

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

“EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD EN LAS UNIDADES  
GENERADORAS DE CELEC EP - HIDROPAUTE (MAZAR &  
MOLINO) UTILIZANDO EL METODO DE SIMULACIÓN DE  
MONTECARLO”

**Trabajo de investigación, previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**Autores:**

RAFAEL SEBASTIÁN RIERA ROMERO.

MANUEL ALEJANDRO ESPINOZA BUSTOS.

**DIRECTOR DE TESIS:**

Ing. Jorge Rojas Espinoza.

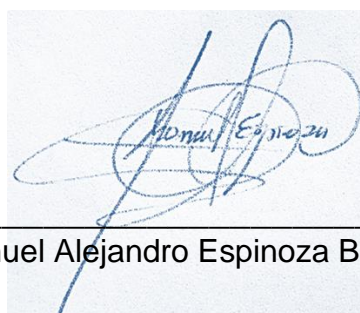
**Cuenca, Septiembre 2013**

*Los conceptos vertidos, análisis realizados, resultados y conclusiones en este trabajo, son de absoluta responsabilidad de los Autores y Autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana su uso para fines académicos.*

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a circular stamp. The signature is stylized and appears to read 'Rafael Sebastián Riera Romero'. The stamp also contains the name 'Rafael Sebastián Riera Romero' and some illegible text.

---

Rafael Sebastián Riera Romero

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a rectangular stamp. The signature is stylized and appears to read 'Manuel Alejandro Espinoza Bustos'. The stamp also contains the name 'Manuel Alejandro Espinoza Bustos' and some illegible text.

---

Manuel Alejandro Espinoza Bustos

## **CERTIFICACIÓN**

El presente trabajo de tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico fue guiado satisfactoriamente por el Ing. Jorge Rojas Espinoza, quien autoriza su presentación para continuar con los trámites correspondientes.

**Cuenca, Septiembre de 2013**



Ing. Jorge Rojas Espinoza.

**DIRECTOR DE TESIS**

## DEDICATORIA

***“Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía. Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia”***

*Este trabajo de tesis va dedicado a mi padre, “Rodolfo” por haberme animado y apoyado constantemente con responsabilidad para cumplir las obligaciones requeridas durante mi vida universitaria; a mi madre, “Rosa” por brindarme comprensión, afecto y haberme alentado constantemente para culminar este trabajo, entre los dos me brindaron valores, principios, responsabilidad para alcanzar la meta propuesta y a mi querida hermana “Nancy” que con su carisma me apoyo siempre.*

*A mí amada novia “Valeria” por haberme dedicado comprensión, apoyo, consejos, y afección para culminar tan duro trabajo.*

***Rafael Riera Romero...***

## DEDICATORIA

***“Nacemos para vivir, por eso el capital más importante que tenemos es el tiempo, es tan corto nuestro paso por este planeta que es una pésima idea no gozar cada paso y cada instante, con el favor de una mente que no tiene límites y un corazón que puede amar mucho más de lo que suponemos.”***

*Este trabajo de tesis es dedicado de manera especial a mis queridos padres Manuel y Alejandrina por formarme colmado de valores, principios y enseñarme que cada objetivo alcanzado en mi carrera universitaria se debe al esfuerzo, entrega y amor que le puse para llegar a la culminación de este proyecto de tesis, también a mis hermanas, Karolina y Angelina por apoyarme siempre.*

***Manuel Espinoza B...***

## **AGRADECIMIENTOS**

Es preciso aclarar que gracias a varias personas, se hizo posible el desarrollo de este trabajo de tesis a las mencionaremos agradeciéndoles por su apoyo.

A la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC. EP - HIDROPAUTE), de manera especial a al Ingeniero William Bárcenes quien han brindado su apoyo técnico y experiencias en el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Arturo Peralta por habernos ayudado y brindado sus conocimientos, experiencias y comentarios sobre distribuciones de probabilidad, para sacar este trabajo de tesis adelante.

Queremos agradecer a nuestro amigo y Director, Ing. Jorge Rojas Espinoza, por brindarnos su apoyo incondicional, al aportar conocimientos, comentarios y sugerencias para la culminación de este trabajo de tesis.

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por haberme brindado la gracia de la vida, salud y comprensión durante estos años de estudio.*

*A mis padres Rodolfo, Rosa y mi querida hermana Nancy; por sus sabios consejos y saber levantarme cada vez que sufría un tropezón, ellos siempre estuvieron pendientes y me apoyaron incondicionalmente en todo los momentos de mi vida.*

*A mis amigos intrínsecos de estudio por todos esos buenos y malos momentos, para llegar a culminar la vida universitaria.*

**Rafael Riera Romero...**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar quiero agradecer a mi Dios por ayudarme a conseguir una meta más en el camino de mi vida, junto con mis padres a quienes también agradezco el apoyo incondicional que me han brindado en el transcurso de toda mi vida, de igual forma a mis hermanas en donde juntos nos hemos apoyado en nuestros estudios y a toda mi familia y amigos que han sido un gran apoyo en mi carrera universitaria.*

***Manuel Espinoza B...***



# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>XVIII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XX</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXI</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES DE TEORIA DE CONFIABILIDAD APLICADA A LAS UNIDADES GENERADORAS</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y ELEMENTOS DE PROBABILIDAD.</b>	<b>1</b>
1.1.1 ELEMENTOS DE PROBABILIDAD	1
1.1.1.1 POBABILIDAD DE UN EVENTO	4
1.1.1.2 PROBABILIDAD CONDICIONAL	5
1.1.2 MEDIDAS DE CENTRALIZACIÓN.	6
1.1.2.1 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL GENERALES.	6
1.1.3 MEDIDAS DE DISPERSIÓN.	7
1.1.4 ESTUDIO PREVIO AL ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	8
1.1.4.1 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD FUNDAMENTALES	9
1.1.4.2 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD (FDP)	10
1.1.4.2.1 FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ACUMULADA (CDF)	10
1.1.4.3 MODELOS DE CONFIABILIDAD	11
1.1.4.3.1 DISTRIBUCION WEIBULL	12
1.1.4.3.2 DISTRIBUCION POISSON	14
1.1.4.3.2.1 Características de la Distribución de Poisson	15
1.1.4.3.2.2 Función de Probabilidad	15
1.1.4.3.2.3 Función de Distribución Acumulada	16

1.1.4.3.2.4	Media y Variancia	16
1.1.4.3.3	PRUEBA DE KOLMOGOROV	16
1.1.5	DEFINICIÓN DE CONFIABILIDAD	17
1.1.5.1	DEFINICIÓN MATEMÁTICA DE CONFIABILIDAD	18
1.1.5.2	ASPECTOS DE CONFIABILIDAD EN UN SISTEMA ELÉCTRICO	19
1.1.5.3	CONFIABILIDAD APLICADA A LA GENERACION	20
1.1.6	EL TIEMPO DE RESIDENCIA EN UN ESTADO Y TASA DE PELIGRO	22
1.1.6.1	PERMANENCIA EN UN ESTADO COMO VARIABLE ALEATORIA	22
1.1.6.2	CONFIABILIDAD DE COMPONENTES NO REPARABLES	23
1.1.6.3	TASA DE PELIGRO O DE RIESGO	25
1.1.6.4	TASA DE FALLA Y TASA DE REPARACIÓN	26
1.1.6.5	CURVA DE BAÑERA	27
1.1.7	DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN GENERACIÓN	28
1.1.8	CONFIABILIDAD EN SISTEMAS DE GENERACIÓN	29
<b>1.2</b>	<b>ÍNDICES, DEFINICIONES Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD.</b>	<b>30</b>
1.2.1	MODELO ESTRUCTURAL DE LA CONFIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN	31
1.2.2	CATEGORIZACIÓN Y REGISTRO DE TIEMPOS OPERATIVOS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN	32
1.2.2.1	CATEGORIAS DE TIEMPOS DE UNIDAD DISPONIBLE	32
1.2.3	CATEGORIAS DE TIEMPOS DE UNIDAD INDISPONIBLE	32
1.2.3.1	TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD PROGRAMADA.	32
1.2.3.2	TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD NO PROGRAMADA.	33
1.2.3.2.1	TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD FORZADA NO PROGRAMADA.	33
1.2.3.2.2	TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD EN MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.	35
1.2.4	OTRAS CATEGORIAS	36
1.2.5	ÍNDICES A PARTIR DE LOS REGISTROS DE CATEGORÍAS DE TIEMPOS	37
1.2.5.1	ÍNDICES DE CELEC EP - HIDROPAUTE	37
1.2.5.1.1	Disponibilidad de unidad. Ref. Numeral 8.6	37
1.2.5.1.2	Disponibilidad Central Molino. Ref. Numeral 10.6	37
1.2.5.1.3	Disponibilidad Central Mazar. Ref. Numeral 10.6	37
1.2.5.1.4	Tasa de Salida Forzada de Unidad. Ref. Numeral 8.16	37
1.2.5.1.5	Tasa de Salida Forzada de Planta. Ref. Numeral 8.16	38
1.2.5.2	INDICES DE CELEC – EP MATRIZ	38
1.2.5.2.1	Confiabilidad de Unidad	38
1.2.5.2.2	Confiabilidad de Planta.	39

1.2.6	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	39
1.2.6.1	MATRIZ ALEATORIA DE TRANSICIÓN	41
1.2.6.2	PROCESOS DE MARKOV CONTINUOS EN EL TIEMPO	42
1.2.6.2.1	PROCESO DE FALLA Y NO FALLA	42
1.2.7	MODELO DE MÚLTIPLES ESTADOS PARA UNIDADES BASE	46
1.2.8	MÉTODO MONTE CARLO	47
1.2.8.1	INTRODUCCIÓN	47
1.2.8.2	SIMULACIÓN DE MONTECARLO	49
1.2.8.2.1	Clasificación de los Métodos De Simulación	51
1.2.8.2.1.1	Simulación de Monte Carlo No-Secuencial	51
1.2.8.2.1.2	Simulación de Monte Carlo Secuencial	52
<b>1.3</b>	<b>PROCEDIMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN</b>	<b>54</b>
1.3.1	PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN	54
1.3.2	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN	56
1.3.1	VBA (VISUAL BASIC APPLICATION) Y LAS MACROS EN EXCEL	57
1.3.1.1	MACROS	57
1.3.1.1.1	Crear una Macro Automáticamente.	57
1.3.1.2	EDITOR DE VISUAL BASIC	59
1.3.1.2.1	Para crear un nuevo libro en blanco en ambiente de VBA.	61
1.3.1.2.2	Asignar una Macro a un botón de opción en Excel.	62
<b>CAPITULO II</b>		<b>63</b>
<b>ADQUISICIÓN DE INFORMACION DE LA BASE DE DATOS DE LAS CENTRALES MAZAR &amp; MOLIO</b>		
<b>MAZAR &amp; MOLIO</b>		<b>63</b>
2.1	ÁREAS DE ALIMENTACIÓN DE HIDROPAUTE (MAZAR&MOLINO).	63
2.1.1	INFORMACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE MAZAR.	63
2.1.1.1	CARACTERISTICAS TÉCNICA DE LA CENTRAL PAUTE MAZAR.	64
2.1.2	INFORMACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE MOLINO.	65
2.1.2.1	CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL PAUTE MOLINO.	66
2.1.3	ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS CENTRALES MAZAR–MOLINO	69
2.2	COMPILACIÓN DE DATOS DEL TIPO DE FALLA Y DURACIÓN DE FALLA.	71
<b>CAPITULO III</b>		<b>73</b>
<b>MODELADO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN</b>		
3.1	CALCULO DE LOS ÍNDICES GLOBALES DADOS POR LA IEEE	73

3.1.1	CALCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LAS CENTRALES MAZAR Y MOLINO	73
3.1.1.1	ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LA CENTRAL MAZAR Y MOLINO.	73
3.1.1.1.1	RESULTADOS DE LOS INDICES DE CONFIABILIDAD DE LA “U <sub>1ma</sub> Y U <sub>2ma</sub> ” DE LA CENTRAL MAZAR.	73
3.1.1.1.2	RESULTADOS DE LOS INDICES DE CONFIABILIDAD DE LA “U <sub>1mo</sub> , U <sub>2mo</sub> , U <sub>3mo</sub> , U <sub>4mo</sub> , U <sub>5mo</sub> , U <sub>6mo</sub> , U <sub>7mo</sub> , U <sub>8mo</sub> , U <sub>9mo</sub> , U <sub>10mo</sub> ” DE LA CENTRAL MOLINO.	78
<b>3.2</b>	<b>MODELACIÓN DE LA UNIDAD GENERADORA.</b>	<b>82</b>
3.2.1	INTRODUCCIÓN	82
3.2.2	OBTENCIÓN DE LAS INDISPONIBILIDADES EN LAS UNIDADES GENERADORAS.	83
3.2.3	TOTAL DE FALLAS, TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD, TASA DE FALLA, TIEMPO MEDIO DE FALLA, TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN Y TASA DE REPARACIÓN.	83
3.2.4	RESULTADOS DE LOS ÍNDICES ANTERIORES.	85
<b>3.3</b>	<b>MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES GENERADORAS.</b>	<b>87</b>
3.3.1	ANÁLISIS DE LA CENTRAL MAZAR.	87
3.3.1.1	ANÁLISIS DE FALLAS	87
3.3.1.2	TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD	92
3.3.1.3	MESES CON FALLA COINCIDENTE	95
3.3.2	ANÁLISIS DE LA CENTRAL MOLINO.	97
3.3.2.1	ANÁLISIS DE FALLAS	98
3.3.2.2	TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD	104
3.3.2.3	MESES CON FALLA COINCIDENTE	113
3.3.2.4	ANÁLISIS DE LA CURVA DE LA BAÑERA PARA LAS CENTRALES MAZAR Y MOLINO.	119
3.3.2.5	PROCEDIMIENTO PARA LA SIMULACIÓN MONTECARLO	120
3.3.2.6	RELACIÓN DE MICROSOFT EXCEL CON VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS	122
3.3.2.6.1	FORMULARIOS EN VBA	123
3.3.2.7	PASOS PARA LA SIMULACIÓN MONTECARLO	126
3.3.2.8	PASOS PARA LA SIMULACIÓN DE PROBABILIDADES	127
3.3.2.9	DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN	128
3.3.2.10	GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS DE TIPO POISSON, TIPO WEIBULL Y TIPO UNIFORME.	129
3.3.2.10.1	Tipo Poisson	129
3.3.2.10.2	Tipo Weibull	130
3.3.2.10.3	Tipo Uniforme	131
3.3.2.11	RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN.	132

<b>CAPITULO IV</b>	<b>133</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>133</b>
<b>4.1 DELIMITACIÓN DE LOS PUNTOS DE IMPACTO DE LAS GENERADORAS MAZAR &amp; MOLINO.</b>	<b>133</b>
<b>4.2 PUNTOS DE INTERES PARA LA UNIDAD GENERADORA</b>	<b>134</b>
<b>4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>135</b>
4.3.1 CONCLUSIONES	135
4.3.2 RECOMENDACIONES	137
<b>Bibliografía</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>144</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Complemento de A.....	2
Fig. 2. Intersección de A y B .....	3
Fig. 3. Union A y B.....	3
Fig. 4. Union A y B.....	4
Fig. 5. Función de Densidad de Probabilidad FDP o pdf. [3] .....	10
Fig. 6. (a) Función de Densidad de Probabilidad. (b) Función de Distribución Acumulada CDF o fda. [3] ..	11
Fig. 7. Distribución Probabilidad Weibull. Confiabilidad distribución.....	12
Fig. 8. Distribución Probabilidad Poisson.....	14
Fig. 9. (a) Función de Densidad de Probabilidad. (b) Función de Confiabilidad [3] .....	19
Fig. 10. Función de Densidad de Probabilidades de los “Tiempos a Fallar” [3] .....	25
Fig. 11. Curva de la Bañera. [18] .....	27
Fig. 12. Niveles jerárquicos para la evaluación de confiabilidad en sistemas de potencia. [14] .....	30
Fig. 13. Probabilidad de ir a un estado j dado que esté en un estado i. [3] .....	40
Fig. 14. Gráfico Ilustrativo y Matriz de Transición Ejemplo 9. [24] .....	41
Fig. 15. Momento Operable y Falla. [3] .....	44
Fig. 16. Probabilidades de transacción para el intervalo de tiempo dt [3].....	45
Fig. 17. Modelo de tres estados para unidades generadoras base con falla parcial. [14].....	46
Fig. 18. Modelo de representación de unidad generadora base con dos estados sin transición entre fallas. [14] .....	46
Fig. 19. Secuencia operativa de una unidad generadora con fallas parciales. [14].....	47
Fig. 20. Secuencia de operación y reparación de dos unidades generadoras. [14] .....	54
Fig. 21. Combinación de estados de todo el sistema de generación [14] .....	54
Fig. 22. Estructura del Programa. [3].....	55
Fig. 23. Diagrama de Flujo para Simulación Montecarlo y Probabilidades.....	56
Fig. 24. Logo de Microsoft Excel & Visual Basic for Application.....	57
Fig. 25. Cronología de la Central Paute Mazar. [29].....	64
Fig. 26. Cronología de la Central Paute Molino. [29].....	66
Fig. 27. Diagrama Unifilar del SNI operando Hidropaute. [34].....	69
Fig. 28. Mapa Eléctrico del SNI operando Hidropaute (Mazar – Molino). [34].....	70
Fig. 29. Disponibilidad Mensual U1ma.....	74
Fig. 30. Disponibilidad Mensual U2ma.....	74
Fig. 31. Disponibilidad Anual U1ma.....	75
Fig. 32. Disponibilidad Anual U2ma.....	75
Fig. 33. Tasa de Salida Forzada Mensual U1ma.....	76
Fig. 34. Tasa de Salida Forzada Mensual U2ma.....	77
Fig. 35. Tasa de Salida Forzada Anual U1ma.....	77

Fig. 36. Tasa de Salida Forzada Anual $U_{2ma}$ .....	77
Fig. 37. Disponibilidad de las unidades generadoras de la central Molino.....	79
Fig. 38. Frecuencia de fallas de la $U_{1ma}$ .....	88
Fig. 39. Frecuencia de fallas de la $U_{2ma}$ .....	89
Fig. 40. Distribución de Poisson acumulada de la frecuencia de fallas $U_{1ma}$ .....	91
Fig. 41. Distribución de Poisson acumulada de la frecuencia de fallas $U_{2ma}$ .....	91
Fig. 42. Fallas por mes de la $U_{1ma}$ .....	91
Fig. 43. Fallas por mes de la $U_{2ma}$ .....	92
Fig. 44. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{1ma}$ .....	93
Fig. 45. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{2ma}$ .....	94
Fig. 46. Tiempo de Indisponibilidad $U_{1ma}$ .....	94
Fig. 47. Tiempo de Indisponibilidad $U_{2ma}$ .....	94
Fig. 48. Distribución Poisson acumulada de los meses con fallas coincidentes $U_{1ma}$ .....	97
Fig. 49. Distribución Poisson acumulada de los meses con fallas coincidentes $U_{2ma}$ .....	97
Fig. 50. Frecuencia de fallas de la $U_{1mo}$ .....	98
Fig. 51. Frecuencia de fallas de la $U_{2mo}$ .....	99
Fig. 52. Frecuencia de fallas de la $U_{3mo}$ .....	99
Fig. 53. Frecuencia de fallas de la $U_{4mo}$ .....	100
Fig. 54. Frecuencia de fallas de la $U_{5mo}$ .....	100
Fig. 55. Frecuencia de fallas de la $U_{6mo}$ .....	101
Fig. 56. Frecuencia de fallas de la $U_{7mo}$ .....	101
Fig. 57. Frecuencia de fallas de la $U_{8mo}$ .....	102
Fig. 58. Frecuencia de fallas de la $U_{9mo}$ .....	102
Fig. 59. Frecuencia de fallas de la $U_{10mo}$ .....	103
Fig. 60. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{1mo}$ .....	106
Fig. 61. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{2mo}$ .....	106
Fig. 62. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{3mo}$ .....	106
Fig. 63. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{4mo}$ .....	107
Fig. 64. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{5mo}$ .....	107
Fig. 65. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{6mo}$ .....	107
Fig. 66. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{7mo}$ .....	108
Fig. 67. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{8mo}$ .....	108
Fig. 68. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{9mo}$ .....	108
Fig. 69. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad $U_{10mo}$ .....	109
Fig. 70. Tiempo de Indisponibilidad $U_{1mo}$ .....	109
Fig. 71. Tiempo de Indisponibilidad $U_{2mo}$ .....	110
Fig. 72. Tiempo de Indisponibilidad $U_{3mo}$ .....	110
Fig. 73. Tiempo de Indisponibilidad $U_{4mo}$ .....	110

Fig. 74. Tiempo de Indisponibilidad $U_{5mo}$ .....	111
Fig. 75. Tiempo de Indisponibilidad $U_{6mo}$ .....	111
Fig. 76. Tiempo de Indisponibilidad $U_{7mo}$ .....	111
Fig. 77. Tiempo de Indisponibilidad $U_{8mo}$ .....	112
Fig. 78. Tiempo de Indisponibilidad $U_{9mo}$ .....	112
Fig. 79. Tiempo de Indisponibilidad $U_{10mo}$ .....	112
Fig. 80. Probabilidades de la $U_{1mo}$ .....	116
Fig. 81. Probabilidades de la $U_{2mo}$ .....	116
Fig. 82. Probabilidades de la $U_{3mo}$ .....	116
Fig. 83. Probabilidades de la $U_{4mo}$ .....	117
Fig. 84. Probabilidades de la $U_{5mo}$ .....	117
Fig. 85. Probabilidades de la $U_{6mo}$ .....	117
Fig. 86. Probabilidades de la $U_{7mo}$ .....	118
Fig. 87. Probabilidades de la $U_{8mo}$ .....	118
Fig. 88. Probabilidades de la $U_{9mo}$ .....	118
Fig. 89. Probabilidades de la $U_{10mo}$ .....	119
Fig. 90. Curva de la bañera para el análisis de las Centrales Mazar y Molino. [18].....	120
Fig. 91. Estructura del programa MC de simulación.....	122
Fig. 92. Diagrama de Flujo para la Simulación.....	128



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Ecuaciones de Distribución Weibull [3]</i>	13
<i>Tabla 2. Información técnica de las turbinas de la Central Mazar. [30]</i>	64
<i>Tabla 3. Información técnica de los Generadores de la Central Mazar. [31]</i>	65
<i>Tabla 4. Información técnica de las Turbinas de la Central Molino. [32]</i>	67
<i>Tabla 5. Información técnica de las Turbinas de la Central Molino por Fases AB y C. [32]</i>	67
<i>Tabla 6. Información técnica de los Generadores de la Central Molino por Fases AB y C. [33]</i>	68
<i>Tabla 7. Disponibilidad de la Central Mazar.</i>	75
<i>Tabla 8. FOR promedio U1ma y U2ma.</i>	76
<i>Tabla 9. ICp de Mazar.</i>	78
<i>Tabla 10. FORp de la Central Mazar.</i>	78
<i>Tabla 11. DISP de las unidades que conforman la central Molino.</i>	79
<i>Tabla 12. Disponibilidad de la Central Molino.</i>	80
<i>Tabla 13. FOR de las unidades que conforman la central Molino.</i>	80
<i>Tabla 14. IC de las unidades que conforman la central Molino.</i>	81
<i>Tabla 15. FORp de las unidades que conforman la central Molino.</i>	82
<i>Tabla 16. Índices de las unidades generadoras de la central Mazar.</i>	85
<i>Tabla 17. Índices de las unidades generadoras de la central Molino.</i>	86
<i>Tabla 18. Fallas totales durante el periodo de la central Mazar.</i>	86
<i>Tabla 19. Fallas totales durante el periodo de la central Molino.</i>	87
<i>Tabla 20. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U1ma.</i>	95
<i>Tabla 21. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U2ma.</i>	95
<i>Tabla 22. Nivel de significancia de Kolmogorov Smirnov de las unidades de Molino.</i>	103
<i>Tabla 23. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U1mo.</i>	113
<i>Tabla 24. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U2mo.</i>	113
<i>Tabla 25. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U3mo.</i>	114
<i>Tabla 26. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U4mo.</i>	114
<i>Tabla 27. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U5mo.</i>	114
<i>Tabla 28. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U6mo.</i>	114
<i>Tabla 29. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U7mo.</i>	114
<i>Tabla 30. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U8mo.</i>	115
<i>Tabla 31. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U9mo.</i>	115
<i>Tabla 32. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U10mo.</i>	115
<i>Tabla 33. Niveles de FORp y de ICp</i>	136

## ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 34. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{1ma}$ .	XXII
Tabla 35. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{2ma}$ .	XXIII
Tabla 36. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{1mo}$ .	XXVII
Tabla 37. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{2mo}$ .	XXXI
Tabla 38. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{3mo}$ .	XXXV
Tabla 39. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{4mo}$ .	XXXIX
Tabla 40. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{5mo}$ .	XLIII
Tabla 41. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{6mo}$ .	XLVII
Tabla 42. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{7mo}$ .	LI
Tabla 43. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{8mo}$ .	LV
Tabla 44. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{9mo}$ .	LIX
Tabla 45. Índices Basados y Calculados en datos Históricos $U_{10mo}$ .	LXIII
Tabla 46. Parámetros de Confiabilidad $U_{1ma}$ .	LXIV
Tabla 47. Parámetros de Confiabilidad $U_{2ma}$ .	LXV
Tabla 48. Parámetros de Confiabilidad $U_{1mo}$ .	LXVI
Tabla 49. Parámetros de Confiabilidad $U_{2mo}$ .	LXVII
Tabla 50. Parámetros de Confiabilidad $U_{3mo}$ .	LXVIII
Tabla 51. Parámetros de Confiabilidad $U_{4mo}$ .	LXIX
Tabla 52. Parámetros de Confiabilidad $U_{5mo}$ .	LXX
Tabla 53. Parámetros de Confiabilidad $U_{6mo}$ .	LXXI
Tabla 54. Parámetros de Confiabilidad $U_{7mo}$ .	LXXII
Tabla 55. Parámetros de Confiabilidad $U_{8mo}$ .	LXXIII
Tabla 56. Parámetros de Confiabilidad $U_{9mo}$ .	LXXIV
Tabla 57. Parámetros de Confiabilidad $U_{10mo}$ .	LXXV
Tabla 58. Análisis de Fallas de la $U_{1ma}$ .	LXXVI
Tabla 59. Análisis de Fallas de la $U_{2ma}$ .	LXXVII
Tabla 60. Test de Kolmogorov Smirnov sobre Bondad de Ajuste	LXXVIII
Tabla 61. Análisis de Tiempos de Disponibilidad de la $U_{1ma}$ .	LXXIX
Tabla 62. Análisis de Tiempos de Disponibilidad de la $U_{2ma}$ .	LXXX
Tabla 63. Análisis de Fallas de la $U_{1mo}$ .	LXXXI
Tabla 64. Análisis de Fallas de la $U_{2mo}$ .	LXXXII
Tabla 65. Análisis de Fallas de la $U_{3mo}$ .	LXXXIII
Tabla 66. Análisis de Fallas de la $U_{4mo}$ .	LXXXIV
Tabla 67. Análisis de Fallas de la $U_{5mo}$ .	LXXXV
Tabla 68. Análisis de Fallas de la $U_{6mo}$ .	LXXXVI
Tabla 69. Análisis de Fallas de la $U_{7mo}$ .	LXXXVII

<i>Tabla 70. Análisis de Fallas de la U<sub>8mo.</sub></i>	<i>LXXXVIII</i>
<i>Tabla 71. Análisis de Fallas de la U<sub>9mo.</sub></i>	<i>LXXXIX</i>
<i>Tabla 72. Análisis de Fallas de la U<sub>10mo.</sub></i>	<i>XC</i>
<i>Tabla 73. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>1mo.</sub></i>	<i>XCI</i>
<i>Tabla 74. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>2mo.</sub></i>	<i>XCII</i>
<i>Tabla 75. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>3mo.</sub></i>	<i>XCIII</i>
<i>Tabla 76. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>4mo.</sub></i>	<i>XCIV</i>
<i>Tabla 77. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>5mo.</sub></i>	<i>XCV</i>
<i>Tabla 78. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>6mo.</sub></i>	<i>XCVI</i>
<i>Tabla 79. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>7mo.</sub></i>	<i>XCVII</i>
<i>Tabla 80. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>8mo.</sub></i>	<i>XCVIII</i>
<i>Tabla 81. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>9mo.</sub></i>	<i>XCIX</i>
<i>Tabla 82. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>10mo.</sub></i>	<i>C</i>

## GLOSARIO

<b>CONELEC</b>	Consejo Nacional de Electricidad.
<b>CENACE</b>	Centro Nacional de Control de Energía.
<b>SNI</b>	Sistema Nacional Interconectado.
<b>MTTF</b>	Tiempo Medio Para Llegar a Fallar.
<b>MTTR</b>	Tiempo Medio de Reparación.
$\lambda$	Tasa de Falla.
$\mu$	Tasa de Reparación.
$\beta$	Forma de la Distribución Weibull.
$\alpha$	Escala de la Distribución Weibull.
<b>MC</b>	MonteCarlo.
<b>DISP</b>	Disponibilidad de la Unidad Generadora.
<b>DISP<sub>ma</sub></b>	Disponibilidad de la Central Mazar.
<b>DISP<sub>mo</sub></b>	Disponibilidad de la Central Molino.
<b>FOR</b>	Tasa de Salida Forzada de Unidad.
<b>FOR<sub>p</sub></b>	Tasa de Salida Forzada de Planta.
<b>IC</b>	Confiabilidad de Unidad Generadora.
<b>IC<sub>p</sub></b>	Confiabilidad de Planta.

## INTRODUCCIÓN

La función de los sistemas de generación eléctrica es el convertir cierto tipo de energía primaria en energía eléctrica, la cual es aprovechada por el consumidor según sus requerimientos; de esta manera se establece una responsabilidad del sistema de generación en mantener el balance entre generación y demanda.

En los análisis de confiabilidad de componentes y sistemas complejos; los cuales han sido aplicados en diversas ramas de la ingeniería, entre las que se destacan la aeronáutica y las centrales eléctricas de generación. Las evaluaciones de confiabilidad son utilizadas para pronosticar posibles problemas en los sistemas que las conforman, así como para mejorar su funcionamiento, contribuyendo en la programación del mantenimiento preventivo de los componentes y sistemas que integran dichas centrales, el análisis de confiabilidad también puede aplicarse en las unidades generadoras de centrales hidroeléctricas para mejorar su funcionamiento.

La confiabilidad es parte integrante del mundo de hoy, el grado de complejidad de los sistemas en general, el incremento en la exigencia de la calidad de los productos, son los principales factores para el desarrollo de las teorías de la confiabilidad. Las consecuencias irremediables que se podrían presentar al tener valoraciones bajas en confiabilidad en el sistema de generación, podrían llevarme a casos como: de generar racionamientos o incluso la indisposición general del sistema, todo esto conlleva graves consecuencias; como pérdidas de datos en ordenadores, para momentánea o prolongada de un motor, es por este motivo que se debe de tener una confiabilidad elevada ya que las consecuencias son notables.

Actualmente en nuestro país se está considerando como una gran fuente de generación eléctrica al potencial hidráulico con lo que se beneficia el

sector eléctrico ecuatoriano hasta la actualidad (año 2013) con 2.289 MW<sup>1</sup>, que representa el 52% de potencia instalada, reduciendo de una manera importante la dependencia de la generación eléctrica mediante generación térmica; eliminando de esta manera costos y beneficiando también al medio ambiente.

Hoy en día es más importante que nunca diseñar y operar sistemas eléctricos de generación que, no sólo tengan la máxima eficiencia practicable, sino que, además, tengan el más alto grado de seguridad y confiabilidad. Este trabajo trata de entregar los elementos necesarios para la evaluación de la confiabilidad en las unidades generadoras de CELEC EP - HIDROPAUTE (MAZAR & MOLINO).

---

<sup>1</sup> Dato tomado de la página de CELEC EP, Potencia Instalada en el S.N.I con generación Hidroeléctrica.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES DE TEORIA DE CONFIABILIDAD APLICADA A LAS UNIDADES GENERADORAS

#### 1.1 ESTUDIO PARA EL ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD Y ELEMENTOS DE PROBABILIDAD.

##### 1.1.1 ELEMENTOS DE PROBABILIDAD

La probabilidad es la medida cuantitativa por medio de la cual se obtiene la *frecuencia* de un suceso determinado mediante la realización de un experimento aleatorio (es decir, de que algo pueda ocurrir o resultar verosímil), del que se conocen todos los resultados posibles, bajo condiciones suficientemente estables.

La teoría de la probabilidad se usa extensamente en áreas como la estadística, la física, la matemática, las ciencias y la filosofía para sacar conclusiones sobre la probabilidad discreta de sucesos potenciales y la mecánica subyacente discreta de sistemas complejos. [1].

A continuación se analizarán alguno de conceptos relacionados con probabilidades, los mismos que serán válidos y utilizados a lo largo de esta tesis:

**Espacio Muestral:** La totalidad de los resultados posibles de un experimento estadístico recibe el nombre de *espacio muestral* y se denota por la letra S.

Cada resultado en un espacio muestral se llama *elemento* o *miembro* del espacio muestral, o simplemente *punto muestral*. De esta forma el espacio muestral S, de los resultados posibles cuando se analiza un sistema eléctrico, se puede escribir:

$$S = \{E, F\} \quad (1)$$

Donde E y F corresponden a “éxito” y “fracaso”, respectivamente. [2]

**Evento:** Es un subconjunto del espacio muestral de un experimento aleatorio. [2]

**Variable Aleatoria:** Se entenderá por variable aleatoria a una función que asocia valores en el conjunto de los números reales a cada resultado del espacio muestral  $S$ . Usualmente la variable aleatoria se denomina por una letra mayúscula. P. ej.,  $X$ ,  $T$ , etc. [3]

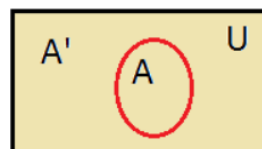
**Complemento:** El complemento de un evento  $A$  con respecto a  $S$  es el subconjunto de todos los elementos de  $S$  que no están en  $A$ . Denotamos el complemento de  $A$  mediante el símbolo  $A'$ . [2]

**Teorema 1:** Si  $A$  y  $A'$  son eventos complementarios, entonces:

$$P(A) + P(A') = 1 \quad (2)$$

**Ejemplo 1:** Dado los conjuntos  $U = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  y  $A = \{2, 3\}$ ; hallar el complemento de  $A$ . [3]

**Solución:** El complemento de  $A$  serán todos los elementos que no pertenezcan al conjunto  $A$ , de esta manera tenemos:



**Fig. 1. Complemento de A**

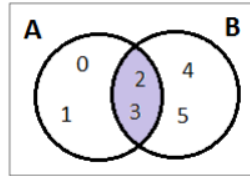
$$A' = \{0,1,4,5\} \quad (3)$$

**Intersección:** La intersección de dos eventos  $A$  y  $B$ , denotada mediante el símbolo  $A \cap B$ , es el evento que contiene a todos los elementos que son comunes a  $A$  y a  $B$ . [2]

**Ejemplo 2:** Dado los conjuntos  $A = \{0, 1, 2, 3\}$  y  $B = \{2, 3, 4, 5\}$ ; hallar  $A \cap B$ . [3]



*Solución:* La intersección de A y B serán todos los elementos que son iguales para A y B, esto es:



**Fig. 2. Intersección de A y B**

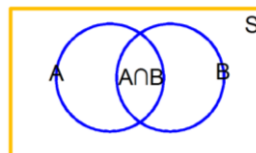
$$A \cap B = \{2,3\} \quad (4)$$

**Eventos Disjuntos:** Dos eventos A y B son mutuamente excluyentes o disjuntos si  $A \cap B = \emptyset$ ; es decir, si A y B no tienen elementos en común. [2]

**Ejemplo 3:** Sean  $P = \{a, e, i, o, u\}$  y  $Q = \{r, s, t\}$ ; entonces se dice que  $P \cap Q = \emptyset$ . Es decir, P y Q no tienen elementos en común y, por tanto, no pueden ocurrir ambos de forma simultánea.

**Unión:** La unión de dos eventos A y B, denotada mediante el símbolo  $A \cup B$ , es el evento que contiene todos los elementos que pertenecen a A o a B o a ambos. [2]

**Teorema 2:** Si A y B son cualquiera de dos eventos, entonces:



**Fig. 3. Union A y B**

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad (5)$$

**Teorema 3:** Si A y B son mutuamente excluyentes, entonces:

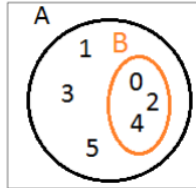
$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) \quad (6)$$

**Teorema 4:** Si A y A' son eventos complementarios, entonces:

$$P(A) + P(A') = 1 \quad (5)$$

**Ejemplo 4:** Dados los conjuntos  $A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$  y  $B = \{0, 2, 4\}$ ; hallar  $(A \cup B)$ . [3]

**Solución:** La unión de A y B serán todos los elementos que pertenezcan tanto a A como a B:



**Fig. 4. Union A y B**

$$(A \cup B) = \{0, 1, 2, 3, 4, 5\} \quad (8)$$

**Permutación:** Una permutación es un arreglo de todo o parte de un conjunto de objetos. El número de permutaciones de n objetos distintos es n!

### 1.1.1.1 POBABILIDAD DE UN EVENTO

La probabilidad de un evento A es la suma de los pesos de todos los puntos muestrales en A. Por lo tanto,

$$0 \leq P \leq 1, \quad P(\emptyset) = 0, \quad y \quad P(S) = 1, \quad [2]$$

**Ejemplo 5:** Se tiene dos bolas de billar en una bolsa negra la una es roja y la otra amarilla, dos veces se extraen las bolas. ¿Cuál es la probabilidad de que ocurra al menos una vez sacar la bola roja?

**Solución:** El espacio muestral para este experimento es:

$$S = \{RR, RA, AR, AA\} \quad (9)$$

Cada uno de estos resultados tendrá la misma probabilidad de ocurrencia. Asignamos una probabilidad de  $\frac{1}{4}$ , Si A representa el evento de que ocurra al menos una cara, entonces:

$$A = \{RR, RA, AR\} \quad y \quad P(A) = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4} \quad (10)$$

**Teorema 5:** Si un experimento puede tener como resultado cualquiera de  $N$  diferentes resultados igualmente probables, y si exactamente  $n$  de estos resultados corresponden al evento  $A$ , entonces la probabilidad del evento  $A$  es:  
[2]

$$P(A) = \frac{n}{N} \quad (11)$$

**Ejemplo 6:** Un surtidor de refrescos contiene seis Coca Cola, cuatro Sprite y tres Fanta. Si una persona hace una selección aleatoria de una de las colas, encuentre la probabilidad de sacar a) Coca Cola o b) una Sprite o una Fanta.

*Solución:*  $C$ ,  $S$  y  $F$  representan los eventos de que la persona seleccione, respectivamente, una Coca Cola, una Sprite o una Fanta. El número total de refrescos es 13, los cuales tienen la misma probabilidad de ser seleccionados.

Como seis de los 13 refrescos son Coca Cola, la probabilidad del evento  $C$ , seleccionar una Coca Cola al azar, es:

$$P(C) = \frac{6}{13}$$

Como siete de los 13 refrescos son Sprite o Fanta, se sigue que:

$$P(S \cup F) = \frac{7}{13}$$

### 1.1.1.2 PROBABILIDAD CONDICIONAL

La probabilidad condicional de un evento  $B$  ocurra cuando se sabe que ya ocurrió algún evento  $A$  se denota por  $P(B|A)$ . [2]

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad \text{si} \quad P(A) > 0 \quad (12)$$

**Ejemplo 7:** La probabilidad de que un vuelo programado normalmente salga a tiempo es  $P(D) = 0.83$ ; la probabilidad de que llegue a tiempo es  $P(A)$

= 0.82; y la probabilidad de que salga y llegue a tiempo es  $P(D \cap A) = 0.78$ . Encuentre la probabilidad de que el avión a) llegue a tiempo, dado que salió a tiempo y b) salió a tiempo, dado que llegó a tiempo. [2]

*Solución:*

La probabilidad de que un avión llegue a tiempo, dado que salió a tiempo es:

$$P(A|D) = \frac{P(D \cap A)}{P(D)} = \frac{0.78}{0.83} = 0.94$$

La probabilidad de que un avión saliera a tiempo, dado que llegó a tiempo es:

$$P(D|A) = \frac{P(A \cap D)}{P(A)} = \frac{0.78}{0.82} = 0.95$$

### 1.1.2 MEDIDAS DE CENTRALIZACIÓN.

El objetivo principal de las medidas de tendencia central es poder representar por medio de un solo número al conjunto de datos, es decir, dar valores representativos de la distribución de frecuencias, situados en algún lugar intermedio, alrededor del cual, se encuentran los otros valores. Nos indican dónde tienden a concentrarse los valores.

#### 1.1.2.1 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL GENERALES.

**Media Aritmética** ( $\bar{x}$ ): Es el promedio de los datos, y su objetivo principal es encontrar el valor que debería de estar en el centro. Su ventaja principal es que es la única medida en la que  $\sum(x - \bar{x}) = 0$ , su inconveniente es que se ve influida por valores extremos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (13)$$

X= cualquier dato

Número total de datos

**Mediana** ( $\tilde{x}$ ): Es el valor central, el que delimita al 50% de los datos, es decir, es el valor que se encuentra exactamente en la mitad de los datos.

En los datos ordenados se aplica la siguiente relación, para encontrar la posición de los datos.

$$posición = \frac{n+1}{2} \quad (14)$$

En donde n = número total de datos

Entonces podemos tener sólo dos alternativas

El valor de la posición puede ser entero y lo único que debemos hacer es contar el número de lugares que nos indica esta fórmula.

El valor de la posición nos da un valor decimal (.5) y entonces debemos: sumar los valores involucrados y dividirlos entre 2. Por ejemplo; si tenemos los valores 5, 7, 8, 13 entonces la posición nos da 2.5 por que tendremos que seleccionar a los números 7 y 8 para luego sumarlos (15) y dividirlos entre 2 (7.5)

**Moda ( $\hat{x}$ ):** Es el valor más frecuente, el que se observa mayor número de veces.

Después de ordenar los datos buscamos el valor que más se repite. [4]

### 1.1.3 MEDIDAS DE DISPERSIÓN.

**Rango, Periodo, Amplitud Total O Recorrido (n):** El rango se suele definir como la diferencia entre los dos valores extremos que toma la variable. Es la medida de dispersión más sencilla y también, por tanto, la que proporciona menos información. Además, esta información puede ser errónea, pues el hecho de que no influyan más de dos valores del total de la serie puede provocar una deformación de la realidad.

**Desviación Media:** En teoría, la desviación puede referirse a cada una de las medidas de tendencia central: media, mediana o moda; pero el interés

se suele centrar en la medida de la desviación con respecto a la media, que llamaremos desviación media.

Puede definirse como la media aritmética de las desviaciones de cada uno de los valores con respecto a la media aritmética de la distribución, y de indica así:

$$DM = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{N} \quad (15)$$

Nótese que se toman las desviaciones en valor absoluto, es decir, que la fórmula no distingue si la diferencia de cada valor de la variable con la media es en más o en menos.

**Varianza:** Poblacional ( $\sigma^2$ ): Es el promedio del cuadrado de la distancia de los datos a su media.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}$$

$$\sigma^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^N X_i^2}{N} \right) - \mu^2 \quad (16)$$

**Desviación típica o estándar:** Es sin duda la medida de dispersión más importante, ya que además sirve como medida previa al cálculo de otros valores estadísticos.

La desviación típica se define como la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media de la distribución. [5] [6] Es decir,

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}} \quad (17)$$

#### 1.1.4 ESTUDIO PREVIO AL ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

Para la ingeniería la confiabilidad es la probabilidad de que un aparato, dispositivo o persona desarrolle una determinada función bajo las condiciones

fijadas durante un periodo de tiempo determinado [7], (p.ej. electricidad), durante este período el cliente obtiene las características ofrecidas intencionalmente.

Cuando cesa la capacidad del producto para entregar la característica ofrecida al cliente, se considera que ha habido una “falla” del producto; es decir, representa el término del tiempo de vida.

Para modelar el tiempo de vida se asigna una medida llamada la frecuencia relativa o la probabilidad con que ocurrirá el evento. La regla que asigna valores de frecuencia relativa o probabilidades a los valores de una variable se llama Distribución de Probabilidad. [3]

#### **1.1.4.1 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD FUNDAMENTALES**

Una distribución de probabilidad indica toda la gama de valores que pueden representarse como resultado de un experimento si éste se llevase a cabo. Es decir, describe la probabilidad de que un evento se realice en el futuro. [8]

Las distribuciones de probabilidad están relacionadas con la distribución de frecuencias. De hecho, podemos pensar en la distribución de probabilidad como una distribución de frecuencias teórica, debido a que estas distribuciones tratan sobre expectativas de que algo suceda, resultan ser modelos útiles para hacer inferencias y tomar decisiones de incertidumbre.

Los objetivos de distribuciones de probabilidad son:

- a) Introducir las distribuciones de probabilidad que más se utilizan en la toma de decisiones.
- b) Utilizar el concepto de valor esperado para tomar decisiones.
- c) Mostrar qué distribución de probabilidad utilizar, y cómo encontrar sus valores.
- d) Entender las limitaciones de cada una de las distribuciones de probabilidad que utilice.

### 1.1.4.2 FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD (FDP)

La función de densidad de probabilidad (probability density function – FDP también llamada pdf), es una función, usualmente denominada  $f(x)$  que describe la densidad de la probabilidad en cada punto del espacio de tal manera que la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor dentro de un determinado conjunto sea la integral de la función de densidad sobre dicho conjunto. [9]

$$P(x_1 \leq X \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = F(x_2) - F(x_1) \quad (18)$$



Fig. 5. Función de Densidad de Probabilidad FDP o pdf. [3]

#### 1.1.4.2.1 FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN ACUMULADA (CDF)

La función de distribución Acumulada (CDF o fda), o simplemente función de distribución, si  $f$  es la función de densidad de probabilidad de una variable aleatoria  $X$ , la función acumulada de probabilidad  $F$ , es: [10]

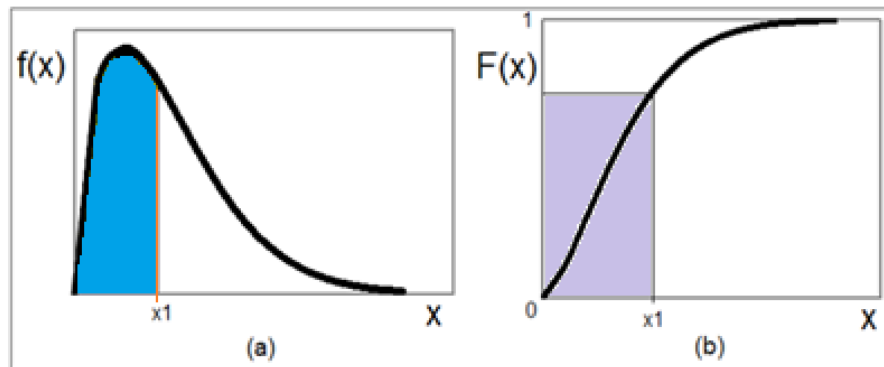
$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt = \int_0^x f(t) dt \quad (19)$$

La CDF de un valor  $x$ , es la probabilidad de observar cualquier resultado menor o igual a  $x$ .



Una CDF tiene dos propiedades teóricas:

1. Va de 0 a 1.
2. Si  $y > x$ , entonces la CDF de  $y$  es mayor o igual que la CDF de  $x$ .



**Fig. 6. (a) Función de Densidad de Probabilidad. (b) Función de Distribución Acumulada CDF o fda. [3]**

Para el análisis de confiabilidad la variable aleatoria será el “tiempo de falla” para lo cual es necesario sustituir la variable aleatoria  $x$  por la variable aleatoria  $t$ . Como la variable aleatoria es el tiempo de falla, esto representa la “no confiabilidad” o la probabilidad de que una unidad falle antes del tiempo previsto  $t_1$ .

#### 1.1.4.3 MODELOS DE CONFIABILIDAD

Los modelos se definen mediante funciones de probabilidad para cada uno de los tiempos de transición entre estados; estas funciones se obtienen a partir de registros operativos de los componentes de donde se extractan los tiempos de interés para ajustarlos a una distribución de probabilidad dada [11]; conociendo estas funciones de una distribución podemos desprender el comportamiento de la confiabilidad en:

La forma de la distribución,

La escala de la distribución,

La localización de la distribución. [3]

Intervalo de confianza: Se llama *intervalo de confianza* a un par de números entre los cuales se estima que estará cierto valor desconocido con una determinada probabilidad de acierto. [12]

A continuación se analizará las distribuciones más utilizadas en teoría de confiabilidad; como son, la distribución Weibull y la distribución Poisson.

#### 1.1.4.3.1 DISTRIBUCION WEIBULL

La distribución de Weibull es muy útil para estudios del tiempo de vida o tiempo para la falla de componentes debido a las buenas aproximaciones que se obtienen con esta y se usa cuando se sabe de antemano la distribución de fallos o cuando se han producido muchos fallos (al menos 10). [3]

El número de ocurrencia de eventos por unidad de tiempo no permanece necesariamente constante, la tasa de ocurrencia de eventos puede crecer o decrecer con el tiempo. [13]

La función ocupa dos parámetros, a diferencia de la exponencial que únicamente usa uno, estos son el factor de forma  $\beta$  (pendiente) y el factor de escala  $\alpha$  (la vida característica), y se define como [14]:

$$f(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad (10)$$

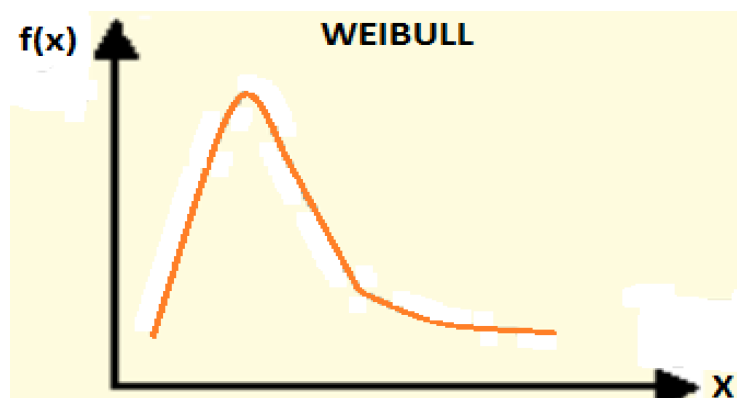


Fig. 7. Distribución Probabilidad Weibull. Confiabilidad distribución.

**Características:**

Mientras la función PDF de la distribución exponencial modela la característica de vida de los sistemas, la Weibull modela la característica de vida de los componentes y partes.

La distribución modela la distribución de fallos (en sistemas) cuando la tasa de fallos es proporcional a una potencia del tiempo [3]:

Un valor  $\beta < 1$  indica que la tasa de fallos decrece con el tiempo.

Cuando  $\beta = 1$  , la tasa de fallos es constante en el tiempo.

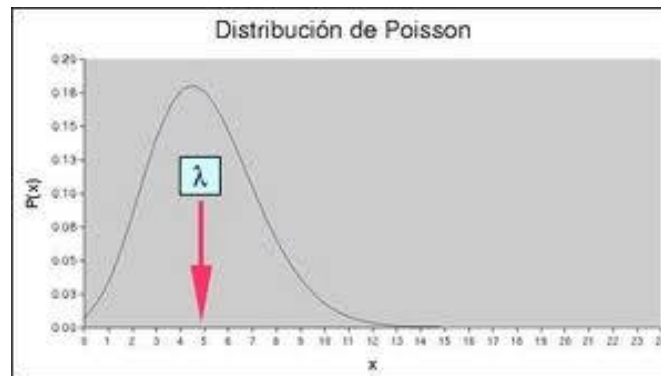
Un valor  $\beta > 1$  indica que la tasa de fallos crece con el tiempo.

Las ecuaciones clave para la distribución de Weibull son:

<i>Parámetros</i>	$\alpha > 0$ , escala; $\beta > 0$ , forma
<i>Dominio</i>	$t \in [0; + \infty)$
<i>Función de densidad</i>	$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$
<i>Función de distribución</i>	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$
<i>Confiabilidad</i>	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$
<i>Esperanza</i>	$E(T) = \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$
<i>Mediana</i>	$\alpha (\ln 2)^{\frac{1}{\beta}}$
<i>Varianza</i>	$V(T) = \alpha^2 \left\{ \Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right) - \left[ \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \right]^2 \right\}$
<i>Tasa de falla</i>	$h(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$

**Tabla 1. Ecuaciones de Distribución Weibull [3]**

### 1.1.4.3.2 DISTRIBUCION POISSON



**Fig. 8. Distribución Probabilidad Poisson.**

Existen fenómenos o experimentos en los que los eventos ocurren en intervalos continuos de tiempo o espacio (áreas y volúmenes), donde sólo importa la ocurrencia del fenómeno, ya que la no ocurrencia no tiene sentido. Por ejemplo, si en cierta región ocurren en promedio 2 terremotos por año, la variable aleatoria será el número de terremotos por año y es claro que no tiene sentido hablar del número de no terremotos por año. Lo mismo sucede para otros fenómenos, como el número de errores en una página, derrumbes anuales en una región montañosa, accidentes de tráfico diarios en cierto cruce, personas atendidas en un banco en un período de 10 minutos, partículas de polvo en cierto volumen de aire, nacimientos de niños en un periodo de tiempo, rayos que caen en una tormenta, llamadas que llegan a un conmutador telefónico en un minuto, insectos por planta en un cultivo, etc. También es de importancia mencionar que cada ocurrencia puede considerarse como un evento en un intervalo de tiempo determinado.

Si consideramos que:

La confianza de ocurrencia de un evento en un intervalo es la misma que la confianza de ocurrencia del evento en otro intervalo cualesquiera, sin importar donde empiece el intervalo.

Que las ocurrencias de los eventos son independientes, sin importar donde ocurran.

Que la probabilidad de que ocurra un evento en un intervalo de tiempo depende de la longitud del intervalo.

Que las condiciones del experimento no varían, y

Que nos interesa analizar el número promedio de ocurrencias en el intervalo entonces se puede afirmar, que la variable aleatoria mencionada en los fenómenos descritos es una **Variable de Poisson**.

#### **1.1.4.3.2.1 Características de la Distribución de Poisson**

Un modelo de probabilidad de Poisson tiene las siguientes características:

El espacio muestral se genera por un número muy pequeño de repeticiones de un experimento cuyo modelo de probabilidad es el de Bernoulli, con probabilidad de éxito muy pequeña. Por esta razón, a la distribución de Poisson suele llamarsele **de eventos raros**. Las repeticiones del experimento de Bernoulli se realizan en cada uno de los puntos de un intervalo de tiempo o espacio.

El número de éxitos en el intervalo  $li$  es ajeno al número de éxitos en el intervalo  $lk$ , por lo que  $li \cap lk = \emptyset$

La probabilidad de que se tengan dos o más éxitos en el mismo punto del intervalo es cero.

El número promedio de éxitos en un intervalo es una constante  $\lambda$ , que no cambia de intervalo a intervalo.

#### **1.1.4.3.2.2 Función de Probabilidad**

Una variable aleatoria  $X$  tiene una distribución de Poisson, si su función de probabilidades está dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} & \text{para } x = 0, 1, 2, 3, \dots \\ 0 & \text{para cualquier otro valor} \end{cases} \quad (11)$$

Donde  $e$  es la base de los logaritmos naturales y  $\lambda$  el promedio de la distribución, la cual debe ser mayor que cero.

Nótese que una vez especificado el promedio  $\lambda$  puede calcularse cualquier probabilidad, pero para cada valor de  $\lambda$  se tiene una función de probabilidades distinta.

#### **1.1.4.3.2.3 Función de Distribución Acumulada**

Si  $X$  es una variable aleatoria que tiene distribución de Poisson con parámetro  $\lambda$ , entonces:

La función de distribución acumulada correspondiente es:

$$F(X) = P(X \leq x) = \sum_{k=0}^x \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad (12)$$

#### **1.1.4.3.2.4 Media y Variancia**

La distribución de Poisson tiene la característica de que la esperanza y la variancia son iguales [15], esto es:

$$E(X) = \lambda \quad \text{Var}(X) = \lambda \quad (13)$$

#### **1.1.4.3.3 PRUEBA DE KOLMOGOROV**

La prueba de Kolmogorov es considerada para el análisis de una muestra un procedimiento de bondad de ajuste, es decir, permite la medición del grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos (distribución experimental) y una distribución teórica específica.

**OBJETIVO.-** El objetivo de esta prueba de bondad de ajuste es señalar y determinar si los datos estudiados o mediciones muestrales provienen de una población que tiene una distribución teórica determinada.

**DEFINICIÓN:** La prueba de Kolmogorov es una prueba no paramétrica que se emplea para probar el grado de concordancia entre la distribución de datos empíricos de la muestra y alguna distribución teórica específica.

### **VARIABLE Y FORMULAS DE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV**

$D_{max}$  = estadístico de prueba

$f_{teorico}$  = frecuencia teórica

$f_{experimental}$  = frecuencia observada

### **ESTADISTICO DE PRUEBA**

$Dif\ Max = (Frecuencia\ observada - Frecuencia\ teórica)$

$\alpha$  = alfa

Si el estimador de la prueba ( $Dif\ Max$ ) es menor que el valor que se encontró en la tabla entonces se acepta la hipótesis  $H_0$  (hipótesis nula) planteada antes de estudiar la muestra, de lo contrario se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ .

### **TABLA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV**

La tabla expone los valores que debes buscar de acuerdo al procedimiento anterior para determinar si se rechaza o no la hipótesis formulada. [16] Refiérase al Anexo E.

#### **1.1.5 DEFINICIÓN DE CONFIABILIDAD**

Haciendo mención en un sistema eléctrico (generación), el tema de confiabilidad es un tema muy importante ya que sin tener en cuenta este aspecto importante traería consecuencias ineludibles tanto económicas como productivas dentro del desarrollo de un país.

Una definición probabilística común de confiabilidad, (Meeker y Escobar, 1998), es la siguiente: ***"Confiabilidad es la probabilidad de que una unidad realice su función hasta un tiempo especificado bajo las condiciones de uso encontradas sin fallar"***.

La Norma Británica BS 4778 (1991), la define como **“la capacidad de un ítem (o sea de un elemento de un equipo, de un equipo completo o de un sistema) expresada por la probabilidad de que efectúe una función requerida (es decir, que no falle), bajo ciertas condiciones (o sea en condiciones nominales de operación), en un período de tiempo establecido”**. [3]

### 1.1.5.1 DEFINICIÓN MATEMÁTICA DE CONFIABILIDAD

La definición matemática de confiabilidad es basada en principios de cálculo diferencial e integral que usa como variable independiente y aleatoria el tiempo y como variable dependiente la función de falla  $f(t)$ . Con ello es posible determinar por medio de la integración de esa función de falla y en el periodo de tiempo fijado el valor de la confiabilidad que corresponde. Esto se hace de la siguiente manera:

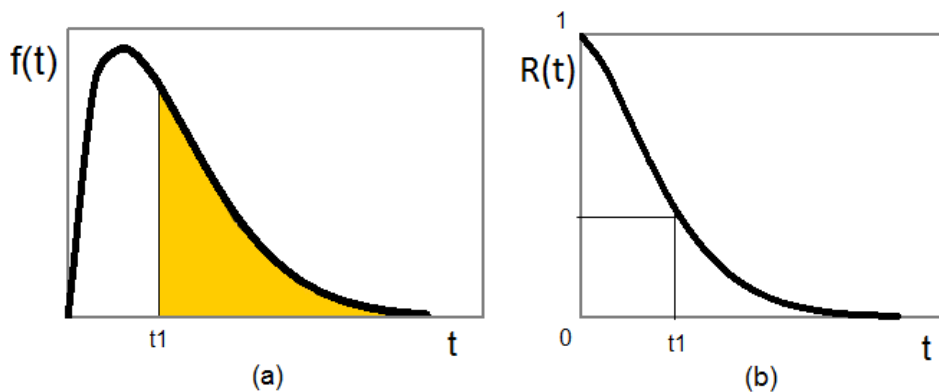
Sea:

$$R(t_1) = P(t > t_1) \quad (14)$$

Que es Probabilidad de que un sistema (producto o máquina) opere sin falla por un periodo de tiempo  $t_1$  o confiabilidad del sistema en el tiempo  $t_1$ .

Si  $F(t_1) = P(t \leq t_1)$  entonces  $R(t_1) = 1 - F(t_1)$  (recuérdese que  $F(t)$  es la función acumulada de la función de densidad de falla) entonces:

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^{\infty} f(t)dt \quad (15)$$





**Fig. 9. (a) Función de Densidad de Probabilidad. (b) Función de Confiabilidad [3]**

### **1.1.5.2 ASPECTOS DE CONFIABILIDAD EN UN SISTEMA ELECTRICO**

La confiabilidad en un sistema eléctrico es cuantificada mediante indicadores basados en la frecuencia, duración y magnitud de eventos que produzcan déficit en el suministro.

Al diseñar un sistema de suministro de electricidad se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos relacionados con su confiabilidad:

**1. Elevada confiabilidad de cada elemento del sistema:** La confiabilidad del sistema está vinculada con la confiabilidad de cada elemento del sistema.

**2. Fiabilidad:** En lo posible, la falla de un elemento no debiera dejar todo el sistema sin funcionar.

**3. Mantenibilidad:** Una adecuada mantención de los sistemas eléctricos al menos mantiene su confiabilidad en los valores de diseño de la instalación.

**4. Capacidad del sistema:** El sistema debe estar diseñado para los consumos que abastecerá con una capacidad de sobrecarga transitoria.

**5. Flexibilidad:** El sistema debe ser flexible y prever que existirán aumentos del consumo, o un cambio en la ubicación de éstos, o que existirán cambios tecnológicos que requerirán de un sistema distinto del que fue proyectado inicialmente. En este escenario las modificaciones del sistema deben ser relativamente fáciles de realizar, sin que el sistema pierda confiabilidad.

#### **6. Interfaz adecuado con la infraestructura existente. [3]**

Entre los aspectos que afectan la confiabilidad en sistemas de potencia se encuentra la configuración o topología del sistema, el tipo de equipos que se disponen, el estado de operación, la planificación y mantenimiento adecuados, entre otros.

Además la Corporación Norte Americana de Confiabilidad Eléctrica (NERC, por sus siglas en inglés) define la confiabilidad en dos aspectos funcionales: Adecuación y Seguridad [NERC, Reliability Concepts, www.nerc.com].

**Adecuación.-** Es la existencia de infraestructura suficiente en el sistema para suministrar la demanda de potencia y energía eléctrica de los consumidores en todo tiempo, tomando en cuenta aquellos eventos, no severos, que puedan afectar la continuidad del servicio.

**Seguridad.-** Es la habilidad del sistema de soportar perturbaciones factibles como cortocircuitos, pérdidas de generación o de otro elemento del sistema y otras contingencias repentinas, y ser capaz de seguir suministrando el servicio después de las perturbaciones.

De esto se concluye que la adecuación del sistema está referida a condiciones estáticas de operación en el suministro de energía eléctrica, mientras que la seguridad se refiere a condiciones dinámicas del sistema. Este trabajo se enfocará en las condiciones estáticas de operación.

La confiabilidad en un sistema de potencia es cuantificada mediante indicadores basados en la frecuencia, duración y magnitud de eventos que produzcan déficit en el suministro, los cuales son producto de la simulación de una gran cantidad de escenarios posibles en la operación del sistema. [14]

### 1.1.5.3 CONFIABILIDAD APLICADA A LA GENERACION

Capacidad de suministrar en todo lugar y en todo instante la demanda de los consumidores con los adecuados niveles de calidad de energía. La confiabilidad de sistemas de generación de energía eléctrica puede ser descrita a través de los siguientes atributos esenciales:

**Adecuación:** Capacidad de satisfacer los requerimientos de potencia y energía de los consumidores respetando los límites técnicos de los componentes y teniendo en cuenta las salidas de servicio planificadas e imprevistas de componentes.

**Seguridad:** Capacidad para soportar perturbaciones imprevistas tales como cortocircuitos o pérdida de componentes sin violar restricciones operativas. Un aspecto importante de la seguridad se caracteriza a través de la integridad, definida como la capacidad de preservar la Operación interconectada en caso de ocurrencia de contingencias severas.

**Integridad:** Es la capacidad de un sistema para preservar la operación interconectada.

**Sistema:** Es un grupo de componentes vinculados con determinada configuración para cumplir una función especificada.

**Componente:** Es un ítem con una función operativa determinada que se considera como una unidad a los fines del análisis de datos de fallas y de la modelación desde el punto de vista de la confiabilidad.

**Estado:** Es la forma en que se encuentra un conjunto de atributos en un instante determinado.

**Estado de disponibilidad:** Es la condición de un componente cuando es capaz de realizar las funciones de él requeridas.

**Estado en servicio:** El componente se encuentra disponible, energizado y conectado al sistema.

**Reserva:** Es la condición en que se encuentra un componente fuera de servicio pero apto para cumplir su función.

**Estado fuera de servicio o de indisponibilidad:** Es el estado de un componente caracterizado por su incapacidad para realizar las funciones requeridas.

**Estado fuera de servicio parcial:** Es el estado de un componente parcialmente energizado pero no conectado en todos sus terminales de modo que no realiza algunas de sus funciones en el sistema.

**Estado con capacidad disminuida:** Es el estado de un componente que puede ser puesto en servicio y realizar sus funciones pero no es capaz de operar con su capacidad nominal.

**Salida de servicio planificada:** Salida de servicio para inspección, pruebas o mantenimiento.

**Salida de servicio no planificada:** Toda salida de servicio no programada previamente.

**Salida de servicio forzada:** Salida de servicio que no puede ser diferida.

**Salida de servicio no planificada diferible:** Salida de servicio no planificada que puede ser diferida para realizar maniobras o transferencia de la carga.

**Salida de servicio de causa común:** Salida de servicio de dos o más componentes causada por un único incidente, no siendo una causa de la otra.

**Perturbación:** Evento que provoca variaciones en frecuencia, tensiones y/o corrientes.

**Falla:** Evento con el que termina la capacidad de un componente para realizar su función.

**Carga no suministrada:** Potencia de carga no suministrada debido a salidas de servicio en el sistema de generación o transmisión. [17]

## 1.1.6 EL TIEMPO DE RESIDENCIA EN UN ESTADO Y TASA DE PELIGRO

### 1.1.6.1 PERMANENCIA EN UN ESTADO COMO VARIABLE ALEATORIA

Un equipo (transformador, relé, etc.) o un sistema (eléctrico, mecánico, etc.) al ser puesto en operación, haciendo la labor para la cual fue diseñado y sujeto al adecuado mantenimiento programado, tomará un tiempo impredecible para llegar a fallar. A su vez, una vez fallado, dicho equipo entrara en la fase de reparación, proceso que tomará un tiempo impredecible.

Bajo estas premisas básicas, se enfatiza, que para que el equipo cambie de estado (de operacional ha fallado, o de fallado a operacional), deberá transcurrir un lapso de tiempo aleatorio.

Es decir, el “tiempo para llegar a fallar” (TTF = time to failure) y el “tiempo de reparación” (TTR = time to repair) de un equipo o sistema, son variables aleatorias (impredecibles con exactitud). [3]

### 1.1.6.2 CONFIABILIDAD DE COMPONENTES NO REPARABLES

Para concientizar los componentes adecuadamente, póngase en operación ( $N_o$ ) “componentes no reparables” (p.ej. rodamientos, fusibles, etc.), en  $t = 0$ . A medida que progresa el tiempo, las componentes comenzaran a fallar paulatinamente, hasta que eventualmente todas lo hayan hecho. Es decir, el número de “componentes no falladas o sobrevivientes” ( $N_s$ ) comenzará a decrecer desde  $N_o$  hasta 0. Las “componentes falladas” ( $N_f$ ), harán lo opuesto. Obviamente para cualquier tiempo, se cumplirá que:

$$N_s(t) + N_f(t) = N_o \quad (16)$$

donde:

$N_s(t)$  = Componentes que sobreviven en buen estado, en un período  $t$ .

$N_f(t)$  = Componentes que fallan, en un período  $t$ .

$N_o$  = Componentes probados o no reparables.

La relación instantánea entre  $N_s(t)$  y  $N_o$ , se conoce como la “confiabilidad del conjunto”.

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N_o} \rightarrow \text{confiabilidad} \quad (17)$$

A su vez la relación entre  $N_f(t)$  y  $N_o$ , se conoce como la “no confiabilidad” del grupo de componentes. [3]

$$Q(t) = \frac{Nf(t)}{N_0} \rightarrow \text{inconfiabilidad} \quad (18)$$

Por definición,  $R(t)$  y  $Q(t)$  son probabilidades, en el contexto matemático. La experiencia y la literatura acumulada, permite establecer que estas curvas son de naturaleza exponencial, esto es:

$$Q(t) = 1 - e^{-\alpha t}$$

$$R(t) = e^{-\alpha t}$$

$$R(t) + Q(t) = 1$$

$$\alpha = \left[ \frac{1}{\text{constante de tiempo de progreso}} \right]$$

La constante de tiempo  $\left(\frac{1}{\alpha}\right)$  es una característica física del grupo de componentes, útil para identificar que en aproximadamente  $t = 5/\alpha$  todas las componentes habrán fallado (cambiado de estado). Es previsible pensar que componentes de mayor calidad, contruidos con estrictos procesos de calidad y por ende de mayor costo de adquisición, estén asociadas a  $\alpha$  menores. [3]

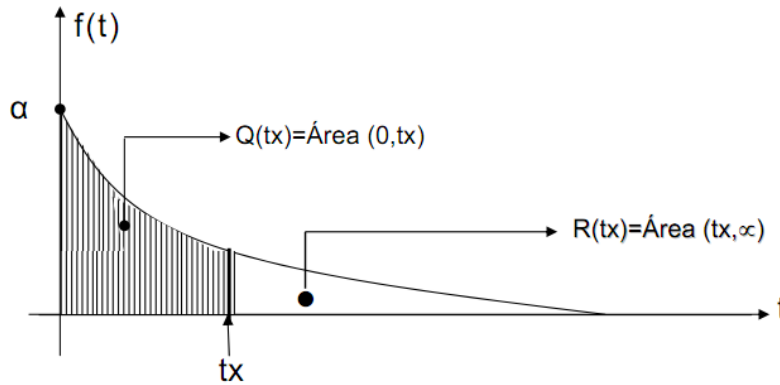
Por ende, la constante  $\left(\frac{1}{\alpha}\right)$ , es una característica propia del grupo de componentes. Como la probabilidad  $Q(t)$  tiende a 1 a medida que el tiempo avanza, se corresponde matemáticamente con una probabilidad acumulativa. El crecimiento de la probabilidad acumulativa, indica, por definición, como crece el área debajo de su correspondiente función de densidad de probabilidad.

Como el área bajo la curva está definida por su integral respectiva, se tiene que:

$$Q(t) = 1 - e^{-\alpha t} = \int_0^t f(t) dt \quad (19)$$

$f(t)$  = Función de densidad de probabilidad respectiva.

$$f(t) = \frac{d}{dt} [Q(t)] = \alpha e^{-\alpha t} \quad (20)$$



**Fig. 10. Función de Densidad de Probabilidades de los “Tiempos a Fallar” [3]**

$$Q(tx) = \int_0^{tx} f(t) dt = \int_0^{tx} \alpha e^{-\alpha t} dt = 1 - e^{-\alpha tx} \quad (21)$$

$$R(tx) = \int_{tx}^{\infty} f(t) dt = \int_{tx}^{\infty} \alpha e^{-\alpha t} dt = e^{-\alpha tx} \quad (22)$$

La función de densidad de probabilidades, por la naturaleza del área que genera bajo la misma, debe denominarse “*Función de Densidad de Probabilidades de los Tiempos para Fallar*”. [3]

### 1.1.6.3 TASA DE PELIGRO O DE RIESGO

La tasa de peligro es la fracción de fallas probables entre la proporción de supervivientes al tiempo  $t$  . Cuando se conoce la distribución de probabilidad de  $t$  , se calcula a partir de:

$$TP(t) = \frac{FDP}{R(t)} \quad (23)$$

La tasa de peligro representa la propensión a la falla de un producto como una función de su edad o tiempo en operación; es decir, mide el incremento instantáneo que sufre el número de elementos fallados en el intervalo  $(t = \Delta t)$ , con respecto al número de sobrevivientes del instante  $(t)$  precisamente.

Si la distribución de los tiempos de falla aplicable fuese la exponencial justamente analizada, se tendría:

$$TP(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\alpha e^{-\alpha t}}{e^{-\alpha t}} = \alpha \quad (24)$$

Es decir, si los tiempos para fallar, como variable aleatoria, obedecen a una distribución de probabilidades exponencial, la tasa de peligro coincidirá con el parámetro  $\alpha$  el cual es una constante que caracteriza la población de componentes bajo estudio. Si los tiempos para llegar a fallar no están distribuidos exponencialmente, la TP instantánea no es constante. [3]

#### 1.1.6.4 TASA DE FALLA Y TASA DE REPARACIÓN

Los conceptos antes vistos son aplicables también al caso de un elemento reparable, donde los tiempos para fallar y los tiempos de reparación estén exponencialmente distribuidos:

$$\text{Funcion de densidad de falla} = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$\text{Funcion de densidad de reparacion} = \mu e^{-\mu t}$$

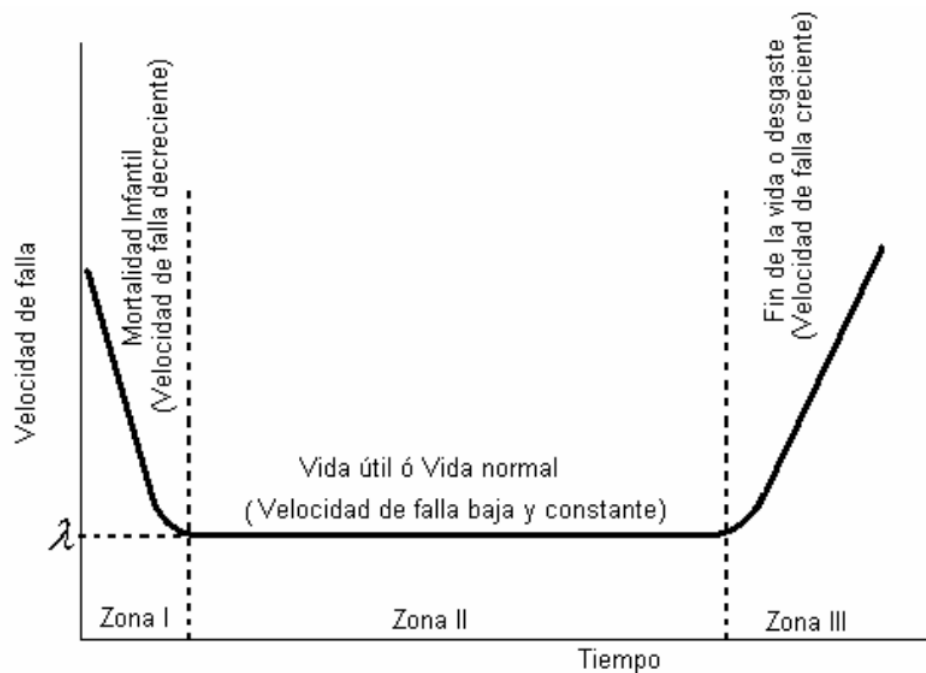
Donde  $\lambda$ , es la tasa de falla y  $\mu$ , la tasa de reparación.

Como físicamente las tasas  $\lambda$  y  $\mu$ , se asocian con la inversa de constantes de tiempo, ambas tienen dimensión de (1/tiempo), pudiendo ser (1/hora, 1/año), etc.

Por ejemplo Un valor de  $\lambda = 1.5$  (1/año), indica que cada año se espera que se presenten 1.5 fallas, en promedio. Un valor de  $\mu = 120$  (1/año), indica que en cada año cabría hacer 120 reparaciones, en promedio.



### 1.1.6.5 CURVA DE BAÑERA



**Fig. 11. Curva de la Bañera. [18]**

**Figura 11. Zona I:** (parte rápidamente decreciente de la curva), conocida como etapa de mortalidad infantil, está caracterizada por fallas debidas a defectos de fabricación.

**Zona II:** Es la etapa de vida útil y está caracterizada por una velocidad de falla constante debida a defectos aleatorios.

**Zona III:** Conocido como periodo de desgaste y está caracterizado por una velocidad de falla creciente como resultado del envejecimiento y deterioro de los equipos.

Como los modernos equipos electrónicos están hechos mayormente de dispositivos semiconductores que no tienen un mecanismo de desgaste de corto plazo, la existencia de la Zona III, para los sistemas electrónicos es una especie de área gris.

Para la mayoría de los componentes electrónicos, la Zona III, es relativamente plana.

Una tarea importante para los diseñadores es saber cómo fallan los sistemas eléctricos. En las secciones siguientes analizaremos las causas más comunes de falla para los sistemas electrónicos, como así también algunos métodos comunes de protección. Posteriormente, presentaremos varias clases de modelos para predecir la confiabilidad. [18]

### 1.1.7 DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN GENERACIÓN

El Procedimiento de Despachos y Operación hace referencia a disponibilidad de generación considerando los mantenimientos programados y los índices históricos por salidas forzosas – FOR, los cuales serán actualizados por el CENACE, trimestralmente, tomando en cuenta la información disponible en el CENACE. [19]

Se define disponibilidad de energía eléctrica como la fracción de un período de funcionamiento dado en el que una unidad de generación es disponible sin ningún tipo de interrupciones IEE Std. 762, también definimos la disponibilidad de un equipo o sistema como la relación entre el “tiempo de servicio” (TS = service time) con calidad adecuada y el “tiempo total” (TT = total time) de observación [3].

$$DISP = \frac{TS}{TT} \quad (25)$$

**Ejemplo 8:** Un ingeniero que usaba un sistema eléctrico no dispuso de energía eléctrica durante 1 hora, del total 8760 horas que tiene un año. Así, la disponibilidad del sistema eléctrico es:

$$DISP = \frac{8759}{8760} = 0,99989$$

Es decir, la disponibilidad del sistema fue de 99.989%.

El período de no disponibilidad de energía pudo haber sido un solo evento (sin energía), en este caso de una hora de duración, o, por ejemplo, 360 eventos sin energía de 10 segundos de duración cada uno. Desde el punto de vista del usuario ambas situaciones no son idénticas ya que un corte de energía lleva asociado un tiempo de reposición del o los equipos que quedaron

sin energía, por ejemplo, 10 segundos. Si este tiempo de reposición es 1 hora, la disponibilidad del sistema eléctrico desde el punto de vista del usuario, en el caso que existan 360 eventos sin energía es:

$$DISP = \frac{TT - (TSO + TTR)}{TT} \quad (26)$$

TSO= tiempo sin servicio (out service time).

TTR= tiempo de reparación.

$$disp = \frac{8760 * 60 * 60 - (360 * 10 + 360 * 60 * 60)}{8760 * 60 * 60} = 0,959$$

Es decir, para el usuario, la disponibilidad sería de un 95.9% y no un 99.989%. [20]

## DISPONIBILIDADES DE GENERACIÓN.

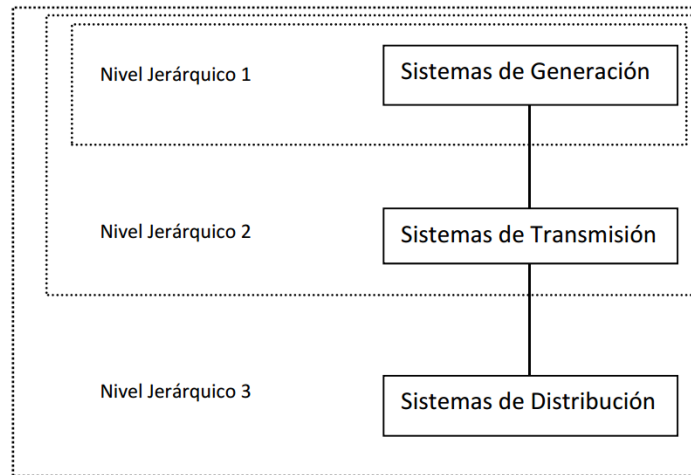
Las disponibilidades de generación considerarán los mantenimientos programados y los índices históricos por salidas forzadas – FOR, los cuales serán actualizados por el CENACE, trimestralmente, tomando en cuenta la información disponible en el CENACE.

### 1.1.8 CONFIABILIDAD EN SISTEMAS DE GENERACIÓN

La evaluación de confiabilidad probabilísticas se hace uso de la teoría de probabilidad y estadística, por la aleatoriedad del objeto en estudio. En estas técnicas de evaluación, las suposiciones y simplificaciones son importantes, ya que el modelo probabilístico de cualquier componente se basa en la observación del comportamiento según su historial de funcionamiento. [14]

Debido a la complejidad que se presentan en los sistemas de potencia se ha visto necesario plantear distintos niveles jerárquicos en el estudio de confiabilidad, esto según la orientación y la profundidad que se desea para dicho estudio.

Los niveles jerárquicos son tres: Sistema de generación (nivel jerárquico 1), Sistema de generación y transmisión (nivel jerárquico 2) y Sistema de generación, transmisión y distribución (nivel jerárquico 3). [14]



**Fig. 12. Niveles jerárquicos para la evaluación de confiabilidad en sistemas de potencia. [14]**

El estudio de la confiabilidad en sistemas de generación es de gran relevancia, esto es debido a que una parte importante en la planificación es determinar la capacidad de generación necesaria para suplir la demanda a futuro, en la presente tesis se limitará al análisis de la confiabilidad en el nivel jerárquico 1. Los aspectos relevantes que se deben tomar en cuenta en este tipo de análisis son las fallas y los tiempos de indisponibilidad de las unidades generadoras. [14]

## **1.2 ÍNDICES, DEFINICIONES Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD.**

Todos los estudios de confiabilidad tienen su objetivo primordial, el cual es obtener indicadores que cuantifiquen el nivel de confianza que posee el sistema evaluado. Existe una gran cantidad y variedad de índices de confiabilidad para sistemas de potencia, diferenciados para cada uno de los niveles jerárquicos que se estudien. Estos índices reflejan la magnitud, frecuencia y duración de los eventos que provocan interrupciones en el suministro.

### **1.2.1 MODELO ESTRUCTURAL DE LA CONFIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN**

Esta teoría, dentro de los análisis de confiabilidad, trata de caracterizar la confiabilidad de estructuras complejas (facilidades de generación) a partir del conocimiento de la confiabilidad de sus componentes (unidades generadoras). [14]

Los diagramas básicos de las estructuras de sistemas, desde el punto de vista de su confiabilidad, son los que tienen configuración de los componentes conectados en serie o paralelo. En las industrias existen diferentes configuraciones, en dependencia del régimen de trabajo a cumplir o del diseño del sistema o componentes, etc. [14]

En el caso de las facilidades de generación de potencia, se tienen las siguientes condiciones:

El fallo de una unidad generadora no implica el fallo total de la facilidad; es decir, hay entrega de potencia por el funcionamiento de las otras unidades que no han fallado. Lógicamente, el fallo de una unidad se manifiesta como una merma de la capacidad que se puede entregar a los consumidores. Por lo anterior no se puede afirmar que en los sistemas de generación las unidades deban considerarse conectadas en serie. [14]

La pérdida de capacidad asociada a los fallos depende de la cantidad de unidades que se encuentren fuera de servicio por este concepto. [14]

Indistintamente, más de una unidad puede fallar y estar en estado de fallo simultáneamente. [14]

Para que el sistema (facilidad de generación) se considere en fallo tiene que existir un alto porcentaje de componentes (unidades generadoras) fuera de servicio. [14]

## 1.2.2 CATEGORIZACIÓN Y REGISTRO DE TIEMPOS OPERATIVOS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN

### 1.2.2.1 CATEGORIAS DE TIEMPOS DE UNIDAD DISPONIBLE

Estas categorías se asocian a los tiempos de disponibilidad de la unidad que son clasificados en función de lo especificado en los numerales 4.1.1 y 6.4 de la norma IEEE Std. 762-2006. Siendo estas:

**HS. Horas en Sincronismo Normal.** Tiempo en el que la unidad se encuentra disponible y en sincronismo. Ref. Numerales 4.1.1.1, 6.5 [21].

**HR. Horas en Reposo.** Tiempo en el que la unidad se encuentra disponible y en reposo. Ref. Numerales 4.1.1.2, 6.6 [21]

**HSR. Horas en Sincronismo con restricción de potencia.** Tiempo en el que la unidad se encuentra disponible y en sincronismo pero que presenta una restricción en su potencia máxima debido a limitaciones en sus sistemas sea por fallas o condiciones de diseño. Ref. Numeral 6.12.1 [21].

**HRR. Horas en Reposo con restricción de potencia.** Tiempo en el que la unidad se encuentra disponible y en reposo pero que durante su funcionamiento haya presentado una restricción en su potencia máxima debido a limitaciones en sus sistemas sea por fallas o condiciones de diseño y que no haya sido superada. Ref. Numeral 6.12.2 [21].

Estas dos últimas categorías permitirán totalizar el tiempo en el que la unidad presenta la limitación, facilitando el cálculo de la potencia media disponible durante un período de tiempo [21].

### 1.2.3 CATEGORIAS DE TIEMPOS DE UNIDAD INDISPONIBLE

#### 1.2.3.1 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD PROGRAMADA.

Estas categorías se asocian a una indisponibilidad de unidad que son clasificadas en función de lo especificado en los numerales 4.1.2.1 y 6.8 de la norma IEEE Std. 762-2006. Siendo estas:

**HIP. Horas de Indisponibilidad Programada.** Tiempo en el que cualquiera de los sistemas de la unidad están sometidos a una intervención

que ha sido programada en el Plan Anual de Mantenimiento vigente y que deriven en la indisponibilidad de la unidad. Ref. Numerales 4.1.2.1.1, 6.8 [21].

**HIPS. Horas de Indisponibilidad Programada en Sincronismo.** Tiempo en el que la unidad está sincronizada en prueba antes, durante o luego de haber sido sometida a una intervención o verificación programada, o como una prueba específica, siendo en los dos casos declarados dentro del Plan Anual de Mantenimientos vigente. Ref. Numerales 4.1.2.1.1, 6.8 [21].

**HIPX. Horas de Indisponibilidad Programada Extendida.** Cuando el tiempo proyectado de Indisponibilidad Programada requiere ampliarse más allá de lo previamente consignado al CENACE. Según el numeral 4.1.2.1.2 de la norma, este tiempo se clasifica como una salida no planificada clase 1 por lo que debe ser considerado dentro de los índices asociados a indisponibilidades forzadas de la unidad. Ref. Numerales 4.1.2.1.2, 6.8 [21].

**HIPSX. Horas de Indisponibilidad Programada Extendida en Sincronismo.** Cuando la unidad se encuentra dentro del periodo de Indisponibilidad Programada Extendida y requiere ser sincronizada en prueba para una verificación. Según el numeral 4.1.2.1.2 de la norma, este tiempo se clasifica como una salida no planificada Clase 1 por lo que debe ser considerado dentro de los índices asociados a indisponibilidades forzadas de la unidad. Ref. Numeral 4.1.2.1.2, 6.8 [21].

### **1.2.3.2 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD NO PROGRAMADA.**

Estas categorías se asocian a una indisponibilidad de unidad que son clasificadas en función de lo especificado en los numerales 4.1.2.2 y 6.9 de la norma IEEE Std. 762-2006. Siendo estas:

#### **1.2.3.2.1 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD FORZADA NO PROGRAMADA.**

Estas categorías se asocian a una indisponibilidad de unidad que no puede diferirse su inicio más allá del final del próximo fin de semana y son clasificadas en función de lo especificado en los numerales 4.1.2.2.1 y 6.10 de la norma IEEE Std. 762-2006. Siendo estas:

**HIF0. Horas de Indisponibilidad Forzada no Programada por falla en el arranque (Clase 0).** Tiempo indisponible de la unidad luego de una falla en

el arranque siempre que durante este tiempo no haya sido intervenido por mantenimiento ningún sistema de la unidad. Además se incluyen los tiempos que sobrepasen a la inflexibilidad declarada al CENACE como tiempo de arranque y siempre que el CENACE considere necesario registrar como incumplimiento a esta declaración. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.1, 6.10 [21].

**HIF1. Horas de Indisponibilidad Inmediata Forzada no Programada (Clase 1).** Tiempo indisponible de la unidad luego de un disparo de unidad o salida emergente de sincronismo y siempre que durante este tiempo no haya sido intervenido por mantenimiento ningún sistema de la unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.2, 6.10. [21]

**HIF1M. Horas de Indisponibilidad Inmediata Forzada no Programada en Mantenimiento (Clase 1).** Tiempo indisponible de la unidad que inicia luego de haberse detectado, durante los tiempos HIF0 o HIF1, la necesidad de intervención por mantenimiento en los sistemas de unidad. Este tiempo también aplica a problemas detectados cuando la unidad está en reposo y que requieren la intervención inmediata del personal con la consecuente declaración de indisponibilidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.2, 6.10 [21]

**HIF1S. Horas de Indisponibilidad Inmediata Forzada no Programada en Sincronismo (Clase 1).** Tiempo en el que la unidad está sincronizada en prueba antes, durante o luego de ser sometida, de manera inmediata, a una intervención o verificación Clase 1 en los sistemas de unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.2, 6.10 [21]

**HIF2. Horas de Indisponibilidad Retrasada Forzada no Programada (Clase 2).** Tiempo indisponible de la unidad en donde se requiere una intervención de mantenimiento en los sistemas de la unidad y que deberá iniciarse dentro de las 6 horas posteriores a su localización. Esta salida no requiere la remoción inmediata del sincronismo de unidad pero si su salida dentro de las 6 horas. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.3, 6.10 [21].

**HIF2S. Horas de Indisponibilidad Retrasada Forzada no Programada en Sincronismo (Clase 2).** Tiempo en el que la unidad esta sincronizada en



prueba antes, durante o luego de haber sido sometido a una intervención Clase 2 en los sistemas de unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.3, 6.10 [21].

**HIF3. Horas de Indisponibilidad Pospuesta Forzada no Programada (Clase 3).** Tiempo indisponible de la unidad en donde se requiere una intervención de mantenimiento en los sistemas de la unidad que puede ser pospuesta y que deberá iniciarse entre las 6 horas posteriores a su localización pero antes del final de la Semana Operativa comprometida al CENACE con la entrega de la Programación Semanal en función de lo establecido en la Regulación CONELEC No. 006/00, numeral 4.5.3.1. Esta salida no requiere la remoción inmediata del sincronismo de unidad pero si su salida en el período comprendido a las 6 horas posteriores a su identificación hasta antes del final del siguiente fin de semana. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.4, 6.10 [21].

**HIF3S. Horas de Indisponibilidad Retrasada Forzada no Programada en Sincronismo (Clase 3).** Tiempo en el que la unidad está sincronizada en prueba antes, durante o luego de haber sido sometido a una intervención Clase 3 en los sistemas de unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.1.4, 6.10 [21].

#### **1.2.3.2.2 TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD EN MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO.**

Estas categorías se asocian a una indisponibilidad de unidad que puede aplazarse más allá del final de la Semana Operativa comprometida al CENACE con la entrega de la Programación Semanal pero que debe ser efectiva antes de la siguiente indisponibilidad programada en el Plan Anual de Mantenimientos vigente y son clasificadas en función de lo especificado en los numerales 4.1.2.2.2 y 6.11 de la norma IEEE Std. 762-2006. Siendo estas:

**HIM. Horas de Indisponibilidad en Mantenimiento No Programado.** Tiempo en el que cualquiera de los sistemas de la unidad están sometidos a una intervención que No ha sido programada en el Plan Anual de Mantenimientos vigente y que deriven en la indisponibilidad de la unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.2.1, 6.11 [21].

**HIMS. Horas de Indisponibilidad en Sincronismo en Mantenimiento No Programado.** Tiempo en el que la unidad requiere ser sincronizada en

prueba antes, durante o luego de haber sido sometido a una intervención o verificación, o como una prueba específica, y que No se encuentra programada dentro del Plan Anual de Mantenimientos vigente. Ref. Numerales 4.1.2.2.21, 6.11 [21].

***HIMX. Horas de Indisponibilidad en Mantenimiento No Programado Extendido.*** Cuando el tiempo proyectado de Indisponibilidad requiere ampliarse más allá de lo previamente consignado al CENACE. Según el numeral 4.1.2.2.2.2 de la norma, este tiempo se clasifica como una salida no planificada Clase 1 por lo que debe ser considerado dentro de los índices asociados a indisponibilidades forzadas de la unidad. Ref. Numerales 4.1.2.2.2.2, 6.11 [21].

***HIMSX. Horas de Indisponibilidad en Mantenimiento No Programado Extendido en Sincronismo.***

Cuando la unidad se encuentra dentro del periodo de Indisponibilidad Extendida y requiere ser sincronizada en prueba para una verificación No programada dentro del Plan Anual de Mantenimientos vigente. Según el numeral 4.1.2.2.2.2 de la norma, este tiempo se clasifica como una salida no planificada Clase 1 por lo que debe ser considerado dentro de los índices asociados a indisponibilidades forzadas de la unidad. Ref. Numeral 4.1.2.2.2.2, 6.11 [21]

#### **1.2.4 OTRAS CATEGORIAS**

A veces, las unidades de generación no pueden entregar la potencia requerida por el sistema debido a problemas no relacionados al equipamiento de la unidad o Central como son fallas en equipamiento que no pertenezca a la unidad o en los equipos del sistema de transmisión, huelgas, catástrofes naturales, etc. los que se detallan de mejor manera en el Anexo D de la norma IEE Std 762-2006. Para estos casos se ha creado las siguientes categorías.

***HIA. Horas de Indisponibilidad por Causas Aisladas a la unidad.*** Tiempo en el que la unidad se encuentra indisponible debido a problemas presentados en los sistemas o equipamientos no relacionados a la unidad pero que pertenecen a la Central de Generación. Ref. Numeral 4.2, 6.3 [21].

*Nota: Este tiempo se lo considerará para la determinación de los índices de disponibilidad pero no para los índices de tasa de salida forzada y confiabilidad.*

**HIE. Horas de Indisponibilidad por Causas Externas.** Tiempo en el que la unidad se encuentra indisponible debido a las causas descritas en el Anexo D de la norma IEE Std 762-2006 [21].

## 1.2.5 ÍNDICES A PARTIR DE LOS REGISTROS DE CATEGORÍAS DE TIEMPOS

### 1.2.5.1 ÍNDICES DE CELEC EP - HIDROPAUTE

#### 1.2.5.1.1 Disponibilidad de unidad. Ref. Numeral 8.6

$$DISP[\%] = \frac{HORAS DISPONIBLES}{HORAS PERIODO} \times 100\% \quad (27)$$

$$DISP[\%] = \frac{HR + HRR + HS + HSR}{HORAS PERIODO} \times 100\% \quad (28)$$

#### 1.2.5.1.2 Disponibilidad Central Molino. Ref. Numeral 10.6

$$DISP_{mo}[\%] = \frac{1}{1075} \times [100 \times [DISP_{U1} + \dots + DISP_{U5}] + 115 \times [DISP_{U6} + \dots + DISP_{U10}]] \times 100\% \quad (29)$$

#### 1.2.5.1.3 Disponibilidad Central Mazar. Ref. Numeral 10.6

$$DISP_{ma}[\%] = \frac{DISP_{U1} + DISP_{U2}}{2} \times 100\% \quad (30)$$

#### 1.2.5.1.4 Tasa de Salida Forzada de Unidad. Ref. Numeral 8.16

Para este índice se determina las Horas que la unidad estuvo indisponible de manera forzada en función de las clases 0, 1, 2, 3 que se especifica en la norma. Esto es:

$$FOR[\%] = \frac{HORAS INDISPONIBLES FORZADAS CLASE 0,1,2,3}{HORAS INDISPONIBLES FORZADAS CLASE 0,1,2,3+HORAS EN SERVICIOS} \times 100\% \quad (31)$$

$$FOR[\%] = \frac{HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIMX + HIMSX + HIPX + HIPSX}{HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIMX + HIMSX + HIPX + HIPSX + HS + HSR} \times 100\% \quad (32)$$

### 1.2.5.1.5 Tasa de Salida Forzada de Planta. Ref. Numeral 8.16

Para este índice se determina las Horas que la unidad estuvo indisponible de manera forzada en función de las clases 0, 1, 2, 3 que se especifica en la norma. Esto es:

$$FOR_p[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n [HORAS INDISPONIBLES FORZADAS CLASE 0,1,2,3]}{\sum_{i=1}^n [HORAS INDISPONIBLES FORZADAS CLASE 0,1,2,3 + HORAS EN SERVICIOS]} \times 100\% \quad (33)$$

$$FOR_p[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n [HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIMX + HIMSX + HIPX + HIPSX + HIA]}{\sum_{i=1}^n [HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIMX + HIMSX + HIPX + HIPSX + HIA + HS + HSR]} \times 100\% \quad (34)$$

Donde n es el número de unidades de la Central.

## 1.2.5.2 INDICES DE CELEC – EP MATRIZ

### 1.2.5.2.1 Confiabilidad de Unidad

La disposición de Matriz establece:

$$IC[\%] = \left[ \frac{(HP - HM_{PROG}) - (HFFI + HM_{COR FOR EMERG})}{(HP - HM_{PROG})} \right] \times 100\% \quad (35)$$

Donde:

HP: Horas del Periodo

HM<sub>PROG</sub>: Horas de Mantenimiento Programado

HFFI: Horas Fuera de Servicio por Fallas Internas, incluye Horas de Indisponibilidad Forzada por Disparo y Falla en el Arranque.

HM<sub>COR FOR EMERG</sub>: Horas Fuera de Servicio por Mantenimiento Correctivo/Forzado/Emergente.

En base a esta expresión y tomando las categorías de tiempos indicadas anteriormente, la expresión sería.

$$IC[\%] = \left[ 1 - \frac{HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIM + HIMS + HIMX + HIMSX}{(HORAS PERIODO - HIP - HIPS)} \right] \times 100\% \quad (36)$$

$$IC[\%] = 1 - FOR \quad (37)$$

### 1.2.5.2.2 Confiabilidad de Planta.

$$ICp[\%] = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (HIFO + HIF1 + HIF1M + HIF1S + HIF2 + HIF2S + HIF3 + HIF3S + HIM + HIMS + HIMX + HIMSX)}{\sum_{i=1}^n (HORAS PERIODO - HIP - HIPS)} \right] \times 100\% \quad (38)$$

## 1.2.6 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN

En una red eléctrica, cada uno de sus elementos es reemplazable o reparable al momento de fallar, dependiendo de la naturaleza del elemento. De esta manera se establece una condición de operación normal del sistema eléctrico. Así entonces, el sistema es continuo en el tiempo, con estados discretos finitos, con lo que se ajusta muy bien a una representación mediante los procesos continuos de Markov. [22] Los componentes de una unidad generadora se ven sometidos a fallas o salidas de servicio intempestivas, lo que en algunos casos puede significar la desconexión de uno o más generadores del SNI.

Evaluar la tan mencionada confiabilidad de una unidad generadora; tiene como objetivo principal establecer índices que reflejen la calidad de servicio que presenta dicha unidad hacia Mazar y Molino; además sirven para valorar la adecuación del sistema de acuerdo a su comportamiento pasado (historial). Sin embargo, en el planeamiento del sistema es de interés predecir los índices futuros de la unidad generadora.

Existen dos clases de métodos para evaluar la confiabilidad de los sistemas:

**Métodos de Simulación Estocástica;** de los cuales el más conocido es el Método de Montecarlo.

**Métodos de Análisis;** entre los cuales se tienen los Procesos continuos de Markov, los de Redes y sus aproximaciones.

## EL METODO DE MARKOV

La mayoría de los métodos analíticos están basados en los procesos de Markov; a continuación se presentará un análisis de los procesos Markovianos como fundamento para las definiciones básicas de confiabilidad de Sistemas Eléctricos.

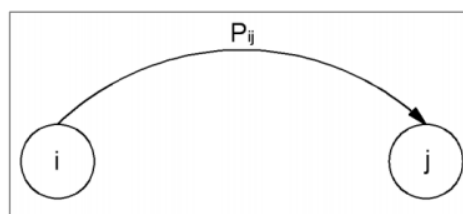
Un proceso Markoviano es un tipo especial de proceso estocástico en tiempo discreto, en el que una variable aleatoria  $X_n$  va cambiando con el paso del tiempo. Las cadenas de Markov tienen la propiedad de que la probabilidad de que  $X_n = j$  sólo depende del estado inmediatamente anterior del sistema  $X_{n-1}$ . Por lo tanto las cadenas de este tipo tienen memoria "Recuerdan" el último evento condicionando las posibilidades de los eventos futuros. [23]

La probabilidad de la variable aleatoria al tiempo  $t_N$  depende solamente del valor de la variable aleatoria al tiempo  $t_N - 1$  y no de lo que haya ocurrido antes.

El paso de un estado a otro está gobernado por un mecanismo de probabilidad  $P_{ij}$  que es la probabilidad de ir a un estado  $j$  dado que esté en un estado  $i$ , estas probabilidades deben satisfacer:

$$P_{ij} \geq 0 \quad i = 1,2,3, \dots, N \quad j = 1,2, \dots, N$$

Un proceso Markoviano está caracterizado por ser estacionario, es decir, por tener una  $P_{ij}$  constante (independiente del tiempo o del número de transiciones ocurridas). [3]



**Fig. 13. Probabilidad de ir a un estado  $j$  dado que esté en un estado  $i$ . [3]**

Si  $P_{ij}$  no es constante el proceso no es estacionario y por lo tanto no Markoviano.

### 1.2.6.1 MATRIZ ALEATORIA DE TRANSICIÓN

Es posible definir una matriz de transición con los términos  $P_{ii}$ ,  $P_{ij}$ ,  $P_{jj}$  y  $P_{ji}$  de la siguiente forma:

$$P_{transicion} = \begin{array}{|c|c|} \hline P_{ii} & P_{ij} \\ \hline P_{jj} & P_{ji} \\ \hline \end{array}$$

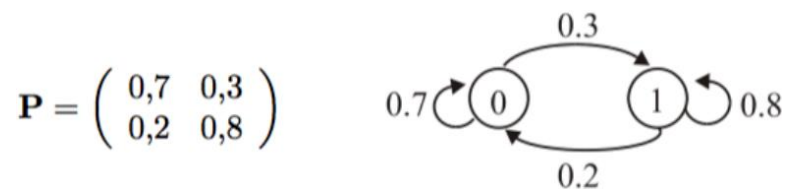
En la cual se debe cumplir:

$$\sum \text{fila} = 1$$

Para calcular la probabilidad de que el sistema se encuentre en cualquier estado luego de  $n$  pasos simplemente se calcula:

$$P^n = P \times P \times P \times \dots \times P$$

#### Ejemplo 9:



**Fig. 14. Gráfico Ilustrativo y Matriz de Transición Ejemplo 9. [24]**

Interpretando la figura 9 tenemos:

$$P_{ii} = 0,7 \qquad P_{ij} = 0,3 \qquad P_{jj} = 0,2 \qquad P_{ji} = 0,8$$

$$P^1 = \begin{bmatrix} P_{ii} & P_{ij} \\ P_{jj} & P_{ji} \end{bmatrix}$$

$$P^1 = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,2 & 0,8 \end{bmatrix}$$

Para encontrar la probabilidad después de 2 pasos se calcula de la siguiente forma:

$$P^2 = P \times P$$

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,2 & 0,8 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,7 & 0,3 \\ 0,2 & 0,8 \end{bmatrix}$$

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0,49 + 0,06 & 0,21 + 0,24 \\ 0,14 + 0,16 & 0,06 + 0,64 \end{bmatrix}$$

$$P^2 = \begin{bmatrix} 0,55 & 0,45 \\ 0,3 & 0,7 \end{bmatrix} \rightarrow \sum 1$$

La sumatoria de  $0,55+0,45=1$  y  $0,3+0,7=1$  por tanto se cumple  $\sum 1$

- 0,55 es la probabilidad de encontrarse en el estado 1 habiendo partido del estado 1 luego de 2 pasos.
- 0,45 es la probabilidad de encontrarse en el estado 2 habiendo partido del estado 1 luego de 2 pasos.
- 0,3 es la probabilidad de encontrarse en el estado 1 habiendo partido del estado 2 luego de 2 pasos.
- 0,7 es la probabilidad de encontrarse en el estado 2 habiendo partido del estado 2 luego de 2 pasos.

### 1.2.6.2 PROCESOS DE MARKOV CONTINUOS EN EL TIEMPO

Una componente trabajando durante su vida útil con una tasa de fallas  $\lambda$  constante, está caracterizada por una densidad probabilística de falla del tipo exponencial:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (39)$$

La probabilidad de que el sistema no falle durante un intervalo de tiempo  $\Delta_t$  dado que ha vivido un tiempo  $T$  es constante, es decir, independiente de la historia operacional del componente. [3]

#### 1.2.6.2.1 PROCESO DE FALLA Y NO FALLA

Un proceso de *falla y no falla* es una cadena de Markov a tiempo continuo con espacio de estados  $\{0,1, \dots\}$  tal que en cada salto la cadena



únicamente puede brincar una unidad hacia arriba o una unidad hacia abajo. Un salto hacia arriba se interpreta como una no falla, mientras que un salto hacia abajo representa una falla. [25]

A continuación se analizan las diferentes probabilidades de “Falla” y “No Falla” que se presenta en el sistema:

Probabilidad de que el sistema “Falle” en el intervalo  $T$ :

$$P(\text{falla en int. } T) = \int_0^T \lambda e^{-\lambda t} dt = 1 - e^{-\lambda T} \quad (40)$$

$$Q(T) = 1 - e^{-\lambda T} \quad \text{No confiable} \quad (41)$$

Probabilidad de que el sistema “No Falle” en el intervalo  $T$ :

$$1 - Q(T) = R(T) \quad (42)$$

$$R(T) = e^{-\lambda T} \quad \text{Confiable} \quad (43)$$

Probabilidad de que el sistema “Falle” en el intervalo  $\Delta T$  dado que “Sobrevivió” en el intervalo  $T$ :

$$\begin{aligned} P(\text{falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) \\ = \frac{P(\text{sobreviva } T \text{ y falle en } \Delta T)}{P(\text{sobreviva } T)} \end{aligned} \quad (44)$$

$$P(\text{falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) = \frac{\int_T^{T+\Delta T} \lambda e^{-\lambda t} dt}{\int_T^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt} \quad (45)$$

$$P(\text{falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) = \frac{e^{-\lambda T} - e^{-\lambda(T+\Delta T)}}{e^{-\lambda T}} \quad (46)$$

$$(\text{falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) = 1 - e^{-\lambda \Delta T} \quad (47)$$

Probabilidad de que el sistema “No Falle” en el intervalo  $\Delta T$  dado que “Sobrevivió” en el intervalo  $T$ :

$$P(\text{no falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) = 1 - (1 - e^{-\lambda \Delta T}) \quad (48)$$

$$P(\text{no falle en int. } \Delta T | \text{sobrevivio el int. } T) = e^{-\lambda \Delta T} \quad (49)$$

Si la probabilidad de fallar (o de no fallar) es constante durante la vida útil para iguales periodos de tiempo, independientemente del tiempo vivido, se está en presencia de un proceso sin memoria.

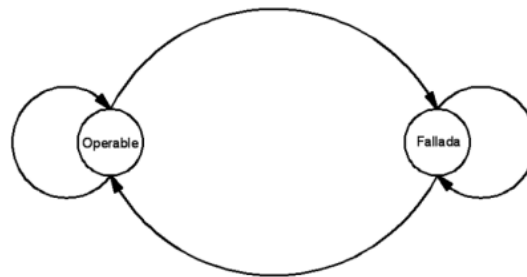
Si la componente en cuestión es operable y reparable, y está caracterizada por densidades exponenciales para los tiempos de operación y reparación, es decir:

$$\text{Densidad de falla} = \lambda e^{-\lambda t}: \lambda = \text{constante}$$

$$\text{Densidad de reparación} = \mu e^{-\mu t}: \mu = \text{constante}$$

se puede definir dos estados para la componente:

“OPERABLE” y “FALLADA” con las correspondientes probabilidades de transición en un intervalo de tiempo  $dt$ .



**Fig. 15. Momento Operable y Falla. [3]**

Considerando un intervalo de tiempo  $dt$  tan pequeño como se quiera (para evitar la ocurrencia de más de un evento en él), se obtiene que durante la componente pueda:

Permanecer operable si estaba operable.

Fallar si estaba operable.

Entrar a operar si estaba fallada.

Permanecer fallada si estaba fallada.

Las probabilidades de transición para un intervalo de tiempo  $dt$  utilizando la densidad de falla pueden ser representadas como:

$$P(\text{falla en } dt | \text{sobrevivió hasta entonces}) = 1 - e^{-\lambda T} \cong \lambda dt$$

$$P(\text{no falla en } dt | \text{sobrevivió hasta entonces}) = e^{-\lambda T} \cong 1 - \lambda dt$$

De la misma manera, aplicando lo mismo para la densidad de reparación obtenemos:

Probabilidad de que el sistema “Sea Reparado” en el intervalo  $T$ :

$$P(\text{sea reparado en el intervalo } T) = \int_0^T \mu e^{-\mu t} dt$$

$$P(\text{sea reparado en el intervalo } T) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$1 - e^{-\mu t} = \text{Mantenibilidad}$$

Probabilidad de que el sistema “No Sea Reparado” en el intervalo  $T$ :

$$P(\text{no sea reparado en el intervalo } T) = e^{-\mu t}$$

Similarmente con el caso de “Falla” se deduce:

$$P(\text{ser reparado en } dt | \text{permaneci6fallada}) = 1 - e^{-\mu dt} \cong \mu dt$$

$$P(\text{no ser reparado en } dt | \text{permaneci6fallada}) = e^{-\mu dt} \cong 1 - \mu dt$$

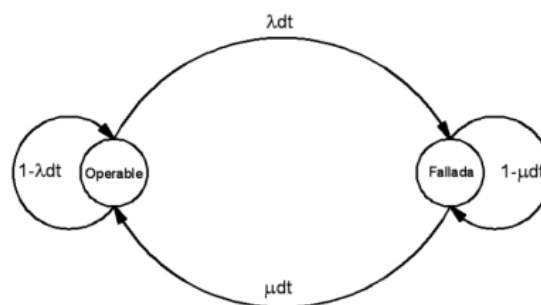
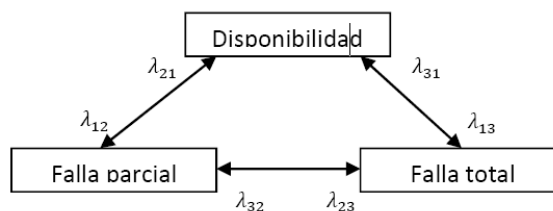


Fig. 16. Probabilidades de transacción para el intervalo de tiempo  $dt$  [3]

### 1.2.7 MODELO DE MÚLTIPLES ESTADOS PARA UNIDADES BASE

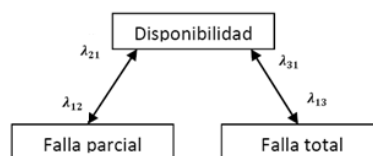
Aquellas unidades generadoras base en donde se presentan fallas que no representan severidad suficiente para producir una salida de servicio total, serán descritas mediante un número suficiente de estados para describir su comportamiento. A estas fallas se les conoce como "fallas parciales".

En el caso más simple, una falla parcial representa un estado adicional entre operación y reparación del generador, y este sería el funcionamiento a potencia reducida, tomando en cuenta que aún con problemas la unidad seguirá prestando el servicio para suplir la demanda.



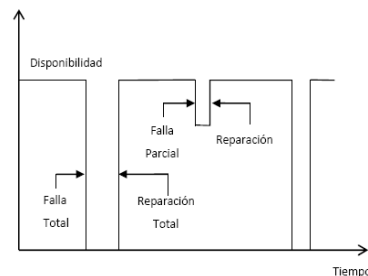
**Fig. 17. Modelo de tres estados para unidades generadoras base con falla parcial. [14]**

En la figura 17 se muestran las tasas de transiciones que conectan todos los estados, en donde  $\lambda_{ij}$  representa la transición desde el estado  $i$  al estado  $j$ . Es importante tomar en cuenta que en casos reales de comportamiento de componentes, el mantenimiento de la unidad en falla parcial se efectúa de tal manera que la unidad regrese a su total disponibilidad, lo cual dificulta la obtención de la transición entre falla parcial y falla total, dando como resultado la eliminación de ésta, con esta suposición el espacio de estados del generador se asume como se muestra en la figura 18.



**Fig. 18. Modelo de representación de unidad generadora base con dos estados sin transición entre fallas. [14]**

En la obtención de la secuencia operativa de la unidad generadora descrita por este modelo, se toma en cuenta que el estado de residencia inicial es de disponibilidad, teniendo dos opciones posibles para realizar la transición, ya sea la ocurrencia de una falla total o una falla parcial. Para realizar el cambio se deben de tener en cuenta los dos tiempos que llevan hacia ambas fallas muestrados, y luego se tomará el mínimo de estos como el siguiente evento en el ciclo de funcionamiento. Una vez conocido el siguiente evento la opción se reduce a una transición, debido a la simplificación realizada, por lo que la generación aleatoria del tiempo de reparación dicta el próximo suceso en la secuencia. La figura 19 representa una secuencia operativa de un componente en general.



**Fig. 19. Secuencia operativa de una unidad generadora con fallas parciales. [14]**

Esta técnica de simulación para unidades con múltiples estados es general para la cantidad de estados que describan al generador, el único requisito es obtener la distribución de probabilidades de cada uno de los tiempos de transición del estado de disponibilidad a falla y su respectivo tiempo de reparación.

## 1.2.8 MÉTODO MONTE CARLO

### 1.2.8.1 INTRODUCCIÓN

El método de Montecarlo es un método no determinístico o estadístico numérico usado para aproximar expresiones matemáticas complejas y costosas de evaluar con exactitud. El método se llamó así en referencia al Casino de Montecarlo (Principado de Mónaco) por ser “la capital del juego de azar”, al ser la ruleta un generador simple de números aleatorios. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Montecarlo datan

aproximadamente de 1944 y se mejoraron enormemente con el desarrollo de la computadora. [26] .

Este método es una herramienta muy poderosa, con la cual se es capaz de desarrollar modelos de evaluación de sistemas complejos, debido a su flexibilidad con respecto a los parámetros de operación que se simulan.

La simulación de Monte Carlo es usada tanto para procesos que funcionan al azar como para problemas determinísticos. El método proporciona estimaciones de los resultados reales del proceso o problema a resolver, esto debido a su naturaleza estocástica. El método realiza mediante modelos matemáticos y la realización de experimentos con distintos escenarios creados por la aleatoriedad misma del sistema, la imitación del proceso evaluado, con el fin de estimar los parámetros del comportamiento del proceso real.

Una de las ventajas de este método radica en que permite utilizar cualquier tipo de distribución de probabilidad para los tiempos de indisponibilidad y falla de los componentes. [14]

Dentro del método Monte Carlo existen dos versiones:

1. Método de Montecarlo “Secuencial”.- Simula cronológicamente cada hora del año y el estado actual depende de los estados anteriores, es decir, es un sistema con memoria.

2. Método de Montecarlo “No Secuencial”.- Simula aleatoriamente todas las horas del año y el estado actual no depende del anterior, es decir, es un sistema sin memoria. [27]

La simulación es un proceso iterativo en el cual se observa para un periodo de tiempo de interés, los estados operativos que aparecen en el circuito primario debido a los eventos aleatorios de salida y restauración de los componentes. En cada estado operativo se determinan los puntos de falla afectados por la salida de un componente dado. [3]

### 1.2.8.2 SIMULACIÓN DE MONTECARLO

Está basado en la generación de números aleatorios y el procedimiento es simular el comportamiento aleatorio del sistema para obtener en forma artificial los índices de confiabilidad de los puntos de falla.

La simulación de Monte Carlo es usada tanto para procesos que funcionan al azar como para problemas determinísticos. El método proporciona estimaciones de los resultados reales del proceso o problema a resolver, esto debido a su naturaleza estocástica. El método se realiza mediante modelos matemáticos y la realización de experimentos con distintos escenarios creados por la aleatoriedad misma del sistema, la imitación del proceso evaluado, con el fin de estimar los parámetros del comportamiento del proceso real. Cabe mencionar que un conocimiento profundo de las características del objeto a evaluar hará que los resultados obtenidos de la simulación reflejen de mejor manera la realidad.

En la evaluación de la confiabilidad en sistemas de potencia el método de simulaciones de Monte Carlo es uno de los más utilizados por analistas y planificadores, debido a que se pueden representar las complejas condiciones de operación y el gran número de variables y estados que se presentan en el comportamiento de los sistemas de potencia. En estas condiciones, que son fuentes de incertidumbre en la simulación, se incluye, equipos existentes, mantenimientos programados y no programados y capacidad disponible.

Las simulaciones de Monte Carlo para analizar la confiabilidad de sistemas de potencia evalúan la naturaleza aleatoria de éste, tomando en cuenta que la operación específica de los componentes que lo integran viene definida por un patrón de comportamiento, el cual se caracteriza por la cantidad de parámetros que influyen en su estado, por ejemplo las fallas en componentes, los tiempos entre fallas, entre otros. La simulación se realiza usando números aleatorios y convirtiéndolos en funciones de densidad de probabilidad, luego con la observación de una gran cantidad de experimentos, describir el patrón de comportamiento en los componentes y variables consideradas, además de estimar valores esperados de los índices de

confiabilidad, y de ser necesario, la obtención de la distribución de probabilidad de estos indicadores.

El método de Monte Carlo, en la realización de una gran cantidad de experimentos, el que se obtengan en la simulación la mayor cantidad de muestras como sea posible no significa que el error será menor. Dado esta limitante los métodos de simulación se tratan con un intervalo de confianza, el cual aumenta a medida el número de muestras crece.

En estas simulaciones, al realizarse una gran cantidad de experimentos para evaluar el caso de estudio, hace necesario un criterio de paro para asegurar su nivel de exactitud o nivel de confianza. El coeficiente de variación de los parámetros o índices estimados es la regla más utilizada, dependiendo de la velocidad de convergencia de cada uno de los índices, se debe de elegir aquel que tenga la menor para asegurar una buena exactitud.

En resumen, las Simulaciones de Monte Carlo poseen múltiples ventajas ante otras opciones de evaluación, como la analítica, tales como:

Toma en cuenta factores y partes del proceso que en otros métodos deben de aproximarse para incluirse dentro del estudio.

La precisión de la simulación de Monte Carlo es determinada por los factores probabilísticos y el número de muestras requeridas, lo que hace que el método sea independiente del tamaño del sistema, lo que lo hace apropiado para sistemas de gran escala.

Las simulaciones pueden fácilmente adecuarse a cualquier distribución de probabilidad referida al funcionamiento de los componentes, a diferencia de los demás métodos que solo dependen de probabilidades individuales.

Además de calcular índices de confiabilidad, es posible obtener la distribución de probabilidad de estos.

Factores de naturaleza distinta a la eléctrica pueden incluirse dentro de la simulación, siendo esto ventajoso para el análisis de sistemas de potencia, los cuales se ven claramente afectados por factores externos a él, como la hidrología y las fuentes de incertidumbre antes mencionadas.



Estas ventajas son características de todos los métodos de simulación de Monte Carlo. [14]

#### **1.2.8.2.1 Clasificación de los Métodos De Simulación**

Los métodos de simulación de Monte Carlo para evaluar la confiabilidad en sistemas de potencia son clasificados en secuenciales y no-secuenciales, lo cual se ve influenciado por la consideración de la cronología en la implementación del procedimiento.

En el método no-secuencial se simula el comportamiento del sistema mediante la elección de los intervalos a evaluar aleatoriamente, esto implica la pérdida de la cronología de los eventos en el sistema. El método secuencial simula la cronología del sistema, teniendo en cuenta el orden temporal de los eventos evaluados.

La elección de un método de simulación depende del objetivo del análisis y del tipo de efectos que se deseen evaluar. En el caso de la evaluación de sistemas donde la dependencia entre componentes en una base temporal sea despreciable, el método no-secuencial tendría ventajas en cuanto a recursos computacionales y facilidad en el modelado del sistema. Para sistemas donde un periodo de tiempo evaluado tiene repercusiones en el siguiente periodo, del método no-secuencial se obtendrían resultados erróneos y se opta por el uso del método secuencial. Dentro de este caso de dependencia cronológica se encuentran la evaluación de centrales hidroeléctricas, en donde el uso del recurso hídrico en un periodo de tiempo afectara el siguiente o el caso de la cantidad de lluvia y los influjos en el aprovechamiento hidroeléctrico, y el caso de la evaluación de cada punto de demanda pronosticada.

##### **1.2.8.2.1.1 Simulación de Monte Carlo No-Secuencial**

Esta simulación se basa en el concepto que el estado de operación de un conjunto de componentes depende del estado de cada una de las variables que lo constituyen. En el caso de la evaluación de confiabilidad del sistema de generación, depende de cada unidad generadora que lo compone. Esta simulación no-secuencial, también conocida como muestreo de estados,

considera tantas condiciones como la suma de los posibles factores que afecten la operación de cada componente.

Este método de simulación se basa en probabilidades de estado, ya que se muestrea el comportamiento del componente evaluado mediante la probabilidad de que este se encuentre en uno de los estados que pueda tomar. Con esto se forma el estado total y luego según el resultado se evalúa la operación del sistema con las condiciones de demanda a suplir.

El muestreo de estados no es exclusivamente para la operación del sistema de generación, sino que puede ser ocupado para muchos de los factores que afectan el comportamiento del sistema en una evaluación de confiabilidad. Es factible analizar mediante muestreo el nivel de demanda del sistema, el recurso primario de generación, entre otros factores.

Además este método no-secuencial se adapta fácilmente a distintas ventanas de tiempo. Lo anterior hace posible un ajuste hacia distintos periodos de evaluación, el cual trae ventajas a la evaluación, ya que facilita la observación temporal no necesariamente anual, ya que puede ser mensual, semanal, diaria o de cualquier lapso arbitrario de tiempo, por ejemplo si se desea analizar la confiabilidad del sistema en distintas épocas del año, en donde estas pueden variar entre lluviosas o secas, estudiar semanas que tengan una gran cantidad de generación indisponible a causa mantenimientos programados, entre otro tipo de evaluación de interés para la confiabilidad del sistema.

#### **1.2.8.2.1.2 Simulación de Monte Carlo Secuencial**

Este método implica tomar en orden cronológico los eventos en el periodo de tiempo evaluado, normalmente realizado en pasos horarios. Esta simulación también es conocida como muestreo de la duración de eventos, debido a la generación aleatoria de los tiempos de residencia en el estado actual del sistema o componente, luego de transcurrido ese tiempo se realiza la transición al siguiente estado. Lo anterior se logra mediante tasas de transición, sustituyendo las probabilidades de estado que se utilizan en el método no secuencial.

En este método se crean historiales artificiales de la secuencia de operación del componente analizado, que están basadas en las duraciones de los estados simulados. La secuencia de eventos es producto de la generación de números aleatorios, basados en las distribuciones de probabilidad de la duración de cada estado, donde cada número aleatorio representará el tiempo de duración de éste. Asumiendo que los tiempos de operación y reparación estén exponencialmente distribuidos, la generación de estos aleatoriamente requerirá del tiempo medio de falla MTTF (Mean Time To Failure) y tiempo medio de reparación MTTR (Mean Time To Repair), ambos dados en horas. Estos tiempos se obtienen del registro de funcionamiento de cada unidad generadora.

#### **1.2.8.2.1.2.1 Secuencia Operativa del Sistema de Generación**

Para obtener la secuencia operativa del sistema de generación en el método de simulación de Monte Carlo se realizan los siguientes pasos

1. *Especificar las condiciones iniciales de los componentes.* Para esto se asume que todos los componentes están disponibles al inicio de la simulación.

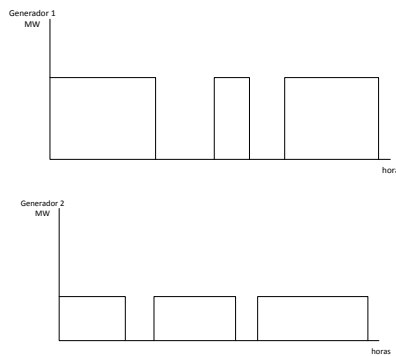
2. *Encontrar la duración de residencia de estados de cada componente,* con su distribución de probabilidad correspondiente. Se deben de tomar en cuenta todos los estados posibles, en el caso más general los estados de operación y reparación.

3. *Repetir el paso 2 para el periodo de tiempo a evaluar.* Con esto obtendríamos la secuencia de estados para un componente como se muestra en la figura 20.

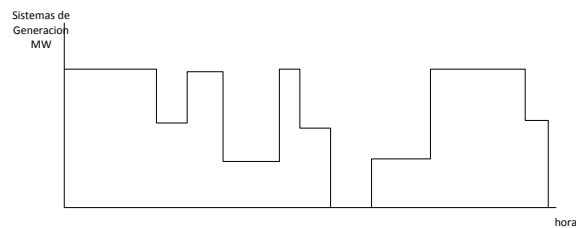
4. *Crear el historial de estados de todo el sistema,* esto sumando todas las secuencias de cada uno de los componentes del sistema como se muestra en la figura 21.

5. Se evalúa el comportamiento de cada estado del sistema para determinar si la demanda puede ser suministrada y se calculan los índices de confiabilidad. La secuencia operativa obtenida para el periodo evaluado sigue

la cronología de los eventos, para lo cual es necesaria una demanda que también siga la secuencia de eventos cronológicamente. [14]



**Fig. 20. Secuencia de operación y reparación de dos unidades generadoras. [14]**



**Fig. 21. Combinación de estados de todo el sistema de generación [14]**

## 1.3 PROCEDIMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN

### 1.3.1 PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN

El programa de simulación a forjar tendrá como objetivo realizar el análisis de confiabilidad para las unidades generadoras de CELEC EP-HIDROPAUTE. Los resultados obtenidos para cada unidad generadora pueden acumularse para hallar los índices globales del sistema.



**Fig. 22. Estructura del Programa. [3]**

- El programa solicita el número de meses y el número de iteraciones con el cual se desarrollara el estudio de las unidades de generación (Mazar-Molino), con los datos de los ANEXOS "C, D, F, G, H" de determinan los parámetros necesarios para la simulación en "VISUAL BASIC APPLICATION"; en el cual, se generara una hoja de Excel donde se receptaran los resultados de la misma.

### 1.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN

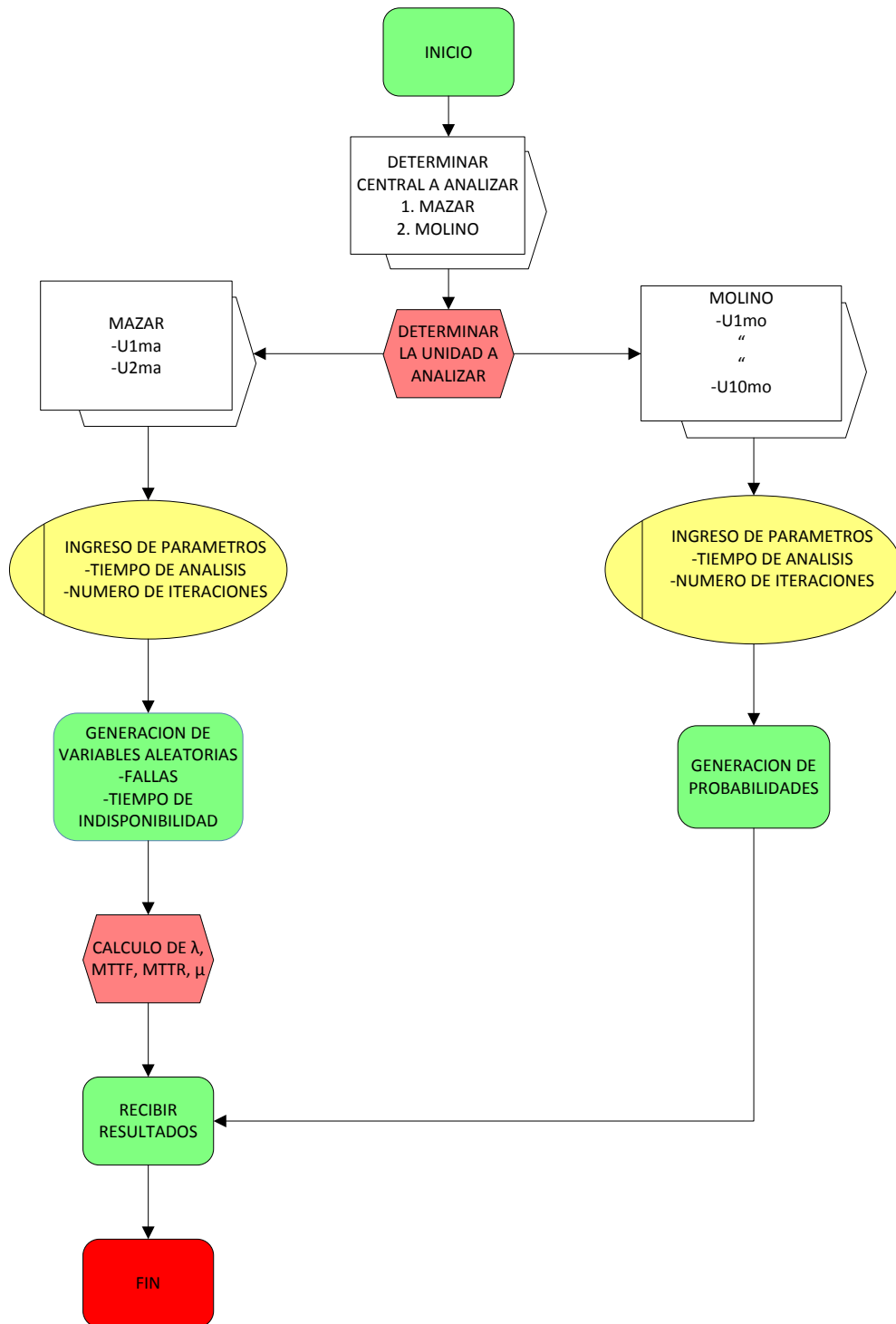


Fig. 23. Diagrama de Flujo para Simulación Montecarlo y Probabilidades.

### 1.3.1 VBA (VISUAL BASIC APPLICATION) Y LAS MACROS EN EXCEL

Visual Basic Application (VBA) es todo un ambiente de programación que fue pensado para crear soluciones personalizadas en Excel. A través del lenguaje de programación VBA tendremos acceso a todas las propiedades y funcionalidades de Excel de manera que podamos hacer prácticamente cualquier cosa desde nuestras *macros en Excel*.

En estricto sentido podríamos crear cualquier solución de Microsoft Office utilizando VBA ya sea Excel, Word, PowerPoint o inclusive Outlook. Cada una de las aplicaciones de Microsoft Office proporciona los medios adecuados para manipular y extender su funcionalidad a través de VBA.



**Fig. 24. Logo de Microsoft Excel & Visual Basic for Application.**

Con las macros lo que se pretende es automatizar varias tareas, procesos y fusionarlas en una sola, añadiendo por ejemplo un botón en nuestro libro que al pulsar sobre él realice todas esas tareas.

#### 1.3.1.1 MACROS

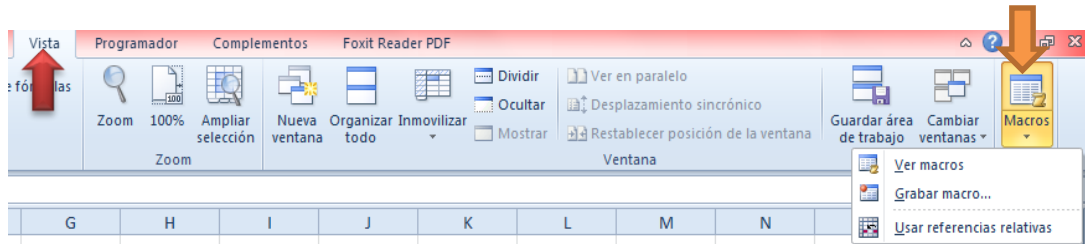
Conjunto de acciones realizadas en una hoja de cálculo que quedan grabadas en Excel de forma que simplemente haciendo clic en el menú Vista, Macro, Ejecutar macro, automáticamente se repite el proceso. Las macros en Excel también te ayudarán a crear funciones personalizadas que harán tareas que no son posibles realizar con las funciones predeterminadas de Excel y por lo tanto podrás realizar cálculos y operaciones con tus datos que de otra manera serían casi imposibles. Además, las macros en Excel te permitirán crear aplicaciones profesionales a la medida de tus necesidades.

##### 1.3.1.1.1 Crear una Macro Automáticamente.

Una forma fácil e intuitiva de crear macros es mediante el grabador de macros del que dispone Excel. Este grabador de macros permite grabar las

acciones deseadas que posteriormente las traduce a instrucciones en VBA (Visual Basic Application), las cuales podemos modificar posteriormente mediante lenguaje de programación.

Para grabar una macro debemos acceder a la pestaña **Vista** y despliega el submenú **Macros** y dentro de este submenú seleccionar la opción **Grabar macro**.

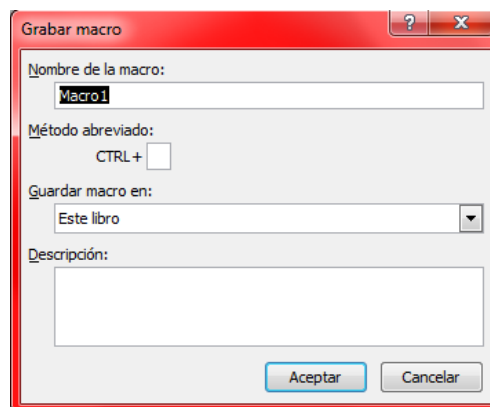


Además de esta opción en el submenú podemos encontrar las siguientes opciones:

**Ver Macros:** Donde accedemos a un listado de las macros creadas en ese libro.

**Usar referencias relativas:** Con esta opción utilizaremos referencias relativas para que las macros se graben con acciones relativas a la celda inicial seleccionada.

Al seleccionar la opción **Grabar macro**, lo primero que vemos es el cuadro de diálogo Grabar macro donde ponemos *Nombre de la macro* (no está permitido insertar espacios en blanco en el nombre de la macro).






Podemos asignarle un *Método abreviado*: mediante la combinación de las tecla CTRL + "una tecla del teclado". Debemos utilizar una combinación que no utilice ya Excel.

**Guardar macro en:** podemos seleccionar guardar la macro en el libro activo, en el libro de macros personal o en otro libro.



**Descripción:** podemos describir cuál es el cometido de la macro o cualquier otro dato que creamos conveniente.

Para comenzar la grabación de la macro pulsamos el botón Aceptar y a continuación, si nos fijamos en la barra de estado, encontraremos este botón



en la barra de estado  donde tenemos la opción de detener la grabación.

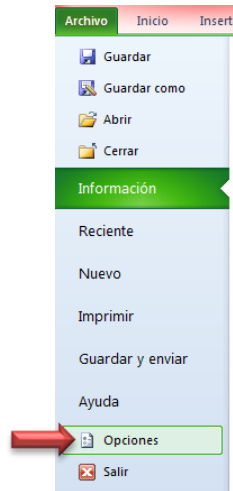
A partir de entonces debemos realizar las acciones que queramos grabar, es conveniente no seleccionar ninguna celda a partir de la grabación, ya que si seleccionamos alguna celda posteriormente, cuando ejecutemos la macro, la selección nos puede ocasionar problemas de celdas fuera de rango.

Una vez concluidas las acciones que queremos grabar, presionamos sobre el botón Detener  de la barra de estado, o accediendo al menú de Macros y haciendo clic en  **Detener grabación**.

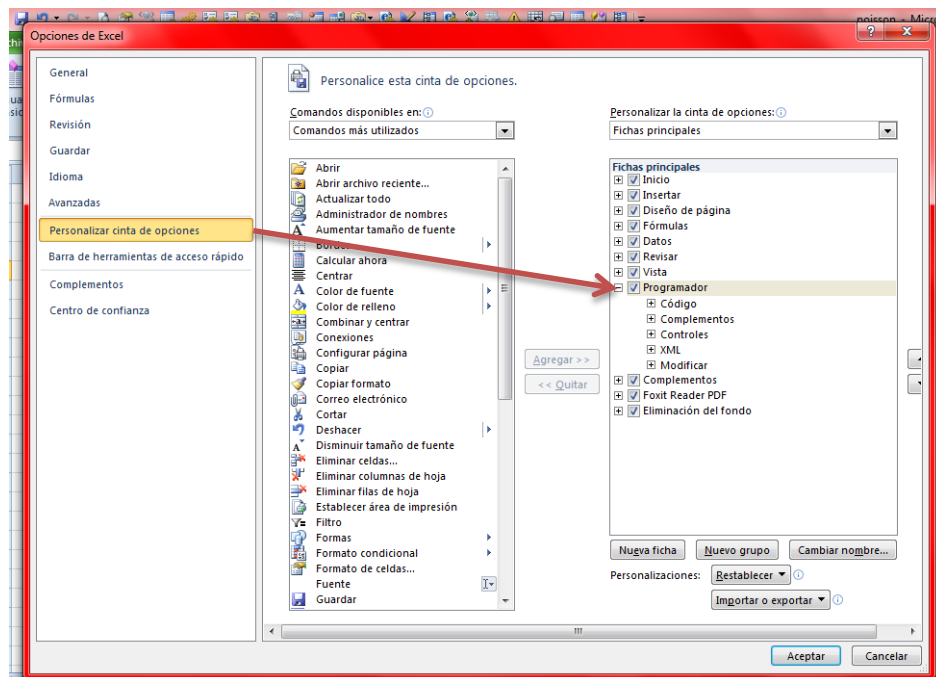
### 1.3.1.2 EDITOR DE VISUAL BASIC

Habilitar Pestaña Programador: Todas las aplicaciones de Office 2010 usan el cuadro de diálogo opciones de Excel. La pestaña **Programador** es una de las pestañas incluidas en el cuadro de diálogo opciones de Excel, donde se puede tener acceso al Editor de Visual Basic y a otras herramientas de programador. Debido a que Office 2010 no muestra la pestaña **Programador** de manera predeterminada, debe habilitarla mediante el siguiente procedimiento:

1. Hacer clic en **Archivo**, elija **Opciones** para abrir el cuadro de diálogo **Opciones de Excel**.

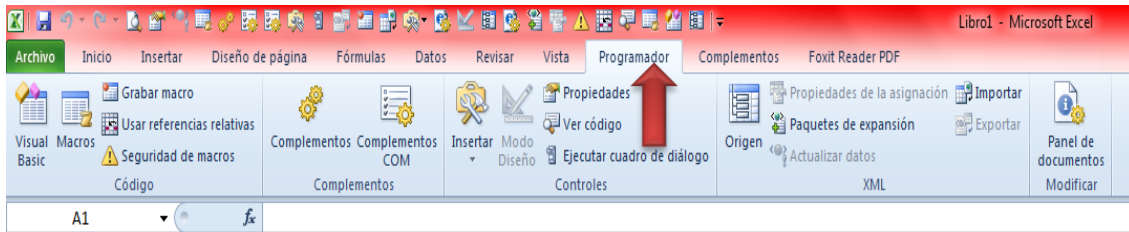


2. Haga clic en **Personalizar cinta de opciones** en el lado izquierdo del cuadro de diálogo.
3. En **Comandos disponibles en:** en el lado izquierdo del cuadro de diálogo, seleccione **Comandos más utilizados**.
4. En **Personalice esta cinta de opciones**, en el lado derecho del cuadro de diálogo, seleccione **Fichas principales** y, a continuación, active la casilla de verificación **Programador**.



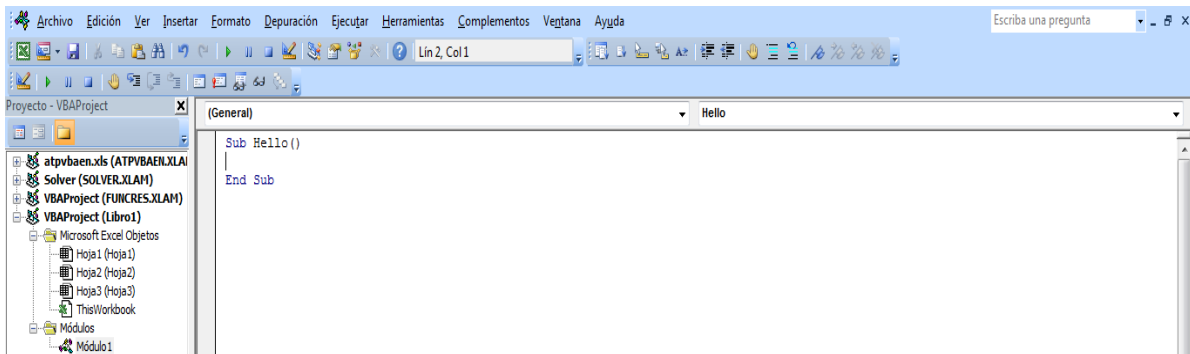
5. Haga clic en **Aceptar**.

Después de que Excel muestre la ficha **Programador**, observe la ubicación de los botones **Visual Basic**, **Macros** y **Seguridad de macros** en la ficha.



### 1.3.1.2.1 Para crear un nuevo libro en blanco en ambiente de VBA.

1. Haga clic en el botón **Macros**, de la ficha **Programador**.
2. En el cuadro de diálogo **Macro** que aparece, escriba **Hello** en **Nombre de macro**.
3. Haga clic en el botón **Crear** para abrir el **Editor de Visual Basic** que incluirá los esquemas de una nueva macro ya escritos.



Una macro inicia en:

**Sub** **formato\_azul()**

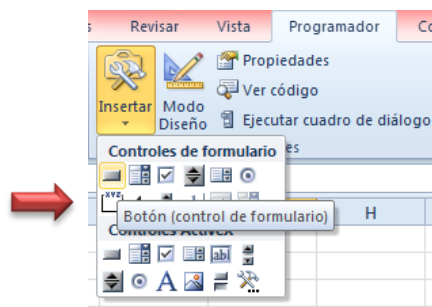
y termina en **End Sub**

**formato\_azul()** Es el nombre de la macro, el texto en color verde, son comentarios que puedes colocar en tu macro; estos no son interpretados por el compilador de Visual Basic. Para comentar una línea se utiliza un apóstrofo (').

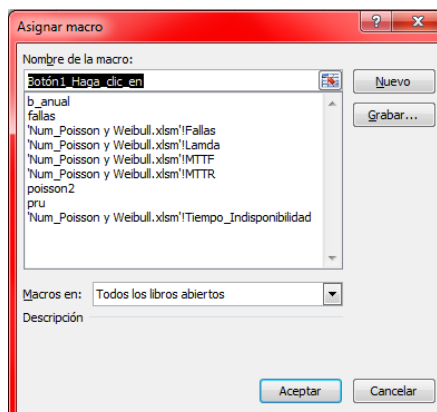
```
1 Sub formato_azul()  
2 'formato_azul Macro  
3 'Macro que permita dar a cualquier celda el formato de letra Comic Sans MS, de tamaño  
4 ' 18, color azul y negrita  
5 ' Creada por Patricia Acosta  
6 ' Acceso directo: CTRL+f  
7 With Selection.Font  
8 .Name = "Comic Sans MS"  
9 .Size = 18  
10 .Strikethrough = False  
11 .Superscript = False  
12 .Subscript = False  
13 .OutlineFont = False  
14 .Shadow = False  
15 .Underline = xlUnderlineStyleNone  
16 .Color = -65536  
17 .TintAndShade = 0  
18 .ThemeFont = xlThemeFontNone  
19 End With  
20 Selection.Font.Bold = False  
21 End Sub
```

### 1.3.1.2.2 Asignar una Macro a un botón de opción en Excel.

1. Ir a la pestaña Programador.
2. Luego a la opción Insertar, se desplegará un cuadro de diálogo Controles de formulario.
3. Agregar botón (control de formulario).



4. Elegimos la posición y el tamaño del botón y se despliega el cuadro de diálogo donde se asigna el Nombre de la macro.



5. Para finalizar hacer clic en aceptar. [28]

## CAPITULO II

### ADQUISICIÓN DE INFORMACION DE LA BASE DE DATOS DE LAS CENTRALES MAZAR & MOLIO

#### 2.1 ÁREAS DE ALIMENTACIÓN DE HIDROPAUTE (MAZAR&MOLINO).

##### 2.1.1 INFORMACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE MAZAR.

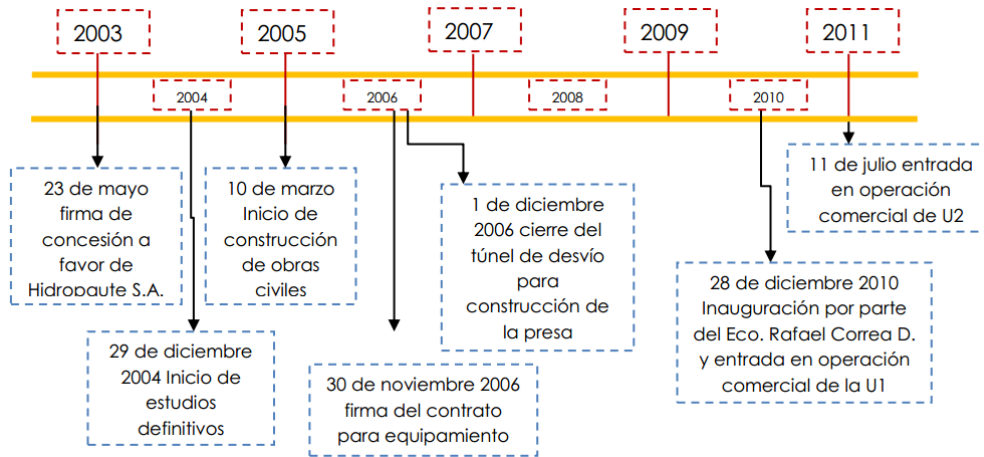
La Central Hidroeléctrica Paute Mazar está constituida por una presa de enrocado con pantalla de hormigón que forma un embalse de  $410Hm^3$ . El volumen muerto del embalse formado por la presa de Mazar aproximadamente  $101Hm^3$ , la misma que es capaz de alojar los sedimentos durante el período de 50 años de funcionamiento de la central.

El nivel máximo normal de operación es de 2153 msnm, sin embargo en el caso de ocurrir la crecida máxima probable alcanzará la elevación 2163 msnm, el nivel mínimo de operación es 2098 msnm correspondiente a un volumen del embalse de  $101Hm^3$ . La potencia nominal es de 183.66 MW y potencia efectiva 163.26 MW con una producción anual de 800 GWH, en una casa de máquinas subterránea que aloja dos unidades tipo Francis de 81.63 MW de capacidad.

El área de drenaje de la cuenca del río Paute hasta el sitio de la presa de Mazar es de  $4338km^2$ . El acceso a la central se realiza desde la ciudad de Cuenca, por la vía de Sevilla de Oro, o en segundo orden ingresando por la ciudad de Azogues, por la vía Oriental de Rivera (Zhoray).

El túnel de desvío de 1241m de longitud, presa de enrocado con pantalla de hormigón con una altura de 183m desde su fundación, vertedero para evacuación de crecientes, desagüe de fondo, obra de toma y túnel de carga, chimenea de equilibrio superior, tubería forzada constituida de un pozo vertical de 84,75m de altura, casa de máquinas subterránea de 63m de longitud, 20m de ancho y 39m de alto; caverna de transformadores, pozo de transporte, cables y ascensor; subestación exterior tipo GIS, túnel de descarga de 630m

de longitud tipo herradura, edificio de control exterior de 360m<sup>2</sup> de área de construcción ubicado junto a la subestación, caminos de acceso y campamentos.



**Fig. 25. Cronología de la Central Paute Mazar. [29]**

**2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICA DE LA CENTRAL PAUTE MAZAR.**

La central Paute-Mazar tiene características específicas debido a su altura y caudal de agua, es por esta razón que las características varían frente a las demás centrales hidroeléctricas del país, a continuación se muestran las características más importantes de las turbinas y de los generadores.

**TURBINAS**

<b>Numero</b>	2
<b>Tipo</b>	Francis, eje vertical
<b>Caudal máx./unid.</b>	70,55 $\frac{m^3}{s}$
<b>Capacidad por unidad</b>	81,63MW
<b>Velocidad</b>	257,14rpm
<b>Potencia máx.</b>	91,83MW
<b>Caudal nominal/unid.</b>	67 $\frac{m^3}{s}$

**Tabla 2. Información técnica de las turbinas de la Central Mazar. [30]**

**GENERADORES**

<b>Numero</b>	2 de eje vertical, sincrónico, tipo semiumbrella, trifásico, enfriados por aire.
<b>Capacidad por unidad</b>	100MVA
<b>Velocidad</b>	257rpm
<b>Factor de potencia</b>	0.85 (inductivo)
<b>Voltaje de generación</b>	13.8KV

**Tabla 3. Información técnica de los Generadores de la Central Mazar. [31]****2.1.2 INFORMACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE MOLINO.**

La Central Hidroeléctrica Paute Molino conocida también como represa Paute (Embalse Amaluza), ubicada en el río Paute, a 115km de la ciudad de Cuenca, es la generadora hidroeléctrica más grande del Ecuador, contribuyendo con la mayor cantidad de energía eléctrica al país, 1100 MW.

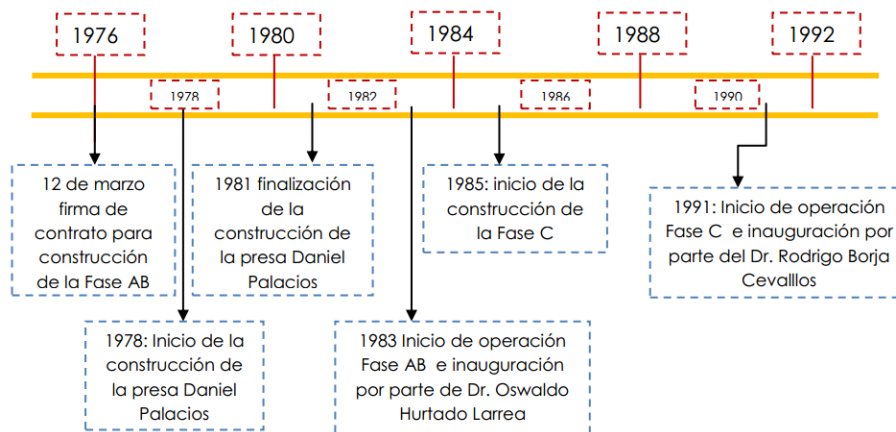
La Fase AB de la Central Paute Molino fue construida entre 1976 y 1983 y la Fase C entre 1985 y 1991. El mayor volumen de las obras fue en la Fase A y B que comprendieron la construcción de un complejo sistema de túneles (desvío, acceso a casa de máquinas, carga, desagüe, túneles verticales para ascensores al patio de maniobras y chimenea de equilibrio).

La casa de máquinas, excavada dentro de una montaña, tuvo inicialmente 123m de largo por 42m de alto y 23m de ancho, para la instalación de cinco turbinas de generación, en las primeras fases A y B, en la fase C se ampliaron otras 5 turbinas dejando en total 10 turbinas tipo Pelton. La potencia nominal es de 1075MW y potencia efectiva 1100MW con una producción anual de 4900 GWH.

El nivel de operación es de 1994msnm, la presa Daniel Palacios tiene 170 metros de altura. La extensión del embalse Amaluza es de 10 kilómetros, tiene una capacidad para almacenar 120 millones de metros cúbicos de agua, pero en la actualidad tiene 80 millones de metros cúbicos de agua útil.

Uno de los tres túneles que hay en esta central es el de la cámara de interconexión, que permite el paso de agua proveniente de las turbinas de Molino hacia los ductos que llegarán a la central Sopladora.

La generación conjunta de Hidropaute Mazar–Molino, considerando la regulación de caudales del río Paute, se estima en 6380 GWh/año.



**Fig. 26. Cronología de la Central Paute Molino. [29]**

### 2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CENTRAL PAUTE MOLINO.

La central Paute-Molino tiene diferentes características específicas frente a la central Mazar, a continuación se muestran las características más importantes de las turbinas y de los generadores de dicha central.



## TURBINAS

<b>Tipo</b>	Pelton, eje vertical
<b>Elevación del rodete de turbinas</b>	1323 msnm
<b>Número de inyectores</b>	6
<b>Rendimiento</b>	91.83%
<b>Número de alabes del rodete</b>	22

**Tabla 4. Información técnica de las Turbinas de la Central Molino. [32]**

### Características por Fases AB y C:

	<b>FASE AB</b>	<b>FASE C</b>
<b>Caída neta</b>	657m	650m
<b>Potencia, caída neta</b>	116MW	122MW
<b>Número de unidades</b>	5	5

**Tabla 5. Información técnica de las Turbinas de la Central Molino por Fases AB y C. [32]**

## GENERADORES

<b>CARACTERISTICA GENERADORES</b>	<b>FASE AB</b>	<b>FASE C</b>
<b>Potencia</b>	111MVA	127.7MVA
<b>Tensión nominal</b>	13.8 Kv + 5%	13.8 Kv + 5%
<b>Corriente Nominal</b>	4643.9 A	5342.6 A
<b>Factor de potencia</b>	0.9	0.9
<b>Frecuencia</b>	60Hz	60Hz
<b>Número de fases</b>	3	3
<b>Clase de Aislamiento</b>	B	F
<b>Número de polos</b>	20	20

<b>Conexión</b>	Estrella	Estrella
<b>Velocidad de Rotación</b>	360rpm	360rpm
<b>Temperatura de Funcionamiento</b>	60°C	60°C

**Tabla 6. Información técnica de los Generadores de la Central Molino por Fases AB y C. [33]**

### 2.1.3 ÁREAS DE INFLUENCIA DE LAS CENTRALES MAZAR-MOLINO

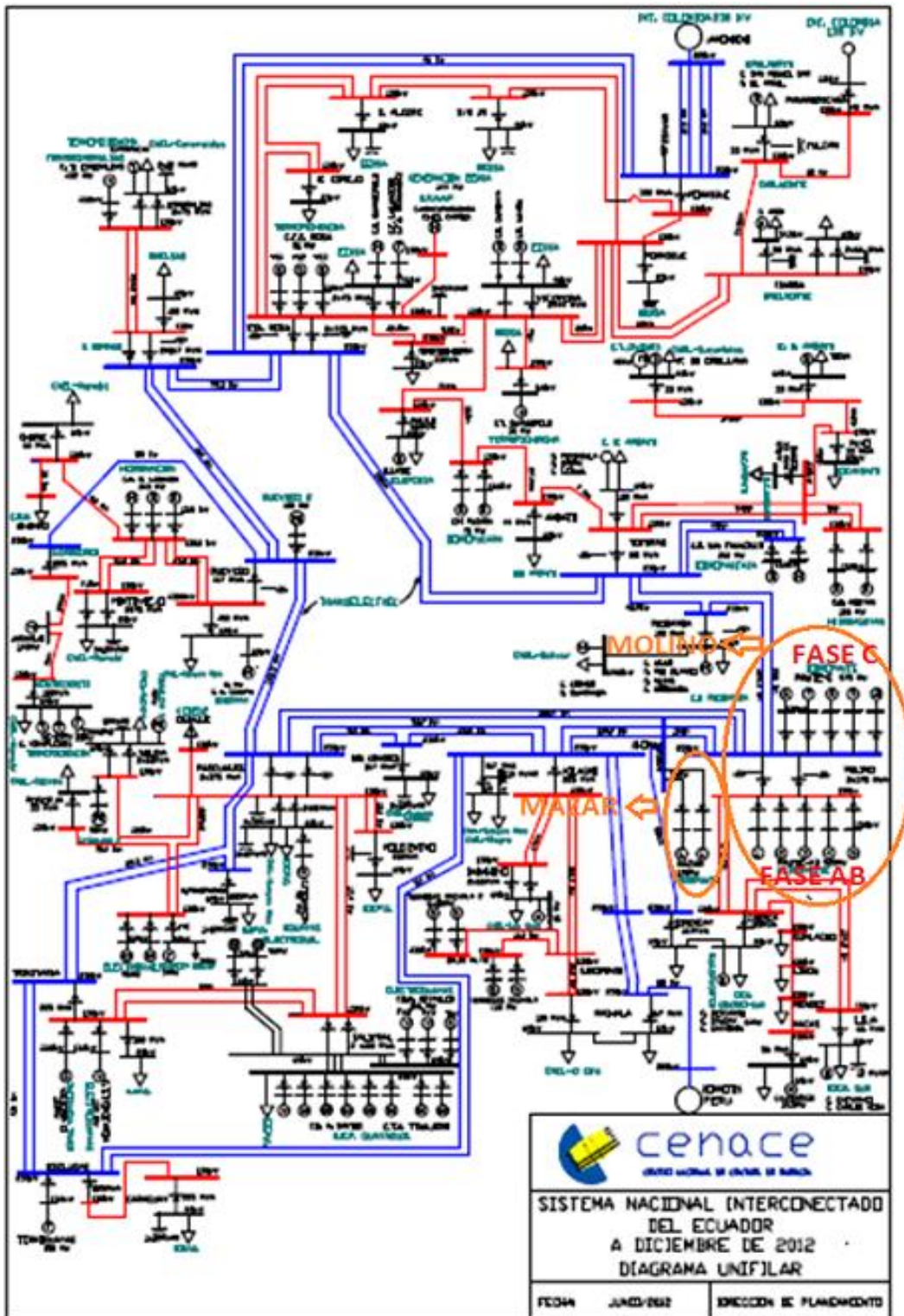


Fig. 27. Diagrama Unifilar del SNI operando Hidropaute

(Mazar – Molino). [34]

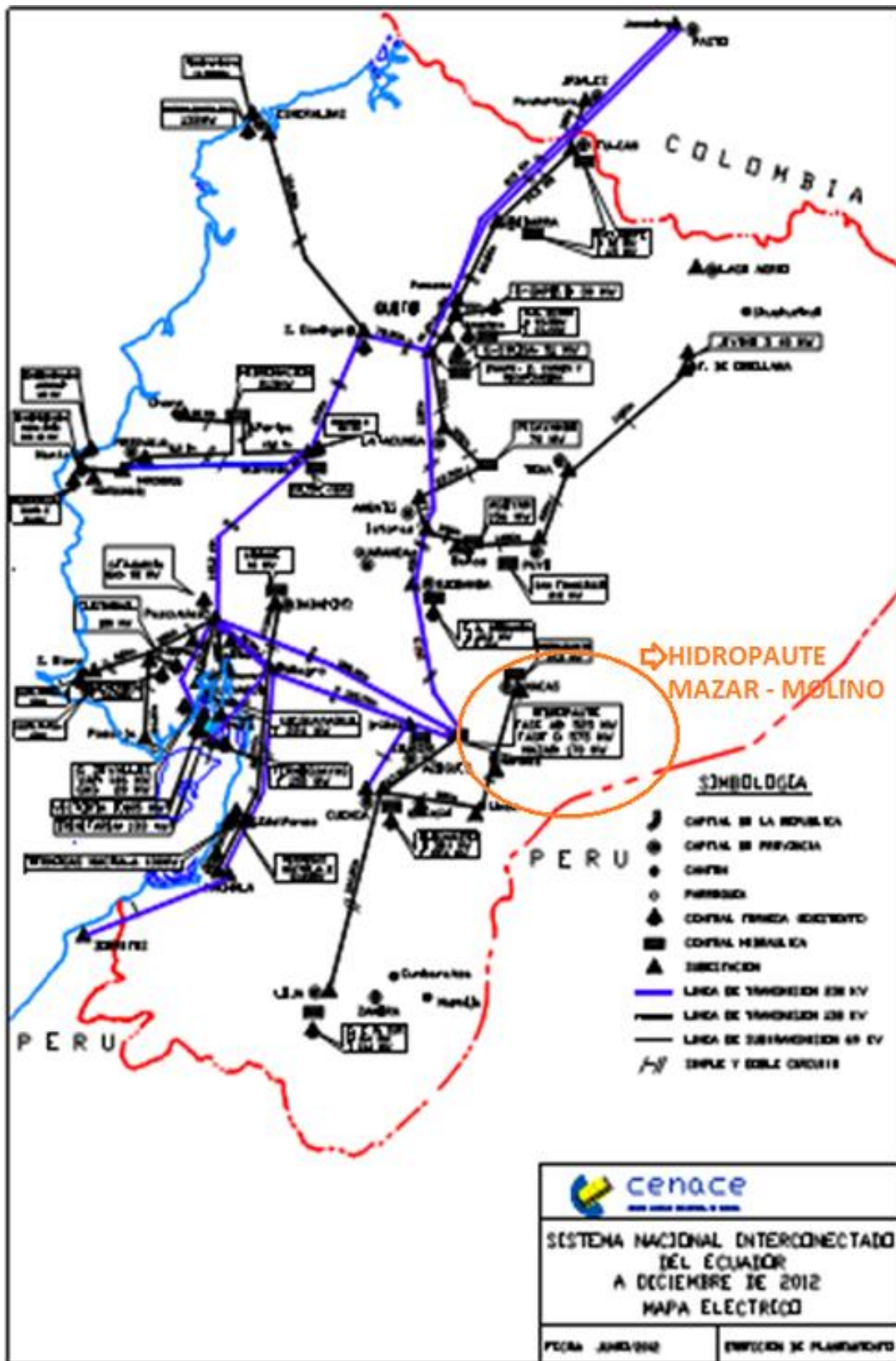


Fig. 28. Mapa Eléctrico del SNI operando Hidropaute (Mazar – Molino).  
 [34]

### **Central Mazar:**

La Central Hidroeléctrica Paute - Mazar está conectada al SNI (Sistema Nacional Interconectado) mediante la línea de 230KV a las barras de la subestación Zhoray, con una distancia de 2Km, y de esta barra se conecta a Sinincay con una distancia de 52Km, a Milagro con una distancia de 120.7Km y a Molino con una distancia de 15Km.

### **Central Molino:**

La central Hidroeléctrica Paute - Molino consta de dos fases, la Fase AB y la Fase C; en donde la Fase C se conecta al SNI (Sistema Nacional Interconectado) mediante la línea de 230KV a las barras de la subestación Zhoray con una distancia de 15Km, a Pascuales con una distancia de 188.4Km, a Riobamba con una distancia de 157.3Km y a Hidropastaza con una distancia de 200Km.

De manera similar la Fase AB mediante la línea de 138KV se conecta a la barra de la Subestación Cuenca con una distancia de 67.1Km; de la barra de la subestación Cuenca se conecta a las Barras de Loja con una distancia de 134.2Km como también a Gualaceo, Limón, Méndez y Macas con una distancia máxima de 80Km. [34]

## **2.2 COMPILACIÓN DE DATOS DEL TIPO DE FALLA Y DURACIÓN DE FALLA.**

Para la creación de los modelos de confiabilidad de las unidades de generación se debe contar con una Base de Datos<sup>2</sup>, misma que, debe contener el tipo de evento registrado, pudiendo ser fallas, tiempos de indisponibilidad, etc. de la unidad generadora.

El nivel de confianza de los datos analizados dependerá de la cantidad de tiempo registrado, entre mayor es la muestra obtenida, tendremos más

---

<sup>2</sup> **Base de Datos.-** Archivo original en Excel proporcionado por CELEC EP. HIDROPAUTE.

seguridad de los parámetros calculados para la descripción del comportamiento de los generadores. [14]

La compilación de toda la información necesaria sobre las fallas y tiempos de indisponibilidad de las unidades generadoras fue proporcionada por la base de datos del Departamento de Operación y Mantenimiento de Hidropaute (Mazar-Molino).

Los datos proporcionados de la Hidroeléctrica Mazar pertenecen a los períodos: Enero-Diciembre 2011 y Enero-Diciembre 2012; mientras que, la Hidroeléctrica Molino pertenecen a los periodos: Enero-Diciembre 2000 hasta Enero-Diciembre 2012.

A partir de esta Base de Datos obtenida, realizamos el control de los Índices Globales para Hidropaute (Mazar & Molino). El resultado obtenido de estos indicadores nos permitirá conocer el estado actual en el que se encuentran las unidades generadoras de Hidropaute.

## CAPITULO III

### MODELADO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE DE SIMULACIÓN

#### 3.1 CALCULO DE LOS ÍNDICES GLOBALES DADOS POR LA IEEE

Las fallas y los tiempos de indisponibilidad globales, fueron deducidos por meses y por años. Esto permitió analizar los datos de manera ordenada y precisa obteniendo con ello una mejor valoración de la Centra Mazar y Molino. Cabe mencionar que la central Mazar tiene dos años de funcionamiento, considerándose una central joven en relación a la Central Molino, que tiene varios años de funcionamiento considerándose así una central veterana.

##### 3.1.1 CALCULO DE LOS ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LAS CENTRALES MAZAR Y MOLINO

###### 3.1.1.1 ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LA CENTRAL MAZAR Y MOLINO.

Estos índices se calcularon para las dos unidades generadoras que conforman la central Mazar y para las diez unidades generadoras que conforman la central Molino; por lo tanto, denominaremos a la unidad generadora 1 de Mazar como “U<sub>1ma</sub>” y la unidad generadora 2 de Mazar como “U<sub>2ma</sub>”, mientras que, a la unidad generadora 1 de Molino se denominará “U<sub>1mo</sub>”; la unidad generadora 2 de Molino como “U<sub>2mo</sub>” y las restantes unidades generadoras de Molino se les Denominará “U<sub>3mo</sub>”, “U<sub>4mo</sub>”, “U<sub>5mo</sub>”, “U<sub>6mo</sub>”, “U<sub>7mo</sub>”, “U<sub>8mo</sub>”, “U<sub>9mo</sub>”, “U<sub>10mo</sub>”, por tanto los índices se calcularon de acuerdo a las fórmulas ya establecidas en el Capítulo I.

###### 3.1.1.1.1 RESULTADOS DE LOS INDICES DE CONFIABILIDAD DE LA “U<sub>1ma</sub> Y U<sub>2ma</sub>” DE LA CENTRAL MAZAR.

Un índice importante de confiabilidad es la Disponibilidad (DISP), por tanto, se ha realizado el cálculo del mismo por meses de los años 2011-2012 en la U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub>; en la U<sub>1ma</sub> se lo considera la DISP alta, ya que en la mayoría de los meses se encuentran en un rango de 91,88% y 100%, también existe

un rango que se considera bajo en Octubre del 2012 con 74,53%, en tanto, en la U<sub>2ma</sub> la DISP se considera también alta ya que está en un rango de 85,30% y 100%. Por otra parte, los valores de DISP anual en el año 2011-2012 de la U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub> se obtuvieron 97,64% - 95,13% y 98,34% - 96,01% respectivamente. Refiérase al Anexo A.

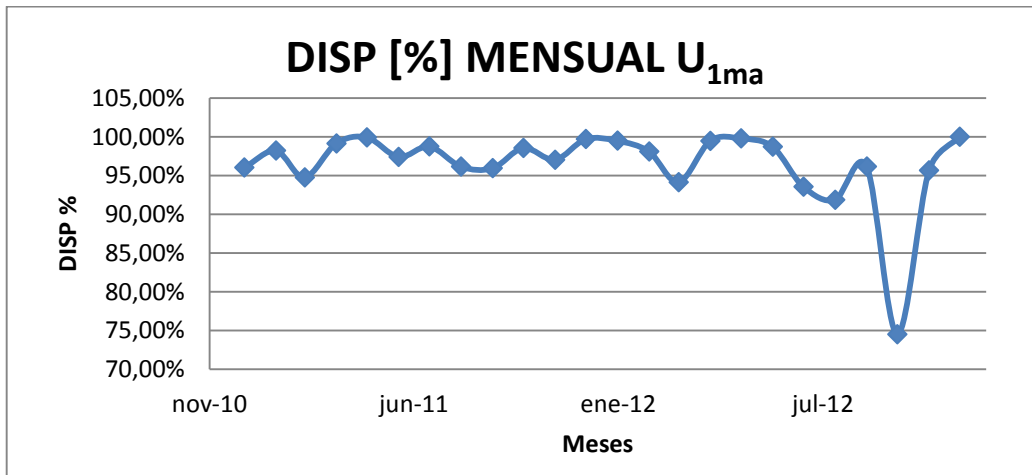


Fig. 29. Disponibilidad Mensual U<sub>1ma</sub>.

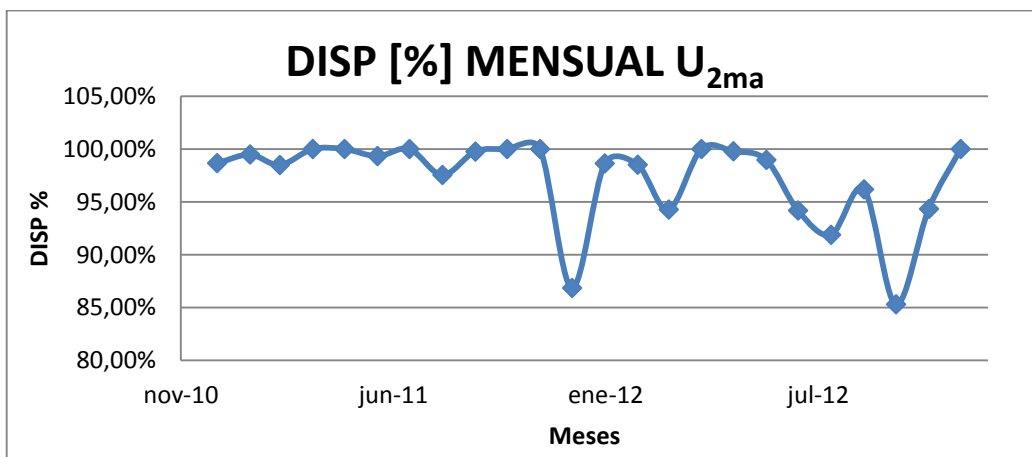


Fig. 30. Disponibilidad Mensual U<sub>2ma</sub>.



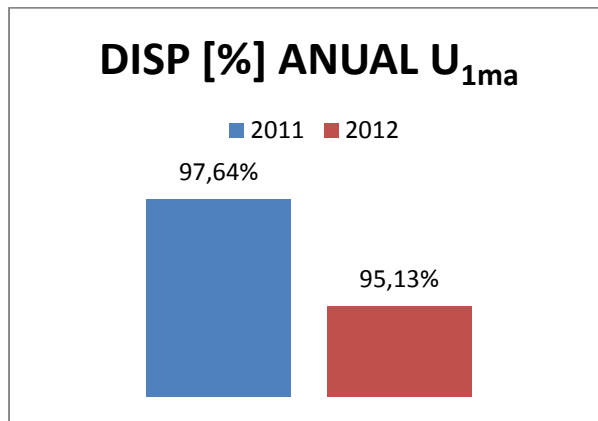


Fig. 31. Disponibilidad Anual U<sub>1ma</sub>.

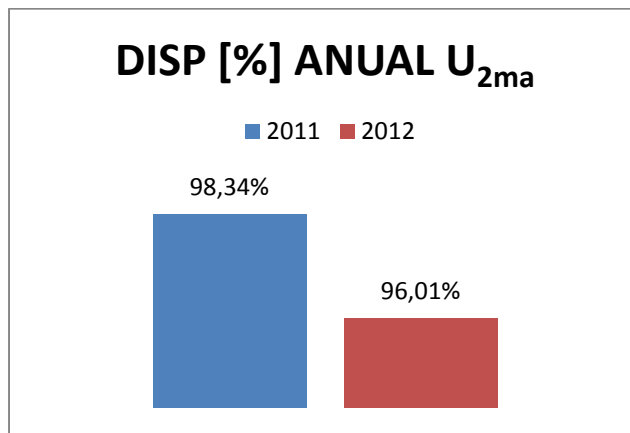


Fig. 32. Disponibilidad Anual U<sub>2ma</sub>.

Con los datos anteriormente obtenidos se calculó la disponibilidad de la central Mazar, dando los siguientes resultados:

AÑO	DISP.U <sub>1ma</sub>	DISP.U <sub>2ma</sub>
2011	97,64%	98,34%
2012	95,13%	96,01%
<b>PROMEDIO</b>	96,39%	97,17%
<b>TOTAL DE DISPONIBILIDAD DE MAZAR</b>	<b>96,78%</b>	

Tabla 7. Disponibilidad de la Central Mazar.

Se concluye entonces que la central Mazar tiene un alto índice de Disponibilidad a pesar de ser una central que está en inicio de operación.

Otro índice es el FOR (Tasa de Salida Forzada) es un índice determinante en el análisis de confiabilidad, se interpreta como la probabilidad de encontrar la unidad fuera de servicio, por lo tanto, se determinó por meses de los años 2011-2012 en la  $U_{1ma}$  y  $U_{2ma}$ , los cuales se estableció un FOR que está en un rango de 0% y 8,12% en la mayoría de los meses de la  $U_{1ma}$ , existiendo un valor de 25,47% en Octubre del 2012 considerándolo un valor alto, perjudicial de FOR ya que se traduciría que la  $U_{1ma}$  se encontrará en servicio en un 74,53%, en tanto, en la  $U_{2ma}$  durante los años 2011-2012 se obtuvo un FOR que está en un rango de 0% y 14,70% respectivamente, siendo valores buenos para la unidad generadora. Por otra parte los valores de FOR anual en el año 2011-2012 de la  $U_{1ma}$  y  $U_{2ma}$  se obtuvieron 2,36% - 4,87% y 1,66% - 3,99% respectivamente. Refiérase al Anexo A.

De los valores obtenidos se determinó valores promediados, para asegurar una mayor fiabilidad y confiabilidad en los datos, dando resultado que la  $U_{1ma}$  tiene un FOR de 3,61%, mientras que la  $U_{2ma}$  tiene un FOR de 2,83%, lo cual se interpreta que van a estar fuera de servicio dichos porcentajes.

AÑO	UNIDAD	FOR promedio
2011-2012	$U_{1ma}$	3,61%
2011-2012	$U_{2ma}$	2,83%

Tabla 8. FOR promedio  $U_{1ma}$  y  $U_{2ma}$ .

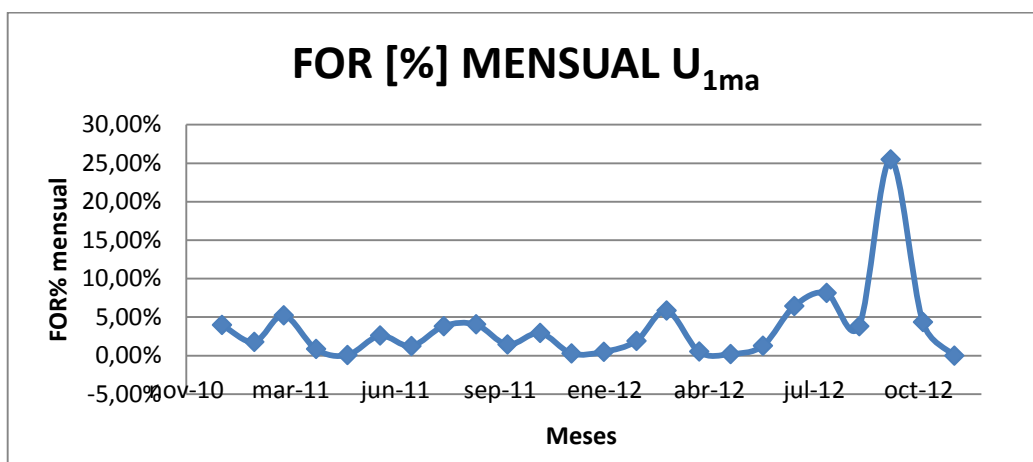


Fig. 33. Tasa de Salida Forzada Mensual  $U_{1ma}$ .

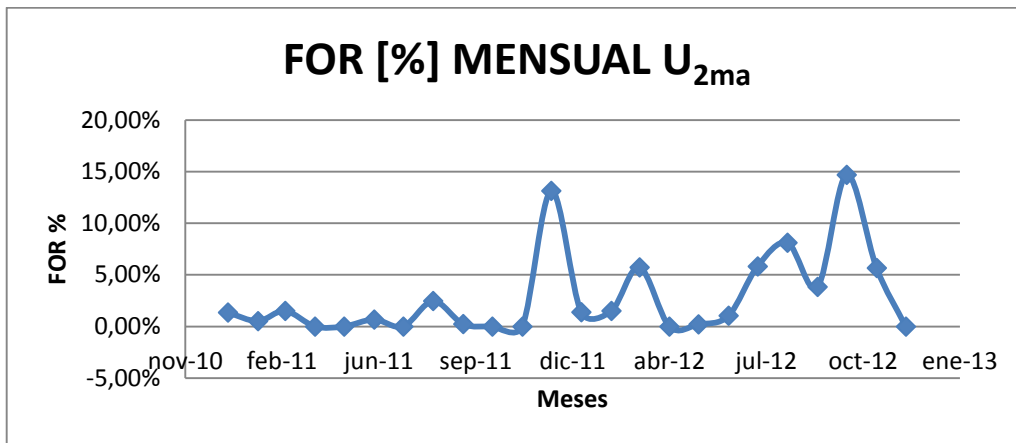


Fig. 34. Tasa de Salida Forzada Mensual U<sub>2ma</sub>.

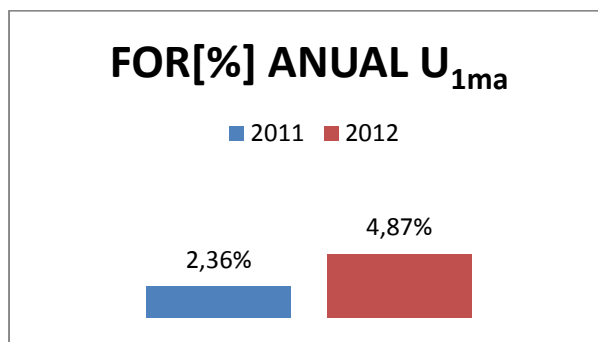


Fig. 35. Tasa de Salida Forzada Anual U<sub>1ma</sub>.

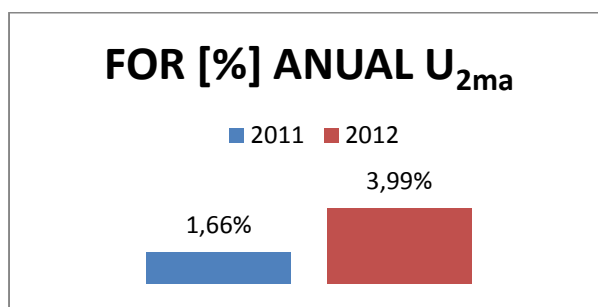


Fig. 36. Tasa de Salida Forzada Anual U<sub>2ma</sub>.

Al analizar el índice IC (confiabilidad de la unidad), en la U<sub>1ma</sub> se obtuvo un valor de 96,39%, en tanto, en la U<sub>2ma</sub> se obtuvo 97,17%. En lo que concierne IC<sub>p</sub> (confiabilidad de planta) se ha promediado los índices de la U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub> obteniendo como resultado 96,78%, lo cual testifica que es un valor

bueno tomando en cuenta que es una unidad de generación joven, sabiendo que dicho índice mejorará al transcurrir el tiempo ya que se irá acoplado al funcionamiento óptimo de la central. Refiérase al Anexo A.

AÑO	UNIDAD	IC	IC <sub>p</sub> MAZAR
2011-2012	U <sub>1ma</sub>	96,39%	96,78%
2011-2012	U <sub>2ma</sub>	97,17%	

**Tabla 9. IC<sub>p</sub> de Mazar.**

El FOR<sub>p</sub> (tasa de salida forzada de planta), durante los años 2011 y 2012 se reflejan en la tabla 10, la cual se interpretaría que la Central Mazar está en servicio 93,56% y fuera de servicio 6,44%.

HORAS INDISPONIBILIDAD	
U <sub>1ma</sub>	624,177
U <sub>2ma</sub>	488,242
TOTAL	1112,419
HORAS INDIS.+HORAS SERV	
17280	
<b>FOR<sub>p</sub>=</b>	<b>6,44%</b>

**Tabla 10. FOR<sub>p</sub> de la Central Mazar.**

### 3.1.1.1.2 RESULTADOS DE LOS INDICES DE CONFIABILIDAD DE LA “U1mo, U2mo, U3mo, U4mo, U5mo, U6mo, U7mo, U8mo, U9mo, U10mo” DE LA CENTRAL MOLINO.

La Disponibilidad (DISP) de la central Molino se resume en la siguiente tabla. Refiérase al Anexo B.

AÑO	DISP. U1mo	DISP. U2mo	DISP. U3mo	DISP. U4mo	DISP. U5mo	DISP. U6mo	DISP. U7mo	DISP. U8mo	DISP. U9mo	DISP. U10mo
2000	99,88%	99,27%	99,70%	99,89%	99,54%	100,00%	99,53%	99,75%	99,98%	99,96%
2001	99,80%	100,00%	99,80%	99,95%	99,77%	99,95%	99,92%	99,27%	99,92%	100,00%
2002	99,89%	99,62%	99,94%	100,00%	99,98%	99,95%	99,99%	99,57%	99,92%	99,94%
2003	99,99%	99,79%	99,72%	99,94%	99,71%	99,66%	99,99%	99,96%	99,69%	100,00%
2004	100,00%	100,00%	99,93%	99,97%	99,58%	99,80%	100,00%	99,86%	99,39%	99,96%
2005	99,86%	99,99%	99,77%	99,84%	99,98%	99,94%	99,99%	99,89%	99,96%	99,86%
2006	99,98%	99,90%	100,00%	99,99%	99,91%	99,79%	99,93%	99,95%	99,88%	99,74%
2007	99,86%	99,96%	99,88%	99,99%	99,99%	99,99%	99,96%	99,99%	99,78%	100,00%
2008	99,37%	99,71%	99,87%	99,16%	99,47%	100,00%	99,23%	99,97%	100,00%	100,00%
2009	99,87%	99,98%	99,86%	99,31%	99,58%	99,53%	99,48%	99,87%	99,98%	99,96%
2010	96,32%	100,00%	99,36%	99,79%	99,97%	100,00%	99,30%	99,96%	100,00%	100,00%
2011	99,94%	99,93%	99,95%	99,66%	99,99%	99,99%	97,75%	99,97%	99,93%	100,00%
2012	100,00%	99,97%	100,00%	99,91%	100,00%	100,00%	99,12%	99,12%	99,87%	100,00%
PROMEDIO	99,60%	99,85%	99,83%	99,80%	99,81%	99,89%	99,55%	99,78%	99,87%	99,96%

Tabla 11. DISP de las unidades que conforman la central Molino.

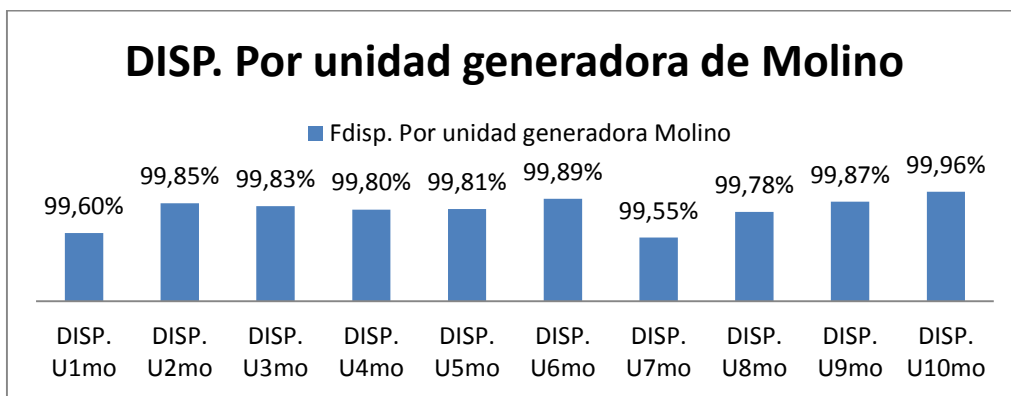


Fig. 37. Disponibilidad de las unidades generadoras de la central Molino.

En la tabla 11 se observa la DISP en cada unidad generadora de la cual deducimos que; la DISP se encuentra dentro de un rango del 96,32% y 100% (color rojo y amarillo respectivamente en la tabla 11), para tener la DISP de cada unidad durante el periodo de análisis, se promedió la DISP de todos los años para cada unidad. De este análisis, la U7mo es la que tiene menor disponibilidad con 99,55%, en tanto que, la U10mo es la que tiene la mayor disponibilidad de toda la central con 99,96%.

Con los datos promedios de la tabla 11 se obtuvo la DISP en el periodo observado, de la disponibilidad de la central Molino con los siguientes resultados.

	DISP.U1mo	DISP.U2mo	DISP.U3mo	DISP.U4mo	DISP.U5mo	DISP.U6mo	DISP.U7mo	DISP.U8mo	DISP.U9mo	DISP.U10mo
Promedio	99,60%	99,85%	99,83%	99,80%	99,81%	99,89%	99,55%	99,78%	99,87%	99,96%
<b>TOTAL DE DISPONIBILIDAD DE MOLINO</b>				<b>99,79%</b>						

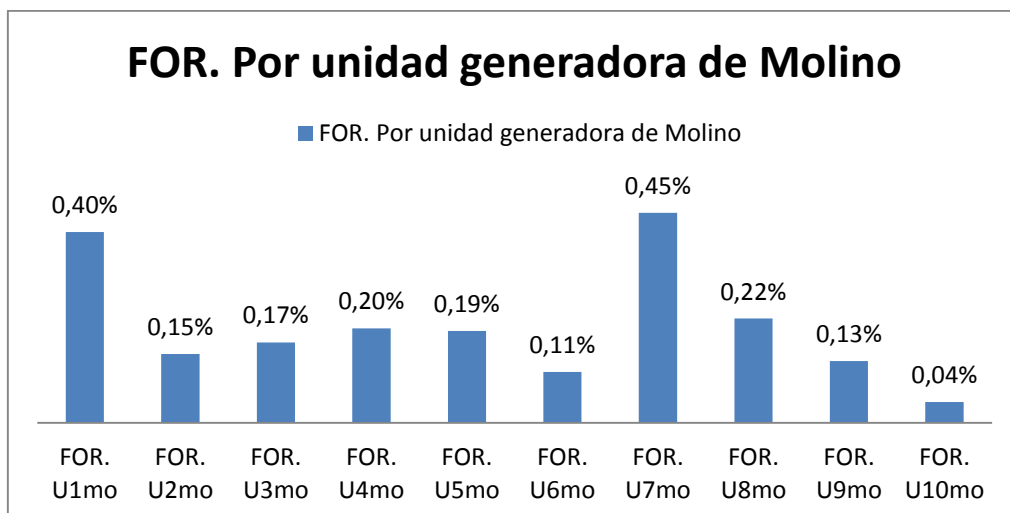
**Tabla 12. Disponibilidad de la Central Molino.**

Por tanto se concluye que la Central Molino tiene un índice superior de confiabilidad de que la central Mazar, esto es debido a que la central Molino tiene mayor años de uso y se encuentra en su óptimo funcionamiento.

El FOR (factor de salidas forzadas) de la central Molino se resume en la tabla 13. Refiérase a Anexo B.

AÑO	FOR. U1mo	FOR. U2mo	FOR. U3mo	FOR. U4mo	FOR. U5mo	FOR. U6mo	FOR. U7mo	FOR. U8mo	FOR. U9mo	FOR. U10mo
2000	0,12%	0,73%	0,30%	0,11%	0,46%	0,00%	0,47%	0,25%	0,02%	0,04%
2001	0,20%	0,00%	0,20%	0,05%	0,23%	0,05%	0,08%	0,73%	0,08%	0,00%
2002	0,11%	0,38%	0,06%	0,00%	0,02%	0,05%	0,01%	0,43%	0,08%	0,06%
2003	0,01%	0,21%	0,28%	0,06%	0,29%	0,34%	0,01%	0,04%	0,31%	0,00%
2004	0,00%	0,00%	0,07%	0,03%	0,42%	0,20%	0,00%	0,14%	0,61%	0,04%
2005	0,14%	0,01%	0,23%	0,16%	0,02%	0,06%	0,01%	0,11%	0,04%	0,14%
2006	0,02%	0,10%	0,00%	0,01%	0,09%	0,21%	0,07%	0,05%	0,12%	0,26%
2007	0,14%	0,04%	0,12%	0,01%	0,01%	0,01%	0,04%	0,01%	0,22%	0,00%
2008	0,63%	0,29%	0,13%	0,84%	0,53%	0,00%	0,77%	0,03%	0,00%	0,00%
2009	0,13%	0,02%	0,14%	0,69%	0,42%	0,47%	0,52%	0,13%	0,02%	0,04%
2010	3,68%	0,00%	0,64%	0,21%	0,03%	0,00%	0,70%	0,04%	0,00%	0,00%
2011	0,06%	0,07%	0,05%	0,34%	0,01%	0,01%	2,25%	0,03%	0,07%	0,00%
2012	0,00%	0,03%	0,00%	0,09%	0,00%	0,00%	0,88%	0,88%	0,13%	0,00%
PROMEDIO	0,40%	0,15%	0,17%	0,20%	0,19%	0,11%	0,45%	0,22%	0,13%	0,04%
PROM. TOTAL	0,21%					DESV. ESTANDAR	0,004181922			
MÁXIMO	3,68%	MÍNIMO	0,00%			DESV.EST+PROMEDIO	0,62%			

**Tabla 13. FOR de las unidades que con forman la central Molino.**



**Fig 10. FOR de las unidades generadoras de la central Molino.**

De la tabla 13 se calculó la desviación estándar para conocer cuánto se desvían los datos alrededor de su promedio aritmético. El cálculo da como resultado que el FOR se encuentra en un rango de 0% y 3,68% (casillas rojas y amarillas en la tabla 13). Promediando los FOR por año para cada unidad se deduce que la U<sub>7mo</sub> tiene una salida forzada de 0,45% que es mayor al resto de unidades, mientras tanto, la U<sub>10mo</sub> tiene una salida forzada menor de 0,04%. Los valores superiores a la suma de la desviación estándar con el promedio total se visualizan de color verde en la tabla 13.

El IC (confiabilidad de la unidad) de la central Molino se resume en la tabla 14. Refiérase a Anexo B.

IC. U1mo	IC. U2mo	IC. U3mo	IC. U4mo	IC. U5mo	IC. U6mo	IC. U7mo	IC. U8mo	IC. U9mo	IC. U10mo	ICp MOLINO
99,60%	99,85%	99,83%	99,80%	99,81%	99,89%	99,55%	99,78%	99,87%	99,96%	99,79%

**Tabla 14. IC de las unidades que con forman la central Molino.**

De la tabla 14 se observa el IC que se encuentra en un rango de 99,55% y 99,96% (casilla roja y amarilla en la tabla 14). La U<sub>7mo</sub> es la unidad generadora con menor confiabilidad de la central en análisis, en tanto que, la U<sub>10mo</sub> es la unidad generadora con mayor confiabilidad; las demás unidades generadores se encuentran dentro del rango nombrado anteriormente.

En lo que respecta IC<sub>p</sub> (confiabilidad de planta) se ha promediado los índices de la U<sub>1mo</sub> hasta la U<sub>10mo</sub>, obteniendo como resultado 99,79%, lo cual garantiza un valor excelente de confiabilidad de la planta ya que es una central veterana estando en el óptimo funcionamiento de la central.

El índice FOR<sub>p</sub> (tasa de salida forzada de planta) de la central Molino se muestra en la tabla 15. Refiérase a Anexo B.

<b>HORAS DE INDISPONIBILIDAD</b>	
Indisp. U1mo	454,244
Indisp. U2mo	163,517
Indisp. U3mo	191,33
Indisp. U4mo	224,816
Indisp. U5mo	218,961
Indisp. U6mo	120,829
Indisp. U7mo	500,332
Indisp. U8mo	247,887
Indisp. U9mo	147,1
Indisp. U10mo	49,883
<b>TOTAL</b>	<b>2318,899</b>
<b>HORAS INDIS.+HORAS SERV</b>	
112320	
<b>FORp MOLINO</b>	<b>2,06%</b>

**Tabla 15. FORp de las unidades que conforman la central Molino.**

De la tabla 15 se deduce que la Central Molino está en servicio 97,94% y fuera de servicio 2,06%.

Se pudo observar que la frecuencia de paradas forzadas es mucho más alta en la central Mazar que en la central Molino, de igual manera, se puede decir del factor de disponibilidad que es mayor en la central Molino e inferior en la central Mazar. El índice de confiabilidad es mayor para la central Molino y menor para la central Mazar, esto datos se debe a que la central Mazar es prácticamente nueva (se considera que se encuentra en el periodo de ajuste), mientras que, la central Molino se encuentra en una etapa de madurez operacional.

## **3.2 MODELACIÓN DE LA UNIDAD GENERADORA.**

### **3.2.1 INTRODUCCIÓN**

La confiabilidad de las unidades generadoras que conforman la central Mazar y la central Molino se analizó en función de la indisponibilidad y disponibilidad que presentan cada unidad generadora como tal, calculando la tasa de falla, tiempo medio de fallas, tiempo medio de reparación y tasa de reparación, en el período de observación para cada central.



Las salidas planeadas se tomaron en cuenta para todo el análisis puesto que estas fallas también contribuyen a la indisponibilidad de la cada unidad generadora.

### **3.2.2 OBTENCIÓN DE LAS INDISPONIBILIDADES EN LAS UNIDADES GENERADORAS.**

Con los datos brindados por parte de Hidropaute, se obtuvo la cantidad de interrupciones o indisponibilidades que dejaron fuera de servicio a cada unidad generadora tanto de la central Mazar como de la central Molino.

Se organizó por filtros para obtener de mejor manera las fallas de salidas forzadas y las fallas por causas internas de la unidad, ya que la clasificación de la información es importante en este tipo de análisis. Se identificó cada unidad clasificándola por años de análisis y a qué central pertenece, al final se obtuvo las tablas mostradas en el Anexo C. Como ya lo hemos mencionado anteriormente el análisis para la central Mazar es de dos años, 2011 y 2012, mientras que, en la central Molino el análisis es de trece años desde el 2000 hasta el 2012.

### **3.2.3 TOTAL DE FALLAS, TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD, TASA DE FALLA, TIEMPO MEDIO DE FALLA, TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN Y TASA DE REPARACIÓN.**

Una vez organizada la información sobre las fallas en las diferentes unidades generadoras, se determinó el TOTAL DE FALLAS que dejaron fuera de servicio a la unidad generadora. Refiérase al Anexo C.

Los **TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD** tomados en cuenta para el análisis de cada unidad generadora están dados por el tiempo que estuvo parada la unidad debida a la falla. Dichas fallas fueron por causas internas (TFI) y salidas forzadas (TSF). El tiempo de indisponibilidad se calculó a partir de la ecuación 50.

$$\text{Tiempo de indisponibilidad} = TFI + TSF \quad (50)$$

El tiempo de indisponibilidad se muestra en el Anexo C, en dicho anexo se muestra para cada mes del periodo evaluado y al final se registra la suma total de los tiempos de indisponibilidad así tendremos el total del tiempo de indisponibilidad para cada unidad generadora.

EL **TIEMPO MEDIO DE FALLA (MTTF)** se le define como el tiempo promedio que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”, se calcula con la siguiente expresión:

$$MTTF = \frac{TBF_i}{m} \text{ horas/falla} \quad (51)$$

$m$  = Número total de fallas del componente  $i$ .

$TBF$  = Tiempo entre fallas del componente  $i$ .

LA **TASA DE FALLA ( $\lambda$ )** se define como la probabilidad de fallo por unidad de tiempo de un componente que haya estado funcionando hasta el instante  $t$ , de esta manera para cada unidad generadora de Mazar y Molino se calculó sabiendo que es la inversa de MTTF.

$$\lambda = \frac{1}{MTTF} \text{ fallas/año} \quad (52)$$

EL **TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (MTTR)** es el tiempo promedio que toma reparar un componente o un sistema, para calcular este tiempo se usa la siguiente fórmula:

$$MTTR = \frac{TTR_i}{m} \text{ horas} \quad (53)$$

$m$  = Número total de fallas del componente  $i$ .

$TTR$  = Tiempo de reparación del componente  $i$ .

LA **TASA DE REPARACIÓN ( $\mu$ )** es la cantidad de reparaciones de un componente del sistema en el periodo en el que estuvo siendo reparado, es el inverso del MTTR.

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} \text{ número de reparaciones/año.} \quad (54)$$

Hacemos mención que la central Mazar y la central Molino se analizaron solo a las unidades generadoras que la conforman como tal, esto quiere decir que para Mazar existen dos unidades generadoras, mientras que para Molino existen diez unidades generadoras (sin subdivisiones), por tanto se tomó los estados de completamente disponible o completamente indisponible para el análisis posterior de esta tesis.

### 3.2.4 RESULTADOS DE LOS ÍNDICES ANTERIORES.

Para la presentación de los resultados en la tabla 16 y tabla 17 se promedió los datos referidos al Anexo C, para los índices mostrados en dicha tabla, en los cuales se ve el comportamiento de las dos unidades generadoras que conforman la central Mazar y las diez unidades generadoras que conforman la central Molino durante el tiempo de observación respectivamente.

UNIDADES MAZAR	$\lambda$ (fallas/año)	MTTF		MTTR (horas/falla)	$\mu$ (reparaciones/año)
		(horas/falla)	(días/falla)		
U <sub>1ma</sub>	0,0055	292,972	12	6,320	0,349
U <sub>2ma</sub>	0,0050	317,676	13	8,610	0,268

Tabla 16. Índices de las unidades generadoras de la central Mazar.

UNIDADES MOLINO	$\lambda$ (fallas/año)	MTTF		MTTR (horas/falla)	$\mu$ (reparaciones/año)
		horas/falla)	días/falla)		
U <sub>1mo</sub>	0,0016	673,221	28	8,885	2,507
U <sub>2mo</sub>	0,0019	618,858	26	4,219	1,273
U <sub>3mo</sub>	0,0017	645,422	27	6,006	0,817
U <sub>4mo</sub>	0,0017	626,363	26	6,365	0,764
U <sub>5mo</sub>	0,0016	665,009	28	6,241	1,329

U <sub>6mo</sub>	0,0015	681,924	28	5,348	1,445
U <sub>7mo</sub>	0,0018	626,548	26	13,452	0,946
U <sub>8mo</sub>	0,0015	688,654	29	5,096	1,633
U <sub>9mo</sub>	0,0018	614,352	26	4,848	3,024
U <sub>10mo</sub>	0,0019	617,943	26	2,057	1,728

**Tabla 17. Índices de las unidades generadoras de la central Molino.**

Podemos observar la tasa de falla, el tiempo medio de falla, el tiempo medio de reparación y la tasa de reparación. Estos valores corresponden para cada unidad generadora como tal ya que para este análisis se lo consideró de esta manera.

Analizando los datos se observa que la U<sub>1ma</sub> registra 0,00546 de fallas anualmente, el tiempo medio de falla que pasó para que la U<sub>1ma</sub> vuelva a fallar es de 292,972 horas y traduciendo a días, son 12 días; en tanto que el tiempo medio de reparación es de 6,320 horas o lo que podría decir que corresponde a 6 horas con 20 minutos; también se registraron 0,349 reparaciones anualmente. Con el mismo criterio de interpretación se analizan las unidades que conforman la central Molino de la tabla 17.

Del Anexo C se registran las fallas totales durante el periodo evaluado tanto para la central Mazar como para la central Molino. Las tablas 18 y 19 muestran los resúmenes para cada central.

UNIDADES MAZAR	FALLAS TOTALES DURANTE EL PERIODO EVALUADO
U <sub>1ma</sub>	85
U <sub>2ma</sub>	58

**Tabla 18. Fallas totales durante el periodo de la central Mazar.**

UNIDADES MOLINO	FALLAS TOTALES DURANTE EL PERIODO EVALUADO
U <sub>1mo</sub>	42
U <sub>2mo</sub>	35
U <sub>3mo</sub>	34
U <sub>4mo</sub>	41
U <sub>5mo</sub>	37
U <sub>6mo</sub>	24
U <sub>7mo</sub>	41
U <sub>8mo</sub>	35
U <sub>9mo</sub>	32
U <sub>10mo</sub>	25

**Tabla 19. Fallas totales durante el periodo de la central Molino.**

Como puede verificarse en las tablas 18 y 19 las fallas de la central Mazar son mayores y con mayor frecuencia. Esto como lo mencionamos anteriormente se debe a que la central Mazar se encuentra en sus primeros años de funcionamiento, prácticamente nueva en una etapa de ajuste; mientras que, para la central Molino las fallas son menores y con menor frecuencia ya que esta central se encuentra en su óptima etapa y madurez operacional.

### 3.3 MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS UNIDADES GENERADORAS.

#### 3.3.1 ANÁLISIS DE LA CENTRAL MAZAR.

Se analizarán las dos unidades generadoras que la conforman U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub>.

##### 3.3.1.1 ANALISIS DE FALLAS

Para obtener las fallas nos hemos basado en el Anexo C, donde encontramos el número de fallas de la U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub>, posteriormente, generamos una tabla base para el análisis; en la cual se necesitó la aplicación de medidas

estadísticas de centralización y dispersión que nos ayudaron a aproximar de mejor manera a una distribución de probabilidad estadística.

Una vez establecida la tabla de referencia, con las medidas estadísticas necesarias, se realizó el análisis de fallas de la central Mazar (Refiérase al Anexo D) y se estableció el histograma de fallas.

### HISTOGRAMA DE FALLAS $U_{1ma}$

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% acumulado</i>
1,6000	4	17,39%
3,2000	8	52,17%
4,8000	3	65,22%
6,4000	5	86,96%
8,0000	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%

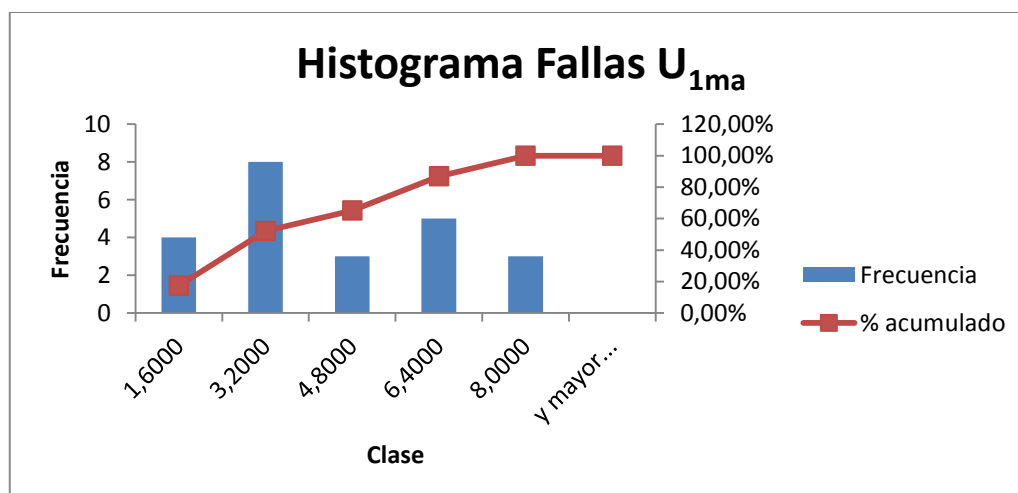
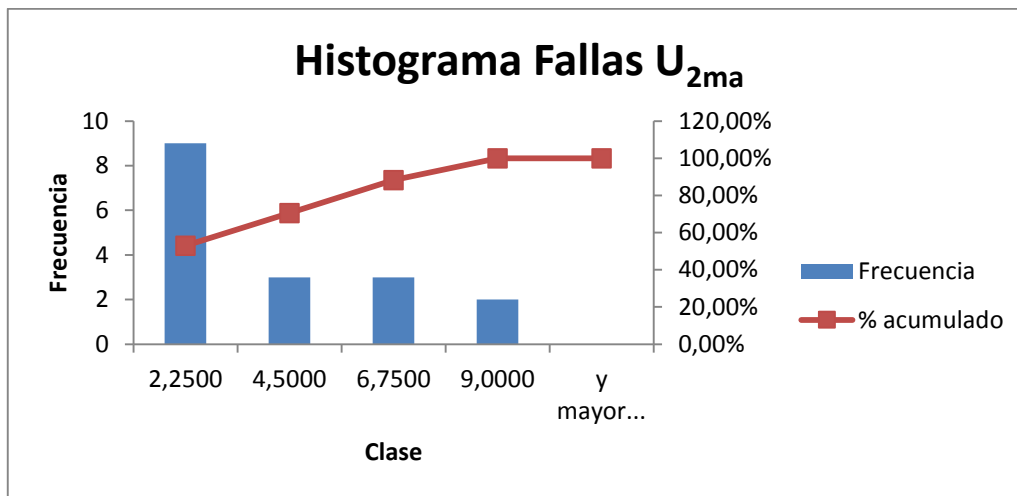


Fig. 38. Frecuencia de fallas de la  $U_{1ma}$ .

**HISTOGRAMA DE FALLAS U<sub>2ma</sub>**

Clase	Frecuencia	% acumulado
2,2500	9	52,94%
4,5000	3	70,59%
6,7500	3	88,24%
9,0000	2	100,00%
y mayor...	0	100,00%

**Fig. 39. Frecuencia de fallas de la U<sub>2ma</sub>.**

Al analizar el ajuste de datos con fallas, se usa como ayuda el programa computacional Excel con el mismo se estableció la distribución que mejor se ajusta a estos tipos de datos, llegando a la conclusión que es la distribución de "POISSON".

- *NOTA: Para determinar cuál es la distribución que se aproxima con mayor exactitud, se debe encontrar los parámetros de la distribución con los datos históricos llamados experimentales; con ellos se podrá calcular la distribución teórica, luego se aplica la prueba de Kolmogorov Smirnov para poder evaluar si la distribución corresponde a la supuesta comparando con algún valor de tabla de acuerdo con el nivel de significancia deseado (usualmente 0,05). Refiérase al Anexo E.*

Los parámetros obtenidos de la distribución de Poisson son:

$$\text{Lamda}(\lambda) = 3,696 \text{ para la } U_{1ma}$$

$$\text{Lamda}(\lambda) = 3,412 \text{ para la } U_{2ma}$$

Aplicando la prueba con Kolmogorov Smirnov, basándonos en la ecuación  $Dif\ Max = f.\text{experimental} - f.\text{teorico}$ , con nivel de significancia de 0,05 que es  $\left(1,36/\sqrt{N}\right)$  donde  $N$  es el número de muestras, se obtuvo los siguientes resultados:

#### **U<sub>1ma</sub>**

<i>Dif Max</i>	0,05731
<i>Dmax</i>	0,28358

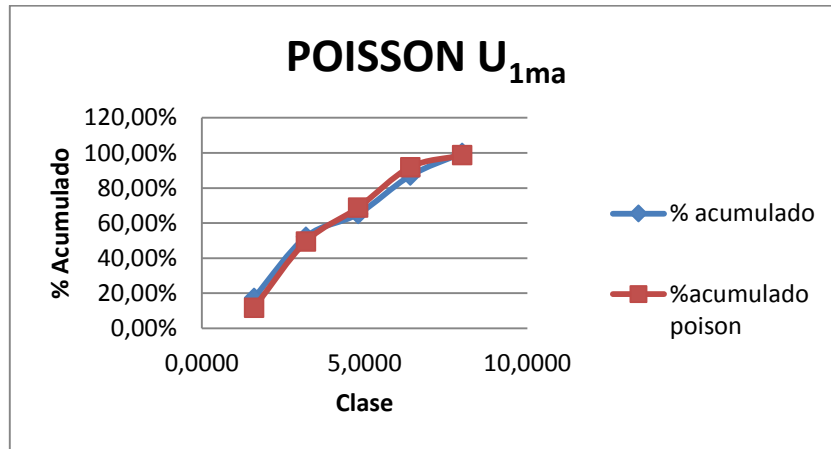
#### **U<sub>2ma</sub>**

<i>Dif Max</i>	0,191936
<i>Dmax</i>	0,329848

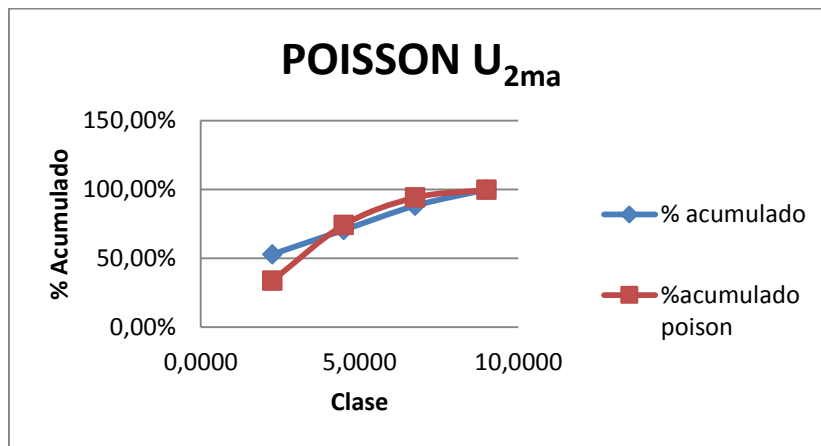
Dmax pertenece a la tabla de Kolmogorov Smirnov y Dif Max al valor obtenido con datos experimentales y datos teóricos, con lo que se compara en la tabla de Kolmogorov estando dentro del parámetro. Refiérase al Anexo E.



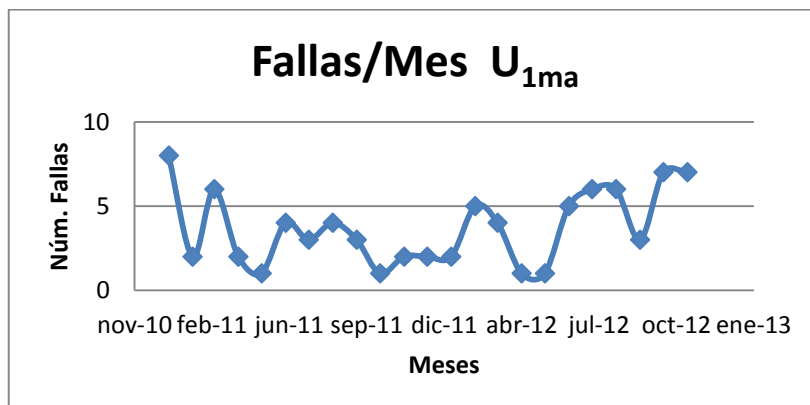
**FUNCIONES DE POISSON ACUMULADA PARA LA U<sub>1ma</sub> Y U<sub>2ma</sub>:**



**Fig. 40. Distribución de Poisson acumulada de la frecuencia de fallas U<sub>1ma</sub>.**

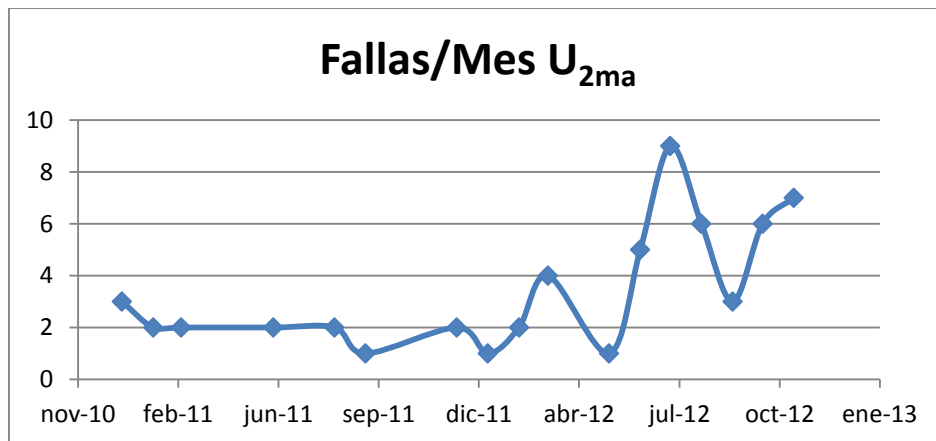


**Fig. 41. Distribución de Poisson acumulada de la frecuencia de fallas U<sub>2ma</sub>.**



**Fig. 42. Fallas por mes de la U<sub>1ma</sub>.**

La figura 42 muestra el registro de los valores durante el periodo de observación de la  $U_{1ma}$ , se nota que el valor más elevado de fallas se registra en enero del 2011 con 8 fallas; seguido de dos registros de un valor de 7 fallas en los meses de octubre y noviembre del 2012, considerando los meses críticos ya que tienen valores altos de fallas.



**Fig. 43. Fallas por mes de la  $U_{2ma}$ .**

En la figura 43 de igual manera se muestra un registro de los valores durante el periodo de observación de la  $U_{2ma}$ , en el cual se nota que el valor más elevado de fallas se registra en julio del 2012 con 9 fallas; seguido de un valor de 7 fallas en el mes de noviembre del 2012, considerándolo estos meses como críticos ya que tienen valores altos de fallas.

### 3.3.1.2 TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD

Sabiendo que es una distribución discreta los tiempos de indisponibilidad, se utilizó el método de los mínimos cuadrados en Excel y el método de los momentos en Matlab mediante el código (*wblfit(a)*) donde *a* es un vector que contiene los parámetros a analizar, con lo cual se concluyó que la distribución de probabilidad es Weibull la que se ajusta de mejor manera, con los siguientes parámetros:

**U<sub>1ma</sub>**

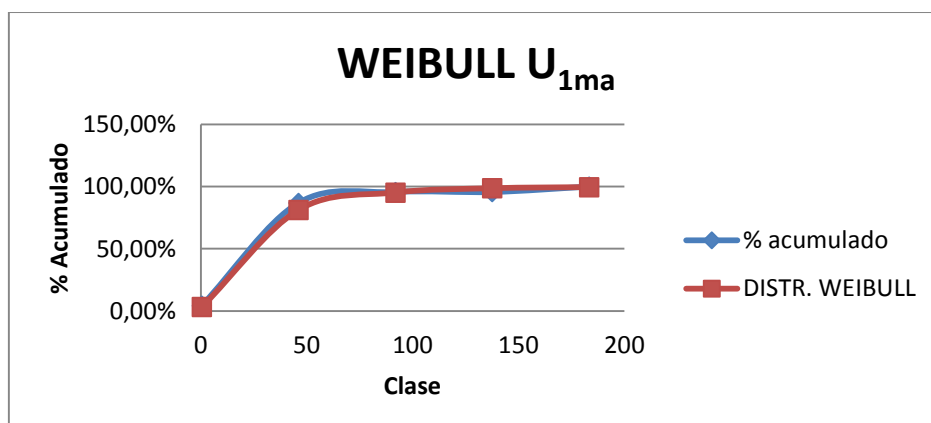
Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,869	0,875
alfa( $\alpha$ )	25,482	25,201
delta ( $\delta$ )	0	0

**U<sub>2ma</sub>**

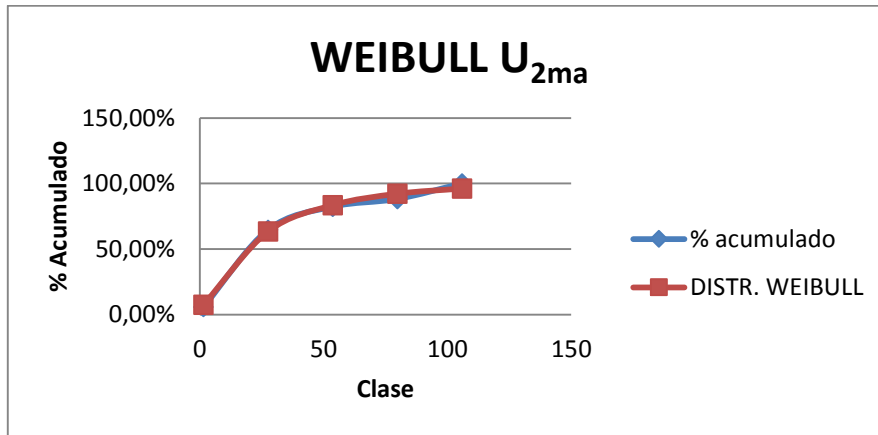
Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,875	0,905
alfa( $\alpha$ )	27,379	27,321
delta ( $\delta$ )	0	0

Donde  $\beta$ ,  $\alpha$  y  $\delta$  son los parámetros de forma, escala y localización respectivamente, el método de los momentos es un método más exacto por tanto será utilizado para la simulación de Montecarlo.

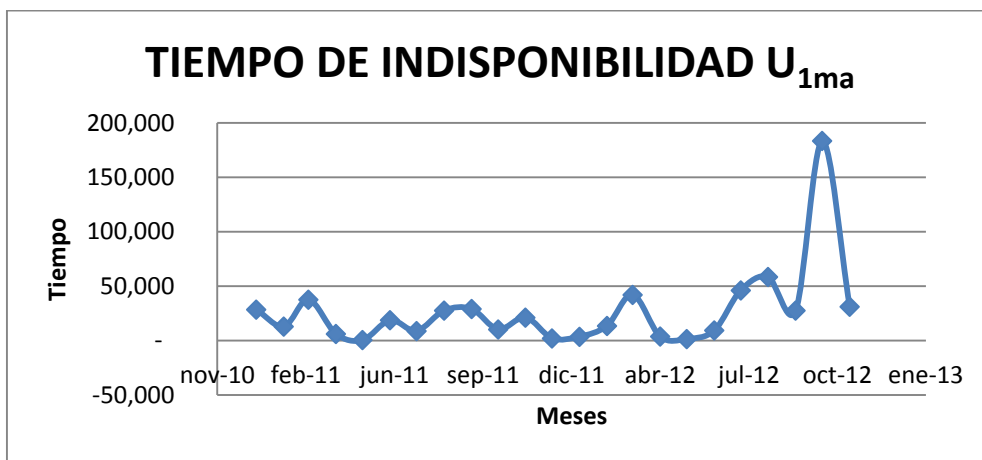
**FUNCIONES DE WEIBULL ACUMULADA PARA LA U<sub>1ma</sub> Y U<sub>2ma</sub>:**



**Fig. 44. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>1ma</sub>.**

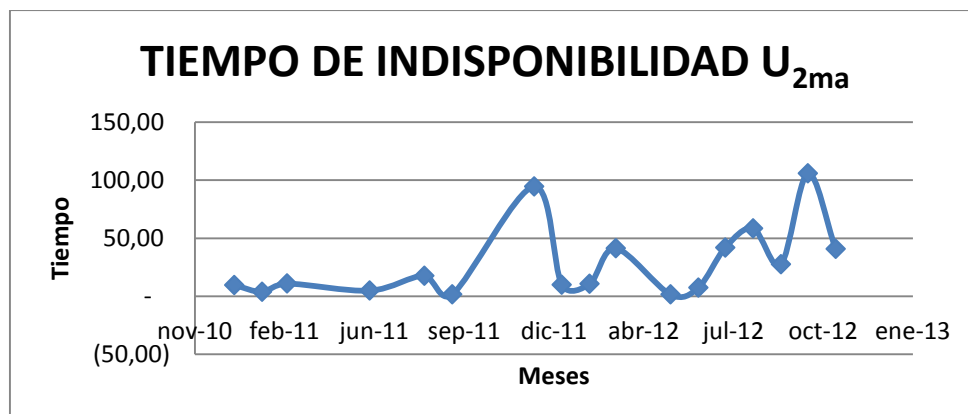


**Fig. 45. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>2ma</sub>.**



**Fig. 46. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>1ma</sub>.**

En la figura 46 se registra los valores del tiempo de indisponibilidad de la U<sub>1ma</sub>; con lo que en octubre del 2012 se determina el valor más elevado del tiempo de indisponibilidad con 183,4 horas; considerándolo el mes crítico ya que tienen valores altos de tiempos indisponibles. Refiérase al Anexo F.



**Fig. 47. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>2ma</sub>.**

De la misma manera en la figura 47 se muestra un registro de tiempo de indisponibilidad de la  $U_{2ma}$ , en el cual se visualiza que el valor más elevado en octubre del 2012 con 105,82 horas, seguido del mes de diciembre del 2011 con 94,62 horas, estableciendo estos meses como críticos ya que tienen valores altos de indisponibilidad. Refiérase al Anexo F.

### 3.3.1.3 MESES CON FALLA COINCIDENTE

En este punto se analiza los meses que tengan coincidencia con la misma falla. La tabla 20 muestra este análisis.

FALLAS	MESES CON ESA FALLA	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACION ESTADAR
1	4	2,875	1,553571429	1,246423455
2	5			
3	3			
4	3			
5	2			
6	3			
7	2			
8	1			

**Tabla 20. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{1ma}$ .**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA	PROMEDIO	VARIANZA	DESVIACION ESTADAR
1	3	2,125	2,982142857	1,726888201
2	6			
3	2			
4	1			
5	1			
6	2			
7	1			
9	1			

**Tabla 21. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{2ma}$ .**

De la tabla 20 de la  $U_{1ma}$  se puede expresar que cuatro meses registraron una falla individual por mes, de la misma forma y juicio se debe

interpretar el resto de datos para la  $U_{1ma}$  y para los datos de la tabla 21 de la  $U_{2ma}$ .

Al realizar el ajuste de datos de meses con fallas coincidentes usando Excel, resultó que la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a estos datos es la distribución de Poisson.

Los parámetros obtenidos de la distribución de Poisson son:

$$\text{Lambda}(\lambda) = 3,696 \text{ Para la } U_{1ma}.$$

$$\text{Lambda}(\lambda) = 3,412 \text{ Para la } U_{2ma}.$$

Aplicando la prueba con Kolmogorov Smirnov, basándonos en la ecuación  $Dif\ Max = f.\text{experimental} - f.\text{teorico}$ , con nivel de significancia de 0,05 que es  $\left(1,36/\sqrt{N}\right)$  donde  $N$  es el número de muestras, se obtuvo los siguientes resultados:

#### **$U_{1ma}$**

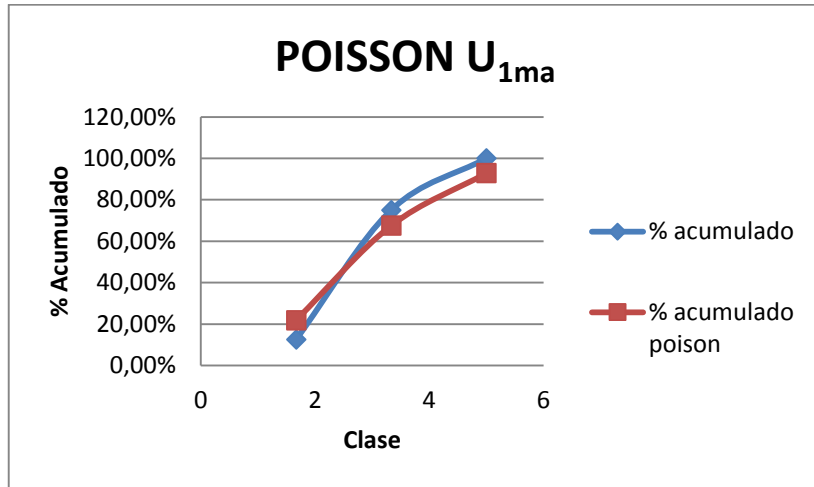
<i>Dif Max</i>	<i>0,05731</i>
<i>Dmax</i>	<i>0,28358</i>

#### **$U_{2ma}$**

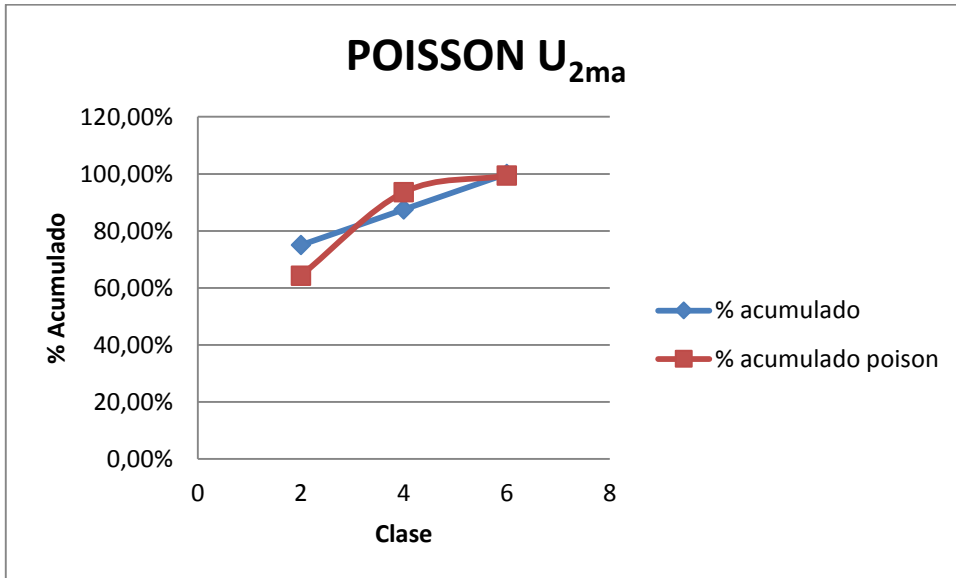
<i>Dif Max</i>	<i>0,19194</i>
<i>Dmax</i>	<i>0,32985</i>

Como ya lo se estableció el  $Dmax$  pertenece a la tabla de Kolmogorov Smirnov y  $Dif\ Max$  al valor obtenido con datos experimentales y datos teóricos, con lo que se cumple con el parámetro. Refiérase a los Anexos D y E.

**FUNCIONES DE POISSON ACUMULADA PARA LA U<sub>1ma</sub> Y U<sub>2ma</sub>:**



**Fig. 48. Distribución Poisson acumulada de los meses con fallas coincidentes U<sub>1ma</sub>.**



**Fig. 49. Distribución Poisson acumulada de los meses con fallas coincidentes U<sub>2ma</sub>.**

**3.3.2 ANÁLISIS DE LA CENTRAL MOLINO.**

De la misma manera como se mencionó anteriormente y como se trabajó con la central Mazar; se procedió el análisis de la central Molino. Se consideró las diez unidades generadoras de esta central: U<sub>1mo</sub>, U<sub>2mo</sub>, U<sub>3mo</sub>, U<sub>4mo</sub>, U<sub>5mo</sub>, U<sub>6mo</sub>, U<sub>7mo</sub>, U<sub>8mo</sub>, U<sub>9mo</sub> y U<sub>10mo</sub>.

### 3.3.2.1 ANÁLISIS DE FALLAS

La obtención de las fallas se basan en el Anexo C, donde encontramos el número de fallas de la  $U_{1mo}$  a la  $U_{10mo}$ , posteriormente desarrollamos una tabla base para el análisis; en la cual se necesitó la aplicación de medidas estadísticas de centralización y dispersión que nos ayudaron a aproximar de mejor manera al ajuste de las distribuciones de probabilidad. Refiérase al Anexo G.

Posteriormente se procedió a graficar los histogramas de fallas de las unidades de Molino.

#### HISTOGRAMAS DE FALLAS DE LA $U_{1mo}$ A LA $U_{10mo}$ .

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,3333	0	0,00%
0,6667	0	0,00%
1,0000	34	89,47%
1,3333	0	89,47%
1,6667	0	89,47%
2,0100	4	100,00%
y mayor...	0	100,00%

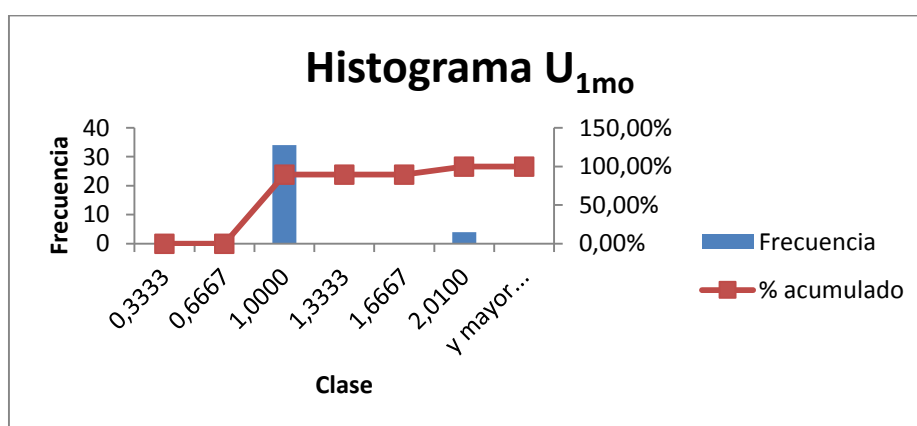


Fig. 50. Frecuencia de fallas de la  $U_{1mo}$ .



Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6000	0	0,00%
1,2000	20	76,92%
1,8000	0	76,92%
2,4000	3	88,46%
3,0000	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%

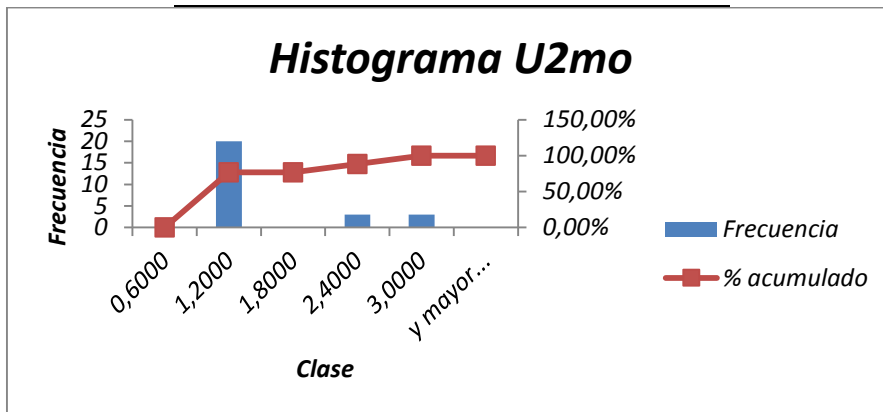


Fig. 51. Frecuencia de fallas de la U<sub>2mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,6000	0	0,00%
1,2000	23	82,14%
1,8000	0	82,14%
2,4000	4	96,43%
3,0000	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%

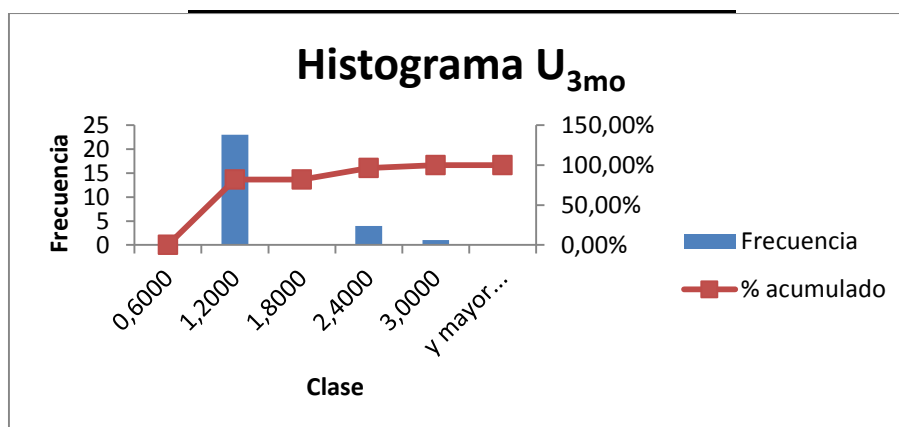
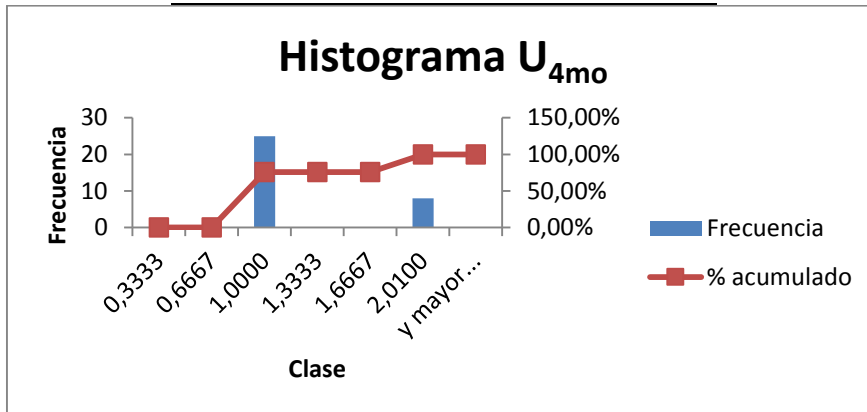


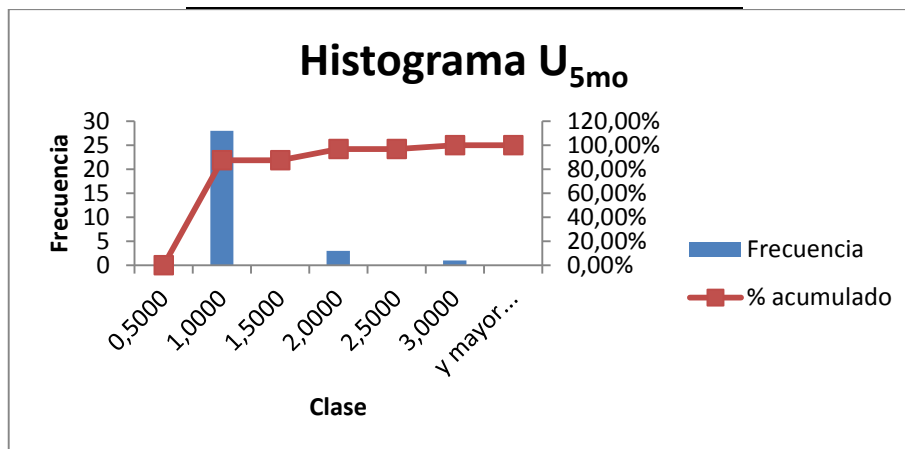
Fig. 52. Frecuencia de fallas de la U<sub>3mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,3333	0	0,00%
0,6667	0	0,00%
1,0000	25	75,76%
1,3333	0	75,76%
1,6667	0	75,76%
2,0100	8	100,00%
y mayor...	0	100,00%



**Fig. 53. Frecuencia de fallas de la U<sub>4mo</sub>.**

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,5000	0	0,00%
1,0000	28	87,50%
1,5000	0	87,50%
2,0000	3	96,88%
2,5000	0	96,88%
3,0000	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%



**Fig. 54. Frecuencia de fallas de la U<sub>5mo</sub>.**

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,4264	0	0,00%
0,8528	0	0,00%
1,2792	20	90,91%
1,7056	0	90,91%
2,1320	2	100,00%
y mayor...	0	100,00%

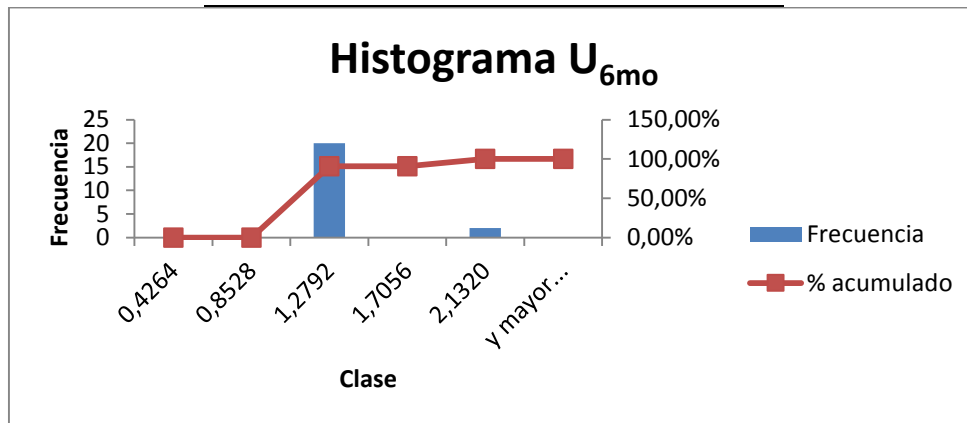


Fig. 55. Frecuencia de fallas de la U<sub>6mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,5222	0	0,00%
1,0445	26	78,79%
1,5667	0	78,79%
2,0889	6	96,97%
2,6112	0	96,97%
3,1334	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%

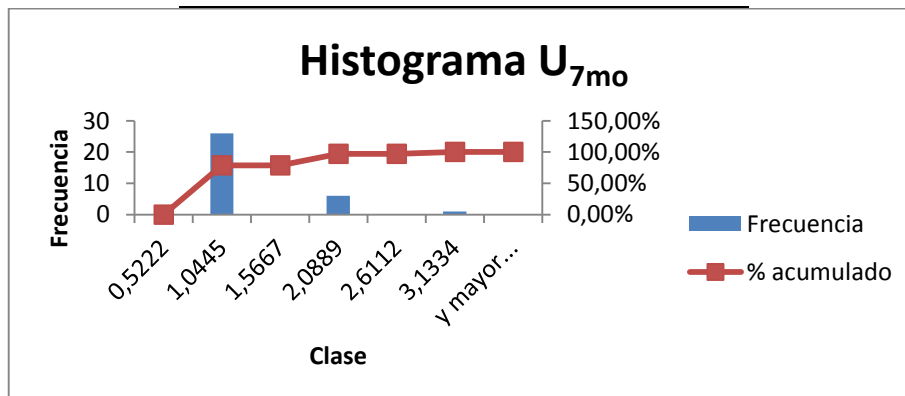


Fig. 56. Frecuencia de fallas de la U<sub>7mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,5303	0	0,00%
1,0607	30	93,75%
1,5910	0	93,75%
2,1213	1	96,88%
2,6517	0	96,88%
3,1820	1	100,00%
y mayor...	0	100,00%

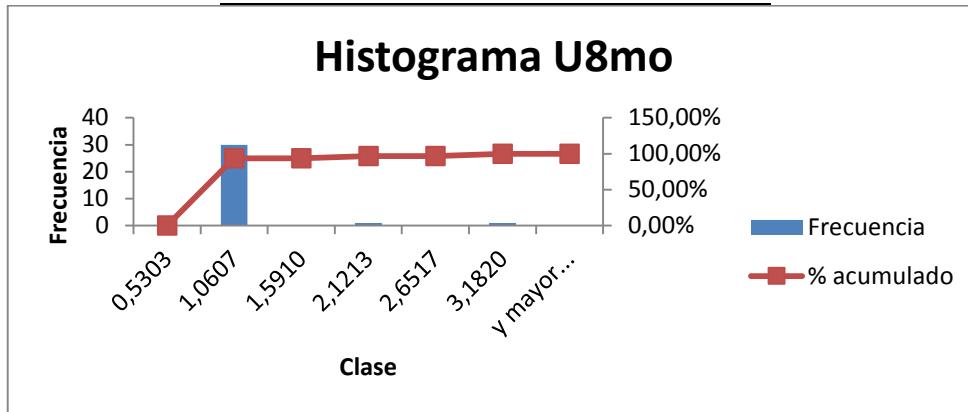


Fig. 57. Frecuencia de fallas de la U<sub>8mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,4000	0	0,00%
0,8000	0	0,00%
1,2000	18	72,00%
1,6000	0	72,00%
2,0000	7	100,00%
y mayor...	0	100,00%

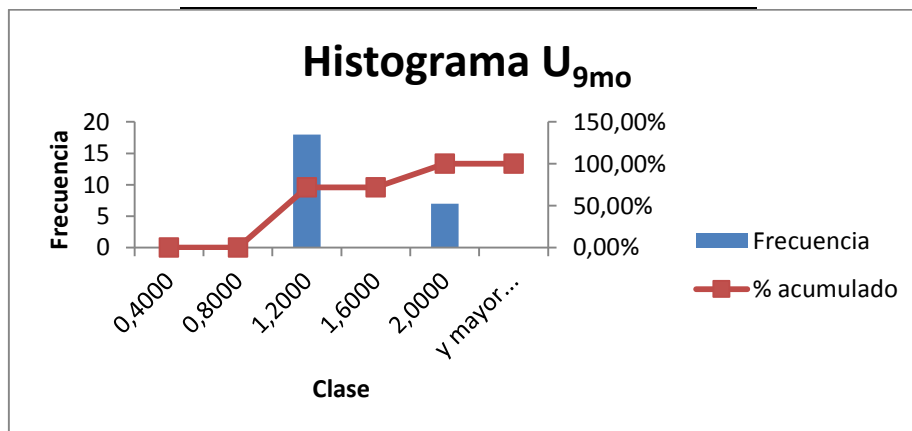


Fig. 58. Frecuencia de fallas de la U<sub>9mo</sub>.

Clase	Frecuencia	% acumulado
0,7071	0	0,00%
1,4142	14	77,78%
2,1213	1	83,33%
2,8284	0	83,33%
3,5355	3	100,00%
y mayor...	0	100,00%

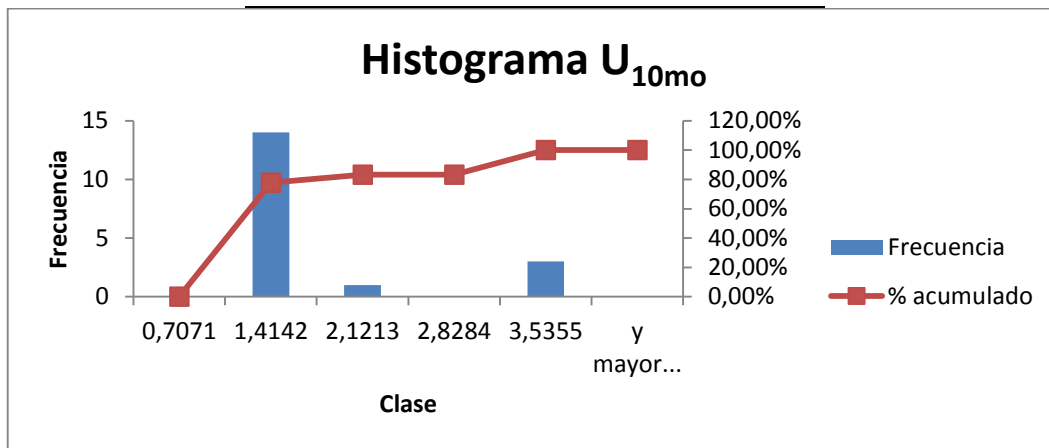


Fig. 59. Frecuencia de fallas de la U10mo.

Al analizar el ajuste de datos con fallas, empleando como ayuda Excel, basados en la tabla de Kolmogorov Smirnov y aplicando la ecuación antes vista  $Dif Max = f. experimental - f. teorico$  con nivel de significancia de 0,05 Refiérase al Anexo E; se estableció que los datos analizados **“no se ajustan a ninguna curva de distribución estadística”**, ya que se encuentran fuera del rango planteado de significancia, esto se debe a que los datos son pocos y repetitivos.

	U1mo	U2mo	U3mo	U4mo	U5mo	U6mo	U7mo	U8mo	U9mo	U10mo
Dif Max	0,3311	0,2602	0,2969	0,2887	0,3147	0,3359	0,2887	0,3350	0,2780	0,2494
Dmax	0,2206	0,2667	0,2570	0,2367	0,2404	0,2900	0,2367	0,2404	0,2720	0,3206

Tabla 22. Nivel de significancia de Kolmogorov Smirnov de las unidades de Molino.

De la tabla 22 se puede exponer que la U<sub>2mo</sub> y U<sub>10mo</sub> están cumpliendo con la distribución de Poisson, aunque cabe destacar que la U<sub>2mo</sub> está dentro de rango por muy poco pudiendo no lograr el nivel de confianza esperado. En tanto la U<sub>10mo</sub> está dentro del rango de significancia correctamente; por otro

lado, las demás unidades  $U_{1mo}$ ,  $U_{3mo}$ ,  $U_{4mo}$ ,  $U_{5mo}$ ,  $U_{6mo}$ ,  $U_{7mo}$ ,  $U_{8mo}$  y  $U_{9mo}$  están totalmente fuera del rango de significancia (Refiérase al Anexo G). De aquí que la mayoría de las centrales quedan fuera del rango lo que reduce el proceso de análisis a probabilidades o a la llamada teoría de los grandes números, por tanto para estas unidades se aplicará el análisis en el punto 3.3.2.3.

### 3.3.2.2 TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD

Como ya lo habíamos analizado en la central Mazar los tiempos de indisponibilidad son distribuciones discretas, aplicamos el mismo método de los mínimos cuadrados y el método de los momentos, dando resultado la distribución de Weibull la cual es la que se ajusta de mejor manera, obteniendo los siguientes resultados:

**$U_{1mo}$**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,681	0,552
alfa( $\alpha$ )	5,479	5,467
delta ( $\delta$ )	0	0

**$U_{2mo}$**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,782	0,820
alfa( $\alpha$ )	5,723	5,623
delta ( $\delta$ )	0	0

**$U_{3mo}$**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,740	0,872
alfa( $\alpha$ )	7,260	6,314
delta ( $\delta$ )	0	0

**$U_{4mo}$**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,971	0,794
alfa( $\alpha$ )	5,598	5,706
delta ( $\delta$ )	0	0

**U<sub>5mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,722	0,698
alfa( $\alpha$ )	5,220	5,210
delta ( $\delta$ )	0	0

**U<sub>6mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,759	0,704
alfa( $\alpha$ )	4,117	4,163
delta ( $\delta$ )	0	0

**U<sub>7mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,675	0,589
alfa( $\alpha$ )	8,490	8,812
delta ( $\delta$ )	0	0

**U<sub>8mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,761	0,652
alfa( $\alpha$ )	3,499	3,619
delta ( $\delta$ )	0	0

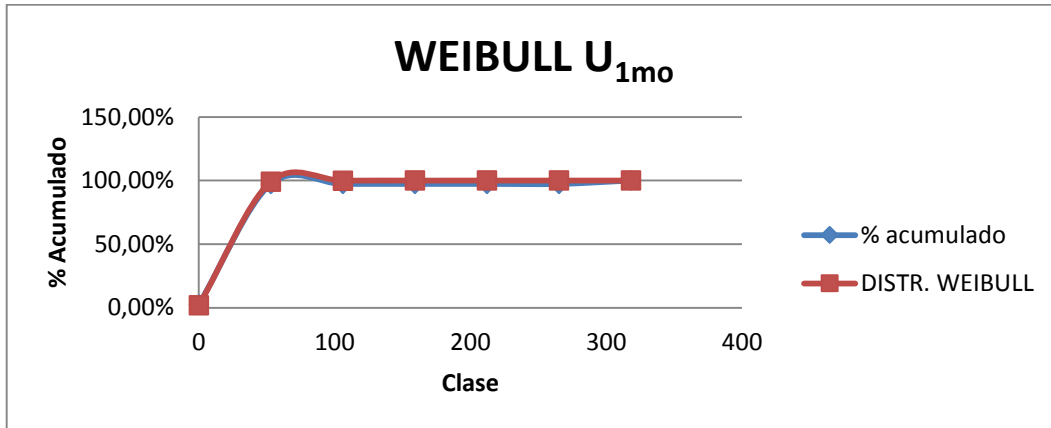
**U<sub>9mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,717	0,972
alfa( $\alpha$ )	6,509	5,822
delta ( $\delta$ )	0	0

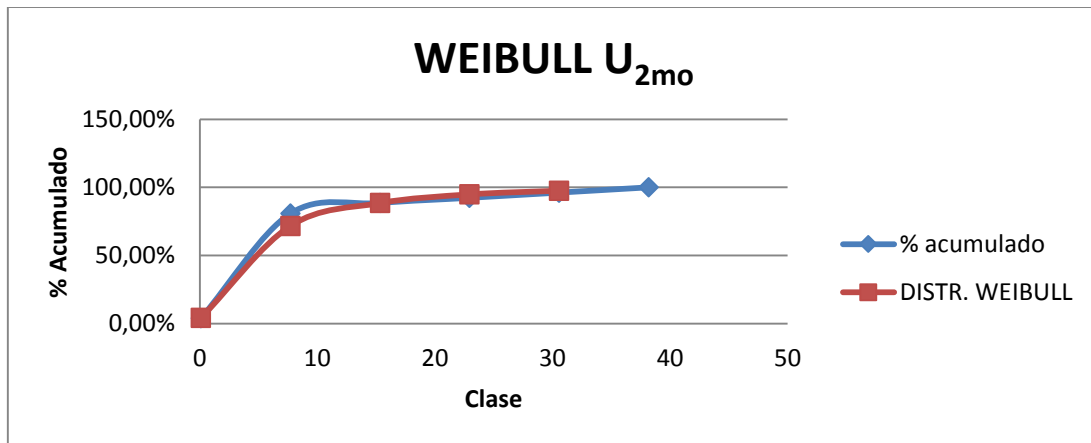
**U<sub>10mo</sub>**

Parámetros	Método. Mín. Cuadrados	Método Momentos
beta( $\beta$ )	0,872	1,005
alfa( $\alpha$ )	3,196	3,059
delta ( $\delta$ )	0	0

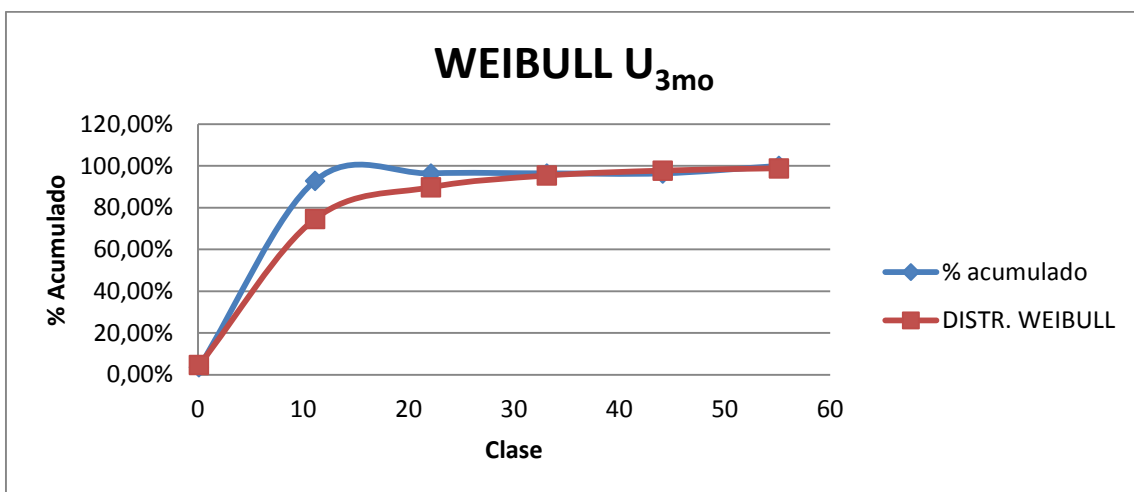
**FUNCIONES DE WEIBULL ACUMULADA PARA LA  $U_{1mo}$  A LA  $U_{10mo}$ :**



**Fig. 60. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad  $U_{1mo}$ .**

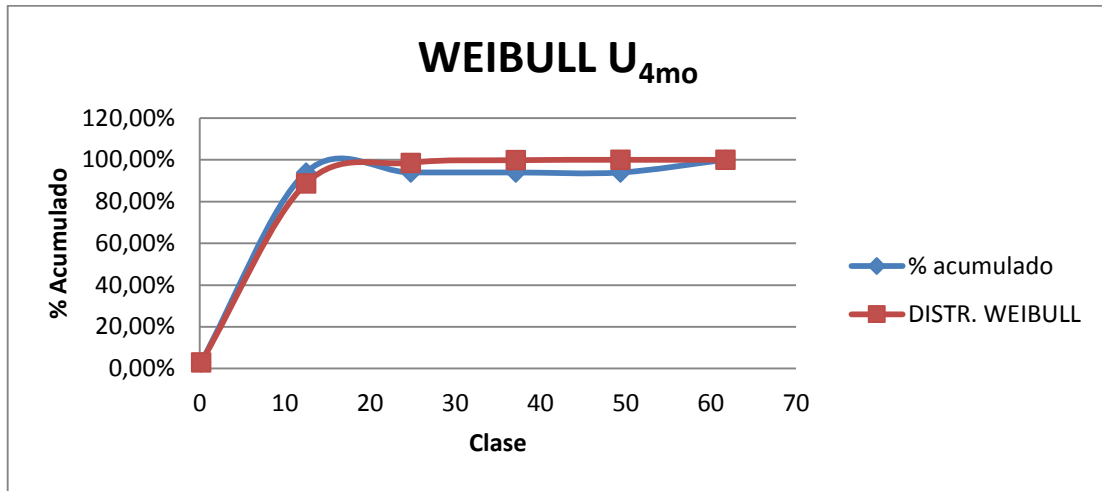


**Fig. 61. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad  $U_{2mo}$ .**

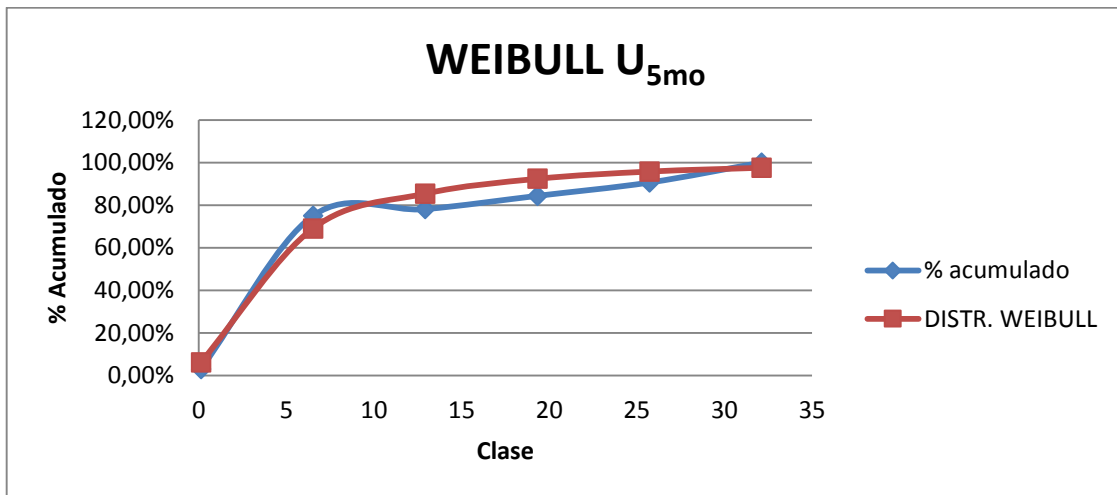


**Fig. 62. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad  $U_{3mo}$ .**

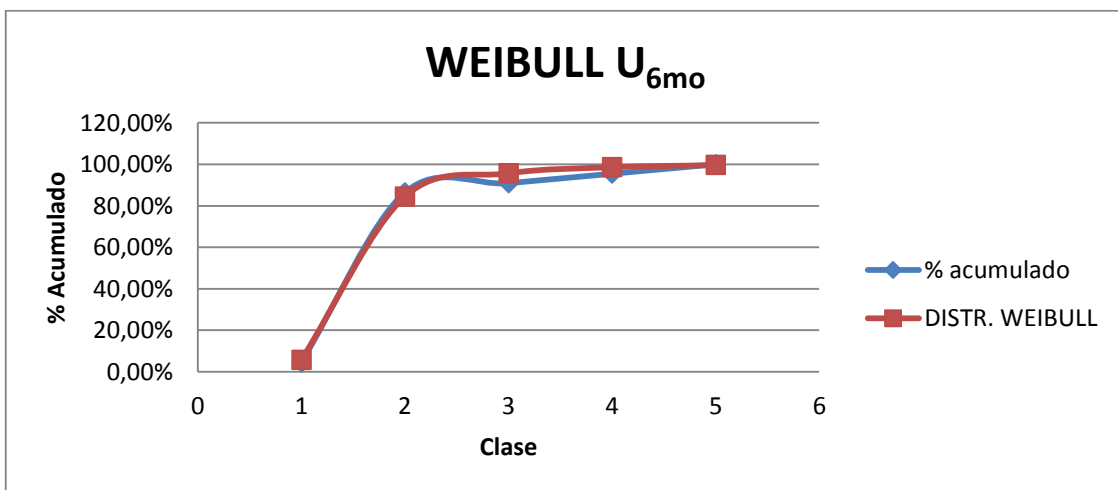




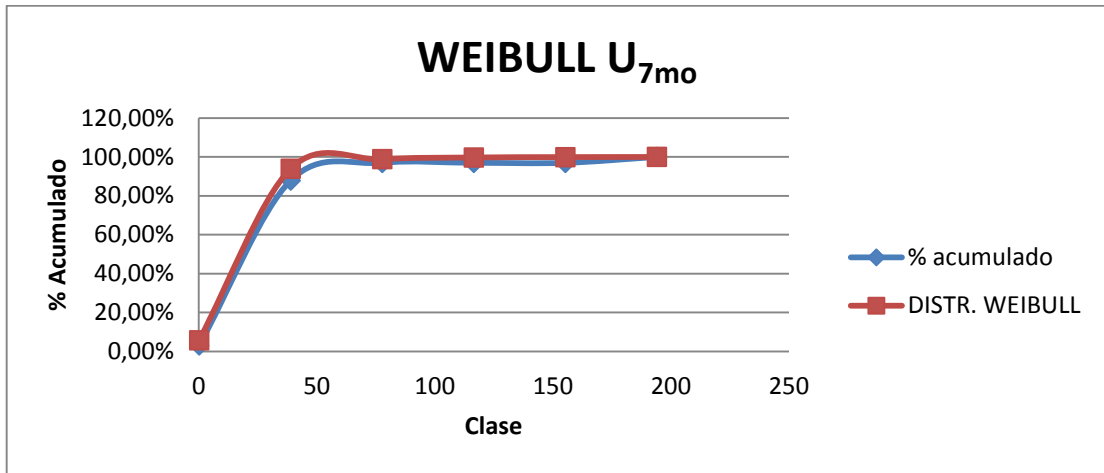
**Fig. 63. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>4mo</sub>.**



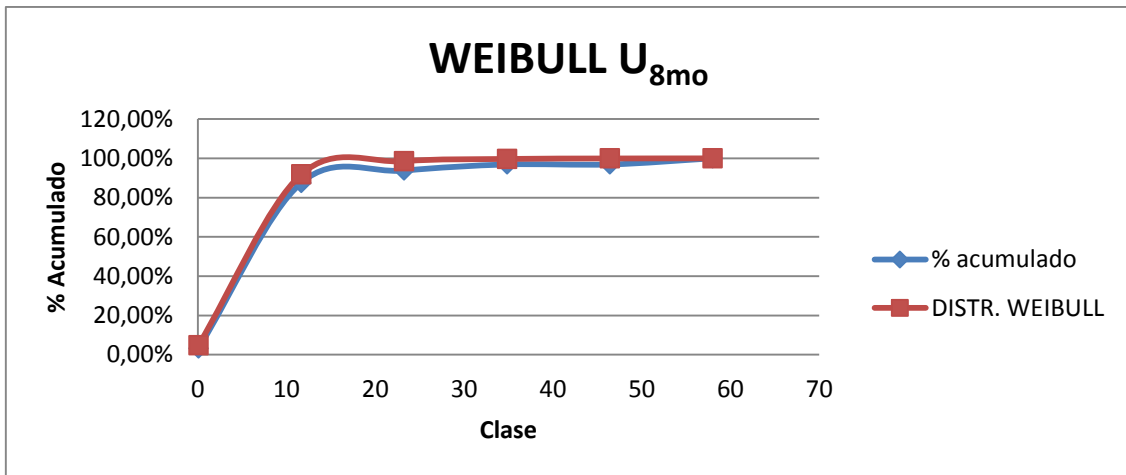
**Fig. 64. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>5mo</sub>.**



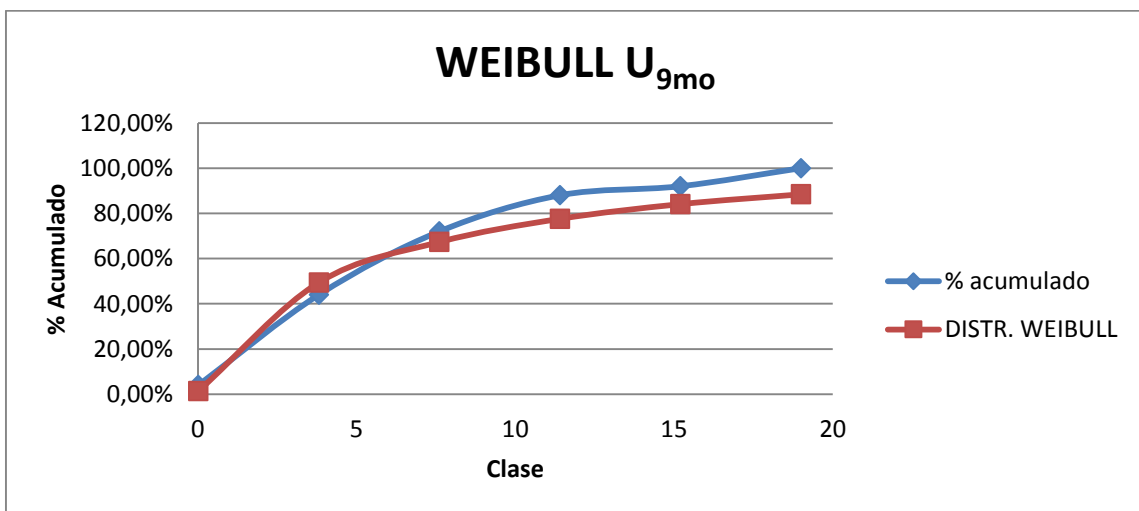
**Fig. 65. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>6mo</sub>.**



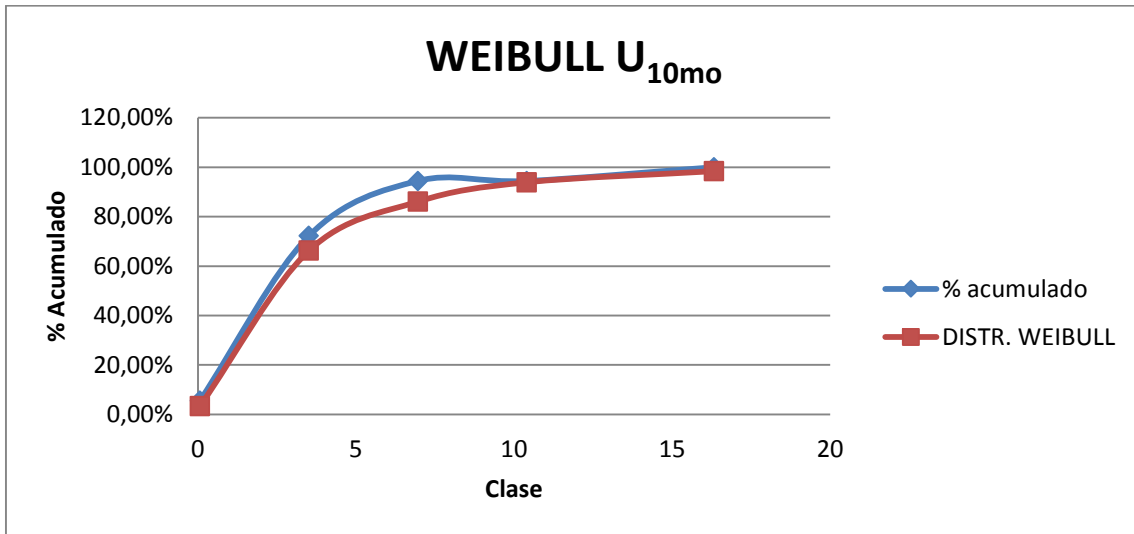
**Fig. 66. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>7mo</sub>.**



**Fig. 67. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>8mo</sub>.**

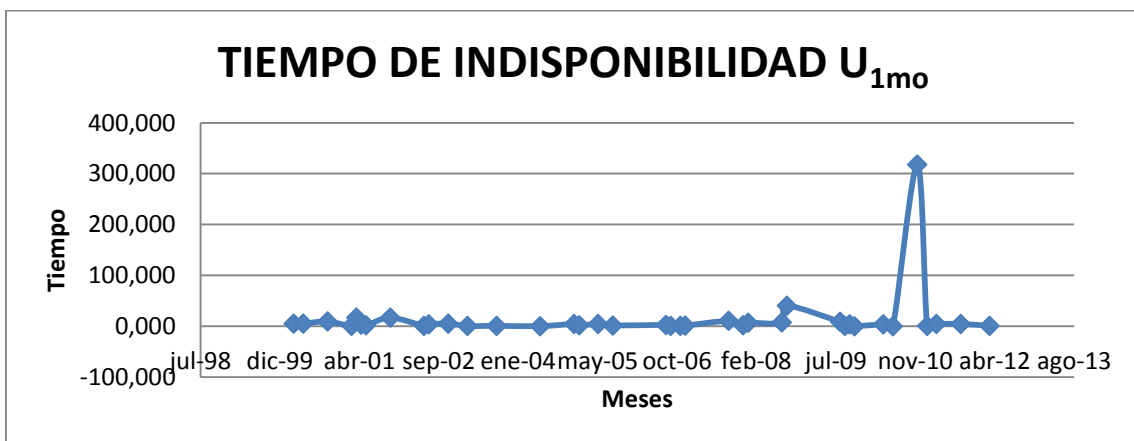


**Fig. 68. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>9mo</sub>.**



**Fig. 69. Distribución Weibull acumulada de los tiempos de indisponibilidad U<sub>10mo</sub>.**

A continuación se muestran las gráficas de los tiempos de indisponibilidad, para las diez unidades que conforman la central Molino durante el periodo evaluado.



**Fig. 70. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>1mo</sub>.**

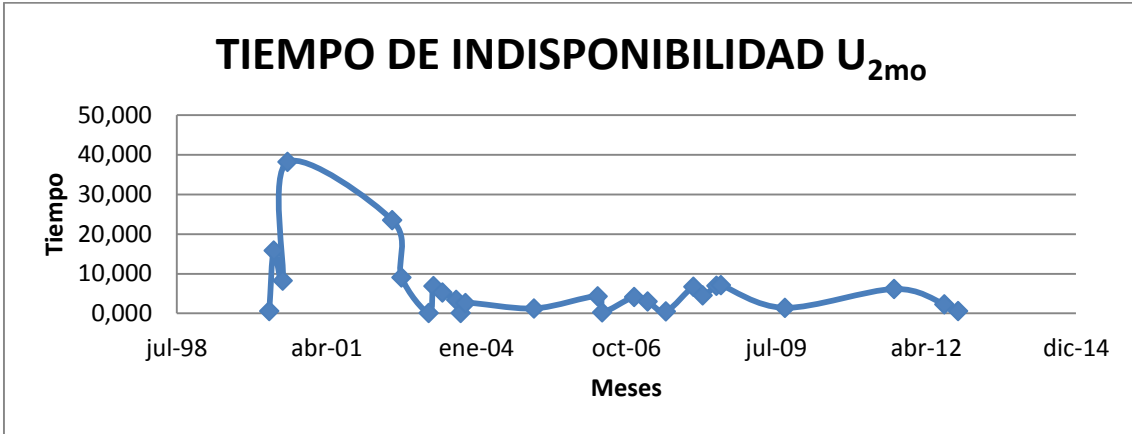


Fig. 71. Tiempo de Indisponibilidad  $U_{2mo}$ .

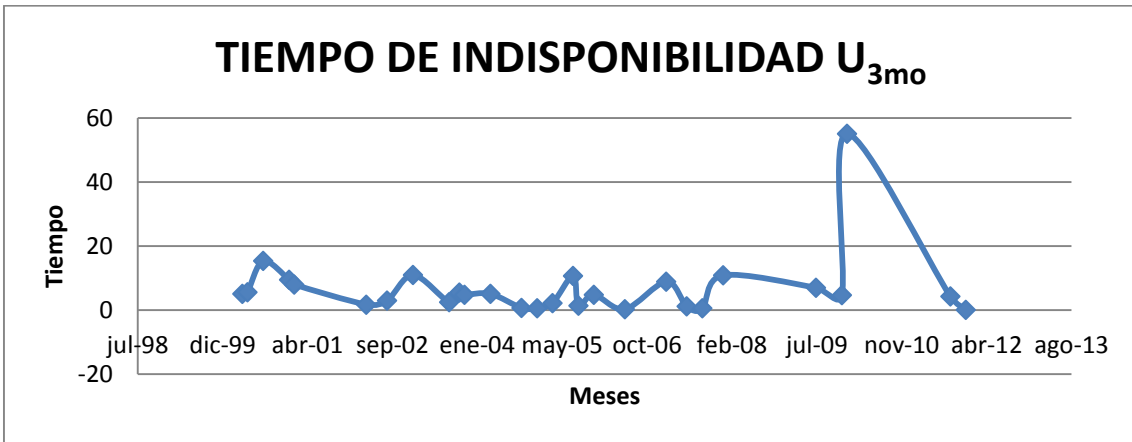


Fig. 72. Tiempo de Indisponibilidad  $U_{3mo}$ .

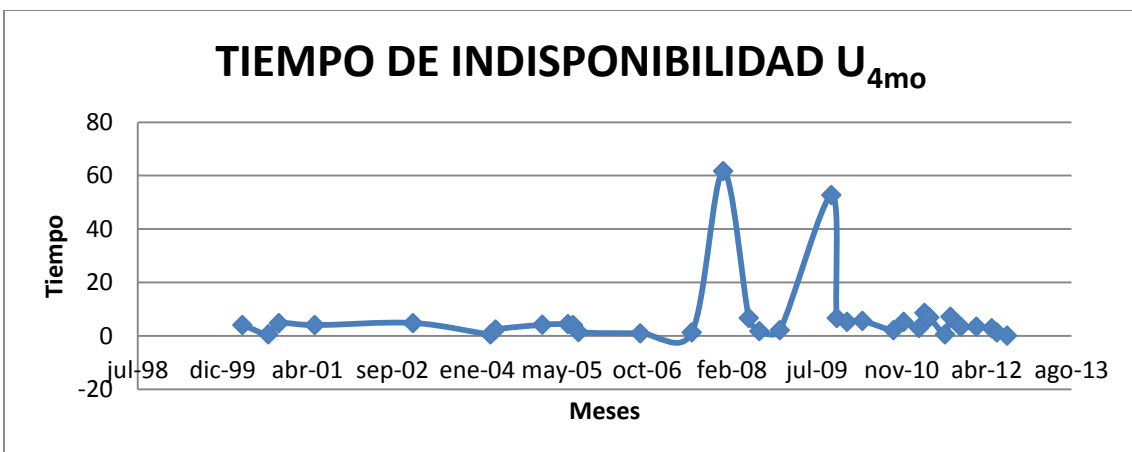


Fig. 73. Tiempo de Indisponibilidad  $U_{4mo}$ .

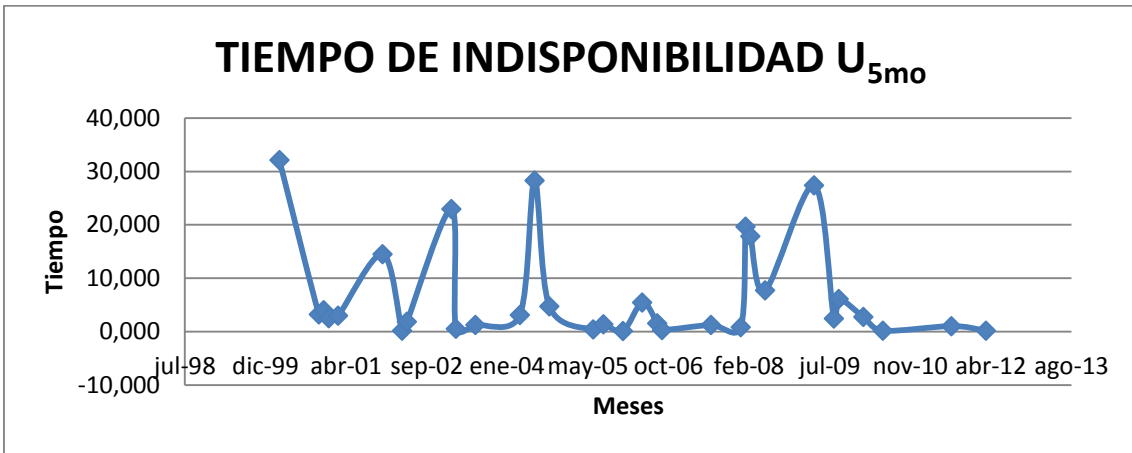


Fig. 74. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>5mo</sub>.

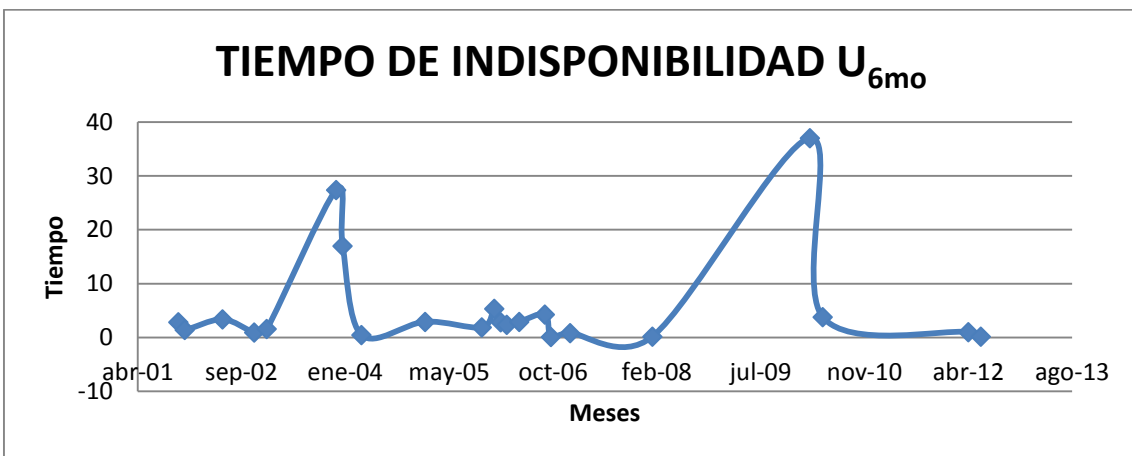


Fig. 75. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>6mo</sub>.

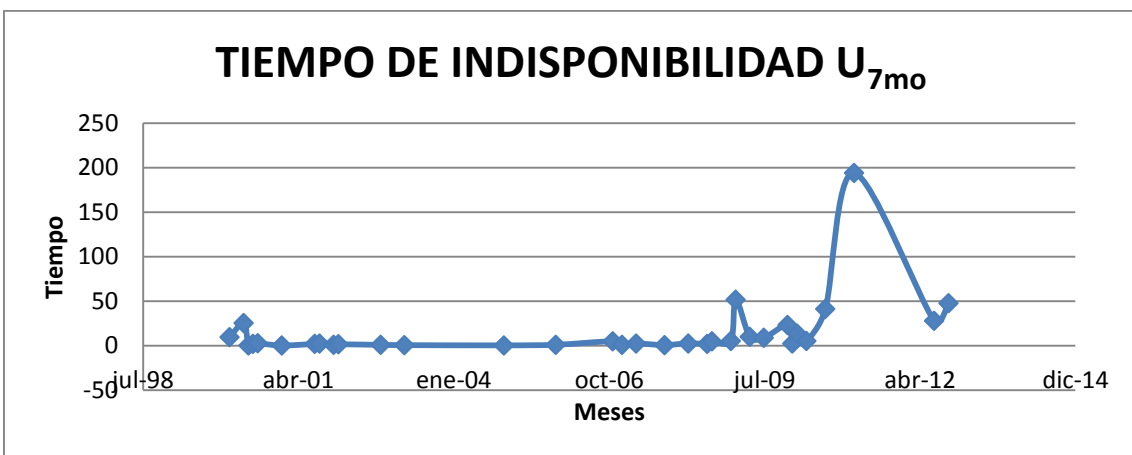


Fig. 76. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>7mo</sub>.

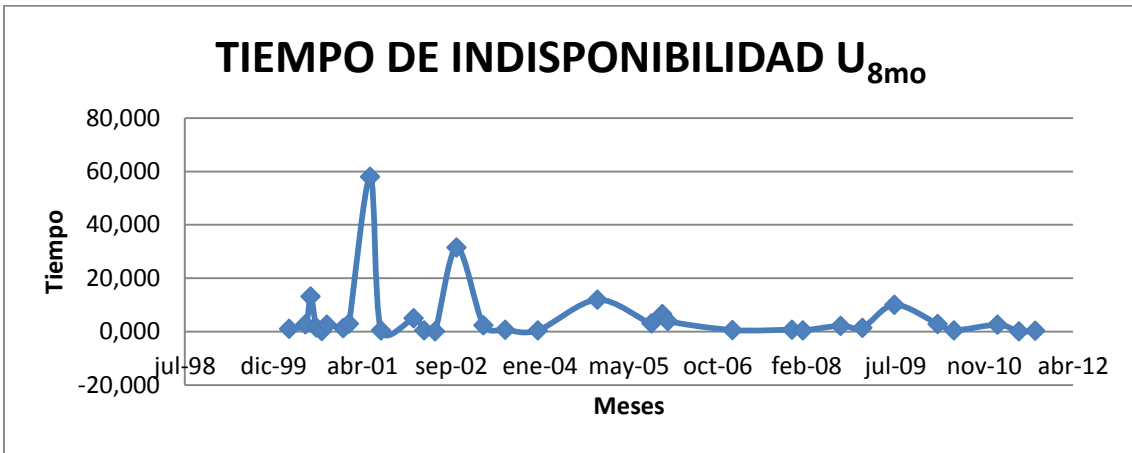


Fig. 77. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>8mo</sub>.

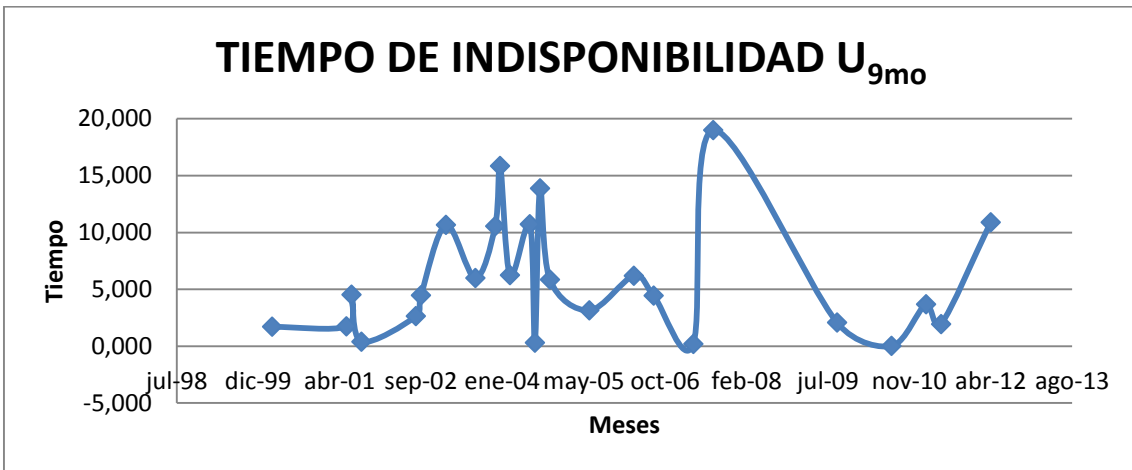


Fig. 78. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>9mo</sub>.

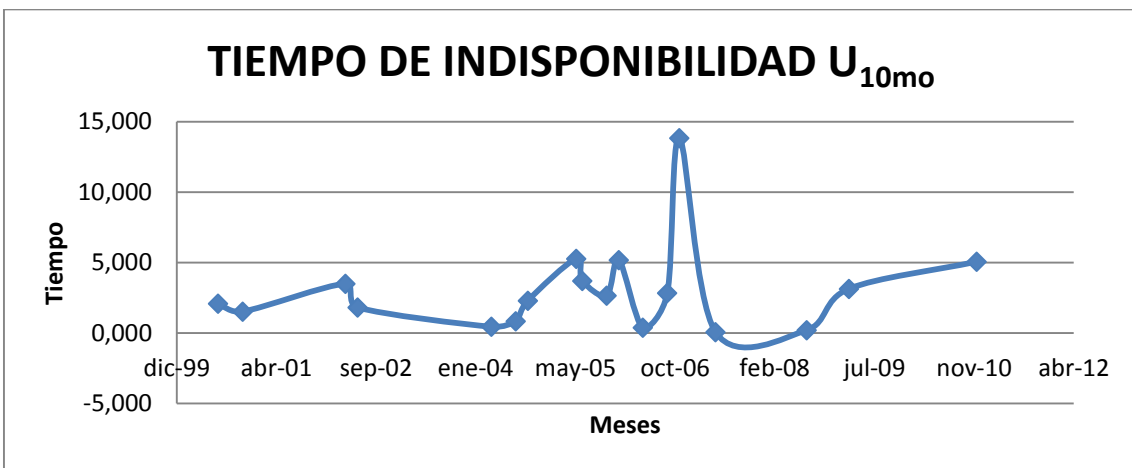


Fig. 79. Tiempo de Indisponibilidad U<sub>10mo</sub>.

En la figura 70 se grafican los valores del tiempo de indisponibilidad de la  $U_{1mo}$  durante el periodo evaluado. De ésta gráfica se observa que en el mes de diciembre del 2010 se encuentra el valor más elevado del tiempo de indisponibilidad con 318,033 horas; considerándolo el mes crítico ya que tienen valores altos de tiempos indisponibles. De esta misma manera se interpretarán las diferentes gráficas de los tiempos de indisponibilidad obtenidas de las unidades generadora de la central Molino. De las figuras 76 70, 77 y 73 se puede apreciar que la  $U_{7mo}$ ,  $U_{1mo}$ ,  $U_{8mo}$  y  $U_{4mo}$  respectivamente son las unidades con mayor tiempo de indisponibilidad debido a que han sufrido contingencias con más frecuencia que el resto de unidades. Refiérase al Anexo H

### 3.3.2.3 MESES CON FALLA COINCIDENTE

Como se estableció en el punto 3.3.1.1 se analizarán los datos aplicando la teoría de los grandes números ya que las probabilidades están dadas en base a una distribución uniforme entre 0 y 1. Antes se formarán tablas con los meses que tengan coincidencia con la misma falla.

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	34
2	4

**Tabla 23. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{1mo}$ .**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	20
2	3
3	3

**Tabla 24. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{2mo}$ .**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	23
2	4
3	1

**Tabla 25. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U<sub>3mo</sub>.**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	25
2	8

**Tabla 26. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U<sub>4mo</sub>.**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	28
2	3
3	1

**Tabla 27. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U<sub>5mo</sub>.**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	20
2	2

**Tabla 28. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U<sub>6mo</sub>.**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	26
2	6
3	1

**Tabla 29. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes U<sub>7mo</sub>.**



FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	30
2	1
3	1

**Tabla 30. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{8mo}$ .**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	18
2	7

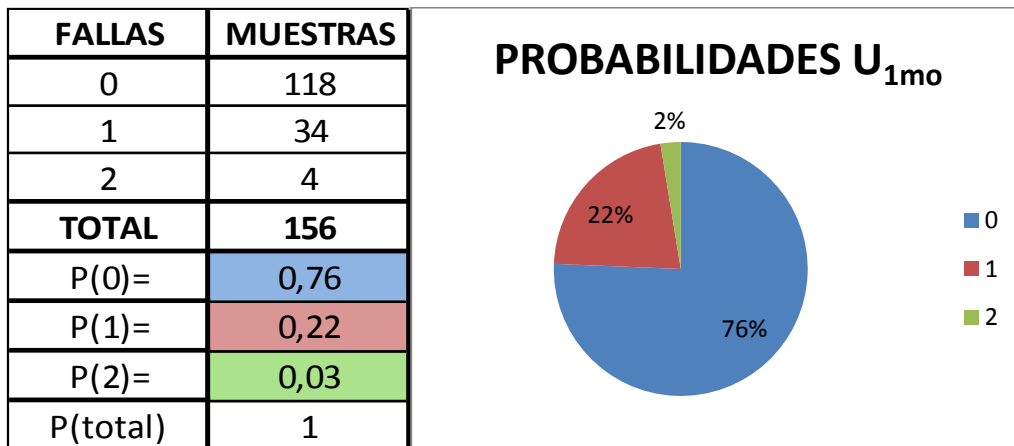
**Tabla 31. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{9mo}$ .**

FALLAS	MESES CON ESA FALLA
1	14
2	1
3	3

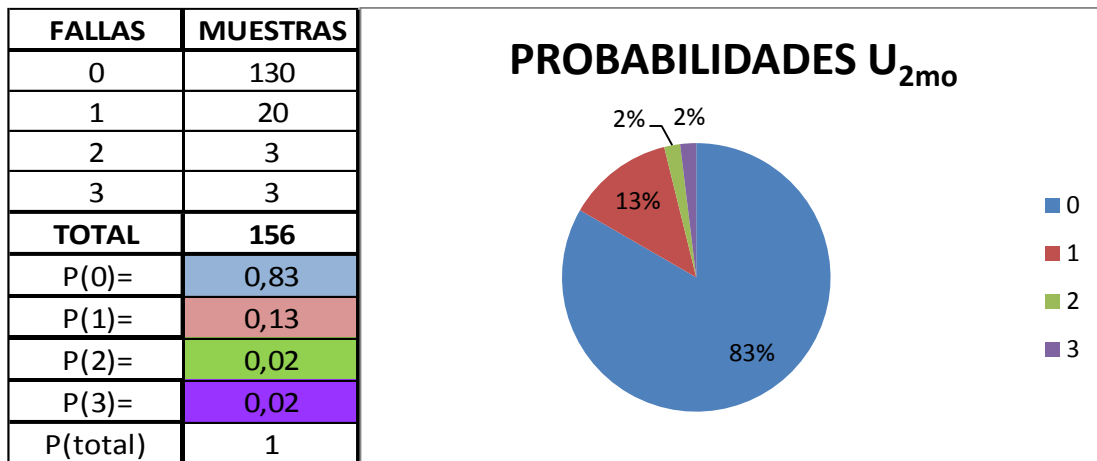
**Tabla 32. Meses del periodo de observación con fallas coincidentes  $U_{10mo}$ .**

En la tabla 23 de la  $U_{1mo}$  se puede observar que hay 34 meses en los cuales se registró una falla por mes y cuatro meses en los cuales se registró dos fallas por mes. De esta misma manera se interpreta las tablas para las demás unidades de la central Molino; visto de esta manera, las probabilidades están definidas y se obtienen las siguientes probabilidades para las diez unidades de la central Molino:

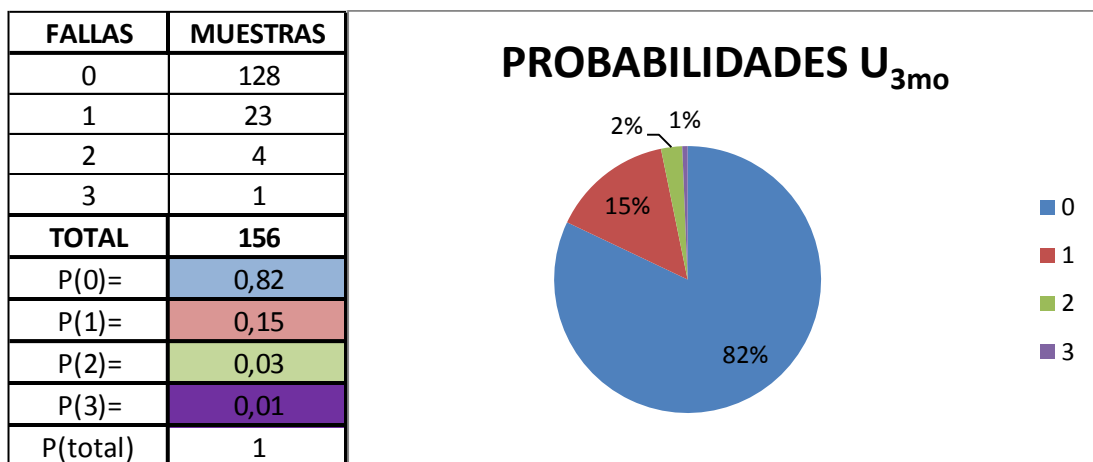
**PROBABILIDADES CALCULADAS DE LAS UNIDADES GENERADORAS**



**Fig. 80. Probabilidades de la U<sub>1mo</sub>.**



**Fig. 81. Probabilidades de la U<sub>2mo</sub>.**



**Fig. 82. Probabilidades de la U<sub>3mo</sub>.**

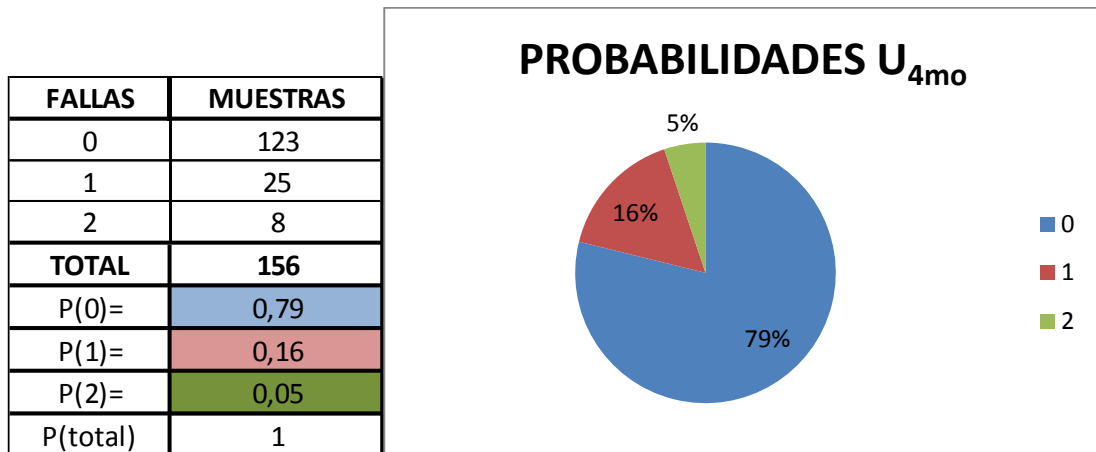


Fig. 83. Probabilidades de la U<sub>4mo</sub>.

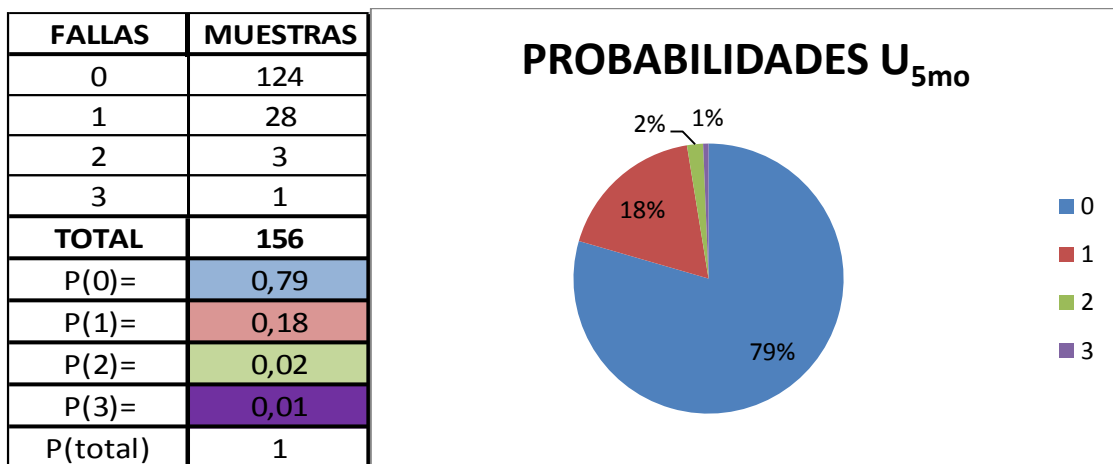


Fig. 84. Probabilidades de la U<sub>5mo</sub>.

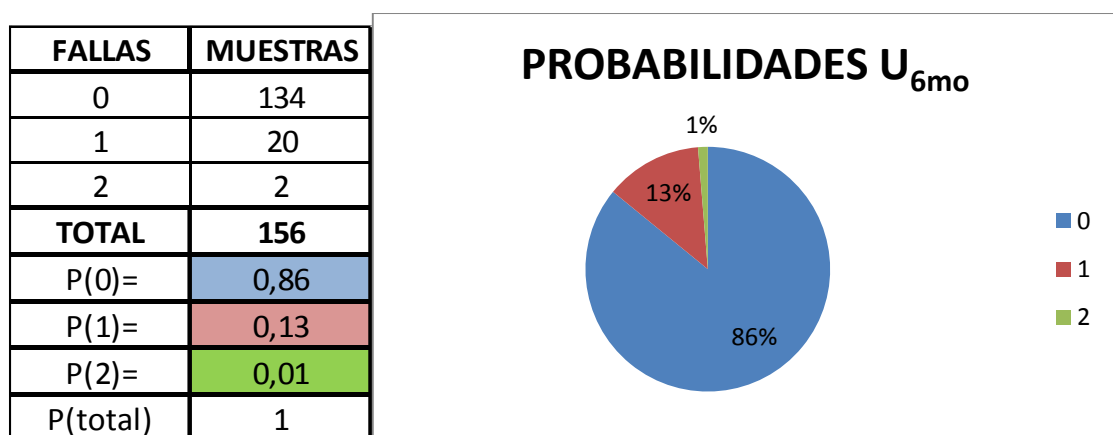


Fig. 85. Probabilidades de la U<sub>6mo</sub>.

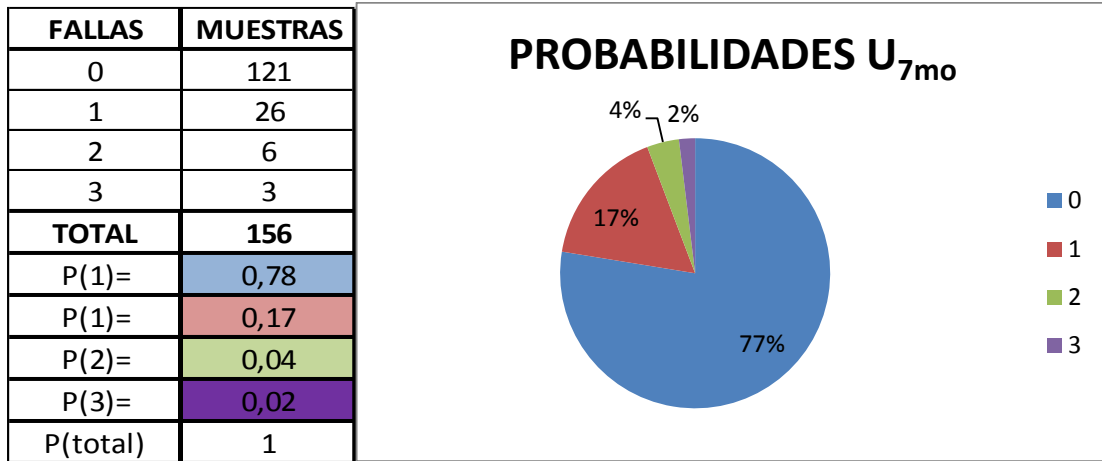


Fig. 86. Probabilidades de la U<sub>7mo</sub>.

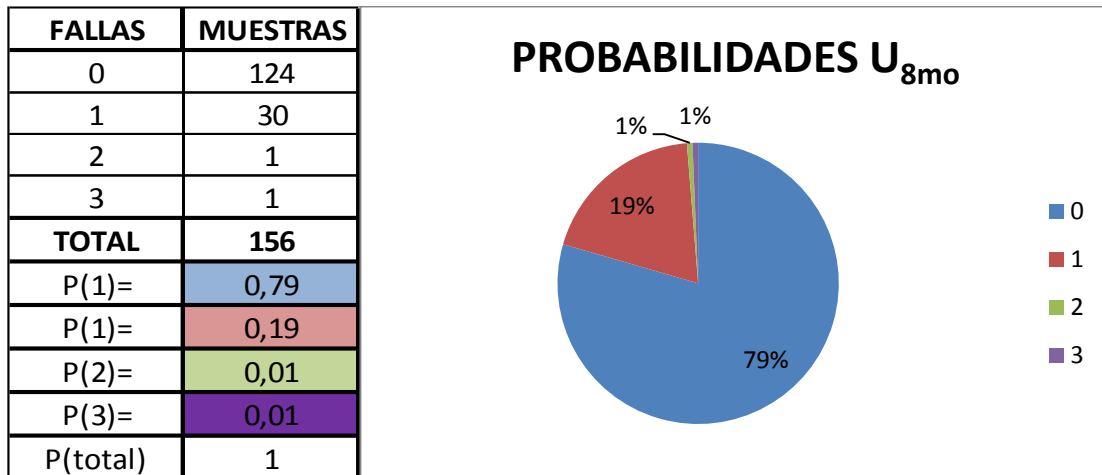


Fig. 87. Probabilidades de la U<sub>8mo</sub>.

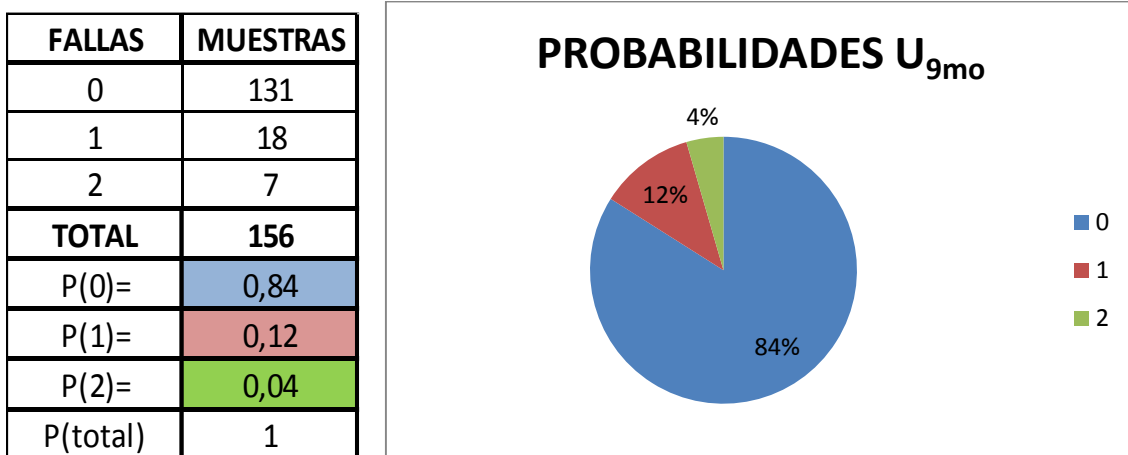
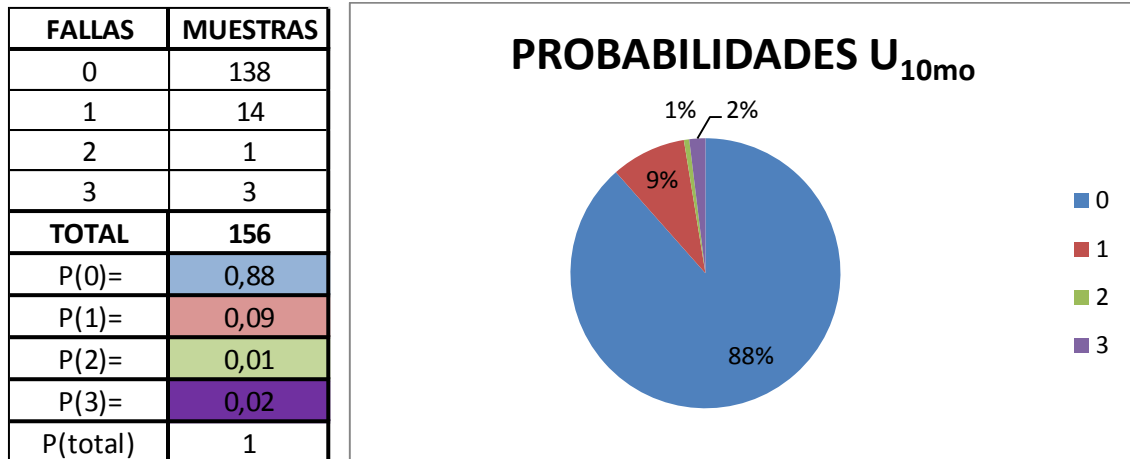


Fig. 88. Probabilidades de la U<sub>9mo</sub>.

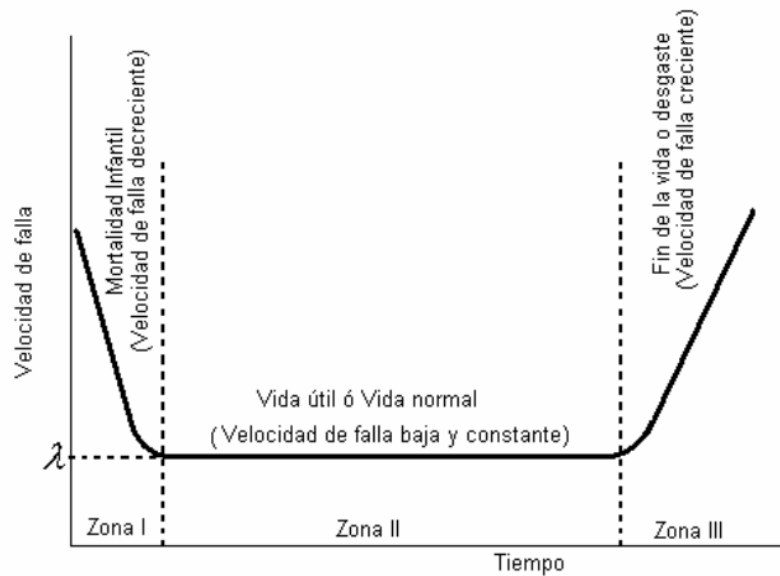


**Fig. 89. Probabilidades de la U<sub>10mo</sub>.**

En las figuras 80 a 89 se presentan las probabilidades de cada unidad generadora de la central Molino, por lo que se puede decir que para la U<sub>1mo</sub> (Fig. 80), la probabilidad que se presente cero fallas durante el *tiempo evaluado* es de 76%; se presente una falla es de 22%; en tanto para que se presente dos fallas es de 11%. En la U<sub>2mo</sub> (Fig. 81) la probabilidad que se presente cero fallas en el periodo evaluado es de 83%; que se presente una fallas es de 13%, se presenten dos fallas es de 2% y que se presenten tres fallas es de 2%. De la misma manera que se explican las probabilidades de estas dos unidades, se interpretan para las ocho unidades restantes de la central Molino.

### 3.3.2.4 ANÁLISIS DE LA CURVA DE LA BAÑERA PARA LAS CENTRALES MAZAR Y MOLINO.

La curva de la bañera nos sirvió para conocer las tres zonas de las cuales está conformada dicha curva y en qué zona se encuentran operando las centrales Mazar y Molino.



**Fig. 90. Curva de la bañera para el análisis de las Centrales Mazar y Molino. [18]**

Observando la curva de la bañera y tomando en consideración los análisis realizados anteriormente podemos expresar que la central Mazar al ser prácticamente nueva, está en el período de ajuste, por lo que la frecuencia de paradas forzadas es mucho más alta que en la central Molino que se encuentra en una etapa de madurez operacional, lo cual se corrobora con los resultados del  $FOR_p$  y  $DISP$  obtenidos de 6,44% y 96,78% para Mazar y de 2,06% y 99,79% para Molino, respectivamente.

Tomando en consideración dichos resultados se dice que la central Mazar se encuentra en la Zona I ya que ésta está caracterizada por fallas debidas a los defectos de fabricación y acoplamiento de máquinas a las actividades destinadas, en tanto la central Molino está en la Zona II etapa de vida útil y caracterizada por fallas bajas, defectos aleatorios, causas externas accidentes fortuitos.

### 3.3.2.5 PROCEDIMIENTO PARA LA SIMULACIÓN MONTECARLO

Mediante el código presentado en el Anexo I se realizó la Simulación de Montecarlo para el estudio de confiabilidad de las unidades generadoras de la central Mazar y el análisis de probabilidades de la central Molino.

Para empezar la simulación MC de la central Mazar, se tienen la base de datos del archivo *Anexos.xlsx*. En las pestañas se encontrarán los Anexos C, D, F, G, H; los cuales contienen las “*Fallas*”, los “*Tiempos de Indisponibilidad*”,  $\lambda$ , *MTTF*, *MTTR*, y  $\mu$  durante el periodo de análisis determinado.

Para la central Mazar se determinaron parámetros de forma ( $\beta$ ), escala ( $\alpha$ ) y lambda ( $\lambda$ ) que son todos los valores necesarios para la simulación de cada unidad generadora, en tanto para la central Molino se determinan las probabilidades con la teoría de los grandes números y para los “*tiempos de Indisponibilidad*” se determinaron los parámetros de forma ( $\beta$ ), escala ( $\alpha$ ) para la simulación.

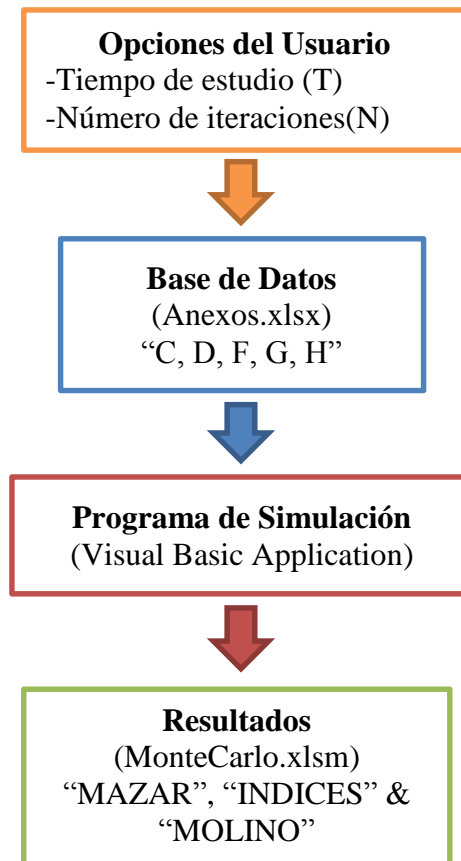
La simulación MC ejecutada tiene como objetivo realizar el análisis de confiabilidad de las unidades generadoras de la central Mazar y las probabilidades de que se produzcan fallas de la central Molino.

La simulación MC tendrá un error absoluto de estimación del 5% y para obtener este error se necesitará de 400 iteraciones; el mismo, que se calcula con la siguiente ecuación:

$$error\% = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (55)$$

donde: N es el número de iteraciones realizadas.

A continuación se muestra la estructura central del algoritmo implementado para nuestra simulación Montecarlo y simulación de probabilidades.



**Fig. 91. Estructura del programa MC y Probabilidades de simulación.**

### 3.3.2.6 RELACIÓN DE MICROSOFT EXCEL CON VISUAL BASIC FOR APPLICATIONS

Microsoft Visual Basic for Applications es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic que se utiliza para programar aplicaciones Windows y que se incluye en varias aplicaciones de Microsoft. VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de la suite Microsoft Office, para aplicaciones es un subconjunto casi completo de Visual Basic 5.0 y 6.0. [35]

Microsoft VBA viene integrado en aplicaciones de Microsoft Office, como Word, Excel, Access y PowerPoint. Prácticamente cualquier cosa que se pueda programar en Visual Basic 5.0 o 6.0 se puede hacer también dentro de un documento de Office; su utilidad principal es automatizar tareas cotidianas, así como crear aplicaciones y servicios de bases de datos para el escritorio. Permite acceder a las funcionalidades de un lenguaje orientado a eventos con acceso a la API de Windows. [35]

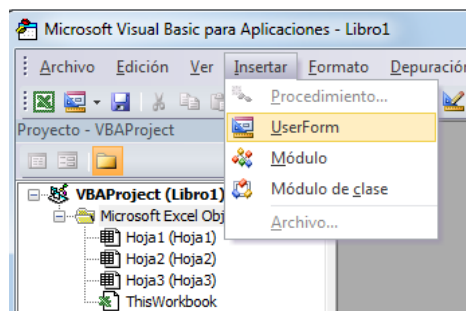


### 3.3.2.6.1 FORMULARIOS EN VBA

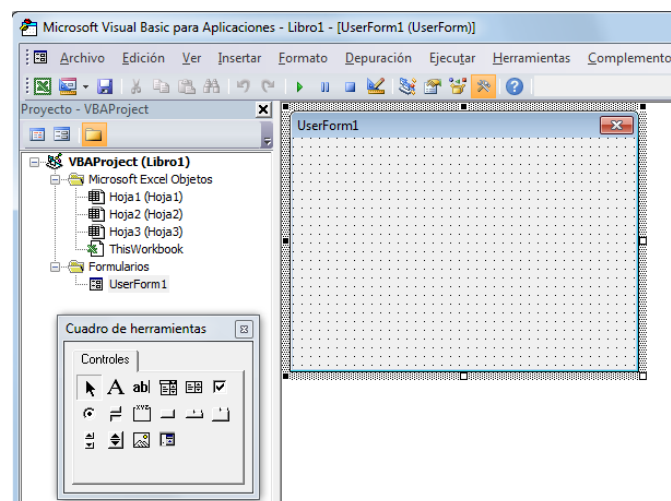
Los **formularios en VBA** no son más que un cuadro de diálogo de Excel donde se puede colocar controles que nos ayudarán a solicitar información del usuario. Se puede colocar cajas de texto, etiquetas, cuadros combinados, botones de comando, etc.

#### ➤ Crear un formulario en Excel

Los **formularios de Excel** son creados desde el Editor de Visual Basic donde se selecciona la opción de menú “Insertar” y posteriormente la opción UserForm.



Inmediatamente en la pantalla se mostrará un **formulario** en blanco donde se observa el “*Cuadro de herramientas*”:

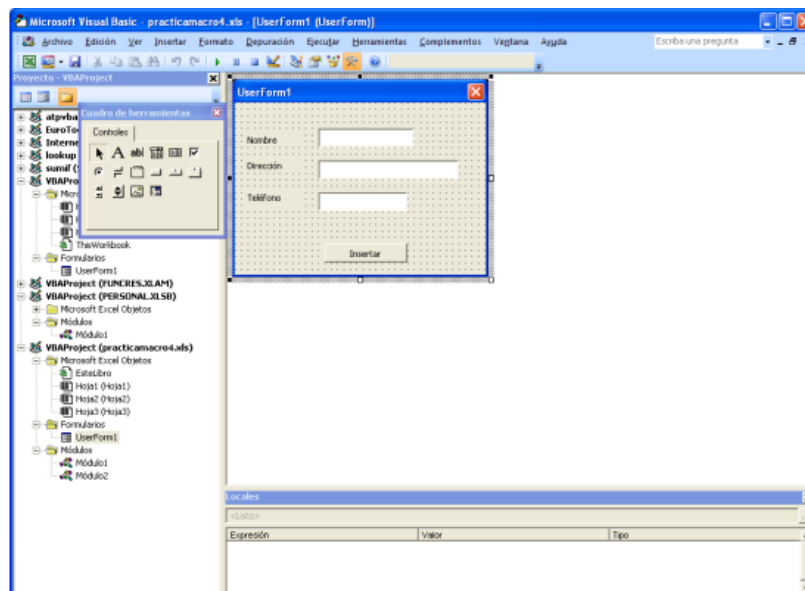


Si no se visualiza el *Cuadro de herramientas* se selecciona el menú “Ver” y la opción “Cuadro de herramientas”.

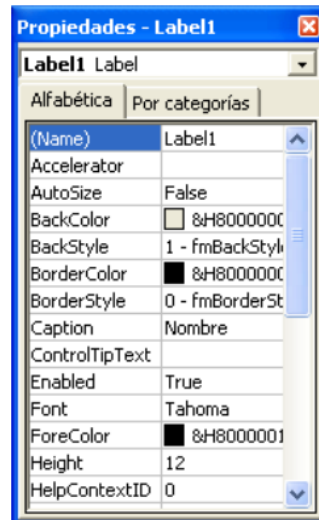
### ➤ Agregar controles al formulario

Para agregar un control al **formulario** se selecciona, del “Cuadro de herramientas” y se dibuja sobre el formulario. Se explicará con un ejemplo en el cual se agregarán etiquetas y cuadros de texto así como un par de botones de comando:

1. Del “*Cuadro de Herramientas*” el Control “*Etiqueta*”, que tiene la **A** se arrastra dibujando en el Formulario **USERFORM1** la etiqueta. Quedará el nombre Label1, después de un clic en la etiqueta dibujada, se podrá modificar el nombre de adentro y se pondrá el nuevo *Nombre*. Si por error se da un doble clic en la etiqueta y lo manda a la pantalla de programación de la etiqueta, solo de doble clic en *UserForm1* que se encuentra en el *Explorador de Proyecto*.
2. En el “*Cuadro de Herramientas*” el control *Cuadro de Texto*, que tiene **ab** se arrastra dibujando en el formulario **USERFORM1** el cuadro de texto, a un lado de la etiqueta que dice *Nombre*. El cuadro de texto debe de estar vacío y su nombre será **Textbox1**, el nombre solo aparecerá en el control.
3. Se hace los dos pasos anteriores igualmente poniendo **Dirección** en la **Label2** y **Teléfono** en la **Label3** y también dibuje



Si se **tiene algún problema** al dibujar las etiquetas o los cuadros de texto, se tiene que cambiar el nombre a la etiqueta o el cuadro de texto en la Ventana *Propiedades* la opción tiene el nombre (*Name*). Puede ponerle cualquier nombre en lugar de Label1.

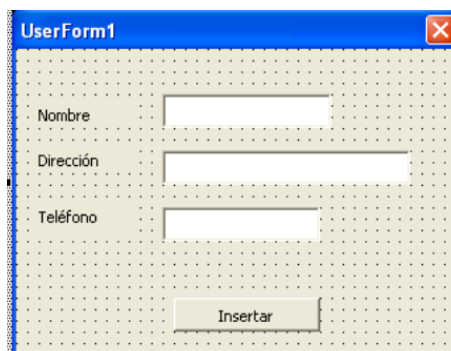


Los controles como las Etiquetas y Cuadros de Textos pueden modificárseles algunas opciones en la Ventana Propiedades. Para hacer esto es necesario tener conocimiento sobre las propiedades de los controles.

Del “*Cuadro de Herramientas*” el control **Botón de Comando**, arrastre dibujando en el Formulario **USERFORM1** el Botón, después de un clic en el nombre del Botón dibujado, se podrá modificar el nombre y se pondrá **Insertar**.

Si por error da doble clic en la Botón y manda a la pantalla de programación de la etiqueta, solo de doble clic en **UserForm1** que se encuentra en el **Explorador de Proyecto**.

Así quedara el Formulario formado por los controles:



4. Ahora dando doble clic sobre el control Textbox1 y después insertando el código de programación, se programa la acción que desee que realice cada botón. [36]

### 3.3.2.7 PASOS PARA LA SIMULACIÓN MONTECARLO

Los pasos que se mostrarán a continuación fueron implementados para la simulación Montecarlo de la central Mazar, la cual servirá para evaluar la confiabilidad de las unidades analizadas:

Primero se definen las variables principales del algoritmo:

T: tiempo de estudio en meses.

N: Número de interacciones deseadas.

k: número de iteraciones ejecutadas (contador que se compara con N para finalizar la simulación). Inicialmente  $k=1$ .

s: número de meses ejecutados para la simulación (contador que se compara con T para finalizar la simulación). Inicialmente  $s=0$ .

A continuación se presentará el proceso de simulación con los pasos primordiales empleados en el algoritmo de Montecarlo en Visual Basic Applications.

1. Pantalla de simulación ctrl+q.
2. Seleccionamos la central Mazar para el análisis MC.
3. Seleccionamos la Unidad a simular entre la  $U_{1ma}$  y la  $U_{2ma}$  con la cual se cargan las variables  $\alpha_1, \beta_1, \lambda_1$  y  $\alpha_2, \beta_2, \lambda_2$ .
4. Determinamos el periodo de tiempo de análisis en meses (T), el número de iteraciones a realizar (N) y el cálculo del error de MC.
5. Hicimos las variable  $k=1$  y la variable  $s=0$ .
6. Generamos números enteros los mismos que serán los meses de análisis y generamos dos números aleatorios; el primero será un aleatorio de poisson (Fallas), mientras que el segundo será un aleatorio de weibull (Tiempos de Indisponibilidad).
7. Determinamos mediante cálculos los parámetros de confiabilidad  $\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$ .
8. Dibujamos las fallas y los tiempos de indisponibilidad durante los meses seleccionados de análisis.
9. Dibujamos los histogramas de fallas y de tiempos de indisponibilidad.

10. Realizamos un resumen de fallas y de meses coincidentes con dicha falla.
11. Mediante cálculos determinamos los índices de confiabilidad: DISP [%] mensual, DISP [%] total, FOR [%] mensual, FOR [%] total, IC [%].
12. Dibujamos la DISP [%] mensual y el FOR [%] mensual.
13. Finalización.

### 3.3.2.8 PASOS PARA LA SIMULACIÓN DE PROBABILIDADES

Los pasos que se expondrán a continuación fueron implementados para la simulación de Probabilidades para la central Molino, la cual servirá para evaluar la probabilidad que se de fallas en las unidades analizadas.

Primero se definen las variables principales del algoritmo:

T: tiempo de estudio en meses.

A continuación se presentará el proceso de simulación con los pasos primordiales empleados en el algoritmo de Probabilidades en Visual Basic Applications.

- 1) Seleccionamos la central Molino para el análisis de Probabilidad.
- 2) Seleccionamos la Unidad a simular entre la  $U_{1mo}$  y la unidad  $U_{10mo}$ .
- 3) Determinamos el periodo de tiempo de análisis en meses (T) el cual nos brindará las iteraciones de aleatorio uniforme.
- 4) Cálculo de probabilidades para la unidad seleccionada.
- 5) Generamos un número aleatorio uniforme, el cual nos servirá para comparar las probabilidades.
- 6) Con cero fallas no genera aleatorio de weibull (Tiempo de Indisponibilidad), si es diferente a cero fallas generará aleatorios de weibull (Tiempo de Indisponibilidad) para la probabilidad establecida.
- 7) Realizamos la gráfica de probabilidades de la unidad analizada.
- 8) Finalización.

### 3.3.2.9 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA SIMULACIÓN

El diagrama de flujo diseñado propiamente para el análisis de Montecarlo y de Probabilidades tiene la estructura mostrada en la figura 92.

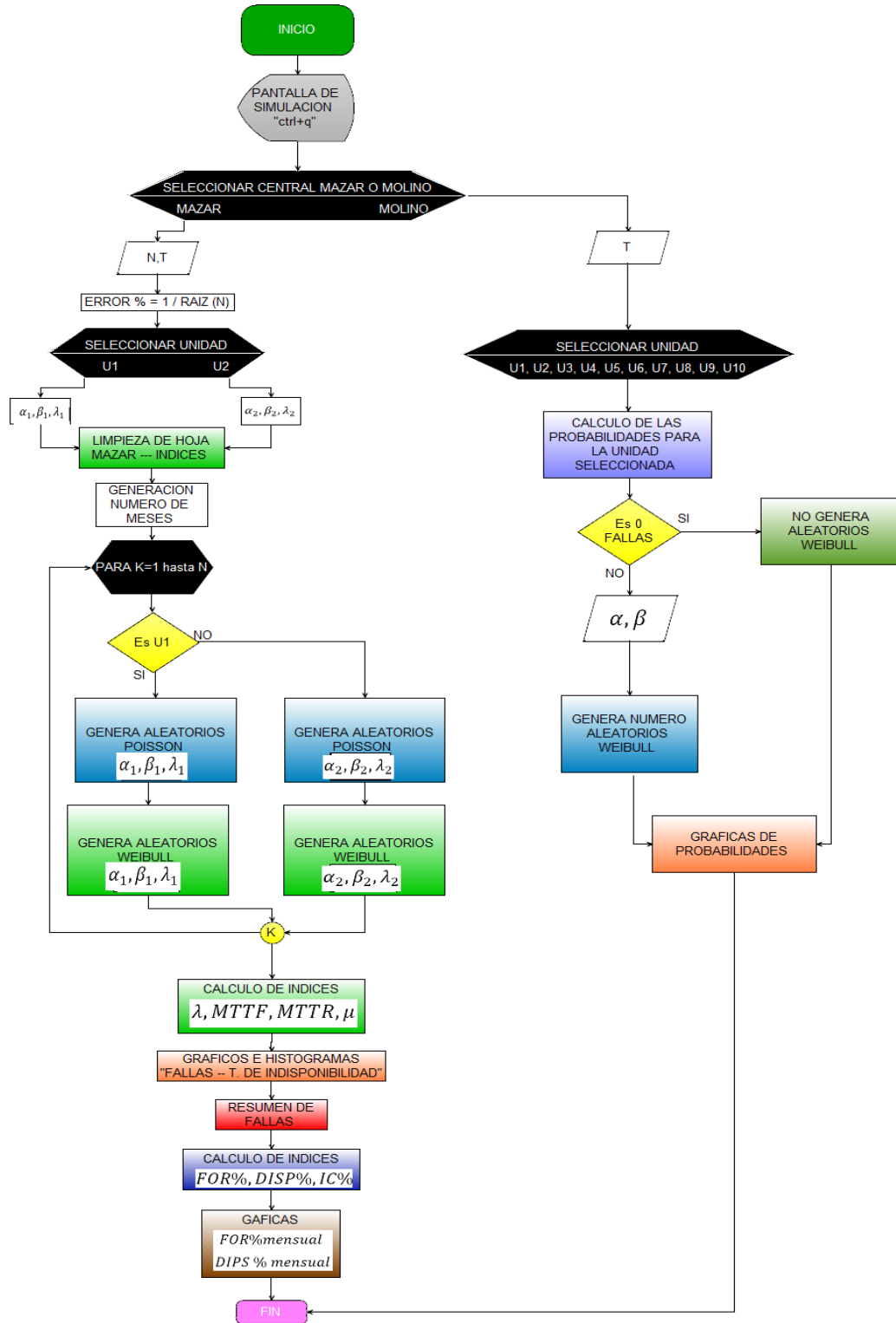


Fig. 92. Diagrama de Flujo para la Simulación

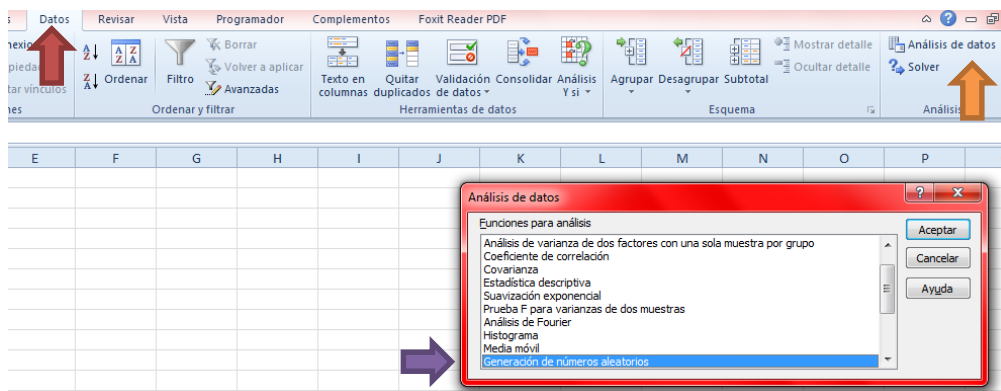
### 3.3.2.10 GENERACIÓN DE VARIABLES ALEATORIAS DE TIPO POISSON, TIPO WEIBULL Y TIPO UNIFORME.

#### 3.3.2.10.1 Tipo Poisson

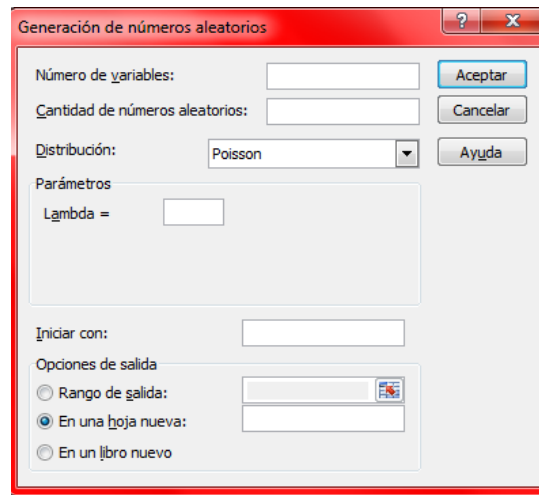
Conociendo la distribución para las fallas, la generación de números aleatorios fue muy útil para la simulación MC, este factor aleatorio corresponde a las “fallas” de la U<sub>1ma</sub> y U<sub>2ma</sub> de la central Mazar.

Al utilizar Microsoft Excel existe la posibilidad y ventaja de generar variables aleatorias de tipo poisson mediante los siguientes pasos:

- Pinchamos en “Datos”, luego en “Análisis de datos” y se nos desplegará la ventana en la cual elegiremos “Generación de números aleatorios”.



- Determinamos el Número de variables, Cantidad de números aleatorios (**Meses de análisis**), Distribución (**Poisson**), Parámetro Lambda (**fue determinada anteriormente**), Rango de salida.



La generación de números aleatorios de poisson con el procedimiento anterior grabamos en un macro y nos dio como resultado el siguiente código: Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random", ActiveSheet.Range("\$C\$4"), , n, 5, , lambda. En el cual "\$C\$4" es la celda donde va a iniciar el rango de salida, n es el número de aleatorios que deseamos producir, 5 es el tipo de aleatorio en este caso es Poisson y lambda es el parámetro de la distribución.

### 3.3.2.10.2 Tipo Weibull

Para el tiempo de indisponibilidad, la generación de números aleatorios fue muy útil para la simulación MC, este factor aleatorio corresponde a los “*tiempos de indisponibilidad*” de la  $U_{1ma}$  y  $U_{2ma}$  de la central Mazar.

La forma de generar los números aleatorios es a través de la fórmula:

$$Aleat. Weibull = \alpha(-\ln(aleatorio))^{1/\beta}$$

donde  $\alpha$  es la escala y  $\beta$  es la forma, estos parámetros fueron determinados por el método de mínimos cuadrados y el método de los momentos, los parámetros determinados por el método de los momentos fueron utilizados para crear los números aleatorios ya que es de mayor exactitud.

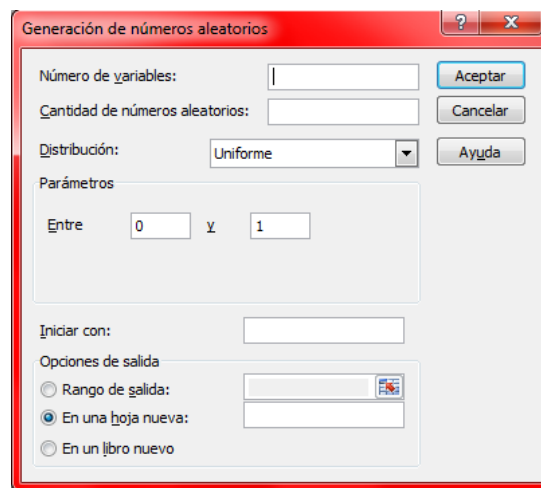


### 3.3.2.10.3 Tipo Uniforme

Se generan números aleatorios los cuales son muy útiles para la simulación de probabilidades de la central Molino.

Al utilizar Microsoft Excel existe la posibilidad y ventaja de generar variables aleatorias de tipo uniforme mediante los siguientes pasos:

- Pinchamos en “Datos”, luego en “Análisis de datos” y se nos desplegará la ventana en la cual elegiremos “Generación de números aleatorios”, este paso ya lo realizamos en la generación de número tipo poisson.
- Determinamos el Número de variables, Cantidad de números aleatorios (**un aleatorio**), Distribución (**Uniforme**), Parámetro (**Entre 0 y 1**), Rango de salida.



La generación de números aleatorios uniformes con el procedimiento anterior, se grabó en un macro con el siguiente código: `Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random", ActiveSheet.Range("$C$4"), , 1, 1, , 0, 1`. En el cual "\$C\$4" es la celda donde va a iniciar el rango de salida, 1 es el número de aleatorios que deseamos producir, 1 es el tipo de aleatorio en este caso es Uniforme y 0 - 1 es el rango entre el cual quiero generar los aleatorios.

### 3.3.2.11 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA SIMULACIÓN.

Luego de ingresar los parámetros pedidos y mencionados anteriormente se ejecuta la simulación, dentro del algoritmo se crean nuevas variables las cuales irán recibiendo, guardando y acumulando los valores encomendados para ser calculados los índices de confiabilidad.

Finalizada la simulación se obtienen los resultados en el Archivo “*MonteCarlo.xlsx*” en la pestaña “MAZAR” e “INDICES” resumen los valores relevantes de la simulación Montecarlo en tanto en la pestaña “MOLINO” se muestra un resumen de los valores relevantes de la simulación de Probabilidades.

Por tanto, desde la figura 80 hasta la figura 89 se presentan las probabilidades de cada unidad generadora de la central Molino, por lo que se puede decir que para la  $U_{1mo}$  (Fig. 80) la probabilidad que se presente cero fallas durante el *tiempo evaluado* es de 76%, se presente una falla es de 22%; en tanto para que se presente dos fallas es de 11%; en la  $U_{2mo}$  (Fig. 81) la probabilidad que se presente cero fallas en el periodo evaluado es de 83%, que se presente una fallas es de 13%, se presenten dos fallas es de 2% y que se presenten tres fallas es de 2%. De la misma manera que se explican las probabilidades de estas dos unidades, se interpretan para las ocho unidades restantes de la central Molino.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 DELIMITACIÓN DE LOS PUNTOS DE IMPACTO DE LAS GENERADORAS MAZAR & MOLINO.

Para encontrar los puntos de impacto de las unidades generadoras se analizó el porcentaje de la tasa de salida forzada considerables apoyados de los resultados obtenidos en el capítulo anterior.

En la REGULACION No. CONELEC – 005/03 que trata de “*Indisponibilidad por Mantenimientos y Reemplazos*” manifiesta que:

Cuando una unidad que recibe el pago por Potencia Remunerable entra en un período de indisponibilidad, será reemplazada obligatoriamente por otro generador o generadores que también están siendo remunerados por dicha potencia, con base al orden de mérito de los Costos Variables de Producción.

El CENACE determinará, en el Despacho Económico Programado, el reemplazo de aquellas unidades que se hayan declarado indisponibles y que están siendo pagadas por Potencia Remunerable, por unidades que no reciben dicha remuneración.

En el caso de indisponibilidad de unidades por mantenimientos programados, por salidas forzadas, por mantenimientos emergentes, o por fuerza mayor o caso fortuito, los Generadores propietarios dejarán de percibir el pago por Potencia Remunerable durante el período de indisponibilidad.

Por tanto un punto de tomar en consideración de la central Molino son las  $U_{7mo}$  y  $U_{1mo}$  teniendo 0.45% y 0.40% de salidas forzadas respectivamente, en tanto para la central Mazar la  $U_{1ma}$  tiene 3.61% de salida forzada muy considerable mientras que la  $U_{2ma}$  2.83%, estos valores son más elevados de salidas forzadas que la central Molino esto es debido a la explicación realizada en el punto 3.3.2.4.

## 4.2 PUNTOS DE INTERES PARA LAS CENTRALES MAZAR & MOLINO

Los puntos de interés de las centrales analizadas, son los siguientes:

- ❖ Se pueden hacer mantenimientos más efectivos, esto se refiere al hecho de aprovechar de mejor manera el tiempo, debido a que las unidades de Mazar se detienen para mantenimiento de 20 días, pero cada uno de esos días se trabajan 9 horas diarias, se deben tomar turnos, para así mejorar la eficiencia y el tiempo de mantenimiento; de esta manera se disminuye el tiempo de intervención en la parada de la unidad intervenida.
- ❖ Para evitar las fallas de la unidad generadora, debido a salidas forzadas; se debe realizar con mayor eficiencia los mantenimientos preventivos de las mismas, una manera de realizar esto es capacitando al personal que intervienen en este tipo de trabajos.
- ❖ Para la central Molino, la  $U_{1mo}$  es la unidad generadora que más fallas presenta, siendo estas 42 fallas; mientras tanto que la  $U_{6mo}$  es la unidad con menos fallas, siendo estas 24 fallas. En lo que hace referencia al tiempo medio de reparación, la  $U_{7mo}$  es la que mayor tiempo toma con 13,452 hora/año y la  $U_{10mo}$  es la que menos tiempo toma de 2,057 hora/año. Para el tiempo medio que le toma llegar a fallar, la  $U_{8mo}$  es la que mayor tiempo lleva con 688,654 horas/falla, que corresponde a 29 días/falla y la  $U_{9mo}$  es la que menos tiempo le toma con 614,352 horas/falla, que corresponde a 26 días/falla. Refiérase a la tabla 17.
- ❖ En la central Mazar, la  $U_{1ma}$  es la que tienen mayor número de fallas con 85, el tiempo medio de reparación, la  $U_{2ma}$  es la que mayor tiempo toma con 8,610 horas/año; para el tiempo medio que le toma llegar a fallar, la  $U_{2ma}$  es la que mayor tiempo lleva

con 317,676 horas/año, que corresponde a 13 días/falla. Refiérase a la tabla 16.

## 4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.3.1 CONCLUSIONES

- ❖ Para la realización del presente trabajo se ha desarrollado una base de datos históricos de funcionamiento de la central Mazar (dos años) y de la central Molino (trece años), conjuntamente con la implementación de una herramienta computacional que permite realizar el análisis de confiabilidad de las unidades generadoras de las centrales antes mencionadas, por medio de un algoritmo recursivo considerando fallas y tiempos de indisponibilidad.
- ❖ A partir de los registros históricos de operación de las centrales Mazar y Molino, que engloban los periodos de observación antes mencionados, se presentaron modelos probabilísticos para fallas y tiempos de indisponibilidad en cada unidad generadora.
- ❖ La modelación de las unidades se realizó en función a su indisponibilidad y número de fallas, pudiendo encontrarse en dos estados posibles: completamente disponible y completamente indisponible (falla).
- ❖ Los modelos probabilísticos obtenidos para las unidades generadoras de la central Mazar corresponden a las distribuciones de probabilidad Poisson en lo que se refiere a fallas y a distribuciones de probabilidad Weibull a lo que se refiere a tiempos de indisponibilidad.
- ❖ Los modelos probabilísticos para las unidades generadoras de la central Molino no corresponden a funciones de probabilidad teóricas en lo que se refiere a fallas, debido a su comportamiento estable observados en los datos históricos, por lo que, se determinó por medio de probabilidades o teoría de los grandes números. En lo referente a tiempos de indisponibilidad corresponden a funciones de probabilidad Weibull.
- ❖ Los índices de confiabilidad calculados para las centrales y unidades generadoras de Mazar y Molino fueron calculados a partir del Instructivo de

Categorización y Registro de Tiempos Operativos de las Unidades Generadoras Elaborado por el Ing. William Bárcenes jefe de la Central Mazar.

- ❖ El nivel de disponibilidad de las centrales Mazar y Molino está en los valores de 96,78% y 99,79% respectivamente, el nivel de disponibilidad mayor de la central Molino es debido al tiempo de operación que lleva la misma en comparación con la central Mazar que es de dos años, teniendo la central Molino una etapa de madurez operacional y la central Mazar un periodo de ajustes por lo que la frecuencia de salidas forzadas es más alta.
- ❖ Los niveles de  $FOR_P$  (salidas forzadas de planta) y de la  $IC_P$  (confiabilidad de planta) de las centrales se reflejan en la siguiente tabla:

❖ CENTRAL	❖ $FOR_P$ [%]	❖ $IC_P$ [%]
❖ MAZAR	❖ 6,44%	❖ 96,78%
❖ MOLINO	❖ 2,06%	❖ 99,79%

**Tabla 33. Niveles de  $FOR_P$  y de  $IC_P$**

De esta manera, la central Mazar es la que tiene mayor número de salidas forzadas y por tanto menos confiabilidad que la central Molino.

- ❖ La simulación Montecarlo es un proceso en el cual se observa un rango de tiempo de observación o interés que se desea analizar ciertos datos; tras la utilización de eventos aleatorios se determinan fallas y tiempos de indisponibilidad; los mismos que brindarán los fundamentos necesarios para realizar los cálculos que determinarán: los tiempos medios de falla (MTTF), los tiempos medios de reparación (MTTR) y los índices  $FOR\%$ ,  $IC\%$ ,  $DISP\%$ .
- ❖ El código de Montecarlo y análisis de probabilidades se implementó en la plataforma de Visual Basic de Microsoft Excel 2010.
- ❖ El algoritmo implementado de la simulación Montecarlo es aplicable para centrales Hidroeléctricas, el cambio que se deberían realizar es determinar nuevamente los parámetros de forma ( $\beta$ ), escala ( $\alpha$ ) y lambda ( $\lambda$ ) estos datos se cambiarán en el código del algoritmo.
- ❖ La simulación Montecarlo está realizada para un error del 5%, si deseamos cambiar a un error más pequeño debemos variar el número de iteraciones (N), para el caso de un error del 2% se realizarán 2500

iteraciones y un error del 1% se realizaran 10000 iteraciones, esto repercutiría en tiempo de ejecución de la simulación.

#### 4.3.2 RECOMENDACIONES

- Es muy importante poner mucho énfasis en la recolección de datos para poder lograr una mejor aproximación y determinación de los modelos probabilísticos.
- Se recomienda trabajar con el método de Kolmogorov Smirnov, para determinar el tipo de distribución de probabilidad; ya que es un método de fácil manejo, el cual consiste en determinar valores experimentales y teóricos con el nivel de significancia deseado, compararlo con la tabla y verificar si se encuentra dentro de los parámetros deseados.
- Para la modelación de las unidades generadoras, así como para la simulación Montecarlo fue necesario filtrar los datos de las fallas y tiempos de indisponibilidad, para de esta forma obtener una base de datos detallada que contenga los parámetros necesarios que facilite el cálculo de índices de confiabilidad.
- Para determinar los parámetros de la distribución de probabilidad Weibull, lo que es la forma ( $\beta$ ) y a escala ( $\alpha$ ), se deben trabajar con el método de los momentos ya que es más exacto que el método de los mínimos cuadrados; el método de los momentos se calcula por la función *wblfit(a)* de Matlab, donde “a” es un vector que contiene los valores a analizar.
- Durante la aplicación del método expuesto debe considerarse que el factor de salidas puede variar con el tiempo, por lo que se recomienda que, a partir de los datos históricos se haga una evaluación, al menos anual, de su tendencia.
- Para la creación de números aleatorios Poisson y Uniformes se recomienda utilizar las herramientas que nos proporciona Microsoft Excel, ya que nos brinda la confianza necesaria para obtener buenos resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

- WIKIPEDIA, «PROBABILIDAD,» 13 AGOSTO 2012. [En línea].
- 1] Available: Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Probabilidad>. [Último acceso: 20 DICIEMBRE 2012].
  
  - 2] R. H. A. M. S. L. A. M. RONALD E AUTOR WALPOLE, «Google Libros,» Pearson Educación, 1999. [En línea]. Available: [http://books.google.es/books?id=Melp80mYOIC&dq=elementos+sobre+probabilidad&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.es/books?id=Melp80mYOIC&dq=elementos+sobre+probabilidad&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s). [Último acceso: 27 Diciembre 2012].
  
  - 3] M. A. Escudero Astudillo y J. L. Rojas Espinoza, DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD DEL ALIMENTADOR #122 PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA AZOGUES C.A. USANDO EL MÉTODO DE SIMULACIÓN DE MONTECARLO, Cuenca, 2011.
  
  - 4] V. Herrera, «Google Internet Authority,» 2 Julio 2012. [En línea]. Available: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Feducation.ti.com%2Fsites%2FLATINOAMERICA%2Fdownloads%2Fpdf%2FSimposio%2FVictor\\_Herrera%2FMedidas\\_sumatorias\\_estadistica.doc&ei=3uW\\_UYK0Ilzc9QSL3YHoCQ&u](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Feducation.ti.com%2Fsites%2FLATINOAMERICA%2Fdownloads%2Fpdf%2FSimposio%2FVictor_Herrera%2FMedidas_sumatorias_estadistica.doc&ei=3uW_UYK0Ilzc9QSL3YHoCQ&u). [Último acceso: 15 Abril 2013].
  
  - 5] Sector Matematicas, «Google Internet Authority,» 12 Agosto 2012. [En línea]. Available: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&ved=0CGoQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.sectormatematica.cl%2Fmedia%2FNM4%2FNM4\\_medidas\\_de\\_dispersion.doc&ei=ifPAUZ69H5Tc8wSbpYGgDw&usg=AFQjCNECKEb4CXjbYW8MNMuaeD8FsNHgYg&sig2=Mao\\_gMqBX](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&ved=0CGoQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.sectormatematica.cl%2Fmedia%2FNM4%2FNM4_medidas_de_dispersion.doc&ei=ifPAUZ69H5Tc8wSbpYGgDw&usg=AFQjCNECKEb4CXjbYW8MNMuaeD8FsNHgYg&sig2=Mao_gMqBX). [Último acceso: 15 Abril 2013].
  
  - J. C. Mercado Alvarado, «Eduteka,» Fundación Gabriel Piedrahita



6] Uribe (FGPU), 16 Junio 2001. [En línea]. Available: <http://www.eduteka.org/proyectos.php/1/3053>. [Último acceso: 27 Diciembre 2012].

P. I. R. Bottini, «Universidad AUSTRAL-Facultad de Ingeniería- ARGENTINA,» 26 Mayo 1999. [En línea]. Available: [http://www.uruman.org/3er\\_congreso\\_docs/trabajos\\_tecnicos/UA-Presentacion%20URUMAN-3.pdf](http://www.uruman.org/3er_congreso_docs/trabajos_tecnicos/UA-Presentacion%20URUMAN-3.pdf). [Último acceso: 27 Diciembre 2012].

L. J. D. Márquez Meléndez, L. N. I. Solís Reyna, L. E. Cárdenas Cervantes y I. J. G. Armijo Wong, «© Copyright 2013 Scribd Inc.,» Marzo 2007. [En línea]. Available: <http://es.scribd.com/doc/2249724/DISTRIBUCION-DE-PROBABILIDADES>. [Último acceso: 28 Diciembre 2012].

J. Wales, «Wikipedia®,» Fundación Wikimedia, Inc., 20 Mayo 2009. [En línea]. Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n\\_de\\_densidad\\_de\\_probabilidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n_de_densidad_de_probabilidad). [Último acceso: 28 Diciembre 2012].

ivonneft, «©2013 BuenasTareas.com,» BuenasTareas.com, 10] Noviembre 2010. [En línea]. Available: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Funcion-De-Distribucion-Acumulativa/1185522.html>. [Último acceso: Diciembre 2012].

C. J. ZAPATA, «Universidad Tecnologica de Pereira,» Diciembre 11] 2006. [En línea]. Available: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6205/3595>. [Último acceso: 29 Diciembre 2012].

Wikipedia, «Intervalo de confianza,» 7 Abril 2009. [En línea]. 12] Available: [http://es.wikipedia.org/wiki/Intervalo\\_de\\_confianza](http://es.wikipedia.org/wiki/Intervalo_de_confianza). [Último acceso: 29 Diciembre 2012].

E. J. Vergara Rea, «Universidad Simón Bolívar,» Marzo 2007. [En línea]. Available:

13] [http://www.postgrado.usb.ve/archivos/95/Trabajo\\_Final\\_An%C3%A0lisis\\_RAM\\_Edgar\\_Vergara\\_Marzo2007.pdf](http://www.postgrado.usb.ve/archivos/95/Trabajo_Final_An%C3%A0lisis_RAM_Edgar_Vergara_Marzo2007.pdf). [Último acceso: Diciembre 2012].

R. A. Campos Herrera, L. R. Galan Gutierrez y R. J. Garcia

14] Hernandez,

«análisis\_de\_confiabilidad\_de\_sistemas\_de\_generacion\_aplicado\_al\_sistema\_electrico\_de\_El\_Salvador,» Octubre 2011. [En línea]. Available: [http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis\\_descargables/analisis\\_de\\_confiabilidad\\_de\\_sistemas\\_de\\_generacion\\_aplicado\\_al\\_sistema\\_electrico\\_de\\_El\\_Salvador.pdf](http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/analisis_de_confiabilidad_de_sistemas_de_generacion_aplicado_al_sistema_electrico_de_El_Salvador.pdf).

M. Arriola Rodríguez, C. Diaz Ramos, L. A. Pérez González, M. A.

15] Abud Figueroa, S. R. Jiménez Jerez y E. R. Rodríguez Ávila, «Distribución de Poisson,» 01 Enero 2004. [En línea]. Available: [http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/portal/Polilibros/P\\_terminados/Probabilidad/doc/Unidad%202/2.9.HTM](http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/portal/Polilibros/P_terminados/Probabilidad/doc/Unidad%202/2.9.HTM). [Último acceso: 29 Diciembre 2012].

A. J. A. Jinete, «Copyright © 1999-2013 Google,» 27 Febrero 2011.

16] [En línea]. Available: <http://pruebadbondaddeajuste.blogspot.com/>. [Último acceso: 10 Enero 2013].

E. Hernández Jacho y H. Arcos Martínez, «CORPORACIÓN

17] CENACE,» [En línea].

A. M. Ing. Mariani, «Universidad tecnologica Nacional Facultad de

18] Buenos Aires,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.electron.frba.utn.edu.ar/materias/95-0496/archivos/confiabilidad.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2012].

"CONELEC", «Consejo Nacional de Electricidad "CONELEC",» 09

19] Agosto 2000. [En línea]. Available: <http://www.conelec.gob.ec/images/normativa/ProcedimientosDespacho.pdf>. [Último acceso: Enero 2013].

G. D. Greco, «Instituto de Energia Electrica, Facultad de

Ingenieria,Universidad Nacional de San Juan,» 19 Febrero 2000. [En

20] línea]. Available: [http://www.iee-unsj.org/iee\\_base\\_datos/pdf-doctorales/1\\_castellano.pdf](http://www.iee-unsj.org/iee_base_datos/pdf-doctorales/1_castellano.pdf). [Último acceso: Diciembre 2012].

C. EP y W. Ing. Barcénes, «Instructivo de Categoriación y Registro  
21] de Tiempos Operativo de las Unidades de Generación,» p. 12.

S. H. R. V. d. Wyngard, «Pontificia Universidad Católica de Chile,»  
22] Octubre 1997. [En línea]. Available:  
<http://web.ing.puc.cl/~power/alumno01/reliab/mmee2.htm>. [Último acceso:  
10 Enero 2013].

Universidad Carlos III de Madrid, «Cadenas de Markov,» Julio 2009.  
23] [En línea]. Available:  
<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/PEst/tema4pe.pdf>. [Último acceso: 12 Enero 2013].

Departamento de Inteligencia Artificial (Universidad Politécnica de  
24] Madrid), «Departamento de Inteligencia Artificial (Universidad Politécnica  
de Madrid),» 2008. [En línea]. Available:  
[http://www.dia.fi.upm.es/~ajimenez/Docu\\_IO/Transparencias/CMTD.pdf](http://www.dia.fi.upm.es/~ajimenez/Docu_IO/Transparencias/CMTD.pdf).  
[Último acceso: 12 Febrero 2013].

L. Rincon, «Copyright 2013 Scribd Inc,» 5 Agosto 2011. [En línea].  
25] Available: [http://es.scribd.com/doc/54960400/procesos-de-nacimiento-y-  
muerte](http://es.scribd.com/doc/54960400/procesos-de-nacimiento-y-muerte). [Último acceso: 12 Febrero 2013].

D. Peña Sánchez de Rivera, «Wikipedia,» Fundación Wikimedia,  
26] Inc., 2001. [En línea]. Available:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_de\\_Montecarlo](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_Montecarlo). [Último acceso:  
13 Febrero 2013].

P. L. C. C. D. A. ZAPATA CARLOS J., « "El método de Simulación  
27] de Montecarlo en Estudios de Confiabilidad de Sistemas de Distribución de  
Energía Eléctrica",» 2010.

I. I. E. Bouchán, «ECORFAN, Taller: EXCEL,» 2010. [En línea].

28] Available:

<http://www.ecorfan.org/congresos/3erannual/Funciones%20y%20macros%20con%20Excel.pdf>. [Último acceso: Marzo 2013].

U. D. N. HIDROPAUTE, «CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.celec.com.ec/hidropaute/images/stories/Ley%20Transparencia/Planificacion%20Institucional/6%20Informe%20de%20Gestion%202011.pdf>. [Último acceso: Febrero 2013].

U. D. N. HIDROPAUTE, «CORPORACIÓN ELÉCTRICA DELECUADOR CELEC EP,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.celec.com.ec/hidropaute/index.php/es/informacion-tecnica-mazar/turbina-mazar>. [Último acceso: Febrero 2013].

U. D. N. HIDROPAUTE, «CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.celec.com.ec/hidropaute/index.php/es/informacion-tecnica-mazar/generador-mazar>. [Último acceso: Febrero 2013].

H. P. Molino, «CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.celec.com.ec/hidropaute/index.php/es/informacion-tecnica-mazar/turbinamolino>. [Último acceso: Febrero 2013].

H. P. Molino, «CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.celec.com.ec/hidropaute/index.php/es/informacion-tecnica-mazar/generador-molino>. [Último acceso: 24 Febrero 2013].

Corporación CENACE, «UNIFILARES SNI,» 03 Julio 2012. [En línea]. Available: [http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=7:phocatunifsni&Itemid=6](http://www.cenace.org.ec/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=7:phocatunifsni&Itemid=6). [Último acceso: Diciembre 2012].

WIKIPEDIA, «<http://es.wikipedia.org/>,» [En línea]. Available:

35] [http://es.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Basic\\_for\\_Applications](http://es.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic_for_Applications). [Último acceso: 23 Julio 2013].

I. PatriciaAcosta, «<http://www.saccec.com/>,» Mayo 2010. [En línea].

36] Available:

<http://www.saccec.com/descargas/exceltutoriales/Excelvbapplication%202010.pdf>. [Último acceso: 24 Julio 2013].

## ANEXOS

## ANEXO A

### ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LA CENTRAL MAZAR

#### ÍNDICES DE LA U<sub>1ma</sub> DE LA CENTRAL MAZAR

AÑO	PERIODO	DISP [%] MENSUAL U <sub>1ma</sub>	DISP [%] ANUAL U <sub>1ma</sub>	FOR [%] MENSUAL U <sub>1ma</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>1ma</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>1ma</sub>	IC[%] U <sub>1ma</sub>
2011	Jan-11	96.03%	97.64%	3.97%	2.36%	3.61%	96.39%
	Feb-11	98.22%		1.78%			
	Mar-11	94.77%		5.23%			
	Apr-11	99.16%		0.84%			
	May-11	99.93%		0.07%			
	Jun-11	97.41%		2.59%			
	Jul-11	98.76%		1.24%			
	Aug-11	96.17%		3.83%			
	Sep-11	95.96%		4.04%			
	Oct-11	98.57%		1.43%			
	Nov-11	97.05%		2.95%			
	Dec-11	99.70%		0.30%			
2012	Jan-12	99.50%	95.13%	0.50%	4.87%	3.61%	96.39%
	Feb-12	98.11%		1.89%			
	Mar-12	94.15%		5.85%			
	Apr-12	99.49%		0.51%			
	May-12	99.79%		0.21%			
	Jun-12	98.72%		1.28%			
	Jul-12	93.58%		6.42%			
	Aug-12	91.88%		8.12%			
	Sep-12	96.18%		3.82%			
	Oct-12	74.53%		25.47%			
	Nov-12	95.67%		4.33%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>96.39%</b>	<b>96.39%</b>	<b>3.77%</b>	<b>3.61%</b>	<b>3.61%</b>	<b>96.39%</b>

Tabla 34. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>1ma</sub>.

ÍNDICES DE LA U<sub>2ma</sub> DE LA CENTRAL MAZAR

AÑO	PERIODO	DISP [%] MENSUAL U <sub>2ma</sub>	DISP [%] ANUAL U <sub>2ma</sub>	FOR [%] MENSUAL U <sub>2ma</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>2ma</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>2ma</sub>	IC[%] U <sub>2ma</sub>
2011	Jan-11	98.66%	98.34%	1.34%	1.66%	2.83%	97.17%
	Feb-11	99.47%		0.53%			
	Mar-11	98.49%		1.51%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	99.33%		0.67%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	97.54%		2.46%			
	Sep-11	99.77%		0.23%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	86.86%		13.14%			
2012	Jan-12	98.62%	96.01%	1.38%	3.99%	2.83%	97.17%
	Feb-12	98.51%		1.49%			
	Mar-12	94.27%		5.73%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	99.79%		0.21%			
	Jun-12	98.97%		1.03%			
	Jul-12	94.18%		5.82%			
	Aug-12	91.90%		8.10%			
	Sep-12	96.18%		3.82%			
	Oct-12	85.30%		14.70%			
	Nov-12	94.35%		5.65%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>97.17%</b>	<b>97.17%</b>	<b>2.83%</b>	<b>2.83%</b>	<b>2.83%</b>	<b>97.17%</b>

Tabla 35. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>2ma</sub>.



**ANEXO B**  
**ÍNDICES DE CONFIABILIDAD DE LA CENTRAL MOLINO**  
**ÍNDICES DE LA U<sub>1mo</sub>**

AÑO	PERIODO	DISP.MENSUAL [%]U1mo	DISP. ANUAL [%]U1mo	FOR [%]MENSUAL U1mo	FOR [%] ANUAL U1mo	FOR [%] TOTAL U1mo	IC% U1mo
2000	Jan-00	100.00%	99.88%	0.00%	0.12%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	99.28%		0.72%			
	Apr-00	100.00%		0.00%			
	May-00	99.27%		0.73%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	100.00%	99.80%	0.00%	0.20%	0.40%	99.60%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	99.88%		0.12%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	97.66%		2.34%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	99.89%	0.00%	0.11%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	99.43%		0.57%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	99.26%		0.74%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%		
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	99.92%		0.08%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.40%	99.60%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	100.00%		0.00%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	99.97%		0.03%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	99.35%	99.86%	0.65%	0.14%		
	Feb-05	99.71%		0.29%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	99.41%		0.59%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	99.81%		0.19%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%	0.40%	99.60%
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	99.94%		0.06%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	99.92%		0.08%			
	Dec-06	99.85%		0.15%			
2007	Jan-07	100.00%	99.86%	0.00%	0.14%	0.40%	99.60%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	98.51%		1.49%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	99.76%		0.24%			
2008	Jan-08	99.06%	99.37%	0.94%	0.63%	0.40%	99.60%
	Feb-08	100.00%		0.00%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	100.00%		0.00%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	98.94%		1.06%			
	Sep-08	94.41%		5.59%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.87%	0.00%	0.13%	0.40%	99.60%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	98.81%		1.19%			
	Sep-09	99.98%		0.02%			
	Oct-09	99.63%		0.38%			
	Nov-09	99.98%		0.02%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	96.32%	0.00%	3.68%		
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	55.83%		44.17%			
2011	Jan-11	100.00%	99.94%	0.00%	0.06%		
	Feb-11	99.94%		0.06%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	99.38%		0.62%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	100.00%		0.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>99.60%</b>	<b>99.60%</b>	<b>0.40%</b>	<b>0.40%</b>	<b>0.40%</b>	<b>99.60%</b>

Tabla 36. Índices Basados y Calculados en datos Históricos  $U_{1mo}$ .

ÍNDICES DE LA U<sub>2mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U <sub>2mo</sub>	DISP ANUAL [%]U <sub>2mo</sub>	FOR [%]MENSUAL U <sub>2mo</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>2mo</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>2mo</sub>	IC% U <sub>2mo</sub>
2000	Jan-00	100.00%	99.27%	0.00%	0.73%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	100.00%		0.00%			
	Apr-00	99.92%		0.08%			
	May-00	97.80%		2.20%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	98.85%		1.15%			
	Aug-00	94.70%		5.30%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.15%	99.85%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	99.62%	0.00%	0.38%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	96.74%		3.26%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	98.74%		1.26%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.79%	0.00%	0.21%		
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	99.99%		0.01%			
	Apr-03	99.04%		0.96%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	99.27%		0.73%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	99.52%		0.48%			
	Oct-03	99.98%		0.02%			
	Nov-03	99.63%		0.37%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.15%	99.85%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	100.00%		0.00%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%		
	Feb-05	99.83%		0.17%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	100.00%		0.00%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	100.00%	99.90%	0.00%	0.10%		
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	99.40%		0.60%			
	May-06	99.96%		0.04%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	100.00%		0.00%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	99.42%		0.58%			
2007	Jan-07	100.00%	99.96%	0.00%	0.04%	0.15%	99.85%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	99.58%		0.42%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	99.92%		0.08%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	99.06%	99.71%	0.94%	0.29%		
	Feb-08	100.00%		0.00%			
	Mar-08	99.36%		0.64%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	99.03%		0.97%			
	Jul-08	99.01%		0.99%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%	0.15%	99.85%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	99.80%		0.20%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.15%	99.85%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.93%	0.00%	0.07%	0.15%	99.85%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	99.14%		0.86%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	99.97%	0.00%	0.03%	0.15%	99.85%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	99.68%		0.32%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	99.91%		0.09%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
TOTAL		99.85%	99.85%	0.15%	0.15%	0.15%	99.85%

Tabla 37. Índices Basados y Calculados en datos Históricos  $U_{2mo}$ .



### ÍNDICES DE LA U<sub>3mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U3mo	DISP ANUAL [%]U3mo	FOR [%]MENSUAL U3mo	FOR [%] ANUAL U3mo	FOR [%] TOTAL U3mo	IC% U3mo
2000	Jan-00	100.00%	99.70%	0.00%	0.30%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	100.00%		0.00%			
	Apr-00	99.29%		0.71%			
	May-00	99.22%		0.78%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	97.86%		2.14%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	98.68%	99.80%	1.32%	0.20%	0.17%	99.83%
	Feb-01	98.89%		1.11%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	99.94%	0.00%	0.06%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	99.75%		0.25%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	99.58%		0.42%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	98.47%	99.72%	1.53%	0.28%	0.17%	99.83%
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	100.00%		0.00%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	99.65%		0.35%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	99.23%		0.77%			
	Nov-03	99.33%		0.67%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	99.93%	0.00%	0.07%	0.17%	99.83%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	99.29%		0.71%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	99.90%		0.10%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	99.91%	99.77%	0.09%	0.23%	0.17%	99.83%
	Feb-05	100.00%		0.00%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	99.70%		0.30%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	98.50%		1.50%			
	Sep-05	99.81%		0.19%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	99.33%		0.67%			

2006	Jan-06	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	99.96%		0.04%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	100.00%		0.00%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	100.00%	99.88%	0.00%	0.12%	0.17%	99.83%
	Feb-07	98.76%		1.24%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	99.83%		0.17%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	99.92%		0.08%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	98.49%	99.87%	1.51%	0.13%		
	Feb-08	100.00%		0.00%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	100.00%		0.00%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.86%	0.00%	0.14%	0.17%	99.83%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	99.02%		0.98%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	100.00%		0.00%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	99.34%		0.66%			
2010	Jan-10	92.34%	99.36%	7.66%	0.64%		
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.95%	0.00%	0.05%		
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	99.40%		0.60%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	99.98%		0.02%			
2012	Jan-12	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
TOTAL		99.83%	99.83%	0.17%	0.17%	0.17%	99.83%

Tabla 38. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>3mo</sub>.

### ÍNDICES DE LA U<sub>4mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U <sub>4mo</sub>	DISP ANUAL [%]U <sub>4mo</sub>	FOR [%]MENSUAL U <sub>4mo</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>4mo</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>4mo</sub>	IC% U <sub>4mo</sub>
2000	Jan-00	100.00%	99.89%	0.00%	0.11%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	100.00%		0.00%			
	Apr-00	99.44%		0.56%			
	May-00	100.00%		0.00%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	99.91%		0.09%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	99.33%		0.67%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	100.00%	99.95%	0.00%	0.05%	0.20%	99.80%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	99.44%		0.56%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	99.33%	99.94%	0.67%	0.06%		
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	100.00%		0.00%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	99.97%	0.00%	0.03%	0.20%	99.80%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	99.92%		0.08%			
	May-04	99.67%		0.33%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.84%	0.00%	0.16%		
	Feb-05	99.42%		0.58%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	99.38%		0.62%			
	Aug-05	99.44%		0.56%			
	Sep-05	99.81%		0.19%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%	0.20%	99.80%
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	99.86%		0.14%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%	0.20%	99.80%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	99.83%		0.17%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	91.43%	99.16%	8.57%	0.84%	0.20%	99.80%
	Feb-08	100.00%		0.00%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	99.08%		0.92%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	99.75%		0.25%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	99.71%		0.29%			

2009	Jan-09	100.00%	99.31%	0.00%	0.69%	0.20%	99.80%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	100.00%		0.00%			
	Oct-09	92.67%		7.33%			
	Nov-09	99.06%		0.94%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	99.27%	99.79%	0.73%	0.21%	0.20%	99.80%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	99.22%		0.78%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	99.71%		0.29%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	99.28%		0.72%			
2011	Jan-11	100.00%	99.66%	0.00%	0.34%	0.20%	99.80%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	99.59%		0.41%			
	Apr-11	98.80%		1.20%			
	May-11	99.03%		0.97%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	99.93%		0.07%			
	Sep-11	99.00%		1.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	99.51%		0.49%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	99.91%	0.00%	0.09%	0.20%	99.80%
	Feb-12	99.53%		0.47%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	99.60%		0.40%			
	Jun-12	99.82%		0.18%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	99.98%		0.02%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
TOTAL		99.80%	99.80%	0.20%	0.20%	0.20%	99.80%

Tabla 39. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>4mo</sub>.



### ÍNDICES DE LA U<sub>5mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U5mo	DISP ANUAL [%]U5mo	FOR [%]MENSUAL U5mo	FOR [%] ANUAL U5mo	FOR [%] TOTAL U5mo	IC% U5mo
2000	Jan-00	100.00%	99.54%	0.00%	0.46%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	95.54%		4.46%			
	Apr-00	100.00%		0.00%			
	May-00	100.00%		0.00%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	99.55%		0.45%			
	Dec-00	99.44%		0.56%			
2001	Jan-01	99.65%	99.77%	0.35%	0.23%	0.19%	99.81%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	99.58%		0.42%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	97.99%		2.01%			
2002	Jan-02	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	99.97%		0.03%			
	May-02	99.75%		0.25%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.71%	0.00%	0.29%		
	Feb-03	96.81%		3.19%			
	Mar-03	99.92%		0.08%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	99.83%		0.17%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	99.58%	0.00%	0.42%	0.19%	99.81%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	99.57%		0.43%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	96.07%		3.93%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	99.34%		0.66%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%		
	Feb-05	100.00%		0.00%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	99.95%		0.05%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	99.81%		0.19%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	99.98%	99.91%	0.02%	0.09%		
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	99.24%		0.76%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	99.78%		0.22%			
	Sep-06	99.96%		0.04%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%	0.19%	99.81%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	99.83%		0.17%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	99.88%	99.47%	0.12%	0.53%		
	Feb-08	97.27%		2.73%			
	Mar-08	97.52%		2.48%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	98.93%		1.07%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.58%	0.00%	0.42%	0.19%	99.81%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	96.20%		3.80%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	99.66%		0.34%			
	Sep-09	99.15%		0.85%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	99.97%	0.00%	0.03%	0.19%	99.81%
	Feb-10	99.62%		0.38%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	99.97%		0.03%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%	0.19%	99.81%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	99.86%		0.14%			
	Sep-11	100.00%		0.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.19%	99.81%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	99.97%		0.03%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
TOTAL		99.81%	99.81%	0.19%	0.19%	0.19%	99.81%

Tabla 40. Índices Basados y Calculados en datos Históricos  $U_{5mo}$ .

### ÍNDICES DE LA U<sub>6mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U <sub>6mo</sub>	DISP ANUAL [%]U <sub>6mo</sub>	FOR [%]MENSUAL U <sub>6mo</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>6mo</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>6mo</sub>	IC% U <sub>6mo</sub>
2000	Jan-00	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	100.00%		0.00%			
	Apr-00	100.00%		0.00%			
	May-00	100.00%		0.00%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	100.00%	99.95%	0.00%	0.05%	0.11%	99.89%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	99.60%		0.40%			
	Dec-01	99.80%		0.20%			
2002	Jan-02	100.00%	99.95%	0.00%	0.05%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	99.53%		0.47%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	99.87%		0.13%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	99.78%	99.66%	0.22%	0.34%		
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	100.00%		0.00%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	96.19%		3.81%			
2004	Jan-04	97.64%	99.80%	2.36%	0.20%	0.11%	99.89%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	99.94%		0.06%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.94%	0.00%	0.06%		
	Feb-05	99.59%		0.41%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	100.00%		0.00%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	99.74%		0.26%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	99.26%	99.79%	0.74%	0.21%		
	Feb-06	99.60%		0.40%			
	Mar-06	99.67%		0.33%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	99.59%		0.41%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	99.40%		0.60%			
	Oct-06	99.99%		0.01%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	99.88%	99.99%	0.12%	0.01%	0.11%	99.89%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%		
	Feb-08	99.97%		0.03%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	100.00%		0.00%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.53%	0.00%	0.47%	0.11%	99.89%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	94.85%		5.15%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	99.47%		0.53%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	100.00%		0.00%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.11%	99.89%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%	0.11%	99.89%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	99.86%		0.14%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	99.97%		0.03%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	100.00%		0.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.11%	99.89%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>99.89%</b>	<b>99.89%</b>	<b>0.11%</b>	<b>0.11%</b>	<b>0.11%</b>	<b>99.89%</b>

Tabla 41. Índices Basados y Calculados en datos Históricos  $U_{6mo}$ .



### ÍNDICES DE LA U<sub>7mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U7mo	DISP ANUAL [%]U7mo	FOR [%]MENSUAL U7mo	FOR [%] ANUAL U7mo	FOR [%] TOTAL U7mo	IC% U7mo
2000	Jan-00	98.66%	99.53%	1.34%	0.47%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	100.00%		0.00%			
	Apr-00	96.44%		3.56%			
	May-00	99.98%		0.02%			
	Jun-00	99.71%		0.29%			
	Jul-00	99.63%		0.37%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	99.97%		0.03%			
2001	Jan-01	100.00%	99.92%	0.00%	0.08%	0.45%	99.55%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	100.00%		0.00%			
	Jul-01	99.73%		0.27%			
	Aug-01	99.66%		0.34%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	99.84%		0.16%			
	Dec-01	99.78%		0.22%			
2002	Jan-02	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	99.88%		0.12%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%		
	Feb-03	99.92%		0.08%			
	Mar-03	100.00%		0.00%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.45%	99.55%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	100.00%		0.00%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	99.96%		0.04%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.99%	0.00%	0.01%		
	Feb-05	100.00%		0.00%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	100.00%		0.00%			
	Oct-05	99.86%		0.14%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	100.00%	99.93%	0.00%	0.07%	0.45%	99.55%
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	100.00%		0.00%			
	Oct-06	99.31%		0.69%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	99.88%		0.12%			
2007	Jan-07	100.00%	99.96%	0.00%	0.04%	0.45%	99.55%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	99.66%		0.34%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	99.91%		0.09%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	100.00%	99.23%	0.00%	0.77%	0.45%	99.55%
	Feb-08	99.64%		0.36%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	99.72%		0.28%			
	Jul-08	99.32%		0.68%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	99.27%		0.73%			
	Dec-08	92.79%		7.21%			

2009	Jan-09	100.00%	99.48%	0.00%	0.52%	0.45%	99.55%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	98.59%		1.41%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	98.78%		1.22%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	100.00%		0.00%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	96.76%		3.24%			
	Dec-09	99.67%		0.33%			
2010	Jan-10	98.09%	99.30%	1.91%	0.70%	0.45%	99.55%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	99.25%		0.75%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	94.29%		5.71%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	73.04%	97.75%	26.96%	2.25%	0.45%	99.55%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	100.00%		0.00%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	100.00%		0.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	99.12%	0.00%	0.88%	0.45%	99.55%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	96.11%		3.89%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	93.37%		6.63%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>99.55%</b>	<b>99.55%</b>	<b>0.45%</b>	<b>0.45%</b>	<b>0.45%</b>	<b>99.55%</b>

Tabla 42. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>7mo</sub>.

### ÍNDICES DE LA U<sub>8mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U <sub>8mo</sub>	DISP ANUAL [%]U <sub>8mo</sub>	FOR [%]MENSUAL U <sub>8mo</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>8mo</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>8mo</sub>	IC% U <sub>8mo</sub>
2000	Jan-00	100.00%	99.75%	0.00%	0.25%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	99.85%		0.15%			
	Apr-00	100.00%		0.00%			
	May-00	100.00%		0.00%			
	Jun-00	99.62%		0.38%			
	Jul-00	98.17%		1.83%			
	Aug-00	99.78%		0.22%			
	Sep-00	99.97%		0.03%			
	Oct-00	99.64%		0.36%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	99.82%	99.27%	0.18%	0.73%	0.22%	99.78%
	Feb-01	99.58%		0.42%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	91.94%		8.06%			
	Jul-01	100.00%		0.00%			
	Aug-01	99.94%		0.06%			
	Sep-01	100.00%		0.00%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	99.57%	0.00%	0.43%		
	Feb-02	99.31%		0.69%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	99.94%		0.06%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	99.98%		0.02%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	100.00%		0.00%			
	Sep-02	100.00%		0.00%			
	Oct-02	95.62%		4.38%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.96%	0.00%	0.04%	0.22%	99.78%
	Feb-03	100.00%		0.00%			
	Mar-03	99.67%		0.33%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	99.90%		0.10%			
	Aug-03	100.00%		0.00%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	100.00%		0.00%			
2004	Jan-04	99.93%	99.86%	0.07%	0.14%	0.22%	99.78%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	100.00%		0.00%			
	Apr-04	100.00%		0.00%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	100.00%		0.00%			
	Aug-04	100.00%		0.00%			
	Sep-04	100.00%		0.00%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	100.00%		0.00%			
	Dec-04	98.34%		1.66%			
2005	Jan-05	100.00%	99.89%	0.00%	0.11%	0.22%	99.78%
	Feb-05	100.00%		0.00%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	100.00%		0.00%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	100.00%		0.00%			
	Oct-05	99.57%		0.43%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	99.09%		0.91%			

2006	Jan-06	99.46%	99.95%	0.54%	0.05%	0.22%	99.78%
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	100.00%		0.00%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	100.00%		0.00%			
	Sep-06	100.00%		0.00%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	99.92%	99.99%	0.08%	0.01%	0.22%	99.78%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	100.00%		0.00%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	100.00%		0.00%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	99.90%		0.10%			
2008	Jan-08	100.00%	99.97%	0.00%	0.03%	0.22%	99.78%
	Feb-08	99.94%		0.06%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	100.00%		0.00%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	99.69%		0.31%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	99.80%	99.87%	0.20%	0.13%	0.22%	99.78%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	98.61%		1.39%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	100.00%		0.00%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	99.96%	0.00%	0.04%	0.22%	99.78%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	99.60%		0.40%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	99.93%		0.07%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.97%	0.00%	0.03%	0.22%	99.78%
	Feb-11	99.64%		0.36%			
	Mar-11	100.00%		0.00%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	99.99%		0.01%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	99.95%		0.05%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	99.12%	0.00%	0.88%	0.22%	99.78%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	100.00%		0.00%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	96.11%		3.89%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	93.37%		6.63%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
TOTAL		99.78%	99.78%	0.22%	0.22%	0.22%	99.78%

Tabla 43. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>8mo</sub>.



### ÍNDICES DE LA U<sub>9mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U <sub>9mo</sub>	DISP ANUAL [%]U <sub>9mo</sub>	FOR [%]MENSUAL U <sub>9mo</sub>	FOR [%] ANUAL U <sub>9mo</sub>	FOR [%] TOTAL U <sub>9mo</sub>	IC% U <sub>9mo</sub>
2000	Jan-00	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%		
	Feb-00	100.00%		0.00%			
	Mar-00	99.76%		0.24%			
	Apr-00	100.00%		0.00%			
	May-00	100.00%		0.00%			
	Jun-00	100.00%		0.00%			
	Jul-00	100.00%		0.00%			
	Aug-00	100.00%		0.00%			
	Sep-00	100.00%		0.00%			
	Oct-00	100.00%		0.00%			
	Nov-00	100.00%		0.00%			
	Dec-00	100.00%		0.00%			
2001	Jan-01	100.00%	99.92%	0.00%	0.08%	0.13%	99.87%
	Feb-01	100.00%		0.00%			
	Mar-01	100.00%		0.00%			
	Apr-01	100.00%		0.00%			
	May-01	100.00%		0.00%			
	Jun-01	99.76%		0.24%			
	Jul-01	99.37%		0.63%			
	Aug-01	100.00%		0.00%			
	Sep-01	99.94%		0.06%			
	Oct-01	100.00%		0.00%			
	Nov-01	100.00%		0.00%			
	Dec-01	100.00%		0.00%			
2002	Jan-02	100.00%	99.92%	0.00%	0.08%		
	Feb-02	100.00%		0.00%			
	Mar-02	100.00%		0.00%			
	Apr-02	100.00%		0.00%			
	May-02	100.00%		0.00%			
	Jun-02	100.00%		0.00%			
	Jul-02	100.00%		0.00%			
	Aug-02	99.63%		0.37%			
	Sep-02	99.38%		0.62%			
	Oct-02	100.00%		0.00%			
	Nov-02	100.00%		0.00%			
	Dec-02	100.00%		0.00%			

2003	Jan-03	100.00%	99.69%	0.00%	0.31%	0.13%	99.87%
	Feb-03	98.52%		1.48%			
	Mar-03	100.00%		0.00%			
	Apr-03	100.00%		0.00%			
	May-03	100.00%		0.00%			
	Jun-03	100.00%		0.00%			
	Jul-03	100.00%		0.00%			
	Aug-03	99.17%		0.83%			
	Sep-03	100.00%		0.00%			
	Oct-03	100.00%		0.00%			
	Nov-03	100.00%		0.00%			
	Dec-03	98.53%		1.47%			
2004	Jan-04	97.80%	99.39%	2.20%	0.61%	0.13%	99.87%
	Feb-04	100.00%		0.00%			
	Mar-04	99.13%		0.87%			
	Apr-04	100.00%		0.00%			
	May-04	100.00%		0.00%			
	Jun-04	100.00%		0.00%			
	Jul-04	98.51%		1.49%			
	Aug-04	99.96%		0.04%			
	Sep-04	98.07%		1.93%			
	Oct-04	100.00%		0.00%			
	Nov-04	99.19%		0.81%			
	Dec-04	100.00%		0.00%			
2005	Jan-05	100.00%	99.96%	0.00%	0.04%	0.13%	99.87%
	Feb-05	100.00%		0.00%			
	Mar-05	100.00%		0.00%			
	Apr-05	100.00%		0.00%			
	May-05	100.00%		0.00%			
	Jun-05	100.00%		0.00%			
	Jul-05	99.56%		0.44%			
	Aug-05	100.00%		0.00%			
	Sep-05	100.00%		0.00%			
	Oct-05	100.00%		0.00%			
	Nov-05	100.00%		0.00%			
	Dec-05	100.00%		0.00%			

2006	Jan-06	100.00%	99.88%	0.00%	0.12%	0.13%	99.87%
	Feb-06	100.00%		0.00%			
	Mar-06	100.00%		0.00%			
	Apr-06	99.14%		0.86%			
	May-06	100.00%		0.00%			
	Jun-06	100.00%		0.00%			
	Jul-06	100.00%		0.00%			
	Aug-06	99.38%		0.62%			
	Sep-06	100.00%		0.00%			
	Oct-06	100.00%		0.00%			
	Nov-06	100.00%		0.00%			
	Dec-06	100.00%		0.00%			
2007	Jan-07	100.00%	99.78%	0.00%	0.22%	0.13%	99.87%
	Feb-07	100.00%		0.00%			
	Mar-07	100.00%		0.00%			
	Apr-07	99.97%		0.03%			
	May-07	100.00%		0.00%			
	Jun-07	100.00%		0.00%			
	Jul-07	100.00%		0.00%			
	Aug-07	97.36%		2.64%			
	Sep-07	100.00%		0.00%			
	Oct-07	100.00%		0.00%			
	Nov-07	100.00%		0.00%			
	Dec-07	100.00%		0.00%			
2008	Jan-08	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.13%	99.87%
	Feb-08	100.00%		0.00%			
	Mar-08	100.00%		0.00%			
	Apr-08	100.00%		0.00%			
	May-08	100.00%		0.00%			
	Jun-08	100.00%		0.00%			
	Jul-08	100.00%		0.00%			
	Aug-08	100.00%		0.00%			
	Sep-08	100.00%		0.00%			
	Oct-08	100.00%		0.00%			
	Nov-08	100.00%		0.00%			
	Dec-08	100.00%		0.00%			

2009	Jan-09	100.00%	99.98%	0.00%	0.02%	0.13%	99.87%
	Feb-09	100.00%		0.00%			
	Mar-09	100.00%		0.00%			
	Apr-09	100.00%		0.00%			
	May-09	100.00%		0.00%			
	Jun-09	100.00%		0.00%			
	Jul-09	100.00%		0.00%			
	Aug-09	100.00%		0.00%			
	Sep-09	99.71%		0.29%			
	Oct-09	100.00%		0.00%			
	Nov-09	100.00%		0.00%			
	Dec-09	100.00%		0.00%			
2010	Jan-10	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.13%	99.87%
	Feb-10	100.00%		0.00%			
	Mar-10	100.00%		0.00%			
	Apr-10	100.00%		0.00%			
	May-10	100.00%		0.00%			
	Jun-10	100.00%		0.00%			
	Jul-10	100.00%		0.00%			
	Aug-10	100.00%		0.00%			
	Sep-10	100.00%		0.00%			
	Oct-10	100.00%		0.00%			
	Nov-10	100.00%		0.00%			
	Dec-10	100.00%		0.00%			
2011	Jan-11	100.00%	99.93%	0.00%	0.07%	0.13%	99.87%
	Feb-11	100.00%		0.00%			
	Mar-11	99.49%		0.51%			
	Apr-11	100.00%		0.00%			
	May-11	100.00%		0.00%			
	Jun-11	99.73%		0.27%			
	Jul-11	100.00%		0.00%			
	Aug-11	100.00%		0.00%			
	Sep-11	100.00%		0.00%			
	Oct-11	100.00%		0.00%			
	Nov-11	100.00%		0.00%			
	Dec-11	100.00%		0.00%			
2012	Jan-12	100.00%	99.87%	0.00%	0.13%	0.13%	99.87%
	Feb-12	100.00%		0.00%			
	Mar-12	100.00%		0.00%			
	Apr-12	98.49%		1.51%			
	May-12	100.00%		0.00%			
	Jun-12	100.00%		0.00%			
	Jul-12	100.00%		0.00%			
	Aug-12	100.00%		0.00%			
	Sep-12	100.00%		0.00%			
	Oct-12	100.00%		0.00%			
	Nov-12	100.00%		0.00%			
	Dec-12	100.00%		0.00%			
<b>TOTAL</b>		<b>99.87%</b>	<b>99.87%</b>	<b>0.13%</b>	<b>0.13%</b>	<b>0.13%</b>	<b>99.87%</b>

Tabla 44. Índices Basados y Calculados en datos Históricos  $U_{9mo}$ .

### ÍNDICES DE LA U<sub>10mo</sub>

AÑO	PERIODO	DISP MENSUAL [%]U10mo	DISP ANUAL [%]U10mo	FOR [%] ANUAL U10mo	FOR [%] TOTAL U10mo	FOR [%]MENSUAL U10mo	IC% U10mo
2000	Jan-00	100.00%	99.96%	0.04%		0.00%	99.96%
	Feb-00	100.00%				0.00%	
	Mar-00	100.00%				0.00%	
	Apr-00	100.00%				0.00%	
	May-00	100.00%				0.00%	
	Jun-00	100.00%				0.00%	
	Jul-00	100.00%				0.00%	
	Aug-00	99.71%				0.29%	
	Sep-00	100.00%				0.00%	
	Oct-00	100.00%				0.00%	
	Nov-00	100.00%				0.00%	
	Dec-00	99.79%				0.21%	
2001	Jan-01	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-01	100.00%				0.00%	
	Mar-01	100.00%				0.00%	
	Apr-01	100.00%				0.00%	
	May-01	100.00%				0.00%	
	Jun-01	100.00%				0.00%	
	Jul-01	100.00%				0.00%	
	Aug-01	100.00%				0.00%	
	Sep-01	100.00%				0.00%	
	Oct-01	100.00%				0.00%	
	Nov-01	100.00%				0.00%	
	Dec-01	100.00%				0.00%	
2002	Jan-02	100.00%	99.94%	0.06%		0.00%	
	Feb-02	100.00%				0.00%	
	Mar-02	100.00%				0.00%	
	Apr-02	100.00%				0.00%	
	May-02	99.51%				0.49%	
	Jun-02	100.00%				0.00%	
	Jul-02	99.75%				0.25%	
	Aug-02	100.00%				0.00%	
	Sep-02	100.00%				0.00%	
	Oct-02	100.00%				0.00%	
	Nov-02	100.00%				0.00%	
	Dec-02	100.00%				0.00%	

2003	Jan-03	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	99.96%
	Feb-03	100.00%				0.00%	
	Mar-03	100.00%				0.00%	
	Apr-03	100.00%				0.00%	
	May-03	100.00%				0.00%	
	Jun-03	100.00%				0.00%	
	Jul-03	100.00%				0.00%	
	Aug-03	100.00%				0.00%	
	Sep-03	100.00%				0.00%	
	Oct-03	100.00%				0.00%	
	Nov-03	100.00%				0.00%	
	Dec-03	100.00%				0.00%	
2004	Jan-04	100.00%	99.96%	0.04%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-04	100.00%				0.00%	
	Mar-04	100.00%				0.00%	
	Apr-04	100.00%				0.00%	
	May-04	99.94%				0.06%	
	Jun-04	100.00%				0.00%	
	Jul-04	100.00%				0.00%	
	Aug-04	100.00%				0.00%	
	Sep-04	99.88%				0.12%	
	Oct-04	100.00%				0.00%	
	Nov-04	99.68%				0.32%	
	Dec-04	100.00%				0.00%	
2005	Jan-05	100.00%	99.86%	0.14%	0.00%	0.00%	99.96%
	Feb-05	100.00%				0.00%	
	Mar-05	100.00%				0.00%	
	Apr-05	100.00%				0.00%	
	May-05	100.00%				0.00%	
	Jun-05	100.00%				0.00%	
	Jul-05	99.27%				0.73%	
	Aug-05	99.48%				0.52%	
	Sep-05	100.00%				0.00%	
	Oct-05	100.00%				0.00%	
	Nov-05	100.00%				0.00%	
	Dec-05	99.63%				0.37%	

2006	Jan-06	100.00%	99.74%	0.26%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-06	99.28%				0.72%	
	Mar-06	100.00%				0.00%	
	Apr-06	100.00%				0.00%	
	May-06	100.00%				0.00%	
	Jun-06	99.95%				0.05%	
	Jul-06	100.00%				0.00%	
	Aug-06	100.00%				0.00%	
	Sep-06	100.00%				0.00%	
	Oct-06	99.61%				0.39%	
	Nov-06	100.00%				0.00%	
	Dec-06	98.08%				1.92%	
2007	Jan-07	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-07	100.00%				0.00%	
	Mar-07	100.00%				0.00%	
	Apr-07	100.00%				0.00%	
	May-07	100.00%				0.00%	
	Jun-07	99.99%				0.01%	
	Jul-07	100.00%				0.00%	
	Aug-07	100.00%				0.00%	
	Sep-07	100.00%				0.00%	
	Oct-07	100.00%				0.00%	
	Nov-07	100.00%				0.00%	
	Dec-07	100.00%				0.00%	
2008	Jan-08	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-08	100.00%				0.00%	
	Mar-08	100.00%				0.00%	
	Apr-08	100.00%				0.00%	
	May-08	100.00%				0.00%	
	Jun-08	100.00%				0.00%	
	Jul-08	100.00%				0.00%	
	Aug-08	100.00%				0.00%	
	Sep-08	99.97%				0.03%	
	Oct-08	100.00%				0.00%	
	Nov-08	100.00%				0.00%	
	Dec-08	100.00%				0.00%	

2009	Jan-09	100.00%	99.96%	0.04%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-09	100.00%				0.00%	
	Mar-09	100.00%				0.00%	
	Apr-09	99.56%				0.44%	
	May-09	100.00%				0.00%	
	Jun-09	100.00%				0.00%	
	Jul-09	100.00%				0.00%	
	Aug-09	100.00%				0.00%	
	Sep-09	100.00%				0.00%	
	Oct-09	100.00%				0.00%	
	Nov-09	100.00%				0.00%	
	Dec-09	100.00%				0.00%	
2010	Jan-10	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-10	100.00%				0.00%	
	Mar-10	100.00%				0.00%	
	Apr-10	100.00%				0.00%	
	May-10	100.00%				0.00%	
	Jun-10	100.00%				0.00%	
	Jul-10	100.00%				0.00%	
	Aug-10	100.00%				0.00%	
	Sep-10	100.00%				0.00%	
	Oct-10	100.00%				0.00%	
	Nov-10	100.00%				0.00%	
	Dec-10	100.00%				0.00%	
2011	Jan-11	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-11	100.00%				0.00%	
	Mar-11	100.00%				0.00%	
	Apr-11	100.00%				0.00%	
	May-11	100.00%				0.00%	
	Jun-11	100.00%				0.00%	
	Jul-11	100.00%				0.00%	
	Aug-11	100.00%				0.00%	
	Sep-11	100.00%				0.00%	
	Oct-11	100.00%				0.00%	
	Nov-11	100.00%				0.00%	
	Dec-11	100.00%				0.00%	
2012	Jan-12	100.00%	100.00%	0.00%	0.04%	0.00%	99.96%
	Feb-12	100.00%				0.00%	
	Mar-12	100.00%				0.00%	
	Apr-12	100.00%				0.00%	
	May-12	100.00%				0.00%	
	Jun-12	100.00%				0.00%	
	Jul-12	100.00%				0.00%	
	Aug-12	100.00%				0.00%	
	Sep-12	100.00%				0.00%	
	Oct-12	100.00%				0.00%	
	Nov-12	100.00%				0.00%	
	Dec-12	100.00%				0.00%	
<b>TOTAL</b>		<b>99.96%</b>	<b>99.96%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.04%</b>	<b>99.96%</b>

Tabla 45. Índices Basados y Calculados en datos Históricos U<sub>10mo</sub>.



**ANEXO C**  
**PARÁMETROS DE LA CONFIABILIDAD DE LA CENTRAL MAZAR & MOLINO**  
 **$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{1ma}$  DE LA CENTRAL MAZAR**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Jan-11	8	0.094	0.094	28.598	0.0116	86.425	3.575	0.280
2	Feb-11	2	0.024	0.118	12.833	0.0028	353.584	6.417	0.156
3	Mar-11	6	0.071	0.188	37.666	0.0088	113.722	6.278	0.159
4	Apr-11	2	0.024	0.212	6.083	0.0028	356.959	3.042	0.329
5	May-11	1	0.012	0.224	0.483	0.0014	719.517	0.483	2.070
6	Jun-11	4	0.047	0.271	18.683	0.0057	175.329	4.671	0.214
7	Jul-11	3	0.035	0.306	8.916	0.0042	237.028	2.972	0.336
8	Aug-11	4	0.047	0.353	27.599	0.0058	173.100	6.900	0.145
9	Sep-11	3	0.035	0.388	29.099	0.0043	230.300	9.700	0.103
10	Oct-11	1	0.012	0.400	10.300	0.0014	709.700	10.300	0.097
11	Nov-11	2	0.024	0.424	21.250	0.0029	349.375	10.625	0.094
12	Dec-11	2	0.024	0.447	2.130	0.0028	358.935	1.065	0.939
13	Jan-12	2	0.024	0.471	3.617	0.0028	358.192	1.809	0.553
14	Feb-12	5	0.059	0.529	13.633	0.0071	141.273	2.727	0.367
15	Mar-12	4	0.047	0.576	42.117	0.0059	169.471	10.529	0.095
16	Apr-12	1	0.012	0.588	3.667	0.0014	716.333	3.667	0.273
17	May-12	1	0.012	0.600	1.483	0.0014	718.517	1.483	0.674
18	Jun-12	5	0.059	0.659	9.221	0.0070	142.156	1.844	0.542
19	Jul-12	6	0.071	0.729	46.251	0.0089	112.292	7.709	0.130
20	Aug-12	6	0.071	0.800	58.449	0.0091	110.259	9.742	0.103
21	Sep-12	3	0.035	0.835	27.499	0.0043	230.834	9.166	0.109
22	Oct-12	7	0.082	0.918	183.400	0.0130	76.657	26.200	0.038
23	Nov-12	7	0.082	1.000	31.200	0.0102	98.400	4.457	0.224
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>85</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0055</b>	<b>292.972</b>	<b>6.320</b>	<b>0.349</b>

Tabla 46. Parámetros de Confiabilidad  $U_{1ma}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>2ma</sub> DE LA CENTRAL MAZAR**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$	
1	Jan-11	3	0.052	0.052	9.617	0.0042	236.794	3.206	0.312	
2	Feb-11	2	0.034	0.086	3.783	0.0028	358.109	1.892	0.529	
3	Mar-11	2	0.034	0.121	10.866	0.0028	354.567	5.433	0.184	
4	Jun-11	2	0.034	0.155	4.833	0.0028	357.584	2.417	0.414	
5	Aug-11	2	0.034	0.190	17.684	0.0028	351.158	8.842	0.113	
6	Sep-11	1	0.017	0.207	1.683	0.0014	718.317	1.683	0.594	
7	Dec-11	2	0.034	0.241	94.616	0.0032	312.692	47.308	0.021	
8	Jan-12	1	0.017	0.259	9.917	0.0014	710.083	9.917	0.101	
9	Feb-12	2	0.034	0.293	10.747	0.0028	354.627	5.374	0.186	
10	Mar-12	4	0.069	0.362	41.283	0.0059	169.679	10.321	0.097	
11	May-12	1	0.017	0.379	1.483	0.0014	718.517	1.483	0.674	
12	Jun-12	5	0.086	0.466	7.450	0.0070	142.510	1.490	0.671	
13	Jul-12	9	0.155	0.621	41.914	0.0133	75.343	4.657	0.215	
14	Aug-12	6	0.103	0.724	58.350	0.0091	110.275	9.725	0.103	
15	Sep-12	3	0.052	0.776	27.499	0.0043	230.834	9.166	0.109	
16	Oct-12	6	0.103	0.879	105.817	0.0098	102.364	17.636	0.057	
17	Nov-12	7	0.121	1.000	40.700	0.0103	97.043	5.814	0.172	
<b>TOT. FALLAS</b>		58				<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0050</b>	<b>317.676</b>	<b>8.610</b>	<b>0.268</b>

Tabla 47. Parámetros de Confiabilidad U<sub>2ma</sub>.

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{1mo}$  DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Mar-00	1	0.024	0.024	5.180	0.0014	714.820	5.180	0.193
2	May-00	1	0.024	0.048	5.230	0.0014	714.770	5.230	0.191
3	Oct-00	1	0.024	0.071	9.500	0.0014	710.500	9.500	0.105
4	Mar-01	1	0.024	0.095	0.867	0.0014	719.133	0.867	1.153
5	Apr-01	1	0.024	0.119	17.250	0.0014	702.750	17.250	0.058
6	May-01	1	0.024	0.143	3.500	0.0014	716.500	3.500	0.286
7	Jun-01	1	0.024	0.167	1.750	0.0014	718.250	1.750	0.571
8	Nov-01	1	0.024	0.190	16.833	0.0014	703.167	16.833	0.059
9	Jun-02	1	0.024	0.214	0.633	0.0014	719.367	0.633	1.580
10	Jul-02	2	0.048	0.262	4.083	0.0028	357.959	2.042	0.490
11	Nov-02	1	0.024	0.286	5.350	0.0014	714.650	5.350	0.187
12	Mar-03	1	0.024	0.310	0.550	0.0014	719.450	0.550	1.818
13	Sep-03	1	0.024	0.333	0.833	0.0014	719.167	0.833	1.200
14	Jun-04	1	0.024	0.357	0.200	0.0014	719.800	0.200	5.000
15	Jan-05	1	0.024	0.381	4.667	0.0014	715.333	4.667	0.214
16	Feb-05	1	0.024	0.405	2.083	0.0014	717.917	2.083	0.480
17	Jun-05	1	0.024	0.429	4.233	0.0014	715.767	4.233	0.236
18	Sep-05	1	0.024	0.452	1.400	0.0014	718.600	1.400	0.714
19	Aug-06	1	0.024	0.476	2.717	0.0014	717.283	2.717	0.368
20	Sep-06	1	0.024	0.500	0.400	0.0014	719.600	0.400	2.500
21	Nov-06	1	0.024	0.524	0.550	0.0014	719.450	0.550	1.818
22	Dec-06	1	0.024	0.548	1.067	0.0014	718.933	1.067	0.937
23	Sep-07	1	0.024	0.571	10.717	0.0014	709.283	10.717	0.093
24	Dec-07	1	0.024	0.595	1.700	0.0014	718.300	1.700	0.588
25	Jan-08	1	0.024	0.619	6.767	0.0014	713.233	6.767	0.148
26	Aug-08	1	0.024	0.643	7.650	0.0014	712.350	7.650	0.131
27	Sep-08	1	0.024	0.667	40.233	0.0015	679.767	40.233	0.025
28	Aug-09	1	0.024	0.690	8.567	0.0014	711.433	8.567	0.117
29	Sep-09	2	0.048	0.738	0.967	0.0028	359.517	0.484	2.068
30	Oct-09	2	0.048	0.786	3.517	0.0028	358.242	1.759	0.569
31	Nov-09	1	0.024	0.810	0.117	0.0014	719.883	0.117	8.547
32	May-10	1	0.024	0.833	3.533	0.0014	716.467	3.533	0.283
33	Jul-10	1	0.024	0.857	0.017	0.0014	719.983	0.017	58.824
34	Dec-10	2	0.048	0.905	318.033	0.0050	200.984	159.017	0.006
35	Feb-11	1	0.024	0.929	0.467	0.0014	719.533	0.467	2.141
36	Apr-11	1	0.024	0.952	4.433	0.0014	715.567	4.433	0.226
37	Sep-11	1	0.024	0.976	4.417	0.0014	715.583	4.417	0.226
38	Mar-12	1	0.024	1.000	0.900	0.0014	719.100	0.900	1.111
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>42</b>				<b>0.0016</b>	<b>673.221</b>	<b>8.885</b>	<b>2.507</b>
					<b>PROMEDIOS</b>				

Tabla 48. Parámetros de Confiabilidad  $U_{1mo}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>2mo</sub> DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$	
1	Apr-00	1	0.029	0.029	0.600	0.0014	719.400	0.600	1.67	
2	May-00	3	0.086	0.114	15.817	0.0043	234.728	5.272	0.19	
3	Jul-00	1	0.029	0.143	8.250	0.0014	711.750	8.250	0.12	
4	Aug-00	3	0.086	0.229	38.166	0.0044	227.278	12.722	0.08	
5	Jul-02	2	0.057	0.286	23.483	0.0029	348.259	11.742	0.09	
6	Sep-02	1	0.029	0.314	9.100	0.0014	719.900	9.100	0.11	
7	Mar-03	1	0.029	0.343	0.100	0.0014	719.900	0.100	10.00	
8	Apr-03	1	0.029	0.371	6.933	0.0014	713.067	6.933	0.14	
9	Jun-03	1	0.029	0.400	5.250	0.0014	714.750	5.250	0.19	
10	Sep-03	1	0.029	0.429	3.433	0.0014	716.567	3.433	0.29	
11	Oct-03	1	0.029	0.457	0.117	0.0014	719.883	0.117	8.55	
12	Nov-03	1	0.029	0.486	2.650	0.0014	717.350	2.650	0.38	
13	Feb-05	1	0.029	0.514	1.250	0.0014	718.750	1.250	0.80	
14	Apr-06	2	0.057	0.571	4.317	0.0028	357.842	2.159	0.46	
15	May-06	1	0.029	0.600	0.317	0.0014	719.683	0.317	3.15	
16	Dec-06	3	0.086	0.686	4.183	0.0042	238.606	1.394	0.72	
17	Mar-07	1	0.029	0.714	3.000	0.0014	717.000	3.000	0.33	
18	Jul-07	1	0.029	0.743	0.550	0.0014	719.450	0.550	1.82	
19	Jan-08	1	0.029	0.771	6.767	0.0014	713.233	6.767	0.15	
20	Mar-08	1	0.029	0.800	4.583	0.0014	715.417	4.583	0.22	
21	Jun-08	1	0.029	0.829	6.983	0.0014	713.017	6.983	0.14	
22	Jul-08	1	0.029	0.857	7.150	0.0014	712.850	7.150	0.14	
23	Sep-09	1	0.029	0.886	1.417	0.0014	718.583	1.417	0.71	
24	Sep-11	1	0.029	0.914	6.167	0.0014	713.833	6.167	0.16	
25	Aug-12	2	0.057	0.971	2.317	0.0028	358.842	1.159	0.86	
26	Nov-12	1	0.029	1.000	0.617	0.0014	719.383	0.617	1.62	
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>35</b>				<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0019</b>	<b>618.858</b>	<b>4.219</b>	<b>1.273</b>

Tabla 49. Parámetros de Confiabilidad U<sub>2mo</sub>.

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{3mo}$  DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Apr-00	1	0.029	0.029	5.113	0.0014	714.887	5.113	0.20
2	May-00	2	0.059	0.088	5.633	0.0028	357.184	2.817	0.36
3	Aug-00	2	0.059	0.147	15.4	0.0028	352.300	7.700	0.13
4	Jan-01	1	0.029	0.176	9.5	0.0014	710.500	9.500	0.11
5	Feb-01	1	0.029	0.206	8	0.0014	712.000	8.000	0.13
6	Apr-02	1	0.029	0.235	1.767	0.0014	718.233	1.767	0.57
7	Aug-02	1	0.029	0.265	3	0.0014	717.000	3.000	0.33
8	Jan-03	1	0.029	0.294	11	0.0014	709.000	11.000	0.09
9	Aug-03	1	0.029	0.324	2.55	0.0014	717.450	2.550	0.39
10	Oct-03	3	0.088	0.412	5.517	0.0042	238.161	1.839	0.54
11	Nov-03	1	0.029	0.441	4.85	0.0014	715.150	4.850	0.21
12	Apr-04	1	0.029	0.471	5.1	0.0014	714.900	5.100	0.20
13	Oct-04	1	0.029	0.500	0.717	0.0014	719.283	0.717	1.39
14	Jan-05	1	0.029	0.529	0.667	0.0014	719.333	0.667	1.50
15	Apr-05	1	0.029	0.559	2.183	0.0014	717.817	2.183	0.46
16	Aug-05	1	0.029	0.588	10.767	0.0014	709.233	10.767	0.09
17	Sep-05	1	0.029	0.618	1.400	0.0014	718.600	1.400	0.71
18	Dec-05	1	0.029	0.647	4.850	0.0014	715.150	4.850	0.21
19	Jun-06	1	0.029	0.676	0.317	0.0014	719.683	0.317	3.15
20	Feb-07	1	0.029	0.706	8.95	0.0014	711.050	8.950	0.11
21	Jun-07	1	0.029	0.735	1.25	0.0014	718.750	1.250	0.80
22	Sep-07	1	0.029	0.765	0.583	0.0014	719.417	0.583	1.72
23	Jan-08	2	0.059	0.824	10.883	0.0028	354.559	5.442	0.18
24	Jul-09	2	0.059	0.882	7.033	0.0028	356.484	3.517	0.28
25	Dec-09	1	0.029	0.912	4.733	0.0014	715.267	4.733	0.21
26	Jan-10	1	0.029	0.941	55.133	0.0015	664.867	55.133	0.02
27	Sep-11	1	0.029	0.971	4.317	0.0014	715.683	4.317	0.23
28	Dec-11	1	0.029	1.000	0.117	0.0014	719.883	0.117	8.55
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>34</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0017</b>	<b>645.422</b>	<b>6.006</b>	<b>0.817</b>

Tabla 50. Parámetros de Confiabilidad  $U_{3mo}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>4mo</sub> DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Apr-00	2	0.049	0.049	4.013	0.0028	357.994	2.007	0.498
2	Sep-00	1	0.024	0.073	0.617	0.0014	719.383	0.617	1.621
3	Nov-00	2	0.049	0.122	4.800	0.0028	357.600	2.400	0.417
4	Jun-01	1	0.024	0.146	4.000	0.0014	716.000	4.000	0.250
5	Jan-03	1	0.024	0.171	4.833	0.0014	715.167	4.833	0.207
6	Apr-04	2	0.049	0.220	0.550	0.0028	359.725	0.275	3.636
7	May-04	2	0.049	0.268	2.400	0.0028	358.800	1.200	0.833
8	Feb-05	1	0.024	0.293	4.150	0.0014	715.850	4.150	0.241
9	Jul-05	1	0.024	0.317	4.450	0.0014	715.550	4.450	0.225
10	Aug-05	1	0.024	0.341	4.050	0.0014	715.950	4.050	0.247
11	Sep-05	1	0.024	0.366	1.400	0.0014	718.600	1.400	0.714
12	Sep-06	1	0.024	0.390	0.983	0.0014	719.017	0.983	1.017
13	Jul-07	1	0.024	0.415	1.250	0.0014	718.750	1.250	0.800
14	Jan-08	1	0.024	0.439	61.690	0.0015	658.310	61.690	0.016
15	Jun-08	1	0.024	0.463	6.633	0.0014	713.367	6.633	0.151
16	Aug-08	1	0.024	0.488	1.767	0.0014	718.233	1.767	0.566
17	Dec-08	1	0.024	0.512	2.117	0.0014	717.883	2.117	0.472
18	Oct-09	1	0.024	0.537	52.750	0.0015	667.250	52.750	0.019
19	Nov-09	1	0.024	0.561	6.750	0.0014	713.250	6.750	0.148
20	Jan-10	1	0.024	0.585	5.233	0.0014	714.767	5.233	0.191
21	Apr-10	2	0.049	0.634	5.583	0.0028	357.209	2.792	0.358
22	Oct-10	2	0.049	0.683	2.117	0.0028	358.942	1.059	0.945
23	Dec-10	1	0.024	0.707	5.200	0.0014	714.800	5.200	0.192
24	Mar-11	2	0.049	0.756	2.933	0.0028	358.534	1.467	0.682
25	Apr-11	1	0.024	0.780	8.617	0.0014	711.383	8.617	0.116
26	May-11	1	0.024	0.805	6.983	0.0014	713.017	6.983	0.143
27	Aug-11	1	0.024	0.829	0.533	0.0014	719.467	0.533	1.876
28	Sep-11	2	0.049	0.878	7.167	0.0028	356.417	3.584	0.279
29	Nov-11	1	0.024	0.902	3.500	0.0014	716.500	3.500	0.286
30	Feb-12	1	0.024	0.927	3.417	0.0014	716.583	3.417	0.293
31	May-12	1	0.024	0.951	2.850	0.0014	717.150	2.850	0.351
32	Jun-12	1	0.024	0.976	1.330	0.0014	718.670	1.330	0.752
33	Aug-12	1	0.024	1.000	0.150	0.0014	719.850	0.150	6.667
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>41</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0017</b>	<b>626.363</b>	<b>6.365</b>	<b>0.764</b>

Tabla 51. Parámetros de Confiabilidad U<sub>4mo</sub>.

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>5mo</sub> DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Mar-00	1	0.027	0.027	32.117	0.0015	687.883	32.117	0.031
2	Nov-00	1	0.027	0.054	3.250	0.0014	716.750	3.250	0.308
3	Dec-00	1	0.027	0.081	4.000	0.0014	716.000	4.000	0.250
4	Jan-01	1	0.027	0.108	2.500	0.0014	717.500	2.500	0.400
5	Mar-01	1	0.027	0.135	3.000	0.0014	717.000	3.000	0.333
6	Dec-01	1	0.027	0.162	14.500	0.0014	705.500	14.500	0.069
7	Apr-02	1	0.027	0.189	0.183	0.0014	719.817	0.183	5.464
8	May-02	1	0.027	0.216	1.833	0.0014	718.167	1.833	0.546
9	Feb-03	1	0.027	0.243	22.967	0.0014	697.033	22.967	0.044
10	Mar-03	1	0.027	0.270	0.550	0.0014	719.450	0.550	1.818
11	Jul-03	1	0.027	0.297	1.233	0.0014	718.767	1.233	0.811
12	Apr-04	2	0.054	0.351	3.116	0.0028	358.442	1.558	0.642
13	Jul-04	1	0.027	0.378	28.300	0.0014	691.700	28.300	0.035
14	Oct-04	2	0.054	0.432	4.750	0.0028	357.625	2.375	0.421
15	Jul-05	1	0.027	0.459	0.383	0.0014	719.617	0.383	2.611
16	Sep-05	1	0.027	0.486	1.400	0.0014	718.600	1.400	0.714
17	Jan-06	1	0.027	0.514	0.117	0.0014	719.883	0.117	8.547
18	May-06	1	0.027	0.541	5.467	0.0014	714.533	5.467	0.183
19	Aug-06	1	0.027	0.568	1.567	0.0014	718.433	1.567	0.638
20	Sep-06	1	0.027	0.595	0.317	0.0014	719.683	0.317	3.155
21	Jul-07	1	0.027	0.622	1.250	0.0014	718.750	1.250	0.800
22	Jan-08	1	0.027	0.649	0.833	0.0014	719.167	0.833	1.200
23	Feb-08	1	0.027	0.676	19.667	0.0014	700.333	19.667	0.051
24	Mar-08	1	0.027	0.703	17.883	0.0014	702.117	17.883	0.056
25	Jun-08	1	0.027	0.730	7.700	0.0014	712.300	7.700	0.130
26	Apr-09	2	0.054	0.784	27.383	0.0029	346.309	13.692	0.073
27	Aug-09	3	0.081	0.865	2.433	0.0042	239.189	0.811	1.233
28	Sep-09	1	0.027	0.892	6.113	0.0014	713.887	6.113	0.164
29	Feb-10	1	0.027	0.919	2.733	0.0014	717.267	2.733	0.366
30	Jun-10	1	0.027	0.946	0.183	0.0014	719.817	0.183	5.464
31	Aug-11	1	0.027	0.973	1.033	0.0014	718.967	1.033	0.968
32	Mar-12	1	0.027	1.000	0.200	0.0014	719.800	0.200	5.000
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>37</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0016</b>	<b>665.009</b>	<b>6.241</b>	<b>1.329</b>

Tabla 52. Parámetros de Confiabilidad U<sub>5mo</sub>.

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>6mo</sub> DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$	
1	Nov-01	1	0.042	0.042	2.850	0.0014	717.150	2.850	0.351	
2	Dec-01	1	0.042	0.083	1.430	0.0014	718.570	1.430	0.699	
3	Jun-02	2	0.083	0.167	3.400	0.0028	358.300	1.700	0.588	
4	Nov-02	1	0.042	0.208	0.950	0.0014	719.050	0.950	1.053	
5	Jan-03	1	0.042	0.250	1.600	0.0014	718.400	1.600	0.625	
6	Dec-03	1	0.042	0.292	27.417	0.0014	692.583	27.417	0.036	
7	Jan-04	1	0.042	0.333	17.000	0.0014	703.000	17.000	0.059	
8	Apr-04	1	0.042	0.375	0.450	0.0014	719.550	0.450	2.222	
9	Feb-05	1	0.042	0.417	2.933	0.0014	717.067	2.933	0.341	
10	Nov-05	1	0.042	0.458	1.883	0.0014	718.117	1.883	0.531	
11	Jan-06	1	0.042	0.500	5.317	0.0014	714.683	5.317	0.188	
12	Feb-06	1	0.042	0.542	2.850	0.0014	717.150	2.850	0.351	
13	Mar-06	1	0.042	0.583	2.350	0.0014	717.650	2.350	0.426	
14	May-06	2	0.083	0.667	2.933	0.0028	358.534	1.467	0.682	
15	Sep-06	1	0.042	0.708	4.300	0.0014	715.700	4.300	0.233	
16	Oct-06	1	0.042	0.750	0.100	0.0014	719.900	0.100	10.000	
17	Jan-07	1	0.042	0.792	0.850	0.0014	719.150	0.850	1.176	
18	Feb-08	1	0.042	0.833	0.183	0.0014	719.817	0.183	5.464	
19	Mar-10	1	0.042	0.875	37.050	0.0015	682.950	37.050	0.027	
20	May-10	1	0.042	0.917	3.800	0.0014	716.200	3.800	0.263	
21	Apr-12	1	0.042	0.958	1.000	0.0014	719.000	1.000	1.000	
22	Jun-12	1	0.042	1.000	0.183	0.0014	719.817	0.183	5.464	
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>24</b>				<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0015</b>	<b>681.924</b>	<b>5.348</b>	<b>1.445</b>

Tabla 53. Parámetros de Confiabilidad U<sub>6mo</sub>.



**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{7mo}$  DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Feb-00	1	0.024	0.024	9.616	0.0014	710.384	9.616	0.104
2	May-00	3	0.073	0.098	25.630	0.0043	231.457	8.543	0.117
3	Jun-00	1	0.024	0.122	0.130	0.0014	719.870	0.130	7.692
4	Jul-00	1	0.024	0.146	2.067	0.0014	717.933	2.067	0.484
5	Aug-00	2	0.049	0.195	2.633	0.0028	358.684	1.317	0.760
6	Jan-01	1	0.024	0.220	0.183	0.0014	719.817	0.183	5.464
7	Aug-01	1	0.024	0.244	1.933	0.0014	718.067	1.933	0.517
8	Sep-01	1	0.024	0.268	2.417	0.0014	717.583	2.417	0.414
9	Dec-01	1	0.024	0.293	1.133	0.0014	718.867	1.133	0.883
10	Jan-02	1	0.024	0.317	1.550	0.0014	718.450	1.550	0.645
11	Oct-02	1	0.024	0.341	0.870	0.0014	719.130	0.870	1.149
12	Mar-03	1	0.024	0.366	0.550	0.0014	719.450	0.550	1.818
13	Dec-04	1	0.024	0.390	0.317	0.0014	719.683	0.317	3.155
14	Nov-05	1	0.024	0.415	1.000	0.0014	719.000	1.000	1.000
15	Nov-06	1	0.024	0.439	4.933	0.0014	715.067	4.933	0.203
16	Jan-07	2	0.049	0.488	0.850	0.0028	359.575	0.425	2.353
17	Apr-07	1	0.024	0.512	2.433	0.0014	717.567	2.433	0.411
18	Oct-07	1	0.024	0.537	0.667	0.0014	719.333	0.667	1.499
19	Mar-08	1	0.024	0.561	2.617	0.0014	717.383	2.617	0.382
20	Jul-08	1	0.024	0.585	2.000	0.0014	718.000	2.000	0.500
21	Aug-08	1	0.024	0.610	4.917	0.0014	715.083	4.917	0.203
22	Dec-08	1	0.024	0.634	5.270	0.0014	714.730	5.270	0.190
23	Jan-09	1	0.024	0.659	51.883	0.0015	668.117	51.883	0.019
24	Apr-09	2	0.049	0.707	10.117	0.0028	354.942	5.059	0.198
25	Jul-09	1	0.024	0.732	8.783	0.0014	711.217	8.783	0.114
26	Dec-09	2	0.049	0.780	23.317	0.0029	348.342	11.659	0.086
27	Jan-10	1	0.024	0.805	2.400	0.0014	717.600	2.400	0.417
28	Feb-10	2	0.049	0.854	13.750	0.0028	353.125	6.875	0.145
29	Apr-10	1	0.024	0.878	5.383	0.0014	714.617	5.383	0.186
30	Aug-10	1	0.024	0.902	41.133	0.0015	678.867	41.133	0.024
31	Feb-11	1	0.024	0.927	194.083	0.0019	525.917	194.083	0.005
32	Jul-12	2	0.049	0.976	28.017	0.0029	345.992	14.009	0.071
33	Oct-12	1	0.024	1.000	47.750	0.0015	672.250	47.750	0.021
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>41</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0018</b>	<b>626.548</b>	<b>13.452</b>	<b>0.946</b>

Tabla 54. Parámetros de Confiabilidad  $U_{7mo}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{8mo}$  DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Mar-00	1	0.029	0.029	1.100	0.0014	718.900	1.100	0.909
2	Jun-00	1	0.029	0.057	2.717	0.0014	717.283	2.717	0.368
3	Jul-00	3	0.086	0.143	13.150	0.0042	235.617	4.383	0.228
4	Aug-00	1	0.029	0.171	1.567	0.0014	718.433	1.567	0.638
5	Sep-00	1	0.029	0.200	0.250	0.0014	719.750	0.250	4.000
6	Oct-00	1	0.029	0.229	2.567	0.0014	717.433	2.567	0.390
7	Jan-01	1	0.029	0.257	1.300	0.0014	718.700	1.300	0.769
8	Feb-01	1	0.029	0.286	3.000	0.0014	717.000	3.000	0.333
9	Jun-01	1	0.029	0.314	58.000	0.0015	662.000	58.000	0.017
10	Aug-01	1	0.029	0.343	0.467	0.0014	719.533	0.467	2.141
11	Feb-02	1	0.029	0.371	4.967	0.0014	715.033	4.967	0.201
12	Apr-02	1	0.029	0.400	0.450	0.0014	719.550	0.450	2.222
13	Jun-02	1	0.029	0.429	0.150	0.0014	719.850	0.150	6.667
14	Oct-02	1	0.029	0.457	31.520	0.0015	688.480	31.520	0.032
15	Mar-03	1	0.029	0.486	2.383	0.0014	717.617	2.383	0.420
16	Jul-03	1	0.029	0.514	0.750	0.0014	719.250	0.750	1.333
17	Jan-04	1	0.029	0.543	0.500	0.0014	719.500	0.500	2.000
18	Dec-04	1	0.029	0.571	11.933	0.0014	708.067	11.933	0.084
19	Oct-05	1	0.029	0.600	3.083	0.0014	716.917	3.083	0.324
20	Dec-05	1	0.029	0.629	6.583	0.0014	713.417	6.583	0.152
21	Jan-06	1	0.029	0.657	3.917	0.0014	716.083	3.917	0.255
22	Jan-07	2	0.057	0.714	0.583	0.0028	359.709	0.292	3.431
23	Dec-07	1	0.029	0.743	0.700	0.0014	719.300	0.700	1.429
24	Feb-08	1	0.029	0.771	0.433	0.0014	719.567	0.433	2.309
25	Sep-08	1	0.029	0.800	2.200	0.0014	717.800	2.200	0.455
26	Jan-09	1	0.029	0.829	1.450	0.0014	718.550	1.450	0.690
27	Jul-09	1	0.029	0.857	10.033	0.0014	709.967	10.033	0.100
28	Mar-10	1	0.029	0.886	2.867	0.0014	717.133	2.867	0.349
29	Jun-10	1	0.029	0.914	0.483	0.0014	719.517	0.483	2.070
30	Feb-11	1	0.029	0.943	2.567	0.0014	717.433	2.567	0.390
31	Jun-11	1	0.029	0.971	0.067	0.0014	719.933	0.067	14.925
32	Sep-11	1	0.029	1.000	0.383	0.0014	719.617	0.383	2.611
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>35</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0015</b>	<b>688.654</b>	<b>5.096</b>	<b>1.633</b>

Tabla 55. Parámetros de Confiabilidad  $U_{8mo}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA  $U_{9mo}$  DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$
1	Mar-00	1	0.031	0.031	1.700	0.0014	718.300	1.700	0.588
2	Jun-01	1	0.031	0.063	1.750	0.0014	718.250	1.750	0.571
3	Jul-01	2	0.063	0.125	4.517	0.0028	357.742	2.259	0.443
4	Sep-01	1	0.031	0.156	0.400	0.0014	719.600	0.400	2.500
5	Aug-02	1	0.031	0.188	2.633	0.0014	717.367	2.633	0.380
6	Sep-02	2	0.063	0.250	4.467	0.0028	357.767	2.234	0.448
7	Feb-03	1	0.031	0.281	10.667	0.0014	709.333	10.667	0.094
8	Aug-03	2	0.063	0.344	5.983	0.0028	357.009	2.992	0.334
9	Dec-03	1	0.031	0.375	10.550	0.0014	709.450	10.550	0.095
10	Jan-04	1	0.031	0.406	15.833	0.0014	704.167	15.833	0.063
11	Mar-04	1	0.031	0.438	6.233	0.0014	713.767	6.233	0.160
12	Jul-04	1	0.031	0.469	10.717	0.0014	709.283	10.717	0.093
13	Aug-04	1	0.031	0.500	0.317	0.0014	719.683	0.317	3.155
14	Sep-04	2	0.063	0.563	13.883	0.0028	353.059	6.942	0.144
15	Nov-04	2	0.063	0.625	5.850	0.0028	357.075	2.925	0.342
16	Jul-05	1	0.031	0.656	3.150	0.0014	716.850	3.150	0.317
17	Apr-06	2	0.063	0.719	6.200	0.0028	356.900	3.100	0.323
18	Aug-06	1	0.031	0.750	4.433	0.0014	715.567	4.433	0.226
19	Apr-07	1	0.031	0.781	0.200	0.0014	719.800	0.200	5.000
20	Aug-07	1	0.031	0.813	19.000	0.0014	701.000	19.000	0.053
21	Sep-09	1	0.031	0.844	2.067	0.0014	717.933	2.067	0.484
22	Aug-10	1	0.031	0.875	0.017	0.0014	719.983	0.017	58.824
23	Mar-11	1	0.031	0.906	3.683	0.0014	716.317	3.683	0.272
24	Jun-11	1	0.031	0.938	1.950	0.0014	718.050	1.950	0.513
25	Apr-12	2	0.063	1.000	10.900	0.0028	354.550	5.450	0.183
<b>TOT. FALLAS</b>		<b>32</b>			<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0018</b>	<b>614.352</b>	<b>4.848</b>	<b>3.024</b>

Tabla 56. Parámetros de Confiabilidad  $U_{9mo}$ .

**$\lambda$ , MTTF, MTTR,  $\mu$  DE LA U<sub>10mo</sub> DE LA CENTRAL MOLINO**

n	PERIODO	FREC. ABSOLUTA	FREC. RELATIVA	FREC. ACUMULADA	Indisponibilidad [h]	$\lambda$ (fallas/mes)	MTTF	MTTR	$\mu$	
1	Jul-00	1	0.040	0.040	2.083	0.0014	717.917	2.083	0.480	
2	Nov-00	1	0.040	0.080	1.533	0.0014	718.467	1.533	0.652	
3	Apr-02	1	0.040	0.120	3.500	0.0014	716.500	3.500	0.286	
4	Jun-02	1	0.040	0.160	1.817	0.0014	718.183	1.817	0.550	
5	Apr-04	1	0.040	0.200	0.450	0.0014	719.550	0.450	2.222	
6	Aug-04	1	0.040	0.240	0.850	0.0014	719.150	0.850	1.176	
7	Oct-04	1	0.040	0.280	2.300	0.0014	717.700	2.300	0.435	
8	Jun-05	1	0.040	0.320	5.283	0.0014	714.717	5.283	0.189	
9	Jul-05	2	0.080	0.400	3.717	0.0028	358.142	1.859	0.538	
10	Nov-05	1	0.040	0.440	2.667	0.0014	717.333	2.667	0.375	
11	Jan-06	3	0.120	0.560	5.183	0.0042	238.272	1.728	0.579	
12	May-06	1	0.040	0.600	0.383	0.0014	719.617	0.383	2.611	
13	Sep-06	1	0.040	0.640	2.833	0.0014	717.167	2.833	0.353	
14	Nov-06	3	0.120	0.760	13.850	0.0042	235.383	4.617	0.217	
15	May-07	1	0.040	0.800	0.067	0.0014	719.933	0.067	14.925	
16	Aug-08	1	0.040	0.840	0.217	0.0014	719.783	0.217	4.608	
17	Mar-09	1	0.040	0.880	3.150	0.0014	716.850	3.150	0.317	
18	Dec-10	3	0.120	1.000	5.066	0.0042	238.311	1.689	0.592	
<b>TOT. FALLAS</b>		25				<b>PROMEDIOS</b>	<b>0.0019</b>	<b>617.943</b>	<b>2.057</b>	<b>1.728</b>

Tabla 57. Parámetros de Confiabilidad U<sub>10mo</sub>.

### ANEXO D ANÁLISIS DE FALLAS DE LA CENTRAL MAZAR

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Jan-11	8	4.767	0.161	3	2	2.183
2	Feb-11	2					
3	Mar-11	6					
4	Apr-11	2					
5	May-11	1					
6	Jun-11	4					
7	Jul-11	3					
8	Aug-11	4					
9	Sep-11	3					
10	Oct-11	1					
11	Nov-11	2					
12	Dec-11	2					
13	Jan-12	2					
14	Feb-12	5					
15	Mar-12	4					
16	Apr-12	1					
17	May-12	1					
18	Jun-12	5					
19	Jul-12	6					
20	Aug-12	6					
21	Sep-12	3					
22	Oct-12	7					
23	Nov-12	7					
<b>23</b>		<b>85</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
1.6000	4	17.39%
3.2000	8	52.17%
4.8000	3	65.22%
6.4000	5	86.96%
8.0000	3	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
11.66%	0.057314111	0.057314111
49.51%	0.026678035	0.026678035
68.81%	-0.035884722	0.035884722
91.86%	-0.049008121	0.049008121
98.64%	0.013609407	0.013609407

lambda (λ)= 3.696

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.28358	>	0.05731

Tabla 58. Análisis de Fallas de la U<sub>1ma</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Jan-11	3	5.632	0.201	2	2	2.373
2	Feb-11	2					
3	Mar-11	2					
4	Jun-11	2					
5	Aug-11	2					
6	Sep-11	1					
7	Dec-11	2					
8	Jan-12	1					
9	Feb-12	2					
10	Mar-12	4					
11	May-12	1					
12	Jun-12	5					
13	Jul-12	9					
14	Aug-12	6					
15	Sep-12	3					
16	Oct-12	6					
17	Nov-12	7					
<b>17</b>		<b>58</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
2.2500	9	52.94%
4.5000	3	70.59%
6.7500	3	88.24%
9.0000	2	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
33.75%	0.1919	0.1919
74.20%	-0.0361	0.0361
94.13%	-0.0589	0.0589
99.72%	0.0028	0.0028

lambda ( $\lambda$ )= 3.412

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.32985	>	0.19194

Tabla 59. Análisis de Fallas de la U<sub>2ma</sub>.

**ANEXO E**  
**TABLA DE KOLMOGOROV SMIRNOV**

SAMPLE SIZE (N)	LEVEL OF SIGNIFICANCE FOR D = MAXIMUM [ F <sub>0</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X) ]				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.210	.220	.240	.270	.320
30	.190	.200	.220	.240	.290
35	.180	.190	.210	.230	.270
OVER 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

**Tabla 60. Test de Kolmogorov Smirnov sobre Bondad de Ajuste**

**ANEXO F**

**ANÁLISIS DE TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD DE LA CENTRAL MAZAR**

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Jan-11	28.598	27.13813043	1413.308437	1.179918715	19	37.594
2	Feb-11	12.833					
3	Mar-11	37.666					
4	Apr-11	6.083					
5	May-11	0.483					
6	Jun-11	18.683					
7	Jul-11	8.916					
8	Aug-11	27.599					
9	Sep-11	29.099					
10	Oct-11	10.300					
11	Nov-11	21.250					
12	Dec-11	2.130					
13	Jan-12	3.617					
14	Feb-12	13.633					
15	Mar-12	42.117					
16	Apr-12	3.667					
17	May-12	1.483					
18	Jun-12	9.221					
19	Jul-12	46.251					
20	Aug-12	58.449					
21	Sep-12	27.499					
22	Oct-12	183.400					
23	Nov-12	31.200					
<b>23</b>		<b>624.177</b>					

**Tabla 61. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>1ma</sub>.**



### ANÁLISIS DE LA U2ma DE LA CENTRAL MAZAR

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Jan-11	9.62	28.72	1015.053932	1.689418685	11	31.860
2	Feb-11	3.78					
3	Mar-11	10.87					
4	Jun-11	4.83					
5	Aug-11	17.68					
6	Sep-11	1.68					
7	Dec-11	94.62					
8	Jan-12	9.92					
9	Feb-12	10.75					
10	Mar-12	41.28					
11	May-12	1.48					
12	Jun-12	7.45					
13	Jul-12	41.91					
14	Aug-12	58.35					
15	Sep-12	27.50					
16	Oct-12	105.82					
17	Nov-12	40.70					
<b>17</b>		<b>488.242</b>					

Tabla 62. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>2ma</sub>.

## ANEXO G ANÁLISIS DE FALLAS DE LA CENTRAL MOLINO

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1					
2	May-00	1					
3	Oct-00	1					
4	Mar-01	1					
5	Apr-01	1					
6	May-01	1					
7	Jun-01	1					
8	Nov-01	1					
9	Jun-02	1					
10	Jul-02	2					
11	Nov-02	1					
12	Mar-03	1					
13	Sep-03	1					
14	Jun-04	1					
15	Jan-05	1					
16	Feb-05	1					
17	Jun-05	1					
18	Sep-05	1					
19	Aug-06	1					
20	Sep-06	1					
21	Nov-06	1					
22	Dec-06	1					
23	Sep-07	1					
24	Dec-07	1					
25	Jan-08	1					
26	Aug-08	1					
27	Sep-08	1					
28	Aug-09	1					
29	Sep-09	2					
30	Oct-09	2					
31	Nov-09	1					
32	May-10	1					
33	Jul-10	1					
34	Dec-10	2					
35	Feb-11	1					
36	Apr-11	1					
37	Sep-11	1					
38	Mar-12	1					
<b>38</b>		<b>42</b>	<b>0.097</b>	<b>0.029</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.311</b>

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.3333	0	0.00%
0.6667	0	0.00%
1.0000	34	89.47%
1.3333	0	89.47%
1.6667	0	89.47%
2.0100	4	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f.teórico	f.experimetal-f.teórico	f.absoluto
33.11%	-0.331123733	0.331123733
33.11%	-0.331123733	0.331123733
69.71%	0.197634246	0.197634246
69.71%	0.197634246	0.197634246
69.71%	0.197634246	0.197634246
89.94%	0.100645928	0.100645928

lambda (λ)=	1.105
-------------	-------

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2206	<	0.3311

Tabla 63. Análisis de Fallas de la U<sub>1mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	1	0.475	0.052	1	1	0.689
2	May-00	3					
3	Jul-00	1					
4	Aug-00	3					
5	Jul-02	2					
6	Sep-02	1					
7	Mar-03	1					
8	Apr-03	1					
9	Jun-03	1					
10	Sep-03	1					
11	Oct-03	1					
12	Nov-03	1					
13	Feb-05	1					
14	Apr-06	2					
15	May-06	1					
16	Dec-06	3					
17	Mar-07	1					
18	Jul-07	1					
19	Jan-08	1					
20	Mar-08	1					
21	Jun-08	1					
22	Jul-08	1					
23	Sep-09	1					
24	Sep-11	1					
25	Aug-12	2					
26	Nov-12	1					
<b>26</b>		<b>35</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.600	0.000	0.000
1.200	20.000	0.769
1.800	0.000	0.769
2.400	3.000	0.885
3.000	3.000	1.000
y mayor...	0.000	1.000

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
26%	-0.260	0.260
61%	0.159	0.159
61%	0.159	0.159
85%	0.038	0.038
95%	0.048	0.048

lambda ( $\lambda$ )=	1.346
-----------------------	-------

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2667	>	0.2602

Tabla 64. Análisis de Fallas de la U<sub>2</sub>mo.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	1	0.249	0.043	1.000	1.000	0.499
2	May-00	2					
3	Aug-00	2					
4	Jan-01	1					
5	Feb-01	1					
6	Apr-02	1					
7	Aug-02	1					
8	Jan-03	1					
9	Aug-03	1					
10	Oct-03	3					
11	Nov-03	1					
12	Apr-04	1					
13	Oct-04	1					
14	Jan-05	1					
15	Apr-05	1					
16	Aug-05	1					
17	Sep-05	1					
18	Dec-05	1					
19	Jun-06	1					
20	Feb-07	1					
21	Jun-07	1					
22	Sep-07	1					
23	Jan-08	2					
24	Jul-09	2					
25	Dec-09	1					
26	Jan-10	1					
27	Sep-11	1					
28	Dec-11	1					
<b>28</b>		<b>34</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.6000	0	0.00%
1.2000	23	82.14%
1.8000	0	82.14%
2.4000	4	96.43%
3.0000	1	100.00%
y mayor...	0	100.00%

lambda ( $\lambda$ )=	1.214
-----------------------	-------

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
29.69%	-0.297	0.297
65.75%	0.164	0.164
65.75%	0.164	0.164
87.64%	0.088	0.088
96.50%	0.035	0.035

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2570	<	0.2969

Tabla 65. Análisis de Fallas de la U<sub>3mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	2	0.189	0.038	1.000	1.000	0.435
2	Sep-00	1					
3	Nov-00	2					
4	Jun-01	1					
5	Jan-03	1					
6	Apr-04	2					
7	May-04	2					
8	Feb-05	1					
9	Jul-05	1					
10	Aug-05	1					
11	Sep-05	1					
12	Sep-06	1					
13	Jul-07	1					
14	Jan-08	1					
15	Jun-08	1					
16	Aug-08	1					
17	Dec-08	1					
18	Oct-09	1					
19	Nov-09	1					
20	Jan-10	1					
21	Apr-10	2					
22	Oct-10	2					
23	Dec-10	1					
24	Mar-11	2					
25	Apr-11	1					
26	May-11	1					
27	Aug-11	1					
28	Sep-11	2					
29	Nov-11	1					
30	Feb-12	1					
31	May-12	1					
32	Jun-12	1					
33	Aug-12	1					
<b>33</b>		<b>41</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.3333	0	0.00%
0.6667	0	0.00%
1.0000	25	75.76%
1.3333	0	75.76%
1.6667	0	75.76%
2.0100	8	100.00%
y mayor...	0	100.00%

lambda ( $\lambda$ )=	1.242
-----------------------	-------

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
28.87%	-0.28868353	0.28868353
28.87%	-0.28868353	0.28868353
64.74%	0.110224811	0.110224811
64.74%	0.110224811	0.110224811
64.74%	0.110224811	0.110224811
87.02%	0.129840507	0.129840507

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2367	<	0.2887

Tabla 66. Análisis de Fallas de la U<sub>4mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1	0.200604839	0.036132813	1.000	1.000	0.448
2	Nov-00	1					
3	Dec-00	1					
4	Jan-01	1					
5	Mar-01	1					
6	Dec-01	1					
7	Apr-02	1					
8	May-02	1					
9	Feb-03	1					
10	Mar-03	1					
11	Jul-03	1					
12	Apr-04	2					
13	Jul-04	1					
14	Oct-04	2					
15	Jul-05	1					
16	Sep-05	1					
17	Jan-06	1					
18	May-06	1					
19	Aug-06	1					
20	Sep-06	1					
21	Jul-07	1					
22	Jan-08	1					
23	Feb-08	1					
24	Mar-08	1					
25	Jun-08	1					
26	Apr-09	2					
27	Aug-09	3					
28	Sep-09	1					
29	Feb-10	1					
30	Jun-10	1					
31	Aug-11	1					
32	Mar-12	1					
<b>32</b>		<b>37</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.5000	0.0000	0.0000
1.0000	28.0000	0.8750
1.5000	0.0000	0.8750
2.0000	3.0000	0.9688
2.5000	0.0000	0.9688
3.0000	1.0000	1.0000
y mayor...	0.0000	1.0000

lambda ( $\lambda$ )=	1.156
-----------------------	-------

f. teórico	f. experimental-f. teórico	f. absoluto
31.47%	-0.314663961	0.314663961
67.85%	0.196505834	0.196505834
67.85%	0.196505834	0.196505834
88.88%	0.079916497	0.079916497
88.88%	0.079916497	0.079916497
96.99%	0.030098211	0.030098211

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2404	<	0.3147

Tabla 67. Análisis de Fallas de la U<sub>5mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Nov-01	1	0.086580087	0.049586777	1.000	1.000	0.294
2	Dec-01	1					
3	Jun-02	2					
4	Nov-02	1					
5	Jan-03	1					
6	Dec-03	1					
7	Jan-04	1					
8	Apr-04	1					
9	Feb-05	1					
10	Nov-05	1					
11	Jan-06	1					
12	Feb-06	1					
13	Mar-06	1					
14	May-06	2					
15	Sep-06	1					
16	Oct-06	1					
17	Jan-07	1					
18	Feb-08	1					
19	Mar-10	1					
20	May-10	1					
21	Apr-12	1					
22	Jun-12	1					
<b>22</b>		<b>24</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.4264	0	0.00%
0.8528	0	0.00%
1.2792	20	90.91%
1.7056	0	90.91%
2.1320	2	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f. teórico	f. experimental-f. teórico	f. absoluto
33.59%	-0.335910981	0.335910981
33.59%	-0.335910981	0.335910981
70.24%	0.206731585	0.206731585
70.24%	0.206731585	0.206731585
90.22%	0.097759761	0.097759761

lambda ( $\lambda$ )=	1.091
-----------------------	-------

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2900	<	0.3359

Tabla 68. Análisis de Fallas de la U<sub>6mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Feb-00	1	0.251893939	0.037649219	1.000	1.000	0.502
2	May-00	3					
3	Jun-00	1					
4	Jul-00	1					
5	Aug-00	2					
6	Jan-01	1					
7	Aug-01	1					
8	Sep-01	1					
9	Dec-01	1					
10	Jan-02	1					
11	Oct-02	1					
12	Mar-03	1					
13	Dec-04	1					
14	Nov-05	1					
15	Nov-06	1					
16	Jan-07	2					
17	Apr-07	1					
18	Oct-07	1					
19	Mar-08	1					
20	Jul-08	1					
21	Aug-08	1					
22	Dec-08	1					
23	Jan-09	1					
24	Apr-09	2					
25	Jul-09	1					
26	Dec-09	2					
27	Jan-10	1					
28	Feb-10	2					
29	Apr-10	1					
30	Aug-10	1					
31	Feb-11	1					
32	Jul-12	2					
33	Oct-12	1					
<b>33</b>		<b>41</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.5222	0	0.00%
1.0445	26	78.79%
1.5667	0	78.79%
2.0889	6	96.97%
2.6112	0	96.97%
3.1334	1	100.00%
y mayor...	0	100.00%

lambda ( $\lambda$ )=	1.242
-----------------------	-------

f.teórico	f.experimetal-f.teórico	f.absoluto
28.87%	-0.28868353	0.28868353
64.74%	0.140527842	0.140527842
64.74%	0.140527842	0.140527842
87.02%	0.099537477	0.099537477
87.02%	0.099537477	0.099537477
96.24%	0.037566261	0.037566261

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2367	<	0.2887

Tabla 69. Análisis de Fallas de la U<sub>7mo</sub>.



n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1	0.152217742	0.034179688	1.000	1.000	0.390
2	Jun-00	1					
3	Jul-00	3					
4	Aug-00	1					
5	Sep-00	1					
6	Oct-00	1					
7	Jan-01	1					
8	Feb-01	1					
9	Jun-01	1					
10	Aug-01	1					
11	Feb-02	1					
12	Apr-02	1					
13	Jun-02	1					
14	Oct-02	1					
15	Mar-03	1					
16	Jul-03	1					
17	Jan-04	1					
18	Dec-04	1					
19	Oct-05	1					
20	Dec-05	1					
21	Jan-06	1					
22	Jan-07	2					
23	Dec-07	1					
24	Feb-08	1					
25	Sep-08	1					
26	Jan-09	1					
27	Jul-09	1					
28	Mar-10	1					
29	Jun-10	1					
30	Feb-11	1					
31	Jun-11	1					
32	Sep-11	1					
<b>32</b>		<b>35</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.5303	0	0.00%
1.0607	30	93.75%
1.5910	0	93.75%
2.1213	1	96.88%
2.6517	0	96.88%
3.1820	1	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
33.50%	-0.334958043	0.334958043
70.13%	0.236181598	0.236181598
70.13%	0.236181598	0.236181598
90.17%	0.067078276	0.067078276
90.17%	0.067078276	0.067078276
97.47%	0.025282794	0.025282794

lambda ( $\lambda$ )=	1.094
-----------------------	-------

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2404	<	0.3350

Tabla 70. Análisis de Fallas de la U<sub>8mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1					
2	Jun-01	1					
3	Jul-01	2					
4	Sep-01	1					
5	Aug-02	1					
6	Sep-02	2					
7	Feb-03	1					
8	Aug-03	2					
9	Dec-03	1					
10	Jan-04	1					
11	Mar-04	1					
12	Jul-04	1					
13	Aug-04	1	0.21	0.0512	1.000	1.000	0.458
14	Sep-04	2					
15	Nov-04	2					
16	Jul-05	1					
17	Apr-06	2					
18	Aug-06	1					
19	Apr-07	1					
20	Aug-07	1					
21	Sep-09	1					
22	Aug-10	1					
23	Mar-11	1					
24	Jun-11	1					
25	Apr-12	2					
<b>25</b>		<b>32</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.4000	0	0.00%
0.8000	0	0.00%
1.2000	18	72.00%
1.6000	0	72.00%
2.0000	7	100.00%
y mayor...	0	100.00%

lambda ( $\lambda$ )=	1.280
-----------------------	-------

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
27.80%	-0.2780373	0.2780373
27.80%	-0.2780373	0.2780373
63.39%	0.086074955	0.086074955
63.39%	0.086074955	0.086074955
86.17%	0.138306798	0.138306798

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.2720	<	0.2780

Tabla 71. Análisis de Fallas de la U<sub>9mo</sub>.

n	PERIODO	FALLAS	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	MODA	DES. ESTANDAR
1	Jul-00	1	0.604575163	0.077160494	1.000	1.000	0.778
2	Nov-00	1					
3	Apr-02	1					
4	Jun-02	1					
5	Apr-04	1					
6	Aug-04	1					
7	Oct-04	1					
8	Jun-05	1					
9	Jul-05	2					
10	Nov-05	1					
11	Jan-06	3					
12	May-06	1					
13	Sep-06	1					
14	Nov-06	3					
15	May-07	1					
16	Aug-08	1					
17	Mar-09	1					
18	Dec-10	3					
<b>18</b>		<b>25</b>					

Clase	Frecuencia	f. experimental
0.7071	0	0.00%
1.4142	14	77.78%
2.1213	1	83.33%
2.8284	0	83.33%
3.5355	3	100.00%
y mayor...	0	100.00%

f.teórico	f.experimental-f.teórico	f.absoluto
24.94%	-0.249352209	0.249352209
59.57%	0.182103057	0.182103057
83.62%	-0.002843132	0.002843132
83.62%	-0.002843132	0.002843132
94.75%	0.052480134	0.052480134

lambda (λ)=	1.389
-------------	-------

Dmax	KOLGOMOROV	Dif Max
0.3206	>	0.2494

Tabla 72. Análisis de Fallas de la U<sub>10mo</sub>.

## ANEXO H

### ANÁLISIS DE TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD DE LA CENTRAL MOLINO

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	5.180					
2	May-00	5.230					
3	Oct-00	9.500					
4	Mar-01	0.867					
5	Apr-01	17.250					
6	May-01	3.500					
7	Jun-01	1.750					
8	Nov-01	16.833					
9	Jun-02	0.633					
10	Jul-02	4.083					
11	Nov-02	5.350					
12	Mar-03	0.550					
13	Sep-03	0.833					
14	Jun-04	0.200					
15	Jan-05	4.667					
16	Feb-05	2.083					
17	Jun-05	4.233					
18	Sep-05	1.400					
19	Aug-06	2.717					
20	Sep-06	0.400					
21	Nov-06	0.550					
22	Dec-06	1.067					
23	Sep-07	10.717					
24	Dec-07	1.700					
25	Jan-08	6.767					
26	Aug-08	7.650					
27	Sep-08	40.233					
28	Aug-09	8.567					
29	Sep-09	0.967					
30	Oct-09	3.517					
31	Nov-09	0.117					
32	May-10	3.533					
33	Jul-10	0.017					
34	Dec-10	318.033					
35	Feb-11	0.467					
36	Apr-11	4.433					
37	Sep-11	4.417					
38	Mar-12	0.900					
<b>38</b>		<b>500.911</b>	<b>13.182</b>	<b>2631.494764</b>	<b>0.346891274</b>	<b>3.509</b>	<b>51.29809708</b>

**Tabla 73. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>1mo</sub>.**

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	0.600	6.289	69.40630443	0.241889053	4.250	8.331044618
2	May-00	15.817					
3	Jul-00	8.250					
4	Aug-00	38.166					
5	Jul-02	23.483					
6	Sep-02	9.100					
7	Mar-03	0.100					
8	Apr-03	6.933					
9	Jun-03	5.250					
10	Sep-03	3.433					
11	Oct-03	0.117					
12	Nov-03	2.650					
13	Feb-05	1.250					
14	Apr-06	4.317					
15	May-06	0.317					
16	Dec-06	4.183					
17	Mar-07	3.000					
18	Jul-07	0.550					
19	Jan-08	6.767					
20	Mar-08	4.583					
21	Jun-08	6.983					
22	Jul-08	7.150					
23	Sep-09	1.417					
24	Sep-11	6.167					
25	Aug-12	2.317					
26	Nov-12	0.617					
<b>26</b>		<b>163.517</b>					

Tabla 74. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>2mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	5.113	6.833	105.1600635	0.244043367	4.850	10.25475809
2	May-00	5.633					
3	Aug-00	15.4					
4	Jan-01	9.5					
5	Feb-01	8					
6	Apr-02	1.767					
7	Aug-02	3					
8	Jan-03	11					
9	Aug-03	2.55					
10	Oct-03	5.517					
11	Nov-03	4.85					
12	Apr-04	5.1					
13	Oct-04	0.717					
14	Jan-05	0.667					
15	Apr-05	2.183					
16	Aug-05	10.767					
17	Sep-05	1.400					
18	Dec-05	4.850					
19	Jun-06	0.317					
20	Feb-07	8.95					
21	Jun-07	1.25					
22	Sep-07	0.583					
23	Jan-08	10.883					
24	Jul-09	7.033					
25	Dec-09	4.733					
26	Jan-10	55.133					
27	Sep-11	4.317					
28	Dec-11	0.117					
<b>28</b>		<b>191.33</b>					

Tabla 75. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>3mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Apr-00	4.013					
2	Sep-00	0.617					
3	Nov-00	4.8					
4	Jun-01	4					
5	Jan-03	4.833					
6	Apr-04	0.55					
7	May-04	2.4					
8	Feb-05	4.15					
9	Jul-05	4.45					
10	Aug-05	4.050					
11	Sep-05	1.400					
12	Sep-06	0.983					
13	Jul-07	1.25					
14	Jan-08	61.69					
15	Jun-08	6.633					
16	Aug-08	1.767					
17	Dec-08	2.117	6.813	175.1201112	0.206442608	4.000	13.23329556
18	Oct-09	52.75					
19	Nov-09	6.75					
20	Jan-10	5.233					
21	Apr-10	5.583					
22	Oct-10	2.117					
23	Dec-10	5.2					
24	Mar-11	2.933					
25	Apr-11	8.617					
26	May-11	6.983					
27	Aug-11	0.533					
28	Sep-11	7.167					
29	Nov-11	3.5					
30	Feb-12	3.417					
31	May-12	2.85					
32	Jun-12	1.33					
33	Aug-12	0.15					
<b>33</b>		<b>224.816</b>					

Tabla 76. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>4mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	32.117					
2	Nov-00	3.25					
3	Dec-00	4					
4	Jan-01	2.5					
5	Mar-01	3					
6	Dec-01	14.5					
7	Apr-02	0.183					
8	May-02	1.833					
9	Feb-03	22.967					
10	Mar-03	0.550					
11	Jul-03	1.233					
12	Apr-04	3.116					
13	Jul-04	28.3					
14	Oct-04	4.75					
15	Jul-05	0.383					
16	Sep-05	1.400					
17	Jan-06	0.117	6.843	88.89058522	0.213829102	2.617	9.428180377
18	May-06	5.467					
19	Aug-06	1.567					
20	Sep-06	0.317					
21	Jul-07	1.25					
22	Jan-08	0.833					
23	Feb-08	19.667					
24	Mar-08	17.883					
25	Jun-08	7.7					
26	Apr-09	27.383					
27	Aug-09	2.433					
28	Sep-09	6.113					
29	Feb-10	2.733					
30	Jun-10	0.183					
31	Aug-11	1.033					
32	Mar-12	0.2					
<b>32</b>		<b>218.961</b>					

Tabla 77. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>5mo</sub>.



n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Nov-01	2.85	5.492	89.16962352	0.249646694	2.6	9.442966881
2	Dec-01	1.43					
3	Jun-02	3.4					
4	Nov-02	0.950					
5	Jan-03	1.6					
6	Dec-03	27.417					
7	Jan-04	17					
8	Apr-04	0.45					
9	Feb-05	2.933					
10	Nov-05	1.883					
11	Jan-06	5.317					
12	Feb-06	2.85					
13	Mar-06	2.350					
14	May-06	2.933					
15	Sep-06	4.300					
16	Oct-06	0.100					
17	Jan-07	0.85					
18	Feb-08	0.183					
19	Mar-10	37.05					
20	May-10	3.8					
21	Apr-12	1					
22	Jun-12	0.183					
<b>22</b>		<b>120.829</b>					

Tabla 78. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>6mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Feb-00	9.616	15.162	1229.637944	0.45944169	2.617	35.06619375
2	May-00	25.630					
3	Jun-00	0.13					
4	Jul-00	2.067					
5	Aug-00	2.633					
6	Jan-01	0.183					
7	Aug-01	1.933					
8	Sep-01	2.417					
9	Dec-01	1.133					
10	Jan-02	1.55					
11	Oct-02	0.87					
12	Mar-03	0.550					
13	Dec-04	0.317					
14	Nov-05	1					
15	Nov-06	4.933					
16	Jan-07	0.85					
17	Apr-07	2.433					
18	Oct-07	0.667					
19	Mar-08	2.617					
20	Jul-08	2					
21	Aug-08	4.917					
22	Dec-08	5.27					
23	Jan-09	51.883					
24	Apr-09	10.117					
25	Jul-09	8.783					
26	Dec-09	23.317					
27	Jan-10	2.4					
28	Feb-10	13.75					
29	Apr-10	5.383					
30	Aug-10	41.133					
31	Feb-11	194.083					
32	Jul-12	28.017					
33	Oct-12	47.75					
<b>33</b>		<b>500.332</b>					

Tabla 79. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>7mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1.100	5.379	129.0010372	0.168085938	1.884	11.35786235
2	Jun-00	2.717					
3	Jul-00	13.15					
4	Aug-00	1.567					
5	Sep-00	0.25					
6	Oct-00	2.567					
7	Jan-01	1.3					
8	Feb-01	3					
9	Jun-01	58					
10	Aug-01	0.467					
11	Feb-02	4.967					
12	Apr-02	0.45					
13	Jun-02	0.15					
14	Oct-02	31.52					
15	Mar-03	2.383					
16	Jul-03	0.75					
17	Jan-04	0.5					
18	Dec-04	11.933					
19	Oct-05	3.083					
20	Dec-05	6.583					
21	Jan-06	3.917					
22	Jan-07	0.583					
23	Dec-07	0.700					
24	Feb-08	0.433					
25	Sep-08	2.200					
26	Jan-09	1.450					
27	Jul-09	10.033					
28	Mar-10	2.867					
29	Jun-10	0.483					
30	Feb-11	2.567					
31	Jun-11	0.067					
32	Sep-11	0.383					
<b>32</b>		<b>172.120</b>					

Tabla 80. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>8mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Mar-00	1.700	5.884	27.07093942	0.23536	4.467	5.202974093
2	Jun-01	1.75					
3	Jul-01	4.517					
4	Sep-01	0.400					
5	Aug-02	2.633					
6	Sep-02	4.467					
7	Feb-03	10.667					
8	Aug-03	5.983					
9	Dec-03	10.55					
10	Jan-04	15.833					
11	Mar-04	6.233					
12	Jul-04	10.717					
13	Aug-04	0.317					
14	Sep-04	13.883					
15	Nov-04	5.85					
16	Jul-05	3.15					
17	Apr-06	6.200					
18	Aug-06	4.433					
19	Apr-07	0.2					
20	Aug-07	19					
21	Sep-09	2.067					
22	Aug-10	0.017					
23	Mar-11	3.683					
24	Jun-11	1.950					
25	Apr-12	10.900					
<b>25</b>		<b>147.100</b>					

Tabla 81. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>9mo</sub>.

n	PERIODO	Indisponibilidad [h]	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD	MEDIANA	DES. ESTANDAR
1	Jul-00	2.083	<b>3.053</b>	<b>10.12044127</b>	<b>0.169595679</b>	<b>2.484</b>	<b>3.1812641</b>
2	Nov-00	1.533					
3	Apr-02	3.500					
4	Jun-02	1.817					
5	Apr-04	0.4500					
6	Aug-04	0.8500					
7	Oct-04	2.300					
8	Jun-05	5.283					
9	Jul-05	3.717					
10	Nov-05	2.667					
11	Jan-06	5.183					
12	May-06	0.383					
13	Sep-06	2.833					
14	Nov-06	13.850					
15	May-07	0.067					
16	Aug-08	0.217					
17	Mar-09	3.150					
18	Dec-10	5.066					
<b>18</b>		<b>54.949</b>					

Tabla 82. Análisis de Tiempos de Indisponibilidad de la U<sub>10mo</sub>.

# ANEXO I

## CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN MONTE CARLO Y PROBABILIDADES

' SIMULACIÓN MONTECARLO Y PROBABILIDADES PARA FALLAS DE LAS CENTRALES

MAZAR Y MOLINO RESPECTIVAMENTE

' CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

' INGENIERÍA ELÉCTRICA

' REALIZADO POR:

' RAFAEL RIERA R & MANUEL ESPINOZA B

' -----DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN-----

' DENOMINACIÓN DE VARIABLES

Dim lambda As Double ' variables para números aleatorios

Dim beta As Double ' variables para números aleatorios

Dim alfa As Double ' variables para números aleatorios

Dim aleatorio As Double ' variables para números aleatorios

' BOTÓN INICIO DE SIMULACIÓN

' SELECCIONA LA CENTRAL QUE SE DESEA ANALIZAR

SeleccionarCentrales.AddItem ("MAZAR")

SeleccionarCentrales.AddItem ("MOLINO")

SeleccionarCentrales.ListIndex = 0

End Sub

Private Sub INICIAR\_Click()

On Error GoTo error

If SeleccionarCentrales.ListIndex = 0 Then

If txt1.Text <> "" And txtT.Text <> "" And txtT.Text <> "-" Then

mazar SeleccionarUnidad.ListIndex 'LLAMA A MAZAR

Else

MsgBox "INGRESE EL NUMERO DE ITERACIONES Y MESES A ANALIZAR"

End If

Else

```
If txtT.Text <> "" Then
    molino      LLAMA A MOLINO
Else
    MsgBox "INGRESE EL NUMERO DE MESES A ANALIZAR"
End If
End If

error:
End Sub

' SELECCIONA LA UNIDAD QUE A SIMULAR

Private Sub SeleccionarCentrales_Change()
Select Case SeleccionarCentrales.ListIndex
Case 0:
    SeleccionarUnidad.Clear
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 1")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 2")
    SeleccionarUnidad.ListIndex = 0
Case 1:
    SeleccionarUnidad.Clear
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 1")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 2")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 3")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 4")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 5")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 6")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 7")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 8")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 9")
    SeleccionarUnidad.AddItem ("Unidad 10")
    SeleccionarUnidad.ListIndex = 0
```

```
End Select
```

```
End Sub
```

```
' LLAMA A LAS VARIABLES DE LAS UNIDADES DE MAZAR
```

```
Private Sub SeleccionarUnidad_Change()
```

```
If SeleccionarCentrales.ListIndex = 0 Then
```

```
txtI.Enabled = True
```

```
txtT.Enabled = True
```

```
TextBox5.Enabled = True
```

```
Select Case SeleccionarUnidad.ListIndex
```

```
Case 0:
```

```
lambda = 3.696
```

```
beta = 0.875
```

```
alfa = 25.201
```

```
Case 1:
```

```
lambda = 3.412
```

```
beta = 0.9051
```

```
alfa = 27.321
```

```
End Select
```

```
End If
```

```
If SeleccionarCentrales.ListIndex = 1 Then
```

```
txtI.Enabled = False
```

```
txtT.Enabled = True
```

```
txtI.Text = "-"
```

```
TextBox5.Text = "-"
```

```
TextBox5.Enabled = False
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
' LIMPIA LAS CELDAS DE LA HOJA DE SIMULACIÓN MOLINO
```

```
Public Sub molino()
```



```
Worksheets("MOLINO").Select
```

```
Range("E4:H20", Selection.End(xlDown)).Interior.ColorIndex = -4142
```

```
If Sheets(ActiveSheet.Name).ChartObjects.Count > 0 Then 'borra graficos
```

```
    Sheets(ActiveSheet.Name).ChartObjects.Delete
```

```
End If
```

```
Range("C4:C20").ClearContents
```

```
Range("E4:E20").ClearContents
```

```
Range("F4:F20").ClearContents
```

```
Range("G4:G20").ClearContents
```

```
Range("H4:H20").ClearContents
```

### DENOMINACIÓN DE VARIABLES

```
Dim T As Integer
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim mT As Integer
```

```
Dim m0 As Integer
```

```
Dim m1 As Integer
```

```
Dim m2 As Integer
```

```
Dim m3 As Integer
```

```
T = Val(txtT.Text)
```

### DETERMINA LA UNIDAD DE MOLINO A ANALIZAR

```
generarRand T
```

```
Select Case SeleccionarUnidad.ListIndex
```

```
Case 0:
```

```
    fallas (3)
```

```
    mT = 156
```

```
    m0 = 118
```

```
    m1 = 34
```

```
    m2 = 4
```

```
    ActiveSheet.Range("F4").Value = CDbI(m0) / CDbI (mT)
```

ActiveSheet.Range("F5").Value = CDbI (m1) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F6").Value = CDbI (m2) / CDbI (mT)

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 3), 5.467, 0.552

GRAFICO 3, 1

#### Case 1:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 130

m1 = 20

m2 = 3

m3 = 3

ActiveSheet.Range("F4").Value = CDbI(m0) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F5").Value = CDbI (m1) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F6").Value = CDbI (m2) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F7").Value = CDbI(m3) / CDbI(mT)

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 5.623, 0.82

GRAFICO 4, 2

#### Case 2:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 128

m1 = 23

m2 = 4

m3 = 1

ActiveSheet.Range("F4").Value = CDbI(m0) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F5").Value = CDbI (m1) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F6").Value = CDbI (m2) / CDbI (mT)

ActiveSheet.Range("F7").Value = CDbI(m3) / CDbI(mT)

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 6.314, 0.872

GRAFICO 4, 3

Case 3:

fallas (3)

mT = 156

m0 = 123

m1 = 25

m2 = 8

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 3), 5.706, 0.794

GRAFICO 3, 4

Case 4:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 124

m1 = 28

m2 = 3

m3 = 1

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F7").Value =  $CDBl(m3) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 5.21, 0.698

GRAFICO 4, 5

Case 5:

fallas (3)

mT = 156

m0 = 134

m1 = 20

m2 = 2

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 3), 4.163, 0.704

GRAFICO 3, 6

#### Case 6:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 121

m1 = 26

m2 = 6

m3 = 3

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F7").Value =  $CDBl(m3) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 8.812, 0.589

GRAFICO 4, 7

#### Case 7:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 124

m1 = 30

m2 = 1

m3 = 1

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F7").Value =  $CDBl(m3) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 3.619, 0.652

GRAFICO 4, 8

#### Case 8:

fallas (3)

mT = 156

m0 = 131

m1 = 18

m2 = 7

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 3), 5.822, 0.972

GRAFICO 3, 9

#### Case 9:

fallas (4)

mT = 156

m0 = 138

m1 = 14

m2 = 1

m3 = 3

ActiveSheet.Range("F4").Value =  $CDBl(m0) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F5").Value =  $CDBl(m1) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F6").Value =  $CDBl(m2) / CDBl(mT)$

ActiveSheet.Range("F7").Value =  $CDBl(m3) / CDBl(mT)$

weibullselection pintaraleatorio(aleatorio, 4), 3.059, 1.005

GRAFICO 4, 10

End Select

End Sub

### GENERACIÓN ALEATORIO UNIFORME MOLINO

Public Sub generarRand(T)

For i = 1 To T

ActiveSheet.Range("C4").Value = ""

Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random", ActiveSheet.Range("\$C\$4"), , 1, 1, , 0, 1

ActiveSheet.Range("C4").Font.Bold = True

ActiveSheet.Range("C4").NumberFormat = "0.0%"

aleatorio = ActiveSheet.Range("C4").Value

Next i

End Sub

Public Sub weibullselection(s, al, be)

Select Case s

Case 0

Range("H4").Value = "-"

Case 1

Range("H5").Value = weibullmolino(al, be)

Case 2

Range("H6").Value = weibullmolino(al, be)

Case 3

Range("H7").Value = weibullmolino(al, be)

End Select

End Sub

### GENERACIÓN ALEATORIOS WEIBULL MOLINO

Public Function weibullmolino(al, be)

Randomize

Dim o As Double

```
o = CDbI(Rnd())
```

```
f = al * (LN(o) ^ (1 / be))
```

```
weibullmolino = f
```

```
End Function
```

### COLOREA CELDAS DE MOLINO

```
Public Function pintaraleatorio(a, T) As Integer
```

```
Dim vec(0 To 4, 0 To 4) As Double
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim acu As Double
```

```
acu = 0
```

```
For i = 0 To T - 1
```

```
vec(i, 0) = Range("F" + Trim(Str(4 + i))).Value
```

```
acu = acu + vec(i, 0)
```

```
vec(i, 1) = acu
```

```
Range("G" + Trim(Str(4 + i))).Value = Str(acu)
```

```
Next i
```

```
Dim s As Integer
```

```
s = 0
```

```
For i = 0 To T - 1
```

```
  If i = 0 Then
```

```
    If a <= vec(i, 1) Then
```

```
      Range("E" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)
```

```
      Range("F" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)
```

```
      Range("G" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)
```

```
      Range("H" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)
```

```
      s = i
```

```
    End If
```

```
  Else
```

```
    If a > vec(i - 1, 1) And a <= vec(i, 1) Then
```

```

Range("E" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)

Range("F" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)

Range("G" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)

Range("H" + Trim(Str(4 + i))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0)

s = i

End If

End If

Next i

pintaraleatorio = s

End Function

'
                                GRAFICA LAS PROBABILIDADES DE LAS UNIDADES DE MOLINO

Public Sub GRAFICO(x, valor)

Dim oChart As Object

Set oChart = Worksheets("MOLINO").ChartObjects.Add(300, 130, 400, 250).Chart

oChart.ChartType = xlPieExploded

oChart.SeriesCollection.NewSeries

oChart.SeriesCollection(1).Name = ""PROBABILIDADES U" + Trim(Str(valor)) + "mo""

oChart.SeriesCollection(1).Values = "=MOLINO!$F$4:$F$" + Trim(Str(x + 3))

oChart.SeriesCollection(1).XValues = "=MOLINO!$E$4:$E$" + Trim(Str(x + 3))

If valor = 8 Or valor = 10 Then

oChart.ApplyLayout (3)

Else

oChart.ApplyLayout (5)

End If

End Sub

Public Sub fallas(T)

Dim i As Integer

For i = 0 To T - 1

ActiveSheet.Range("E" + Trim(Str(i + 4))).Value = i

```



Next i

End Sub

Public Sub mazar(unidad)

#### DENOMINACIÓN DE VARIABLES DEL PROGRAMA

Worksheets("MAZAR").Select

Dim N As Integer, T As Integer, k As Integer, fila As Byte

Dim f As Double, o As Double, h As String, r As Integer

Dim g As Double, i As Double, j As String, c As Double, b As Double

Dim y As Double, aa As Double

N = Val(txtI.Text)

T = Val(txtT.Text)

#### LIMPIEZA DE VARIABLES PARA LA CENTRAL MAZAR

Range("B4:H100", Selection.End(xlDown)).ClearContents ' borra celdas para empezar de nuevo

Range("K4:L100", Selection.End(xlDown)).ClearContents ' borra celdas para empezar de nuevo

Range("W5:Y40", Selection.End(xlDown)).ClearContents ' borra celdas para empezar de nuevo

If Sheets(ActiveSheet.Name).ChartObjects.Count > 0 Then

Sheets(ActiveSheet.Name).ChartObjects.Delete

End If

#### GENERACIÓN MESES DE ANALISIS

Select Case unidad

Case 0

Range("D1").Value = "UNIDAD 1"

Case 1

Range("D1").Value = "UNIDAD 2"

End Select

s = 0

fila = 4

Do While s < T

s = s + 1 ' acumulación de meses

```
ActiveSheet.Cells(fila, 2) = s ' numero de mes
```

```
fila = fila + 1 ' posición del mes
```

```
Loop
```

### FALLAS Y TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD

```
Randomize
```

```
Range("D4:H" + Trim(Str(4 + T)), Selection.End(xlDown)).Interior.ColorIndex = -4142 'Limpieza de celdas
```

### GENERACIÓN DE FALLAS

```
For k = 1 To N 'Contador de iteraciones
```

```
Range("C4:C" + Trim(Str(4 + T)), Selection.End(xlDown)).ClearContents ' borra celdas para empezar de nuevo (# Poisson)
```

```
Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Random", ActiveSheet.Range("$C$4"), , T, 5, , lambda ' Generacion Numeros Aleatorios Poisson
```

```
Next k
```

### GENERACIÓN TIEMPO DE INDISPONIBILIDAD

```
For k = 1 To N
```

```
For p = 1 To T ' Cuenta los meses de análisis
```

```
o = CDbI(Rnd())
```

```
f = alfa * (LN(o) ^ (1 / beta)) ' Generación de aleatorios Weibull
```

```
Range("D" + Trim(Str(p + 3))).Value = f
```

```
Next p
```

```
Next k
```

```
For k = 1 To T
```

```
If Val(Range("C" + Trim(Str(3 + k))).Value) > 0 Then ' Condición para que no calcule cuando la falla es cero
```

```
Lambda
```

```
Range("E" + Trim(Str(3 + k))).Value = Range("C" + Trim(Str(3 + k))).Value / (720 - Range("D" + Trim(Str(3 + k))).Value)
```

```
MTTF
```

```
Range("F" + Trim(Str(3 + k))).Value = 1 / Range("E" + Trim(Str(3 + k))).Value
```

## MTTR

```
Range("G" + Trim(Str(3 + k))).Value = Range("D" + Trim(Str(3 + k))).Value / Range("C" + Trim(Str(3 + k))).Value
```

## MIU

```
Range("H" + Trim(Str(3 + k))).Value = 1 / Range("G" + Trim(Str(3 + k))).Value
```

```
Else
```

## CONDICIÓN PARA COLOREAR LA CELDA CUANDO LA FALLA ES CERO

```
Range("D" + Trim(Str(3 + k))).Value = "0"
```

```
Range("D" + Trim(Str(3 + k))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0) 'Pinta la celda de amarillo cuando la falla es cero
```

```
Range("E" + Trim(Str(3 + k))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0) 'Pinta la celda de amarillo cuando la falla es cero
```

```
Range("F" + Trim(Str(3 + k))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0) 'Pinta la celda de amarillo cuando la falla es cero
```

```
Range("G" + Trim(Str(3 + k))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0) 'Pinta la celda de amarillo cuando la falla es cero
```

```
Range("H" + Trim(Str(3 + k))).Interior.Color = RGB(255, 255, 0) 'Pinta la celda de amarillo cuando la falla es cero
```

```
End If
```

```
Next k
```

```
resumen (T)
```

```
Range("I5").Value = "Total fallas" ' Total de fallas
```

```
Range("I6").Value = "Máximo" ' MAX de fallas
```

```
Range("I7").Value = "Mínimo" ' MIN de fallas
```

```
Range("J5").Value = "=SUM(C4:C" + Trim(Str(T + 3)) + ")" ' Total de fallas
```

```
Range("J6").Value = "=MAX(C4:C" + Trim(Str(T + 3)) + ")"
```

```
Range("J7").Value = "=MIN(C4:C" + Trim(Str(T + 3)) + ")"
```

## GRAFICA LAS FALLAS DEL SISTEMA

```
Dim oChart As Object
```

```
Set oChart = ActiveSheet.ChartObjects.Add(950, 20, 500, 300).Chart
```

```
oChart.SeriesCollection.NewSeries
```

```
oChart.SeriesCollection(1).Name = ""FALLAS"" ' Nombre de la gráfica
```

```
oChart.SeriesCollection(1).Values = "=MAZAR!$C$4:$C$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores Y
```

```
oChart.SeriesCollection(1).XValues = "=MAZAR!$B$4:$B$" + Trim(Str(T + 3)) 'Valores X
```

```
oChart.SeriesCollection(1).MarkerStyle = -4142 ' Limpieza de color de las celdas
```

```
oChart.ApplyLayout (9)
```

```
oChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Meses"
```

```
oChart.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Fallas"
```

### GRAFICA LOS TIEMPOS DE INDISPONIBILIDAD DEL SISTEMA

```
Dim oChart1 As Object
```

```
Set oChart1 = ActiveSheet.ChartObjects.Add(950, 340, 500, 300).Chart
```

```
oChart1.SeriesCollection.NewSeries
```

```
oChart1.ChartType = xlXYScatterSmooth
```

```
oChart1.SeriesCollection(1).Name = ""T.INDISP."" ' Nombre de la gráfica
```

```
oChart1.SeriesCollection(1).XValues = "=MAZAR!$B$4:$B$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores X"
```

```
oChart1.SeriesCollection(1).Values = "=MAZAR!$D$4:$D$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores Y"
```

```
oChart1.SeriesCollection(1).MarkerStyle = -4142 ' Limpieza de color de las celdas
```

```
oChart1.ApplyLayout (1)
```

```
oChart1.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Meses"
```

```
oChart1.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "T. Indisponibilidad"
```

```
histograma "C", T, 5, 3, 40
```

```
histograma "D", T, 25, 4, 340
```

```
indices (T)
```

```
End Sub
```

### ÍNDICES DE CONFIABILIDAD

```
Public Sub indices(T)
```

```
Hoja2.Range("B4:G100").ClearContents
```

```
If Hoja2.ChartObjects.Count > 0 Then
```

```
Hoja2.ChartObjects.Delete
```

```
End If
```

```
Dim i As Integer
```

```
For i = 1 To T
```

```
Hoja2.Cells(i + 3, 2) = i
```

Hoja2.Cells(i + 3, 3) = (720 - CDb1(Hoja8.Cells(i + 3, 4))) / 720

Hoja2.Cells(i + 3, 5) = CDb1(Hoja8.Cells(i + 3, 4)) / 720

Next i

Hoja2.Cells(4, 4) = "=AVERAGE(C4:C" + Trim(Str(T + 3)) + ")"

Hoja2.Cells(4, 6) = "=AVERAGE(E4:E" + Trim(Str(T + 3)) + ")"

Hoja2.Cells(4, 7) = 1 - CDb1(Hoja2.Cells(4, 6))

Dim oChart1 As Object

Set oChart1 = Hoja2.ChartObjects.Add(500, 30, 500, 300).Chart

oChart1.SeriesCollection.NewSeries

oChart1.ChartType = xlXYScatterSmooth

oChart1.SeriesCollection(1).Name = ""DISP[%] mensual."" ' Nombre de la gráfica

oChart1.SeriesCollection(1).XValues = "=INDICES!\$B\$4:\$B\$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores X

oChart1.SeriesCollection(1).Values = "=INDICES!\$C\$4:\$C\$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores Y

oChart1.SeriesCollection(1).MarkerStyle = -4142 ' Limpieza de color de las celdas

oChart1.ApplyLayout (1)

oChart1.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Meses"

oChart1.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "DISP[%] mensual"

Dim oChart2 As Object

Set oChart2 = Hoja2.ChartObjects.Add(500, 350, 500, 300).Chart

oChart2.SeriesCollection.NewSeries

oChart2.ChartType = xlXYScatterSmooth

oChart2.SeriesCollection(1).Name = ""FOR[%] mensual."" ' Nombre de la gráfica

oChart2.SeriesCollection(1).XValues = "=INDICES!\$B\$4:\$B\$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores X

oChart2.SeriesCollection(1).Values = "=INDICES!\$E\$4:\$E\$" + Trim(Str(T + 3)) ' Valores Y

oChart2.SeriesCollection(1).MarkerStyle = -4142 ' Limpieza de color de las celdas

oChart2.ApplyLayout (1)

oChart2.Axes(xlCategory, xlPrimary).AxisTitle.Text = "Meses"

```
oChart2.Axes(xlValue, xlPrimary).AxisTitle.Text = "FOR[%] mensual"
```

```
End Sub
```

### CREACIÓN DEL HISTOGRAMA FALLAS Y T. INDISPONIBILIDAD

```
Public Sub histograma(c, T, v, s, f)
```

```
Application.Run "ATPVBAEN.XLAM!Histogram", ActiveSheet.Range("$" + Trim(c) + "$4:$" + Trim(c) + "$" + Trim(Str(T + 3))), ActiveSheet.Range("$W$" + Trim(Str(v))), , False, True, True, False
```

```
ActiveSheet.Shapes(s).Left = 1750
```

```
ActiveSheet.Shapes(s).Top = f
```

```
End Sub
```

### REALIZA UN RESUMEN DE FALLAS DEL SISTEMA

```
Function resumen(T As Integer)
```

```
Dim vec(1 To 50) As Integer
```

```
Dim e As Integer
```

```
e = 1
```

```
For i = 1 To T
```

```
Dim x As Integer
```

```
x = Range("C" + Trim(Str(i + 3))).Value
```

```
If i > 1 Then
```

```
If (buscar(vec, x, i) = False) Then
```

```
vec(e) = x
```

```
e = e + 1
```

```
End If
```

```
Else
```

```
vec(e) = x
```

```
e = e + 1
```

```
End If
```

```
Next i
```

```
ordenar vec, e
```

```
contar vec, e, T
```

```
End Function
```

```
Function ordenar(vec, e)
```

```
  For i = 1 To e
```

```
    For j = i + 1 To e
```

```
      If vec(j) < vec(i) Then
```

```
        Dim aux As Integer
```

```
        aux = vec(i)
```

```
        vec(i) = vec(j)
```

```
        vec(j) = aux
```

```
      End If
```

```
    Next j
```

```
  Next i
```

```
End Function
```

```
Function buscar(vec, x, i)
```

```
  For j = 1 To i
```

```
    If vec(j) = x Then
```

```
      buscar = True
```

```
      Exit Function
```

```
    End If
```

```
  Next j
```

```
  buscar = False
```

```
End Function
```

```
Function contar(vec, e, T)
```

```
  For i = 1 To e
```

```
    Range("K" + Trim(Str(i + 3))).Value = vec(i)
```

```
    Range("L" + Trim(Str(i + 3))).Value = buscarcelas(T, vec(i))
```

```
  Next i
```

```
End Function
```

```
Function buscarcelas(T, b)
```

```
  Dim acu As Integer
```

```
acu = 0

For i = 1 To T

    Dim x As Integer

    x = Range("C" + Trim(Str(i + 3))).Value

    If x = b Then

        acu = acu + 1

    End If

Next i

buscaredas = acu

End Function
```

#### FUNCIÓN DE LOGARITMO NATURAL

```
Function LN(x As Double)

LN = (Log(x) / Log(Exp(1))) * -1

End Function
```

```
Private Sub Label4_Click()

End Sub
```

#### RESTRINGE LETRAS PARA LA DIGITALIZACIÓN

```
Private Sub txt1_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

If Not (KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 56) Then

    MsgBox "NO SE PERMITE LETRAS"

Else

End If

End Sub

Private Sub txt1_KeyUp(ByVal KeyCode As MSForms.ReturnInteger, ByVal Shift As Integer)

If Len(txt1.Text) > 0 Then

    TextBox5.Text = (1 / Sqr(CDbl(txt1.Text))) * 100

Else

    TextBox5.Text = ""

End If

End Sub
```



End If

End Sub

' **RESTRINGE LETRAS PARA LA DIGITALIZACIÓN**

Private Sub txtT\_KeyPress(ByVal KeyAscii As MSForms.ReturnInteger)

If Not (KeyAscii >= 48 And KeyAscii <= 56) Then

MsgBox "NO SE PERMITE LETRAS"

End If

End Sub

Private Sub UserForm\_Initialize()

' **BOTÓN SALIR DE LA VENTANA**

Private Sub CERRAR\_Click()

End

End Sub