuel	43,19	16	0,00	Ener Progmn y E no Generada	43,64	16	0,00
Energ no Generada y Reser al Sist	81,45	12	0,00	<b>Energ. Program y Fac. Flan.</b>	28,87	8	0,00
Energ no Generada y E no Gen. Mto Pro	74,05	16	0,00	Ener no Gen Dec y Fac de Decre	143,64	9	0,00
<b>Ener. No Generada y Fac. Plan</b>	100,45	8	0,00	<b>E no Gen. Mto Pro y Fac. Plan</b>	61,20	8	0,00
Energ no Generada y Disponibil	63,09	12	0,00	E no Gen. Mto Pro y Disponibil	130,38	12	0,00
Energ no Generada y Indisponibil	63,09	12	0,00	E no Gen. Mto Pro y Indisponibil	130,38	12	0,00
Energ no Generada y Fac Resv	58,82	12	0,00	E no Gen. Mto Pro y Consumo Fuel	51,31	16	0,00
Energ no Generada y Consumo de Fuel	174,22	16	0,00	E no Gen Mto Corr y Fac. Decre	22,32	3	0,00
<b>Reser. Al Sist. Y Fac. Plan.</b>	37,14	6	0,00	E. no Gen por Falla y Fac. Falla	138,00	4	0,00
Reser. Al Sist. Y Fac. Resv	120,83	9	0,00	<b>Fac Plan y Disponibilidad</b>	56,25	6	0,00
Reser. Al Sist y Decrem Cap Org.	29,90	6	0,00	<b>Fac. Plan y Indisponibilidad</b>	56,25	6	0,00
Reser. Al Sist y Consumo de Fuel	72,77	12	0,00	<b>Fac. Plan y Factor de Resv</b>	38,04	6	0,00
				<b>Fac. Plan. Y Consumo de Fuel</b>	91,82	8	0,00
Disponibil e Indisponibil	207,00	9	0,00	Fac. Resv. Al Sist. Y Decre Cap. Or	29,18	6	0,00
Disponibil y Consumo de Fuel	40,93	12	0,00	Fac Resv al Sist y consumo de Fuel	58,19	12	0,00
Indisponibil y Consumo de Fuel	40,93	12	0,00	Consumo es y Consumo de Fuel	22,81	4	0,00





**ANEXO II**

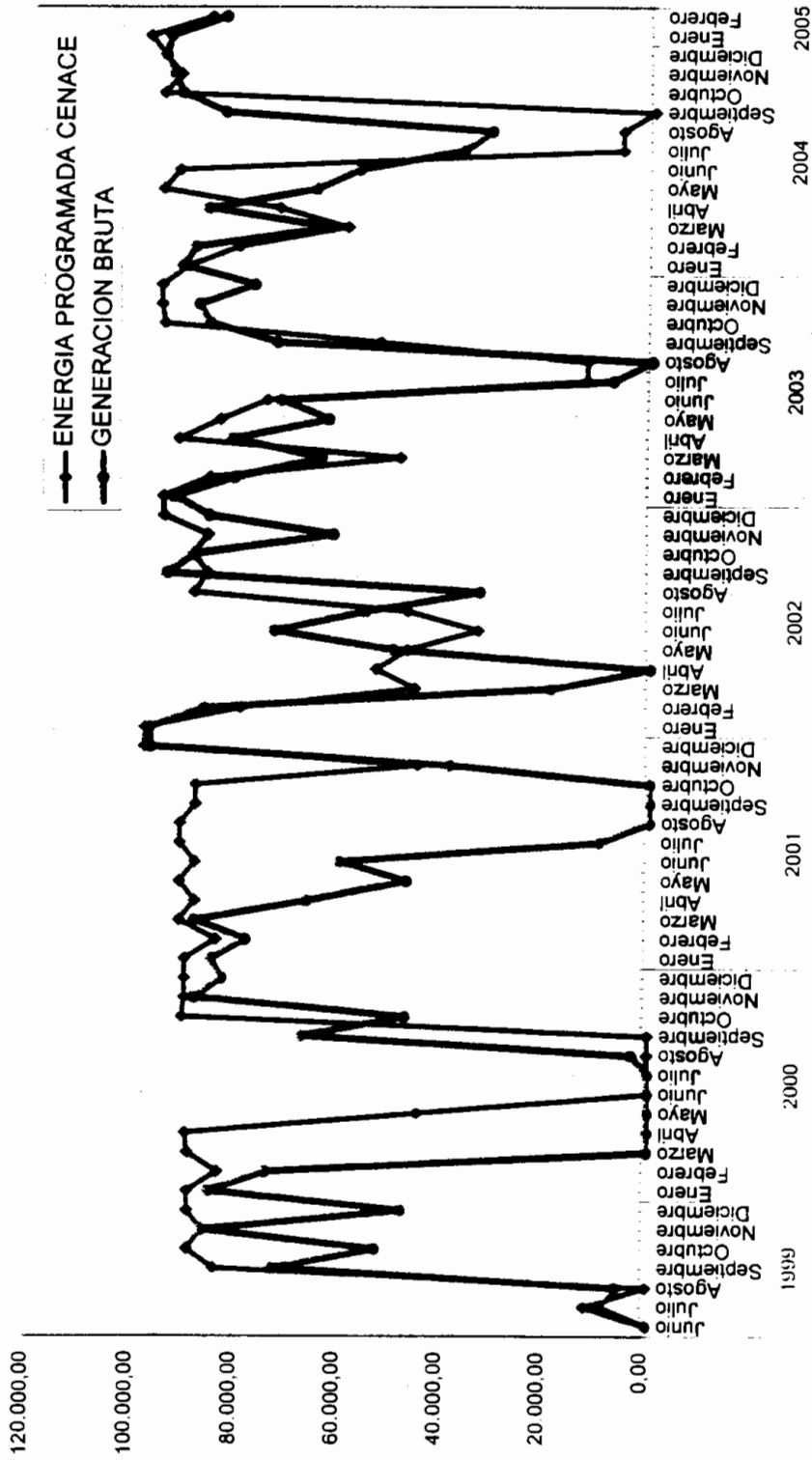
**COMPANÍA DE GENERACION TERMOELECTRICA ESMERALDAS SOCIEDAD ANONIMA.  
INFORME EJECUTIVO  
PROCESO OPERACION**

**RESUMEN OPERATIVO**

GENERACION	TIEMPOS - PRODUCCION		
	Dic-02	Dic-03	TOTAL
CAPACIDAD DE PLACA	132,50	132,50	188.304,00
CAPACIDAD EFECTIVA	132,50	732,91	89.517,34
POTENCIA MAXIMA GENERADA	130,09	131,38	12.674,70
POTENCIA MINIMA GENERADA	0,00	0,00	9.315,68
GENERACION BRUTA	86.222,70	77.575,15	853,01
CONSUMO INTERNO UES (TE)	5.371,30	5.471,20	249,29
CONSUMO INTERNO UFS (SNI)	103,00	40,50	756,27
GENERACION NETA	80.851,40	72.104,00	40.660,69
ENERGIA ENTREGADA A EMELESA	23.121,00	26.250,00	11.179,13

ENERGIA	MWH	%	PROGRA- MADO	INDICES DE PRODUCCION	Dic-02	Dic-03	METAS		
								CONFIAIBILIDAD	Factor de Planta
ENERGIA DISPONIBLE	98.580,00	100%			97,77%	99,68%	97,3%		
ENERGIA PROGRAMADA CENACE	95.400,00	96,77%			87,46%	78,69%	97%		
ENERGIA GENERADA	77.575,15	78,69%	98%		92,92%	97,11%	80,54%		
ENERGIA NO GENERADA	21.004,85	21,31%	2%		7,08%	2,89%	0%		
RESERVA AL SISTEMA	18.155,14	18,42%	2%		5,45%	18,42%	2%		
ENERGIA NO GENERADA POR:					0,21%	1,40%	0%		
DECREMENTO	1.380,00	1,40%	0,0%		0,09%	0,00%	0%		
MTO. PROGRAMADO	0,00	0,00%	0,0%		0,00%	0,59%	0,00%		
MTO. CORRECTIVO	887,87	1,14%	0,0%		0,00%	0,00%	0,00%		
FALLA	0,00	0,00%	0,0%		16,14	16,00			

Anexo III



# BIBLIOGRAFÍA

## 1 LA ENERGÍA; TIPOS DE ENERGÍA

[http://html.rincondelvago.com/energia-mecanica\\_potencial-y-cinetica.html](http://html.rincondelvago.com/energia-mecanica_potencial-y-cinetica.html)

(Fecha de última visita Noviembre 2004)

## 2 GENERADORES Y TURBINAS

UOP MANUAL DE ENTRENAMIENTO TRAIN YOUR REFINERY  
OPERATORS 1978

## 3 CICLO DE RANKINE

<http://www.us.es/deupfis1/Tecfluyc/Rankine05.pdf>  
<http://www.monografias.com/trabajos7/rank/rank.shtml>

(Fecha de última visita Diciembre 2004)

## 4 CALDERAS

MANUAL DEL INGENIERO DE PLANTA TOMO II ROBERT C.  
ROSALER.

## 5 CENTRALES GENERADORAS DE ELECTRICIDAD

<http://html.rincondelvago.com>

## **6 TERMOELÉCTRICA ESMERALDAS**

Informe Técnico Anual de Central Térmica Esmeraldas (2003).

Estudio de Impacto Ambiental Definitivo Expost Central Térmica Esmeraldas (2003)

Informe Ejecutivo de Producción 1999 a Febrero 2005

## **7 CENACE**

[www.cenace.gov.ec](http://www.cenace.gov.ec) ( Fecha de última visita Febrero 2004)

## **8 CONELEC**

[www.conelec.com.ec](http://www.conelec.com.ec) (Fecha de última visita Febrero 2004)

## **9 INTERCONEXIÓN CON COLOMBIA**

Boletín Ministerio de Energía y Minas (2002)

## **10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON SPSS PARA WINDOWS**

B. VISAUTA VINACUA (1998), Volumen II, Primera Edición.