



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIA DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS**  
**DE POTENCIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO”.**

**AUTOR:**

Ugsha Chusin Nelson Geovanny

**TUTOR**

Ing. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero del 2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Ugsha Chusin Nelson Geovanny declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **ANÁLISIS DE LAS FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO**, siendo el Ing. Gabriel Napoleón Pesántez Palacios, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

  
\_\_\_\_\_

Ugsha Chusin Nelson Geovanny

C.I.: 172677736-8

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO.”**, del señor Ugsha Chusin Nelson Geovvany, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero, 2020

El Tutor:



Ing. Gabriel Napoleón Pesántez Palacios  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, el postulante: Ugsha Chusin Nelson Geovanny con el título de Proyecto de titulación: ***“ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO.”*** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero del 2020

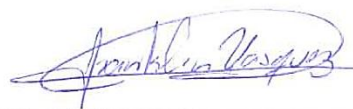
Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mg. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

CC: 050265642-4



**Lector 2**

Ing. Mg. Franklin Vásquez

CC: 171043449-7



**Lector 3**

Ing. MSc. Medina Salazar Franklin C.

CC: 050125961-8

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi agradecimiento fraterno a la Universidad Técnica de Cotopaxi y planta de docentes de la Facultad de CIYA, por otorgarme la oportunidad de aprender y ser parte de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.*

*A la Empresa Eléctrica Quito S.A. y al Ing. Germán Casillas, por su incondicional colaboración y valiosa ayuda en este proyecto.*

*A mis tutores y personas que, de una u otra manera, han aportado en el desarrollo y finalización del presente trabajo, en especial a mi tutor Ing. Gabriel Pesántez y al Ing. Carlos Quinatoa por guiarme siempre y compartir sus conocimientos.*

**Nelson**

## **DEDICATORIA**

*Dedicada a mis padres Rafael y María, quienes con su cariño, sacrificio constante y palabras de aliento han influenciado en mi vida para ser un hombre de bien.*

*A mi hermana Mirian y hermanos Maycol y Alex, por apoyarme en mis sueños y enseñarme que el éxito depende de uno mismo.*

*A mis compañeros, por brindarme su amistad y compartir momentos inolvidables juntos.*

**Nelson**

## Contenido

|  |      |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....                           | i    |
| AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....         | ii   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....            | iii  |
| AGRADECIMIENTO .....                                   | iv   |
| DEDICATORIA .....                                      | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                | xi   |
| INDICE DE TABLAS. ....                                 | xiii |
| ÍNDICE DE ECUACIONES .....                             | xiv  |
| RESUMEN .....  | xv   |
| ABSTRACT .....   | xvi  |
| AVAL DE TRADUCCIÓN .....                               | xvii |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL. ....                           | 1    |
| 1.1. Título del proyecto.....                          | 1    |
| 1.2. Fecha de inicio.....                              | 1    |
| 1.3. Fecha de Finalización. ....                       | 1    |
| 1.4. Lugar de Ejecución. ....                          | 1    |
| 1.5. Facultad que auspicia.....                        | 1    |
| 1.6. Carrera que auspicia. ....                        | 1    |
| 1.7. Proyecto de investigación vinculado. ....         | 1    |
| 1.8. Equipo de Trabajo. ....                           | 1    |
| 1.9. Coordinador de Trabajo. ....                      | 1    |
| 1.10. Área de Conocimiento. ....                       | 1    |
| 1.11. Línea de investigación. ....                     | 1    |
| 1.12. Sublíneas de Investigación de la Carrera. ....   | 2    |
| 1.13. Subtemáticas de Investigación de la Carrera..... | 2    |
| 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....                       | 2    |

|   |    |
|---|----|
| 3. JUSTIFICACIÓN. ....  | 2  |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....  | 3  |
| 4.1. Beneficiarios Directos.....  | 3  |
| 4.2. Beneficiarios Indirectos. ....   | 3  |
| 5. PROBLÉMICA DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 3  |
| Planteamiento del Problema. ....  | 3  |
| 6. OBJETIVOS.....   | 4  |
| 6.1. Objetivo General. ....   | 4  |
| 6.2. Objetivos Específicos. ....  | 4  |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS<br>PLANTEADOS. .... | 5  |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA. ....  | 6  |
| 8.1. Introducción. ....   | 6  |
| 8.2. Sistema de Distribución. ....  | 7  |
| 8.2.1. Topologías de los Sistemas de Distribución. ....                           | 8  |
| 8.3. Planificación de Sistemas de Distribución.....                               | 10 |
| 8.3.1. Planificación a corto plazo.....   | 10 |
| 8.3.2. Planificación de mediano plazo. ....                                       | 10 |
| 8.3.3. Planificación a largo plazo.....   | 11 |
| 8.4. Interrupciones en el SED. ....   | 11 |
| 8.4.1. Identificación de las interrupciones.....                                  | 11 |
| 8.4.2. Clasificación de interrupciones. ....                                      | 11 |
| 8.4.3. Causa de las Interrupciones. ....  | 12 |
| 8.5. Confiabilidad en el Sistemas de Distribución Eléctrica.....                  | 12 |
| 8.5.1. Confiabilidad.....   | 13 |
| 8.5.2. Índices de confiabilidad.....  | 14 |
| 8.6. Distribución de probabilidad en evaluación de la confiabilidad. ....         | 15 |

|  |    |
|--|----|
| 8.6.1. Curva de tasa de riesgo.....  | 16 |
| 8.6.2. Variables aleatorias de distribución. ....  | 16 |
| 8.6.3. Variables aleatorias discretas.....   | 17 |
| 8.6.4. Variables aleatorias continuas.....   | 18 |
| 8.7. Método de Monte Carlo. ....   | 21 |
| 8.7.1. Generador de valores aleatorios. ....   | 21 |
| 8.7.2. Métodos para generar variables aleatorias.....  | 22 |
| 9. HIPÓTESIS. ....   | 23 |
| 10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIEMNTAL. ....  | 23 |
| 10.1. Métodos de la investigación. ....  | 23 |
| 10.1.1. Método documental. ....  | 23 |
| 10.1.2. Método deductivo-inductivo.....  | 23 |
| 10.1.3. Método analítico-sintético. ....   | 24 |
| 10.2. Técnicas de investigación. ....  | 24 |
| 10.2.1. Adquisición de datos. ....   | 24 |
| 10.2.2. Modelación. ....   | 24 |
| 10.2.3. Simulación. ....   | 24 |
| 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....   | 24 |
| 11.1. Área de servicio y cobertura de la EEQSA. ....   | 25 |
| 11.2. Sistema Eléctrico de Distribución. ....  | 26 |
| 11.3. Historial de Interrupciones en la Empresa Eléctrica Quito.....                         | 26 |
| 11.3.1. Causa de interrupciones en el SED. ....  | 28 |
| 11.4. Interrupciones en el Sistema de Distribución Primaria (SDP).....                       | 29 |
| 11.4.1. Frecuencia y duración de interrupciones mayores a 3 minutos. ....                    | 30 |
| 11.5. Propuesta para determinar la eficiencia del SDP bajo análisis de falla por fauna ..... | 32 |
| 11.6. Confiabilidad y Método de Monte Carlo. ....  | 32 |
| 11.6.1. Modelo de confiabilidad. ....  | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 11.6.2. Monte Carlo aplicado para tiempo de falla y tiempo de reparación. ....   | 35 |
| 11.7. Causa básica y alimentadores primarios de estudio. ....  | 37 |
| 11.7.1. Diagrama de Pareto. ....   | 37 |
| 11.7.2. Alimentadores primarios de estudio. ....   | 40 |
| 11.8. Cálculo de $C$ e $A$ en el Sistema de Distribución Primaria. ....  | 42 |
| 11.9. Rendimiento de los primarios. ....   | 44 |
| 11.10. Orden de primarios bajo rangos de rendimiento en el SDP. ....   | 45 |
| 11.11. Número de simulaciones en tiempo de falla. ....   | 47 |
| 11.11.1. Convergencia del número de simulaciones. ....   | 48 |
| 11.12. Cálculo del tiempo de falla y tiempo de reparación del SDP. ....  | 51 |
| 11.13. Panorama general del SDP. ....  | 53 |
| 11.13.1. Primarios y niveles de rendimiento 1, 2, 3 y 4. ....  | 53 |
| 11.13.2. Primarios y niveles de probabilidad de falla 1, 2, 3 y 4. ....  | 54 |
| 12. IMPACTOS. ....   | 56 |
| 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....   | 57 |
| 13.1. Conclusiones. ....   | 57 |
| 13.2. Recomendaciones. ....  | 58 |
| 14. BIBLIOGRAFÍA ....  | 60 |
| 15. ANEXOS. ....   | 62 |
| Anexo 1: Planificación de expansión del Sistema Eléctrico de Distribución. ....  | 62 |
| Anexo 2: Clasificación de las interrupciones según la CIER. ....   | 63 |
| Anexo 3: Subestaciones del Sistema de Distribución Primaria de la Empresa Eléctrica<br>Quito. ....                                 | 65 |
| Anexo 4: Número de interrupciones totales registradas en el Sistema de Distribución. Desde<br>julio 2014 a junio 2015. ....        | 66 |
| Anexo 5: Duración Promedio de las Interrupciones registradas en el Sistema de Distribución.<br>Desde julio 2014 a junio 2015. .... | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Anexo 6: Número de primarios con (interrupciones > 3 min.), desde julio del 2014 a julio del 2019.....  | 68 |
| Anexo 7: Diagrama de Pareto general de las interrupciones en el SDP .....   | 69 |
| Anexo 8: Confiabilidad e indisponibilidad por causa pájaros.....  | 70 |
| Anexo 9: Primarios bajo rango de rendimiento 1, 2, 3 y 4. Relación de <i>C</i> e <i>A</i> , por causa básica descargas atmosféricas y animal..... | 71 |
| Anexo 10: Primarios bajo rango de probabilidad de falla 1, 2, 3 y 4, sin efecto al tiempo de reparación. Descargas atmosféricas y animal.....     | 74 |
| Anexo 11: Mantenimientos preventivos-correctivos, bajo zonas y primarios. ....  | 77 |
| Anexo 12: Mantenimientos en primarios de Subestaciones de Distribución. ....  | 80 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Localización del SED's en el Sistemas Eléctrico de Potencia SEP.....   | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Alimentador primario radial con cuchillas tripolares. ....   | 8  |
| <b>Figura 3.</b> Alimentador primario en anillo con centros de carga dispersos.....   | 9  |
| <b>Figura 4.</b> Sistema de Red Primaria con tres puntos de suministro de Energía Eléctrica. ....   | 9  |
| <b>Figura 5.</b> Diagrama unifilar del ST del Estadio de Sao Paulo, Brasil. Confiabilidad N-1 y N-2. ....   | 13 |
| <b>Figura 6.</b> Taza de riesgo de componentes. ....  | 16 |
| <b>Figura 7.</b> Clasificación de las variables de distribución, discreta y continua.....   | 17 |
| <b>Figura 8.</b> Media y varianza de la función normal. ....  | 20 |
| <b>Figura 9.</b> Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito. Zonas Norte, Centro y Sur. ....   | 25 |
| <b>Figura 10.</b> Número de interrupciones registradas en el SED's de la Empresa Eléctrica Quito. Desde 2000-2019. ....   | 27 |
| <b>Figura 11.</b> Historial de desconexiones, desde el 2000-2019. A.) Desconexión automática. B.) Desconexión manual. ....  | 27 |
| <b>Figura 12.</b> Historial del Sistema Eléctrico de Distribución, según la causa que provoca la interrupción, según la CIER. Registros de la EEQ. ....               | 28 |
| <b>Figura 13.</b> Porcentaje en orden descendente de las causas que provocan interrupciones en el SED, desde el año 200-2019. EEQ. Causas basadas según la CIER. .... | 28 |
| <b>Figura 14.</b> Interrupciones del SDP, por relación de la causa y desconexión automática registrada. ....  | 29 |
| <b>Figura 15.</b> Diagrama de flujo para el cálculo del tiempo de falla y reparación de cada alimentador primario.....  | 36 |
| <b>Figura 17.</b> Frecuencia relativa acumulada a partir de las interrupciones por causa pájaros y otras causas con menor incidencia en el SDP. ....                  | 38 |
| <b>Figura 18.</b> Interrupciones por fauna, conforme al número de interrupciones registradas en el SDP. ....  | 40 |
| <b>Figura 18.</b> Subestaciones de Distribución con interrupciones por causa pájaros. Estudio desde julio del 2014 a junio del 2019. ....                             | 40 |
| <b>Figura 19.</b> Alimentadores Primarios que presentan interrupciones por causa pájaros. ....  | 41 |
| <b>Figura 20.</b> Orden de primarios, bajo rangos de confiabilidad ( <i>C</i> ) e indisponibilidad ( <i>A</i> ). ....   | 44 |
| <b>Figura 22.</b> Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=20 simulaciones.....  | 48 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 23.</b> Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=142 simulaciones...   | 49 |
| <b>Figura 24.</b> Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=836 simulaciones...   | 49 |
| <b>Figura 25.</b> Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=1438 simulaciones.  | 50 |
| <b>Figura 25.</b> Clasificación del número de Primarios, según zona y nivel de prioridad 1,2 ,3 y 4, para actividades de mantenimientos, por causa pájaros..... | 54 |
| <b>Figura 26.</b> Porcentaje de primarios bajo nivel de rendimiento, por causa pájaros. ....  | 54 |
| <b>Figura 27.</b> Clasificación en porcentaje de primarios según tiempo de falla. Causa básicas pájaros. ....   | 55 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Cuadro de tareas por objetivos planteado. ....   | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Interrupciones del Sistema Eléctrico de Distribución de la EEQSA. 2014-2019. ....  | 29 |
| <b>Tabla 3.</b> Frecuencia y duración promedio de interrupciones mayores a 3 minutos. ....   | 31 |
| <b>Tabla 4.</b> Funciones que describen el comportamiento de variables aleatorias. ....  | 34 |
| <b>Tabla 5.</b> Clasificación de interrupciones según la CIER en el SDP. Número de interrupciones y causas que las generan desde julio del 2014 a junio del 2019. .... | 37 |
| <b>Tabla 6.</b> Frecuencia relativa acumulada por fauna, <i>Diagrama de Pareto</i> . ....  | 39 |
| <b>Tabla 7.</b> Relación <i>CAUSA-BÁSICA</i> con <i>CAUSA</i> de interrupción. EEQ. ....   | 39 |
| <b>Tabla 8.</b> S/E de Distribución con mayor número de interrupciones por causa pájaros. ....   | 41 |
| <b>Tabla 9.</b> Alimentadores Primarios con interrupciones mayores a tres minutos. ....  | 42 |
| <b>Tabla 10.</b> Confiabilidad e indisponibilidad ....   | 43 |
| <b>Tabla 11.</b> Prioridad de confiabilidad e indisponibilidad del alimentador primario. ....  | 44 |
| <b>Tabla 12.</b> Primarios con rendimiento 1, 2, 3 y 4. Relación pájaro. ....  | 45 |
| <b>Tabla 13.</b> Asignación de valores a variables para número de simulaciones. ....   | 47 |
| <b>Tabla 14.</b> Número de simulaciones en Método de Monte Carlo. ....   | 48 |
| <b>Tabla 15.</b> Primario 29A de la S/E Nueva Cumbayá. ....  | 48 |
| <b>Tabla 16.</b> Variación según el número de simulaciones, para año de falla. ....  | 50 |
| <b>Tabla 17.</b> Variación según el número de simulaciones, para tiempo de reparación. ....  | 51 |
| <b>Tabla 18.</b> Rango de probabilidad de falla por causa básica descargas atmosféricas y pájaros  | 51 |
| <b>Tabla 19.</b> Tiempo de falla y reparación del Sistema de Distribución Primaria, por causa pájaros. ....  | 52 |
| <b>Tabla 20.</b> Clasificación según nivel de prioridad, del tiempo medio de falla de los alimentadores primarios por causa básica pájaros. ....                       | 55 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ec. ( 1) Tasa de falla. Relación número de fallas por número de equipo disponible .....    | 14 |
| Ec. ( 2) Tiempo de interrupción [r].....   | 14 |
| Ec. ( 3) Tasa de reparación. Cantidad de reparaciones por tiempo total de reparación.....  | 15 |
| Ec. ( 4) Indisponibilidad del punto de carga. ....   | 15 |
| Ec. ( 5) Función de Distribución de Poisson. ....  | 18 |
| Ec. ( 6) Función de Distribución Binomial .....  | 18 |
| Ec. ( 7) Función ordinaria de la Distribución Exponencial. ....                            | 19 |
| Ec. ( 8) Función de densidad de la distribución exponencial. ....                          | 19 |
| Ec. ( 9) Función de distribución de Bernoulli. ....  | 19 |
| Ec. ( 10) Función ordinaria de la Distribución Normal .....                                | 20 |
| Ec. ( 11) Distribución Normal, relación con desviación estándar y valor medio .....        | 20 |
| Ec. ( 12) Expresión ordinaria de la Distribución Uniforme. ....                            | 21 |
| Ec. ( 13) Valor medio general de la Distribución Uniforme .....                            | 21 |
| Ec. ( 14) Varianza general de la Distribución Uniforme. ....                               | 21 |
| Ec. ( 15) Función de distribución de probabilidad acumulada-variable aleatoria .....       | 22 |
| Ec. ( 16) Función de distribución de Probabilidad .....                                    | 22 |
| Ec. ( 17) Igualdad de función inversa de variable aleatoria y probabilidad acumulada. .... | 22 |
| Ec. ( 18) Función inversa uniformemente distribuida. ....                                  | 23 |
| Ec. ( 19) Función inversa con distribución uniforme, en intervalo [0,1]. ....              | 23 |
| Ec. ( 20) Relación tasa de interrupción-tiempo. Probabilidad de Poisson.....               | 32 |
| Ec. ( 21) Función de Poisson para un tiempo de estudio de 1 año. ....                      | 33 |
| Ec. ( 22) Función por probabilidad de Poisson. $t = 1$ año. ....                           | 33 |
| Ec. ( 23) Función para evaluar la tasa de falla.....                                       | 34 |
| Ec. ( 24) Función para estimar la confiabilidad.....                                       | 34 |
| Ec. ( 25) Función que evalúa la confiabilidad. ....  | 35 |
| Ec. ( 26) Función de densidad de probabilidad. ....  | 35 |
| Ec. ( 27) Función de distribución acumulada. ....  | 35 |
| Ec. ( 28) Relación tiempo en función de variable aleatoria. ....                           | 35 |
| Ec. ( 29) Tiempo con relación a variable aleatoria $U$ .....                               | 35 |
| Ec. ( 30) Función para cálculo del tiempo de falla. ....                                   | 35 |
| Ec. ( 31) Función para número de simulaciones $CMS$ .....                                  | 47 |

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO”

**Autor:**

Ugsha Chusin Nelson Geovanny

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación, contempla el análisis de fallas ocasionado por fauna en el Sistema de Distribución Primaria (SDP) de la Empresa Eléctrica Quito, la cual, con el fin de establecer las causas básicas con mayor incidencia en el Sistema Eléctrico de Distribución (SED), con un estudio base de los últimos 5 años, a partir de julio del 2014 a junio del 2019, se utiliza el método del Diagrama de Pareto, cuyos resultados, clasificados en un orden de incidencia, se determina el porcentaje general de fallas por cuestión fauna, enmarcado en el tiempo de planificación de operación y mantenimiento (POM) de 1 año.

Partiendo de este hecho, para establecer el rendimiento del sistema, contenidos en los índices de tasa de falla, tasa de reparación e indisponibilidad del Sistema de Distribución Primaria ante fallas aleatorias por fauna, se desarrolla un modelo de confiabilidad a partir de dos criterios, comprendidos entre la Distribución de Poisson y el análisis de la etapa 2 de la curva de riesgo (*curva de bañera*).

También, bajo el análisis de probabilidad de fallo del Sistema de Distribución Primaria, se desarrolla la simulación del Método de Monte Carlo básica, en base a un nivel de confianza del 96% y porcentaje de error mínimo al 1% de los resultados obtenidos en la simulación, para establecer las zonas y primarios con mayor probabilidad de fallas por cuestión fauna.

**Palabras clave:** Simulación, Sistema Eléctrico de Distribución, Sistema de Distribución Primaria, tasa de fallas, tasa de reparación.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**THEME:** “ANALYSIS OF FAILURES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS CAUSED BY FAUNA IN THE QUITO ELECTRIC COMPANY”

**Author:** Ugsha Chusin Nelson Geovanny

**ABSTRACT**

This research refers to the analysis of failures caused by fauna in the System of Primary Distribution (SDP) of the Electrical Company Quito, which, to establish the primary causes with higher incidence in the Electrical System of Distribution (SED), with a study bases of the last five years, From July 2014 to June 2019, the Pareto Chart method used, the results of which, classified in order of incidence, determine the general percentage of failures due to fauna, framed within the operation and maintenance planning time (O&M POM) of 1 year. Based on this fact, in order to establish the system's performance, contained in the failure rate, repair rate and unavailability indexes of the Primary Distribution System for random failures by fauna, a reliability model is developed based on two criteria, comprised between Poisson's probability model and the analysis of stage 2 of the risk curve (bathtub curve). Also, under the analysis of probability of failure of the Primary Distribution System, the simulation of the basic Monte Carlo Method is developed, based on a 96% confidence level and minimum error percentage at 1% of the results obtained in the simulation, to establish the zones and primaries with the highest probability of failure due to fauna.

**Keywords:** Simulation, Electric Distribution System, Primary Distribution System, Failure rate, Repair rate.

### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del Proyecto de Tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, **Ugsha Chusin Nelson Geovanny**, cuyo título versa: “**ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA CAUSADO POR FAUNA EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO**”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, Febrero del 2020

Atentamente,



Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza.

**DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS**

C.C.: 0910821669



## **1. INFORMACIÓN GENERAL.**

### **1.1. Título del proyecto.**

Análisis de las fallas en Redes de Distribución Eléctrica causado por Fauna en la Empresa Eléctrica Quito.

### **1.2. Fecha de inicio.**

Octubre del 2019.

### **1.3. Fecha de Finalización.**

Febrero del 2020.

### **1.4. Lugar de Ejecución.**

Área de concesión de la E.E.Q.S.A., Sistema de Distribución Primaria de la Empresa Eléctrica Quito.

### **1.5. Facultad que auspicia.**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **1.6. Carrera que auspicia.**

Carrera de Ingeniería Eléctrica.

### **1.7. Proyecto de investigación vinculado.**

Área de Distribución Eléctrica.

### **1.8. Equipo de Trabajo.**

Ugsha Chusin Nelson Geovanny.

### **1.9. Coordinador de Trabajo.**

Ing. Gabriel Napoleón Pesantez.

### **1.10. Área de Conocimiento.**

Sistemas Eléctricos de Distribución.

### **1.11. Línea de investigación.**

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

### **1.12. Sublíneas de Investigación de la Carrera.**

Explotación y diseño de Sistemas Eléctricos de Potencia.

### **1.13. Subtemáticas de Investigación de la Carrera.**

Redes de Transmisión y Distribución.

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

Actualmente, las regulaciones emitidas por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), a nivel de Empresas Distribuidoras, establecen indicadores que permiten evaluar la calidad de servicio técnico de distribución, en base a la frecuencia y duración de las interrupciones.

Partiendo de este hecho, el presente trabajo de investigación, contempla el análisis de fallas en el Sistema de Distribución Primaria (SDP) de la Empresa Eléctrica Quito S.A. ocasionado por fauna, misma que, en base a un estudio de interrupciones de los últimos 5 años, partiendo desde julio del 2014 a junio del 2015, se determina el rendimiento del SDP, con el desarrollo de un modelo de confiabilidad, contenido en la relación de fallas aleatorias de la curva de riesgo (*curva de bañera*) y el modelo de probabilidad de Poisson, cuyas nociones y criterios base se explican a detalle en la investigación.

También, bajo el estudio de probabilidad de falla del Sistema de Distribución Primaria, se desarrolla la simulación del Método de Monte Carlo, contenidas en la tasa de falla y tasa de reparación de los primarios bajo análisis, esto, en base a un nivel de confianza del 96% y porcentaje de error mínimo del 1%, de los resultados obtenidos en la simulación, con el fin de establecer las zonas y primarios con mayor probabilidad de fallas por causa fauna.

## **3. JUSTIFICACIÓN.**

El Sistema Eléctrico de Distribución (SED) en comparación al Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) presenta un mayor número de componentes y una mayor extensión total, razón por la cual, ostenta una gran cantidad de fallas o pérdidas, cuyas interrupciones provocan cortes eventuales en el suministro de energía eléctrica hacia los consumidores, donde cerca del 90% de las interrupciones se producen a nivel de Redes de Distribución [1].

Este hecho, asociado a la confiabilidad de las redes, provoca que las Empresas Eléctricas de Distribución, encargadas de garantizar la distribución y comercialización de la energía eléctrica, dentro de sus áreas de concesión, inviertan en equipos de protección que provean una operación

adecuada del SED ante interrupciones, definidos en la disminución del costo asociado al mantenimiento, que se debe dar a la red al producirse una falla y al tiempo en el restablecimiento del servicio eléctrico.

Aunque la confiabilidad en el SED, tiene menos investigaciones, que los sistemas de generación y transmisión, su importancia ha ido en ascenso, conforme al gran impacto que tiene en el bienestar, salud y seguridad de las ciudades e industrias, cuyos grados de control direcciona los recursos económicos y personal operativo de manera sistemática, es decir, una evaluación del rendimiento del sistema que limite las fallas y promueva la ejecución de manteamientos programados, cuyos resultados permitan obtener altos índices de confiabilidad en redes de distribución.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.**

##### **4.1. Beneficiarios Directos.**

- Empresa Eléctrica Quito S.A.

##### **4.2. Beneficiarios Indirectos.**

- Consumidores de medio y bajo Voltaje.

#### **5. PROBLÉMICA DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **Planteamiento del Problema.**

La ocurrencia de fallas en el Sistema de Distribución Primaria de la Empresa Eléctrica Quito S.A., generado por varias causas, como la animal, provocan interrupciones en el suministro de electricidad hacia los consumidores, donde la eficiencia del SED asociada a la confiabilidad se vea disminuida, debido a que al producirse una falla en la red, generada por una interrupción permanente, en ciertos casos, desencadena en un cortocircuito, que provoca la quema y apertura en cascada de los equipos de protección, cuyo tiempo en el restablecimiento del servicio tenga inconvenientes, debido a que el operador de red, al producirse la interrupción, como protocolo de mantenimiento, debe realizar el recorrido del alimentador primario interrumpido, reponer el fusible y cerrar el equipo de protección activado, para finalmente reponer el servicio a los usuarios; este hecho, al momento de la operación de las Redes de Distribución Primaria de la E.E.Q.S.A., provoca realizar mantenimientos no programados, donde el contingente económico y personal de trabajo se vean afectados; cuya planificación de redes tanto a corto, mediano y

largo plazo, permita disminuir y proveer información congruente respecto a primarios con más incidencia a fallas en el Sistema Eléctrico de Distribución.

## **6. OBJETIVOS.**

### **6.1. Objetivo General.**

Analizar las fallas en el Sistema de Distribución Primaria de la Empresa Eléctrica Quito S.A. ocasionado por fauna mediante el uso del Diagrama de Pareto e índices de confiabilidad de carga para determinar las causas con más ocurrencia en las redes y eficiencia ante eventos de falla aleatoria.

### **6.2. Objetivos Específicos.**

- Investigar bibliografía necesaria para obtener las características de los modelos de probabilidad y tiempos de Planificación para los Sistemas Eléctricos de Distribución (SED).
- Desarrollar un modelo de confiabilidad por Probabilidad de Poisson para determinar el rendimiento del Sistema Distribución Primaria ocasionado por fallas resultantes del Diagrama de Pareto.
- Determinar la probabilidad de falla del Sistema de Distribución Primaria mediante la Simulación Monte Carlo.
- Obtener los índices de confiabilidad respecto a la carga de cada primario para calcular la confiabilidad, indisponibilidad y probabilidad de falla del Sistema de Distribución Primaria.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREA EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

**Tabla 1.** Cuadro de tareas por objetivos planteado.

| OBJETIVO  | ACTIVIDAD  | RESULTADO DE LA ACTIVIDAD   | MEDIO DE VERIFICACIÓN  |
|---|--|---|--|
| <b>Objetivo 1:</b><br>Investigar bibliografía necesaria para obtener las características de los modelos de probabilidad y tiempos de planificación para los Sistemas Eléctricos de Distribución (SED).              | Investigación de los horizontes de planificación, topologías, modelos de distribución en estudios de confiabilidad e índices asociados a la carga en el Sistema Eléctrico de Distribución (SED).             | Horizontes de tiempo (años) a corto, mediano y largo plazo; confiabilidad de topologías del SED, características de la distribución discreta-continua y análisis de $\lambda$ , $\mu$ y $r$ . | Bibliografía y citas anexadas, conforme a la investigación de fallas y confiabilidad en el Sistema Eléctrico de Distribución.  |
| <b>Objetivo 2:</b><br>Desarrollar un modelo de confiabilidad por probabilidad de Poisson para determinar el rendimiento del Sistema Distribución Primaria ocasionado por fallas resultantes del Diagrama de Pareto. | Modelación de la distribución de Poisson, en base al tiempo de estudio planificado mediante la curva de riesgo para el cálculo de confiabilidad e indisponibilidad de servicio de cada Alimentador primario. | Función de confiabilidad, con relación a la curva de riesgo ( <i>etapa de vida útil</i> ), $\lambda$ y $\mu$ .  | Función para el cálculo tasa de falla, detallada en la ecuación 23 y ecuación para el cálculo de confiabilidad detallada en la ecuación 25 del presente proyecto de investigación. |
| <b>Objetivo 3:</b><br>Determinar la probabilidad de falla del Sistema de Distribución Primaria mediante la Simulación de Monte Carlo.   | Clasificación de registros, respecto a $\lambda$ y $\mu$ , para CMS y probabilidad de fallos de cada Primario, contenida entre los índices de confiabilidad de carga   | Interconexión y simulación de "n" veces la $\lambda$ y $\mu$ , dado valor pseudoaleatorio, que permita establecer la probabilidad de falla del SDP en años y tiempo de reparación.            | Diagrama de flujo de la Figura 16, que contiene los pasos y procedimientos para la Simulación de Monte Carlo, contenida en la tasa de falla y tasa de reparación.                  |
| <b>Objetivo 4:</b><br>Obtener los índices de confiabilidad respecto a la carga de cada primario para calcular la confiabilidad, indisponibilidad y probabilidad de falla del Sistema de Distribución Primaria.      | Clasificación y cálculo de primarios con menor $C$ y mayor $\bar{A}$ , bajo rango de probabilidad de falla en el Sistema de Distribución Primaria por zonas.   | Primarios con prioridad 1, 2, 3 y 4 para realizar actividades de mantenimiento, con relación a la probabilidad de falla en años de cada Alimentador Primario y zonas.                         | Diagrama circular y flujograma de la sección 11.4, detallada en el proyecto de investigación.  |

**Realizado por:** El postulante.

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.**

### **8.1. Introducción.**

El estudio de la probabilidad a lo largo de la historia, registra una gran presencia en actividades como la industria, cuyos avances en la matemática y filosofía, ayudan a entender fenómenos que siguen patrones aleatorios [2]. Este hecho, según registros, tuvo su primera aparición en 1654, donde Blas Pascal y Fermat observaron que la probabilidad de obtener un número al lanzar un dado, cambia al utilizar dos dados, estableció las bases de la teoría de probabilidad, que en años posteriores Jacob Bernoulli definió a la probabilidad, como un cálculo de disciplina orgánica, mediante el modelo de distribución discreta [2] [3].

Durante la Segunda Guerra Mundial 1950, la probabilidad estuvo asociada a la confiabilidad, mediante el análisis de tubos electrónicos, cuya aplicación para en el año 1956 se consolidó en la estimación de tasa de fallo de componentes [3]. Desde el año 1964 a 1968, la confiabilidad contemplaba estudios en sistemas de transmisión y distribución mediante procesos de Markov y simulaciones de Montecarlo, que en 1984 a 1998, Billinton, Col y Brown recopilan los métodos de confiabilidad, definiendo métodos y modelos de confiabilidad, basados en registros históricos de fallas, con aplicación en campos de la electricidad, industria automotriz y de telecomunicación [3].

En la actualidad, la confiabilidad en Sistema de Distribución, es un tema que ha venido ganando importancia, estrictamente en el diseño, planificación y mantenimiento de las redes, cuyos estudios proporcionen energía eléctrica de forma económica con grados aceptables de eficiencia y seguridad [1]. La eficiencia del SED es establecida mediante la frecuencia promedio de las interrupciones, duración, localización y clientes interrumpidos, la cual, al desarrollar el análisis, permite determinar la confiabilidad del sistema, mediante modelos que representan al componente bajo falla, que en su gran mayoría son cables o uniones de cables [4].

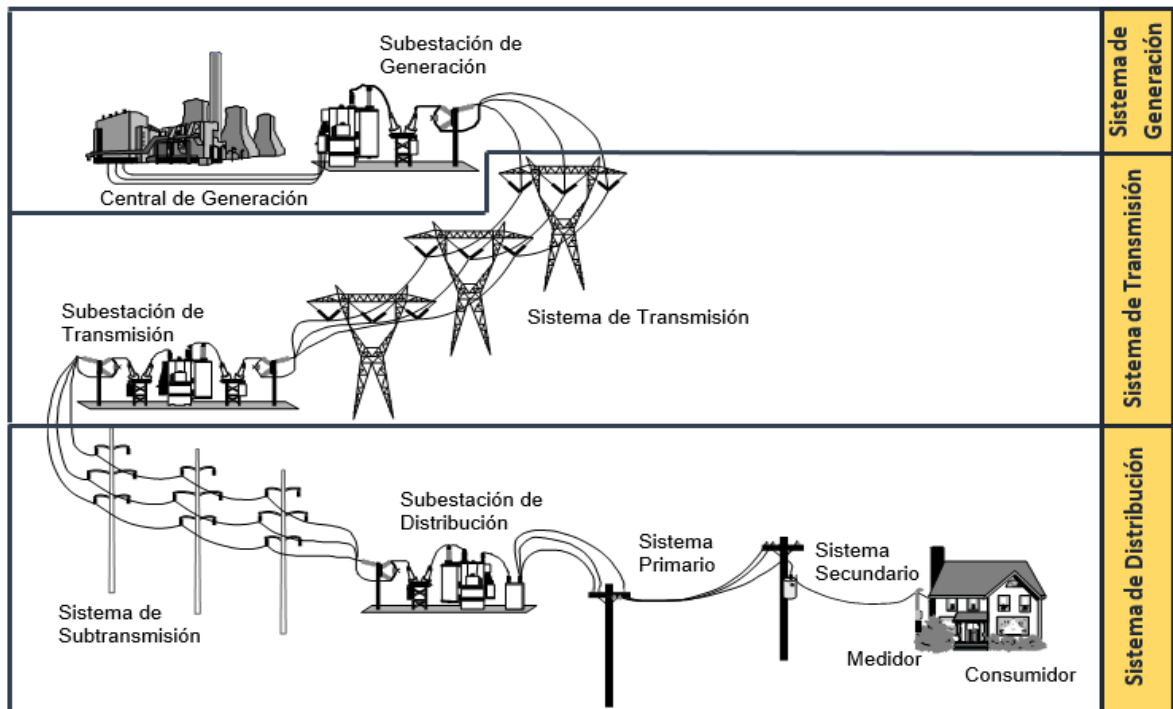
Para el caso ecuatoriano, la importancia de implementar controles automáticos en la red, la cual incremente la disponibilidad de servicio eléctrico y limite el número de clientes interrumpidos con base a la Energía no suministrada (ENS) ante fallas, es un tema de mucho interés, debido al marco regulatorio actual, establecido por el ARCONEL, cuyos controles regulan la calidad de servicio de técnico de electricidad por parte de las distribuidoras, automatización de las redes e inclusión de Generación Distribuida (GD), la cual permita disminuir y predecir las interrupciones [5].

## 8.2. Sistema de Distribución.

El Sistema Eléctrico de Distribución (SED's) es una parte esencial del sistema de energía, el cual, está formado por elementos comprendidos entre las redes de Subtransmisión y los puntos de suministro de electricidad, donde “el voltaje de transmisión de potencia se reduce a niveles de distribución hacia los usuarios” [6].

En base a esta premisa, el SED's parte desde las redes de Subtransmisión; subestaciones de distribución que reducen el voltaje de Subtransmisión, a voltajes manejados por el sistema de distribución primaria; centros de transformación, representada por transformadores que minimizan el medio voltaje a voltajes aptos para usuarios de bajo voltaje; unidades de medición, representadas por medidores que calculan la energía consumida por el usuario.

La figura 1, detalla la ubicación del SED's en el Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).



**Figura 1.** Localización del SED's en el Sistemas Eléctrico de Potencia SEP.

**Fuente:** [7]

En forma resumida, el SED's, se encuentra formado por:

- Sistema de Subtransmisión.
- Subestación de Distribución.
- Alimentadores Primarios.
- Transformadores de distribución.
- Secundarios y servicios.

### 8.2.1. Topologías de los Sistemas de Distribución.

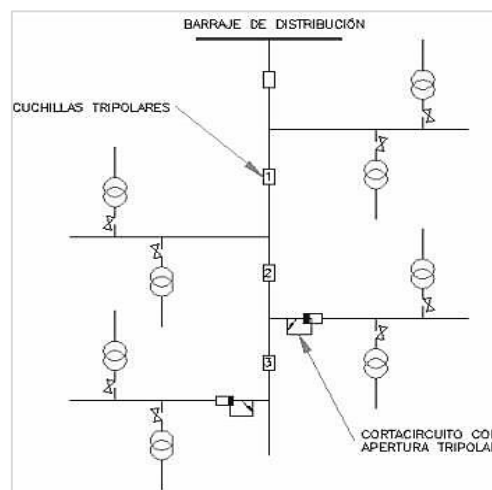
La manera de cómo se distribuye la energía, a lo largo de una configuración, toma el nombre de topología de red, la cual, implementa sistemas que mejoran la confiabilidad y donde las cargas son servidas eficientemente.

#### 8.2.1.1. Topología tipo radial.

Consiste en un sistema simple, de bajo costo, utilizado cuando los puntos de cargas se encuentran alejados de los centros de carga [8].

La corriente fluye en una sola dirección, donde la calidad del producto es baja y la confiabilidad es mínima, debido a que al ocurrir una falla deja fuera de servicio a las cargas aguas abajo, cuya continuidad de suministro de energía eléctrica se ve afectada.

La figura 2., muestra la topología tipo radial del SED's.

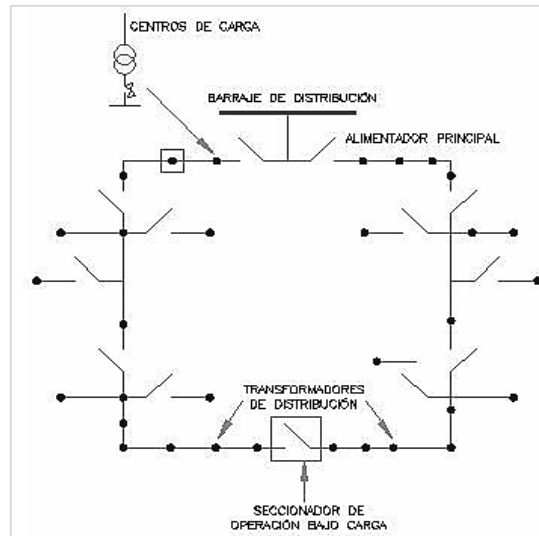


**Figura 2.** Alimentador primario radial con cuchillas tripolares.

**Fuente:** [9]

#### 8.2.1.2. Topología Tipo anillo.

Esta topología, ante un evento de falla tiene la capacidad de aislar la red, sin interrumpir la continuidad de servicio; a la par, incrementa la confiabilidad de servicio, debido a que cada rama de la red, tiene la capacidad de apertura (maniobra), ante interrupciones o eventos que se originen en el sistema. La figura 3., representa una red en anillo.



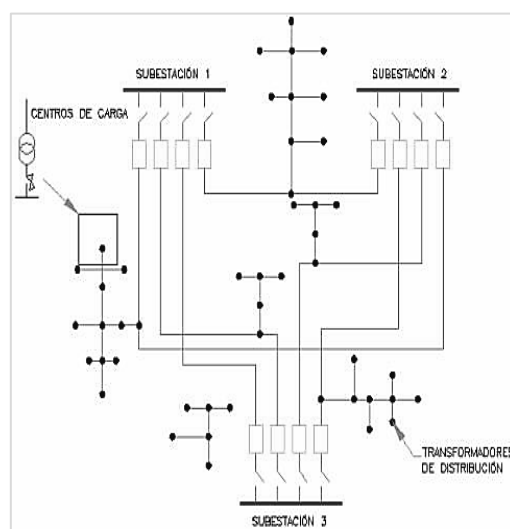
**Figura 3.** Alimentador primario en anillo con centros de carga dispersos.

**Fuente:** [9]

### 8.2.1.3. Sistema malla.

Esta red, incorpora alimentadores interconectados, los cuales forman un SED, con un alto grado de confiabilidad contemplada en la continuidad de servicio; paralelamente se incrementa la calidad del producto y servicio de energía eléctrica, la dirección de la corriente es bidireccional [8].

El sistema tipo malla es utilizado para ciudades importantes, cuya densidad de cargas son variadas. La operación del Sistema de Red Primaria es mucho más compleja y costosa.



**Figura 4.** Sistema de Red Primaria con tres puntos de suministro de Energía Eléctrica.

**Fuente:** [9]

### **8.3. Planificación de Sistemas de Distribución.**

No existe una regla fija, para definir el horizonte de tiempo, en la planificación de los sistemas de energía, ya que los mismos dependen de las experiencias, comportamientos que quieran representar o simplemente de una actualización de los componentes del sistema para satisfacer demandas de energía futuras.

Sin embargo, un hecho importante radica en el establecimiento de escenarios que permitan evaluar las inversiones tanto a corto, mediano y largo plazo con el fin de administrar los recursos disponibles de manera eficiente. Ver anexo 1.

#### **8.3.1. Planificación a corto plazo.**

Una planificación a corto plazo del Sistema de Distribución comprende un intervalo de 1 hasta 3 años [9], sin embargo, el tiempo de planificación, al abordar temas como acciones operativas en redes de distribución puede simplificarse en un horizonte de tiempo de 1 año [7]:

- Predecir el comportamiento del sistema.
- Instalación de equipos para transferencia de carga y protecciones.
- Fortalecimiento en el servicio de energía a cargas representativas como: centros comerciales, instituciones gubernamentales, etc.
- Reconfiguración de redes.
- Construcción de ramas de dos alimentadores y redes secundarias para el SED.

#### **8.3.2. Planificación de mediano plazo.**

La planificación a mediano plazo se extiende a partir de los 3 hasta 8 años, contenidas en las condiciones del servicio de mercado eléctrico y expansión del sistema eléctrico; aunque si la planificación aborda obras en subestaciones y troncales de alimentación se planifica un tiempo de hasta 5 años [7] [11]:

- Construcción de nuevos alimentadores en subestaciones existentes.
- Instalación de nuevos transformadores o sustitución de los mismos por otro de mayor potencia en subestaciones.
- Construcción de salidas para nuevos transformadores como acción operativa en subestaciones nuevas.

### **8.3.3. Planificación a largo plazo.**

El periodo de planificación de largo plazo se estima desde los 10 años en adelante, conocida como planificación de sistemas de transmisión, expansión del sistema de generación o la puesta en marcha de una nueva capacidad generadora, la cual es usada para predecir el comportamiento del sistema [11] [10].

### **8.4. Interrupciones en el SED.**

La discontinuidad en el servicio de energía, según [12], es un tema de interés para los agentes del sistema eléctrico, cuyos efectos en áreas como la planificación, operación, mantenimiento y distribución causa disminución en la eficiencia del sistema y por ende, sanciones gubernamentales por corte en el suministro de electricidad a los usuarios, este hecho, asociado a la expansión continua del sistema de distribución, promueve estudios que valoren los costos por interrupción, en el suministro de electricidad asociada a los consumidores y costos de inversión que mejoren la confiabilidad del sistema.

#### **8.4.1. Identificación de las interrupciones.**

La indisponibilidad de un componente, al desempeñar una función predeterminada, debido a un evento que provoque el corte de servicio, se considera como una interrupción de energía, la cual según [13] [14], para medir la continuidad de servicio se debe adoptar índices que evalúen el servicio técnico de distribución, cuya información al producirse un evento de falla, debe tener los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de inicio y finalización de la interrupción
- Duración, causa y origen de la interrupción
- Potencia nominal (kVA) desconectada por interrupción
- Número de consumidores afectados por interrupción
- Equipos operados en la interrupción
- Causa de las Interrupciones.

#### **8.4.2. Clasificación de interrupciones.**

Las interrupciones especificadas en la Regulación 005/18 de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) contempla la siguiente clasificación:

- a. Duración
  - Breves: aquellas con duración ( $\leq 3$  minutos)
  - Largas: aquellas con duración ( $> 3$  minutos)

b. Origen

- Internas: originadas en el sistema de distribución y con responsabilidad de la Empresa Distribuidora.
- Externas: originadas en el generador, transmisor, suspensión general de servicio, intervención de otra distribuidora o consumidor.

c. Causa

- Programadas: mantenimiento, ampliaciones, maniobras, mejoras.
- No programadas: climáticas, ambientales, fallas en la red, otras.

### 8.4.3. Causa de las Interrupciones.

Es importante tener en cuenta que las causas más habituales de fallas en el SED's, según la Comisión de Integración Energética Regional Latinoamericana (CIER), contempla lo siguiente:

- Medio ambiente: provocadas por descargas atmosféricas, lluvia, nieve hielo, calor solar, neblina.
- Animales: pájaros, insectos, otros animales.
- Terceros: Daño o interferencia intencional o voluntaria, Falla de los equipos de los consumidores, error de la operación en equipos, choque de vehículos, entre otras.
- Propias de la red: Problemas en trabajos con líneas vivas, error de operación, sobrecarga, diseño o proyecto inadecuado, entre otras.
- Fabricación: Falla de montaje en fábrica, falta de materiales y diseño del fabricante.
- Otros sistemas: Falla en el sistema de alimentación externa a la empresa (baja frecuencia), otra distribuidora, transmisor, generador.
- Otras causas: No clasificadas, no determinadas (causa desconocida).

En el anexo 2, se detalla la clasificación de las interrupciones según la CIER.

### 8.5. Confiabilidad en el Sistemas de Distribución Eléctrica.

La idea de confiabilidad, bien sea de un equipo o sistema, se relaciona con la habilidad de realizar una tarea específica en un intervalo de tiempo, razón por la cual, las técnicas de mantenimiento buscan reducir la ocurrencia de fallas mediante métodos cuantitativos que permitan garantizar la operación del sistema eléctrico [15].

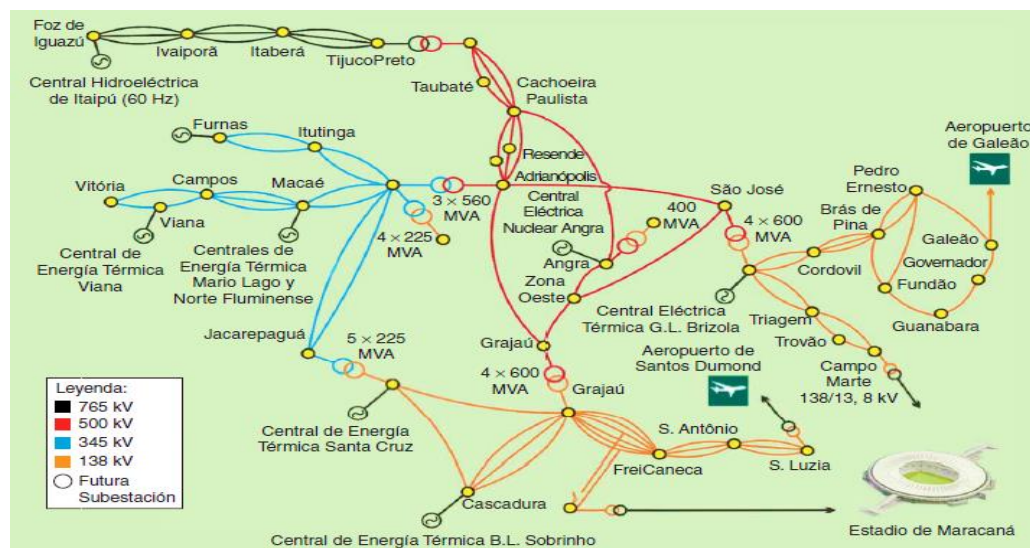
La cuantificación del desempeño de un sistema toma en nombre de confiabilidad, esto según [16], menciona que la mejora de la confiabilidad en las redes, parte de un riguroso estudio en la frecuencia de apagones y tiempo de restauración de la carga hacia el usuario final. Este hecho, contenida en un estudio cuidadoso de fallas, establece que los incidentes del sistema pueden

atenuarse mediante la aplicación de procedimientos, planes de rehabilitación y límites de transferencia en la red.

Varias son las causas, por las cuales los componentes de un sistema de distribución se vean sometidos a fallas, cuyas consecuencias en términos económico, político y social resulten en la imposición de sanciones tipificadas por la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) y el ARCONEL como ente regulatorio del Sistema Eléctrico ecuatoriano.

### 8.5.1. Confiabilidad.

La Confiabilidad descrita en el Registro Oficial No. 21, del Reglamento General de la LOSPEE, contenida en el Artículo 3, apartado definiciones, determina que la confiabilidad “corresponde a la probabilidad de que un equipo o sistema pueda desempeñar una función específica, durante un intervalo de tiempo y bajo condiciones de uso o de operación definidas en la regulación correspondiente” [17].



**Figura 5.** Diagrama unifilar del ST del Estado de Sao Paulo, Brasil. Confiabilidad N-1 y N-2.

**Fuente:** [16]

Como un medio para garantizar la seguridad del sistema, es primordial evaluar las condiciones actuales y futuras de los alimentadores, y esto tomando en cuenta el crecimiento poblacional, e identificando el tiempo y el lugar donde será requerido mitigar o expandir la red para garantizar la confiabilidad de las redes.

La figura 5., muestra los refuerzos que el sistema de transmisión brasileño tuvo en materia de confiabilidad para la copa Mundial del 2014.

## 8.5.2. Índices de confiabilidad.

Los índices de confiabilidad de un sistema de distribución, son funciones de fallas de componentes, reparaciones y tiempos de restauración que son aleatorio por naturaleza, para evaluar de forma predictiva la confiabilidad de los sistemas de distribución, en primera instancia requieren, la evaluación de dos grupos de índices, como son los índices de punto de carga e índices de rendimiento del sistema del consumidor.

### 8.5.2.1. Índices del punto de carga.

El grupo de índices, pertenecientes a este grupo, permiten analizar el rendimiento del pasado y futuro del sistema, es decir, predecir la confiabilidad del SED.

#### 8.5.2.1.1. Tasa de falla ( $\lambda$ ).

Denominada también como frecuencia de interrupción anual, esta función evalúa el promedio de veces que un elemento está sujeto a una falla o valor esperado para que un componente falle, que a su vez involucra la operación de un dispositivo de protección.

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\text{Número de fallas en un periodo de tiempo}}{\text{Numero de equipos expuestos a fallas x unidad de tiempo}} \quad \text{Ec. ( 1)}$$

Donde:

- Las unidades de la tasa de fallas ( $\lambda$ ) está en  $\left[ \frac{\text{Fallas}}{\text{Año}} \right]$ .

#### 8.5.2.1.2. Tiempo de interrupción ( $r$ ).

Es un parámetro que determina la cantidad de tiempo utilizado para reparar un sistema (optimización de mantenimiento) y restaurarlo a su funcionamiento completo. Incluye el tiempo para localizar la falla, el tiempo de autorización y el tiempo de retorno a la condición de funcionamiento normal [5].

$$r_T = TMMR = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_i} \quad \text{Ec. ( 2)}$$

Donde:

- $r_i$ : Tiempo de reparación del componente  $i$  en [horas].
- $\lambda_i$ : Número de interrupciones del componente  $i$ .
- $r_T$ : Duración promedio de la falla.

Se puede deducir que a partir del tiempo medio de reparación  $TMMR$ , dentro del análisis de componentes reparables, se puede obtener la tasa de reparación ( $\mu$ ), siendo esta inversamente proporcional, así:

$$\mu = \frac{1}{r} = \frac{\text{Cantidad de reparaciones}}{\text{Tiempo total de la reparación del componente}} \quad \text{Ec. ( 3)}$$

Donde:

- Las unidades de la tasa de reparación ( $\mu$ ) está dado en  $\left[\frac{\text{reparación}}{\text{hora}}\right]$

### 8.5.2.1.3. Indisponibilidad del punto de carga ( $U$ ).

La indisponibilidad se determinar como un intervalo de tiempo en el que un componente no puede cumplir una función, donde el sistema es demasiado lento o cuando los resultados calculados son incorrectos. La indisponibilidad se determina de la siguiente manera.

$$U = \lambda * r \quad \text{Ec. ( 4)}$$

Donde:

- $\lambda$ : Es la tasa de falla, con unidades  $\left[\frac{\text{interrupción}}{\text{año}}\right]$ .
- $r$ : es el Tiempo medio de reparación, con unidades  $\left[\frac{\text{hora}}{\text{reparación}}\right]$ .

El modelamiento de la indisponibilidad, se denomina “frecuencia y duración”, debido a que, parten del proceso de Markov donde la  $\lambda$  es la frecuencia y la  $r$  es la duración de la falla.

Donde:

- La indisponibilidad ( $U$ ), está expresado por  $\left[\frac{\text{horas}}{\text{año}}\right]$ .

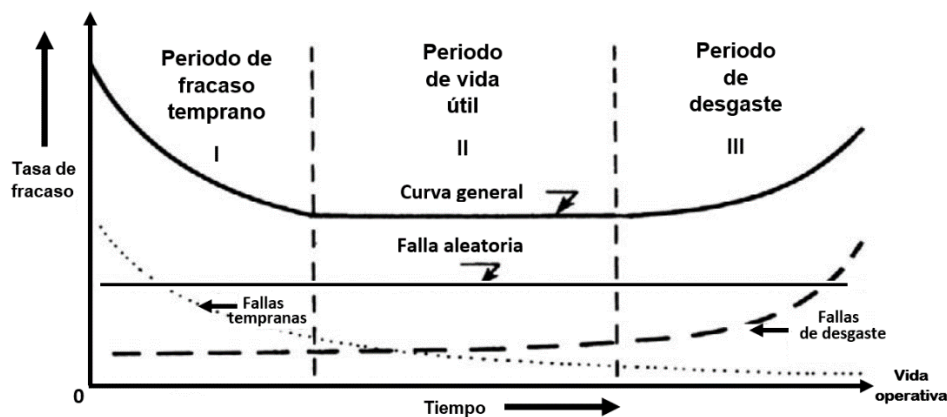
### 8.6. Distribución de probabilidad en evaluación de la confiabilidad.

El concepto de distribución de probabilidad, considera que todos los componentes de un sistema, asociadas a las características constructivas del equipo, están condicionadas a no fallar al mismo tiempo, sino, que éstos componentes fallarán en diferentes momentos del futuro, cuyas leyes físicas del universo, como el caso de la ley de Murphy, determina “si algo puede salir mal, saldrá mal” [18], esta premisa, asociada a los tiempos de falla corresponden a distribuciones probabilísticas, que describe la probabilidad de que un componente falle dentro

de un tiempo establecido, cuyas propiedades varían según el modelo de distribución a analizar [19].

### 8.6.1. Curva de tasa de riesgo.

La curva de tasa de riesgo (*curva de bañera*), representa la característica de varios componentes físicos, cuyas regiones representan los fallos que puede sufrir un equipo durante el tiempo de vida operativa. Ver la figura 6.



**Figura 6.** Taza de riesgo de componentes.

**Fuente:** [19]

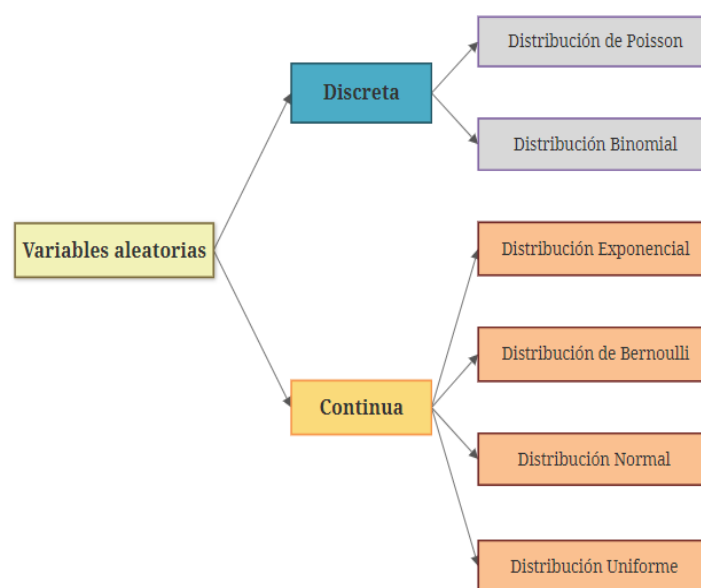
- La región I, denominada como tasa de mortalidad infantil o fase de eliminación de errores, representa el inicio de las funciones, donde la tasa de fallos disminuye en función del tiempo de edad, cuyos errores recaen en la fabricación o diseño incorrecto.
- La región II, denominada como periodo útil de vida, corresponde al periodo de funcionamiento normal del componente, cuya tasa de riesgo es constante, razón por la cual, es la única región donde la función exponencial es válida debido a que las fallas se producen por aleatoriedad.
- La región III, representa la fase de fatiga o desgaste del componente, cuya tasa de peligro, aumentan debido a la degradación del equipo, con respecto a funciones efectuadas en la línea del tiempo.

### 8.6.2. Variables aleatorias de distribución.

La probabilidad de distribución, a priori, evalúan la confiabilidad, cuya evaluación pueden ser desarrollados por métodos analíticos o simulativos, aunque los parámetros utilizados correspondan a un campo muy amplio.

Al hablar de variables aleatorias, se analiza la distribución de probabilidad, cuya variable aleatoria “es una función que asigna a cada evento definido sobre la variable, la probabilidad de que este evento ocurra” [20]. De este hecho, se clasifican dos grupos de variables, conocidas como discreta y la continua. Ver la figura 7, que muestra la clasificación de los modelos de distribución.

La variable aleatoria discreta son valores numéricos que tienen como característica principal el no poder tomar valores intermedios entre dos valores posibles consecutivos. En otras palabras, entre dos valores posibles existen un número finito de valores.



**Figura 7.** Clasificación de las variables de distribución, discreta y continua.

**Fuente:** [19]

Las variables aleatorias continuas pueden tomar valores intermedios entre dos valores, existiendo un conjunto infinito de valores posibles.

Lo que distingue a una distribución de probabilidad, es su función de probabilidad y su función de densidad de probabilidad.

### 8.6.3. Variables aleatorias discretas.

#### 8.6.3.1. Probabilidad por Distribución de Poisson.

El modelo de Distribución de Poisson, pertenece a una distribución de probabilidad discreta con un número infinito de puntos posibles para cualquier variable aleatoria. Un rasgo característico particular de la distribución de Poisson, es el conteo de la ocurrencia de un evento,

a diferencia de la distribución binomial, que cuenta la ocurrencia y la no ocurrencia de un evento, donde en ciertos sucesos la distribución binomial no es aplicable.

Paralelamente cabe destacar que una de las propiedades importantes de la distribución de Poisson es que la tasa de riesgo es constante, cuya denominación pasa a ser tasa de falla en términos más aplicables.

En base a esto, se analiza las fórmulas siguientes:

$$P(x) = \frac{(\mu)^x e^{-\mu}}{x!} \quad \text{Ec. ( 5)}$$

Donde:

- $x$ : Refleja el número de éxitos.
- $\mu$ : Valor esperado de una variable.

### 8.6.3.2. Probabilidad por Distribución Binomial.

En este tipo de distribución de probabilidades se asocian variables discretas que pueden tomar valores como 0, 1... n, siendo n la cantidad de eventos independientes que se pueden suscitar, con probabilidades tales como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P_x(r) = P[x = r, n, p] = \binom{n}{r} * p^r * (1 - p)^{n-r} \quad \text{Ec. ( 6)}$$

Donde:

- $P$ : Probabilidad de ocurrencia de un evento.
- $n$ : Número de eventos.
- $r$ : Número de fallas.
- $p^r$ : r sucesos de probabilidad.
- $n - r$ : Fallas, tiene probabilidad  $(1 - p)^{n-r}$ .
- $\binom{n}{r}$ : Factorial del número de eventos con relación al número de fallas  $\frac{n!}{r!(n-r)!}$ .

### 8.6.4. Variables aleatorias continuas.

#### 8.6.4.1. Probabilidad por Distribución Exponencial.

La distribución exponencial, o estrictamente exponencial negativa, es probablemente la distribución más conocida y utilizada en la evaluación de confiabilidad de sistemas. El factor

más importante para que sea aplicable es que la tasa de riesgo debe ser constante, en cuyo caso se define como la tasa de falla  $\lambda$ .

La probabilidad de un componente falle, durante un tiempo  $t$ , donde la tasa de riesgo es constante, se puede describir como la función:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. ( 7)}$$

Donde:

- $\lambda t$ : Tasa de falla con respecto al tiempo de análisis.

Partiendo de la Ecuación 7, la densidad de falla es:

$$f(x) = \frac{-dR(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. ( 8)}$$

Donde:

- $\lambda$ : Tasa de falla.

#### **8.6.4.2. Probabilidad por Distribución de Bernoulli.**

En esta distribución de probabilidad, las variables sólo pueden tomar dos valores, siendo 1 el éxito y 0 el fracaso, como se muestra en la Ecuación 9:

$$P_{(x=1)} = p ; P_{(x=0)} = 1 - p ; 0 < p < 1 \quad \text{Ec. ( 9)}$$

Donde:

- $p$ : Probabilidad de éxito.
- $q$ : Probabilidad de fracaso.

#### **8.6.4.3. Probabilidad por Distribución Normal.**

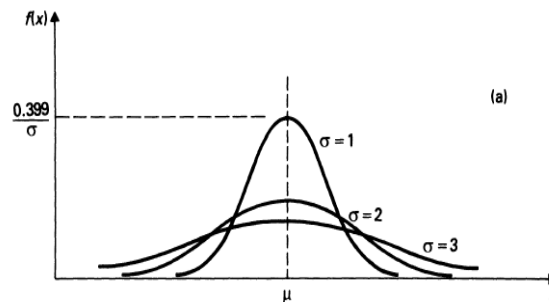
La distribución de probabilidad normal, a veces denominada gaussiana de distribución, es probablemente la distribución más importante y ampliamente utilizada en todo el campo de la estadística y probabilidad. Aunque las aplicaciones en la evaluación de confiabilidad, es de menor importancia, a comparación de otras distribuciones.

La función de densidad de probabilidad de una distribución normal puede expresarse en términos generales como:

$$F(x) = \frac{1}{\beta * \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - a)^2}{2 * \beta^2}\right) \quad \text{Ec. ( 10)}$$

Donde:

- $e$ : Constante matemática.
- $\pi$ : Constante matemática.
- $\mu$ : Media de la población.



**Figura 8.** Media y varianza de la función normal.

**Fuente:** [19]

Si el valor medio  $\mu$  y la desviación estándar  $\sigma$  se evaluará para esta expresión, puede ser presentado como:

$$\mu = a ; \sigma = \beta$$

Por lo tanto, la expresión para la función de densidad de probabilidad de la distribución normal siempre se escribe como:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma * \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2 * \sigma^2}\right) \quad \text{Ec. ( 11)}$$

Donde:

- $\mu$ : Media.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la población.
- $\sigma^2$ : Varianza.

#### 8.6.4.4. Probabilidad por Distribución Uniforme.

La distribución uniforme, es una distribución de probabilidad que asume un número infinito de valores con la misma probabilidad, como se muestra en los siguientes ejemplos.

- Para un dado perfecto de 6 caras, todos los resultados tienen una misma probabilidad 1/6.
- Para una moneda perfecta, todos los resultados tienen la misma probabilidad de 1/2.
- Si la distribución asume los valores reales  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , su función de probabilidad es:

$$p(x_i) = \frac{1}{n} \quad \text{Ec. ( 12)}$$

Donde:

- $n$ : Representa el número de eventos.
- Media.

$$\mu = \sum_i^n \frac{x_i}{n} \quad \text{Ec. ( 13)}$$

- Varianza.

$$\sigma = \sum_i^n \frac{(x_i - \mu)^2}{n} \quad \text{Ec. ( 14)}$$

## 8.7. Método de Monte Carlo.

Las técnicas de simulación, que permiten representar un sistema mediante un modelo matemático y por ende evaluar la confiabilidad de un componente o sistema, no es un tema moderno y más aun hablando de técnicas de simulación, como el Método de Monte Carlo, y esto, debido a que su uso en el campo de los sistemas de energía, permite evaluar el comportamiento aleatorio del sistema en un tiempo específico.

Sin embargo, el Método de Montecarlo, al pertenecer al campo de los procesos estocásticos, predice la evolución de una variable, bajo una serie de experimentos, en base al enfoque: secuencial y aleatorio.

### 8.7.1. Generador de valores aleatorios.

En una técnica de simulación, el numero aleatorios es importante. Los números aleatorios se definen dentro del intervalo (0,1) es, decir, que la variable aleatoria al ser un valor uniformemente distribuido, la probabilidad de representar cualquier valor entre 0 y 1 es la misma para cada número [21].

La generación de la variable aleatoria, puede realizarse mediante métodos matemáticos, que pueden desarrollarse en computadoras digitales, aunque cabe destacar, que, el número aleatorio creado por métodos matemáticos, llevan el nombre de números pseudoaleatorios.

Un principio importante, que prueban la aleatoriedad del número aleatorio, es la siguiente:

- El número debe tener distribución uniforme entre [0,1].
- Semejanza mínima entre números.
- El número debe ser reproducible.

### 8.7.2. Métodos para generar variables aleatorias.

La manera más efectiva, para generar variables aleatorias distribuidas de forma no uniforme, se representa bajo tres métodos, denominados:

- Aceptación-rechazo.
- Composición.
- Transformación inversa.

Esta última, la cual, se enfatiza en la siguiente sección, debido a su frecuencia de uso en distribuciones exponenciales y técnicas de simulación.

#### 8.7.2.1. Transformación inversa.

El método de transformación inversa, se describe en la siguiente preposición:

*“Si una variable aleatoria  $U$  sigue una distribución uniforme en el intervalo entre [0,1], la variable aleatoria  $X = F^{-1}(U)$  tiene una función de distribución de probabilidad acumulativa continua  $F(X)$ ” [21].*

La preposición, dada, es descrita de la siguiente manera:

$$X = F^{-1}(U) \quad \text{Ec. ( 15)}$$

$$P(X \leq x) = P(F^{-1}(U) \leq x) \quad \text{Ec. ( 16)}$$

Si  $F(x)$  es una función que pertenece a la distribución acumulativa,  $F(x)$  es una función monótonica creciente. Esto lleva a la siguiente deducción:

$$P(F^{-1}(U) \leq x) = P(U \leq F(x)) \quad \text{Ec. ( 17)}$$

Al ser  $U$ , una variante aleatoria distribuida uniformemente, tenemos:

$$P(X \leq x) = F(x) \quad \text{Ec. ( 18)}$$

Donde,  $F(x)$  es la función de distribución acumulativa de  $X$  obtenida al establecer  $P(F^{-1}(U))$ , que al generalizarla en la distribución discreta, se tiene que la función inversa de  $F(x)$ , dentro del intervalo  $[0,1]$ , como sigue:

$$X = F^{-1}(U) \quad [0 \leq U \leq 1] \quad \text{Ec. ( 19)}$$

## **9. HIPÓTESIS.**

¿Las interrupciones en el Sistema de Distribución Primaria son ocasionado por fauna como pájaros o animales silvestres?

## **10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIEMNTAL.**

Para establecer las causas con mayor incidencia en el Sistema de Distribución Primaria por fauna y así determinar el rendimiento del sistema ante falla en base a la probabilidad de Poisson y simulación de Monte Carlo, se detallan a continuación las siguientes metodologías y técnicas, usadas para el efecto del tema de investigación planteado.

### **10.1. Métodos de la investigación.**

#### **10.1.1. Método documental.**

Método con la cual se recopila la información, contenida en temas de confiabilidad en los Sistemas Distribución, como también procedimientos y modelos de probabilidad aplicados a la aleatoriedad de fallas que se producen en las redes de distribución, cuya finalidad, permite establecer conceptos y criterios usados en la evaluación de la eficiencia de las redes de distribución.

#### **10.1.2. Método deductivo-inductivo.**

Este método, permite obtener la ecuación característica que evalúa la confiabilidad y eficiencia del SED a partir de 2 relaciones importantes, contenidas en las propiedades de la curva de riesgo (curva de la bañera), con efecto a fallas aleatorias externas a la red de distribución y la distribución por probabilidad de Poisson, con las cuales, se evalúa la confiabilidad con la

relación de tasa de falla y tasa de reparación que registra los primarios; con una base a un estudio de 5 años, que inicia desde julio del 2014 a junio del 2019.

### **10.1.3. Método analítico-sintético.**

Método que permite organizar y clasificar la información contenida en los registros del Sistema Eléctrico de Distribución de la E.E.Q.S.A., con base a los índices de confiabilidad respecto a la carga, con prioridad a las fallas aleatorias ocasionadas por fauna, cuyos índices de forma paralela, son usados para simular la probabilidad de falla por el método Monte Carlo.

## **10.2. Técnicas de investigación.**

### **10.2.1. Adquisición de datos.**

Técnica útil para obtención de los índices de confiabilidad asociados a la carga en base de datos (históricos) del Sistema de Energía de la E.E.Q.S.A.

### **10.2.2. Modelación.**

Técnica, con la cual se modela una función de tasa de falla y confiabilidad a partir de la probabilidad de Poisson, establecida en un tiempo de Planificación de Operación de Mantenimientos (POM) de 1 año.

### **10.2.3. Simulación.**

Esta técnica es usada para simular la probabilidad de falla en años del Sistema de Distribución Primaria de la E.E.Q.S.A., bajo un número de ensayos, contenidos en un nivel de confianza y porcentaje de error mínimo de los resultados obtenidos, mediante el Método de Monte Carlo (*CMS*).

## **11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

En esta sección, se presenta un panorama general de las interrupciones registradas en el Sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A., correspondientes a interconexiones externas a la empresa, sistema de Subtransmisión y el Sistema de Distribución Primaria, como tema principal de estudio.

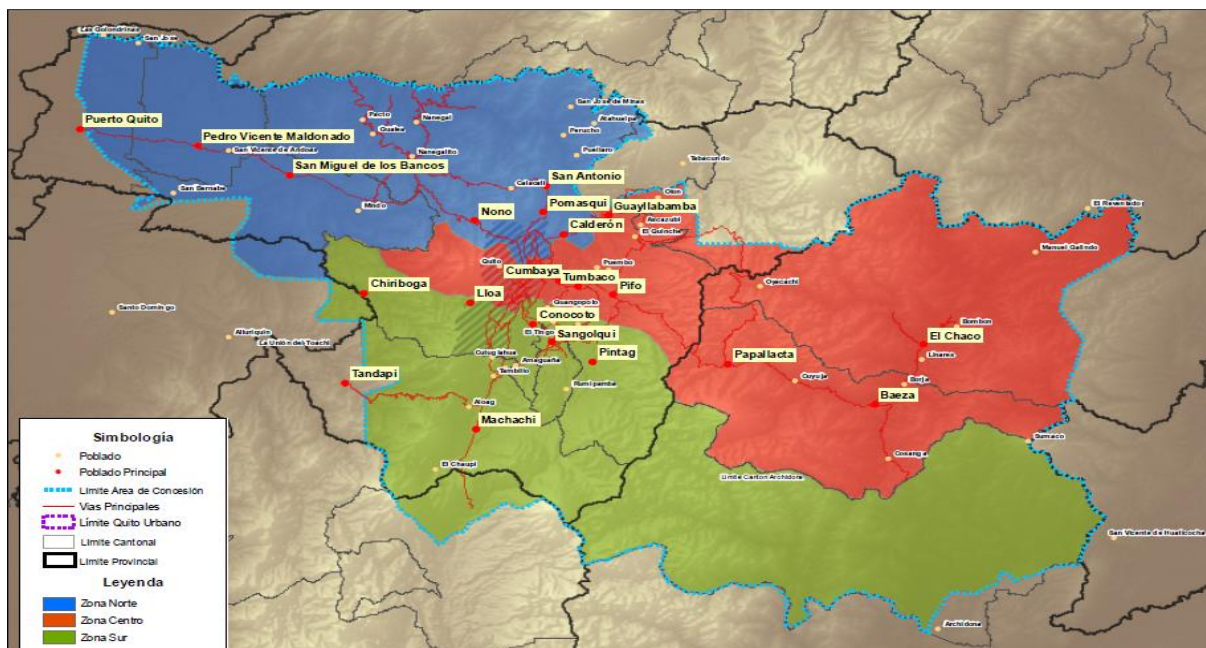
Primeramente, con el fin de establecer las principales causas por fauna que producen fallas en el SDP, se usa el diagrama de Pareto, que, mediante un orden descendente en el número de interrupciones registradas, se determina la causa más incidente en las redes. A partir de la causa restante, se calcula la confiabilidad e indisponibilidad de los primarios, bajo el modelo de

confiabilidad por la probabilidad de Poisson y propiedades de la curva del riesgo (curva de la bañera), con un tiempo de Planificación de Operación de Mantenimiento de 1 año.

Seguidamente, se simula los índices de confiabilidad respecto a la carga para obtener la probabilidad de falla de los primarios.

### 11.1. Área de servicio y cobertura de la EEQSA.

La Empresa Eléctrica Quito S.A., fundada en el año de 1955, es una Empresa de Distribución Eléctrica, la cual es la encargada de generar, distribuir y comercializar la energía dentro de su área de concesión. Ver Figura 9.



**Figura 9.** Área de concesión de la Empresa Eléctrica Quito. Zonas Norte, Centro y Sur.

**Fuente:** Departamento de Operación y Mantenimiento de la Zona Urbana. EEQ.

El área total de concesión de la EEQSA, es de  $15.155,49 \text{ km}^2$ , la cual, en la provincia de Pichincha, contempla los siguientes cantones:

- Cantón Quito.
- Cantón Rumiñahui.
- Cantón Mejía.
- Cantón Pedro Vicente Maldonado.
- Cantón Los Bancos.
- Cantón Puerto Quito.
- Parte de Cayambe

Provincia de Napo, los cantones:

- Quijos
- El Chaco

El sistema de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito EEQ, está constituido por redes de 22,8kV, 6,3kV y 13,8kV. La zona central de la ciudad de Quito, tiene un voltaje de 6,3kV, la zona del noroccidente maneja un voltaje de 13,2kV y el resto del área de concesión, tanto Urbana y Rural tiene niveles de voltaje de 22,8kV.

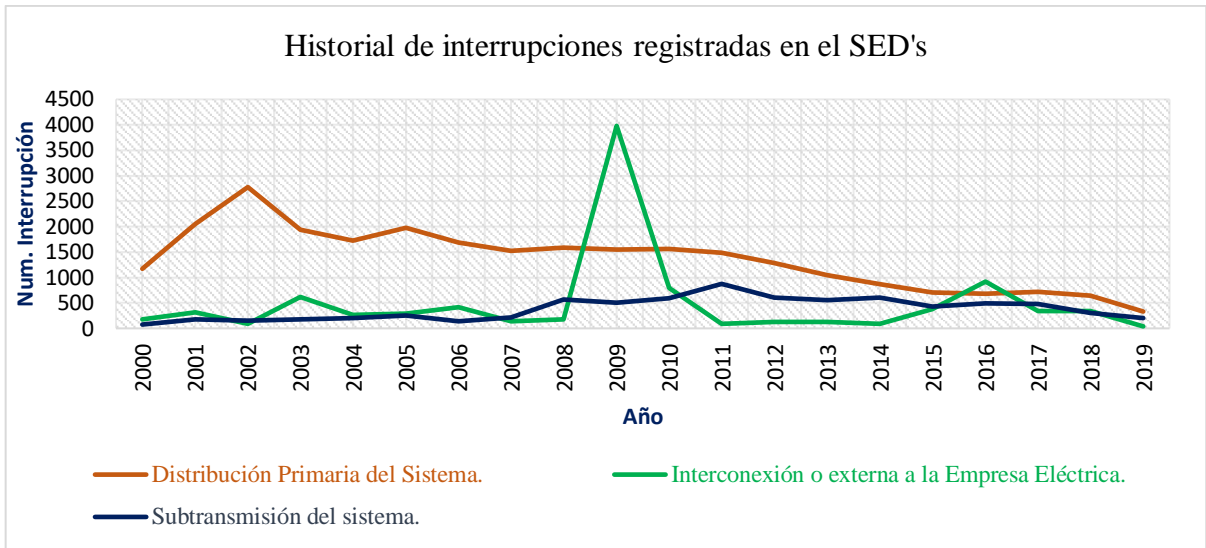
### **11.2. Sistema Eléctrico de Distribución.**

La EEQSA, actualmente está constituida por 69 S/E de Distribución dentro de su área de concesión, de las cuales 64 S/E pertenecen a la provincia de Pichincha, ver Anexo 3, bajo la división geográfica de la figura 9., las S/E se dividen por zonas, como: Norte, Centro, Sur, Noreste, Noroeste y Sureste.

Según las políticas del Plan de Expansión 2016-2025 de la EEQSA, el área urbana del Cantón Quito tiene un sistema de Subtransmisión de 138kV, mientras que el área rural y periférica mantiene un sistema de 46kV. La red de distribución de medio voltaje consta de voltajes de 6.3kV para la zona centro, mientras que, en áreas adyacentes con voltajes de 22,8kV y 13,8kV respectivamente.

### **11.3. Historial de Interrupciones en la Empresa Eléctrica Quito.**

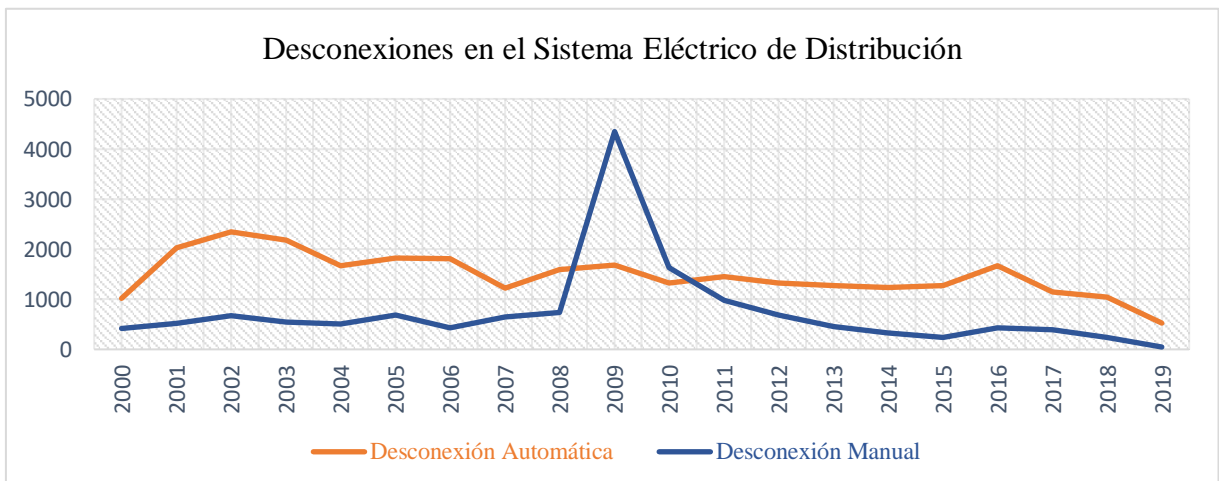
El Sistema Eléctrico de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito S.A., como se observa en la figura 10, registra una cantidad importante de interrupciones, mismas que desde el año 2000 hasta el 2019, con el objetivo de cumplir los índices de calidad de servicio técnico según la Regulación del 004/01 del CONELEC y reformada con la vigente regulación 005/18 del ARCONEL del año 2018, la EEQ, ejecuta anualmente actividades de mantenimiento planificados para reducir el número de desconexiones en el Sistema de Distribución, cuyas actividades han mejorado la incidencia de interrupciones a nivel global en las redes. Sin embargo, como se detalla en la figura 10, las interrupciones en el Sistema de Distribución Primaria, comparada al Sistema de Subtransmisión e interconexiones externas a la empresa es la que mayores interrupciones registra. El Sistema de Subtransmisión al igual que las interconexiones externas a la empresa registra un número igual de interrupciones en las redes, cuya proporción solo en el año 2009 para las interconexiones externas a la empresa fueron altas, llegando a un total de 4000 interrupciones registradas.



**Figura 10.** Número de interrupciones registradas en el SED's de la Empresa Eléctrica Quito. Desde 2000-2019.

**Realizado por:** El postulante.

La figura 11, muestra la evolución de las desconexiones en el Sistema de Distribución de la EEQSA, donde, se aprecia que la desconexión automática, es la que presenta mayores registros, con un total de 29620 desconexiones desde el año 2000 hasta el año 2019, cuya desconexión es producida por fenómenos transitorios (aleatorios), inherentes a la red, mientras que, la desconexión manual, correspondiente a maniobras o mantenimientos en las redes es mínima, con un total de 14944 desconexiones.

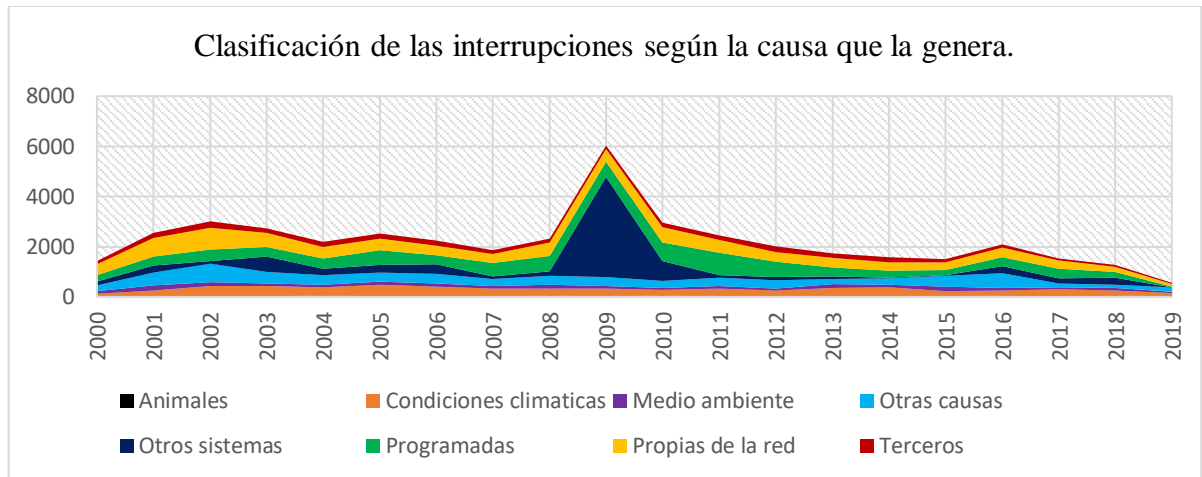


**Figura 11.** Historial de desconexiones, desde el 2000-2019. A.) Desconexión automática. B.) Desconexión manual.

**Realizado por:** El Postulante

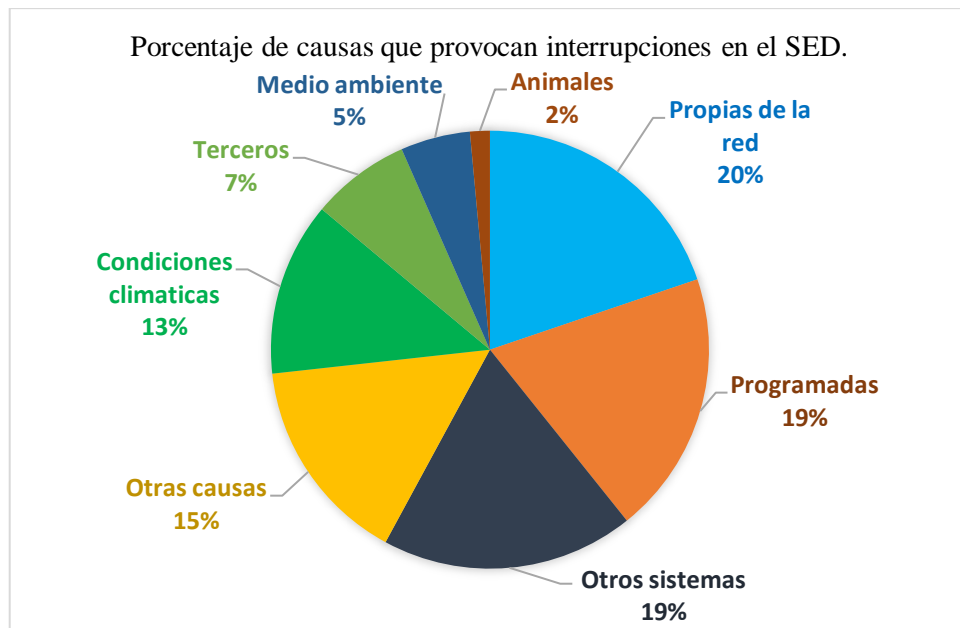
**11.3.1. Causa de interrupciones en el SED.**

Bajo la clasificación de las causas, estimados en la CIER del anexo 2, y registros que van desde el año 2000 hasta el año 2019, la figura 12, muestra la frecuencia de las interrupciones, respecto a la causa que la genera; como se puede observar, cada causa tiene su valor de incidencia en el SED.



**Figura 12.** Historial del Sistema Eléctrico de Distribución, según la causa que provoca la interrupción, según la CIER. Registros de la EEQ.

**Realizado por:** El Postulante.



**Figura 13.** Porcentaje en orden descendente de las causas que provocan interrupciones en el SED, desde el año 200-2019. EEQ. Causas basadas según la CIER.

**Realizado por:** El Postulante

La figura 13, muestra el porcentaje de cada causa registrada en el SED, respecto al total de interrupciones registradas; siendo la causa “propias de la red”, la más incidente, con un 20% de interrupciones, seguida de programadas y otros sistemas con 19% cada uno. Al analizar las causas por cuestión animal, se observa que el porcentaje de incidencia en las redes, es mínima, llegando a un 2%, del total de causa analizadas, aunque el porcentaje es mínimo, en la siguiente sección se analiza el porcentaje total, registrado en el sistema de Distribución Primaria.

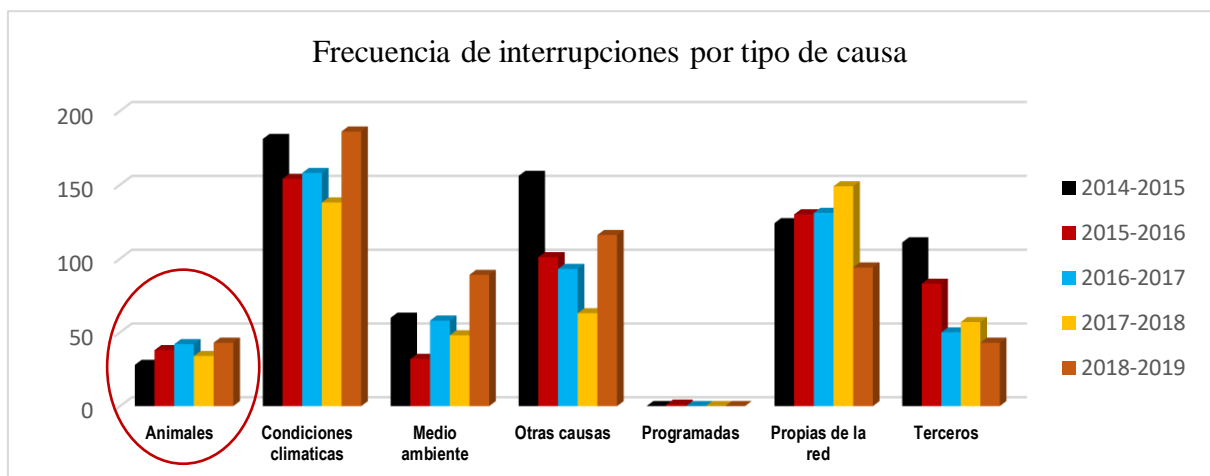
#### 11.4. Interrupciones en el Sistema de Distribución Primaria (SDP).

Las interrupciones registradas en los últimos 5 años (julio del 2014 a junio del 2019), en el SED, se detallan en la tabla 2, cuyas interrupciones registradas, son parte de la Planificación de Operación y Mantenimientos (POM), que realiza anualmente la EEQSA, en materia de actividades de mantenimiento.

**Tabla 2.** Interrupciones del Sistema Eléctrico de Distribución de la EEQSA. 2014-2019.

| Periodo POM    | Distribución Primaria del Sistema. |                    |                        | Interconexión o externa a la Empresa. |                    |                        | Subtransmisión del Sistema. |                    |                        |
|----------------|------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------|
|                | Desconexión Automática             | Desconexión Manual | No. total interrupción | Desconexión Automática                | Desconexión Manual | No. total interrupción | Desconexión Automática      | Desconexión Manual | No. total interrupción |
| 2014-2015      | 660                                | 150                | <b>810</b>             | 133                                   | 59                 | <b>192</b>             | 357                         | 106                | <b>463</b>             |
| 2015-2016      | 539                                | 109                | <b>648</b>             | 313                                   | 79                 | <b>392</b>             | 411                         | 133                | <b>544</b>             |
| 2016-2017      | 532                                | 193                | <b>725</b>             | 945                                   | 57                 | <b>1002</b>            | 352                         | 198                | <b>550</b>             |
| 2017-2018      | 489                                | 166                | <b>655</b>             | 145                                   | 33                 | <b>178</b>             | 156                         | 132                | <b>288</b>             |
| 2018-2019      | 571                                | 67                 | <b>638</b>             | 309                                   | 6                  | <b>315</b>             | 313                         | 42                 | <b>355</b>             |
| <b>Totales</b> | <b>2791</b>                        | <b>685</b>         | <b>3476</b>            | <b>1845</b>                           | <b>234</b>         | <b>2079</b>            | <b>1589</b>                 | <b>611</b>         | <b>2200</b>            |

Fuente: EEQSA.



**Figura 14.** Interrupciones del SDP, por relación de la causa y desconexión automática registrada.

Realizado por: El Postulante

Como se observa en la tabla 2, al igual que la sección 11.3, las interrupciones del Sistema de Distribución Primaria son mayores a comparación de los otros sistemas, con un total de 3476 interrupciones para Distribución Primaria, 2200 interrupciones para el Sistema de Subtransmisión y 2079 para Interconexiones o externas a la Empresa

Como en la investigación se plantea las desconexiones aleatorias o automáticas, la tabla 2, clasifica las desconexiones entre automáticas y manuales, siendo la desconexión automática la más incidente en las redes, donde el SDP tiene un total de 2791 interrupciones por fallas aleatorias.

La figura 14, muestra la frecuencia de las interrupciones, según la causa y desconexión automática registrada, donde se observa que la causa con mayores registros es la ocasionada por descargas atmosférica con un total de 817 interrupciones por desconexiones automáticas, propias de la red con 618 interrupciones totales, otras causas 529 interrupciones totales, terceros con 324 interrupciones totales, medio ambiente con 287 interrupciones, animales con 185 interrupciones y programadas con 1 interrupción registrada. Ver anexo 4 y 5.

#### **11.4.1. Frecuencia y duración de interrupciones mayores a 3 minutos.**

Dentro del marco normativo del ARCONEL, estimado en la Regulación 005/18, la Empresa Eléctrica Quito S.A, para el cálculo de los índices de calidad de servicio técnico de distribución, toma en cuenta las interrupciones mayores a 3 minutos, denominadas interrupciones permanentes en el Sistema de Distribución.

La figura 15, muestra los Alimentadores Primarios que presentan una frecuencia y duración de interrupción mayor a tres minutos (*interrupción > 3min*), en las cuales se observa, que el primario con mayor número de interrupción es el Primario 21A de la S/E Epiclachima y el Primario 26B de la S/E Alangasí con 16 interrupciones mayores a 3 minutos cada una. En un rango promedio, se observa que el número de interrupciones presentes en cada primario es de 1 a 6 interrupciones mayores a 3 minutos, a excepción de otros primarios que tiene un número mayor.

Al analizar la duración total, de las interrupciones del Primario 21A y 26B de la S/E Epiclachima y S/E Alangasí, se tiene que el primario 21A tiene una duración promedio de 0:24:48 horas, mientras que el Primario 26B de la S/E Alangasí, tiene una duración promedio total de 00:37:16 horas.

**Tabla 3.** Frecuencia y duración promedio de interrupciones mayores a 3 minutos.

| Nombre Sub.       | Primario | No. Inter. | Duración[horas] | Duración promedio [horas] | Nombre Sub.      | Primario | No. Inter. | Duración[horas] | Duración promedio [horas] |
|-------------------|----------|------------|-----------------|---------------------------|------------------|----------|------------|-----------------|---------------------------|
| OLIMPICO          | 1A       | 2          | 1:49:48         | 0:54:54                   | EPICLACHIMA      | 21E      | 11         | 8:50:40         | 0:48:15                   |
| OLIMPICO          | 1B       | 3          | 1:49:29         | 0:36:30                   | EPICLACHIMA      | 21F      | 5          | 6:33:00         | 1:18:36                   |
| OLIMPICO          | 1C       | 3          | 6:06:41         | 2:02:14                   | SAN ANTONIO      | 22A      | 7          | 9:29:53         | 1:21:25                   |
| OLIMPICO          | 1D       | 6          | 10:02:26        | 1:40:24                   | SAN ANTONIO      | 22B      | 8          | 11:33:45        | 1:26:43                   |
| OLIMPICO          | 1E       | 4          | 2:12:18         | 0:33:04                   | SAN ANTONIO      | 22C      | 5          | 2:18:23         | 0:27:41                   |
| LULUNCOTO         | 2B       | 5          | 6:55:11         | 1:23:02                   | SAN ANTONIO      | 22D      | 3          | 1:11:51         | 0:23:57                   |
| LULUNCOTO         | 2C       | 4          | 2:06:35         | 0:31:39                   | CONOCOTO         | 23A      | 6          | 4:41:37         | 0:46:56                   |
| LULUNCOTO         | 2D       | 9          | 9:38:46         | 1:04:18                   | CONOCOTO         | 23B      | 9          | 8:56:33         | 0:59:37                   |
| BARRIONUEVO       | 3A       | 3          | 3:33:21         | 1:11:07                   | CONOCOTO         | 23C      | 5          | 4:09:46         | 0:49:57                   |
| BARRIONUEVO       | 3B       | 4          | 3:02:31         | 0:45:38                   | CONOCOTO         | 23D      | 7          | 5:35:59         | 0:48:00                   |
| BARRIONUEVO       | 3C       | 5          | 5:45:26         | 1:09:05                   | CAROLINA         | 24A      | 8          | 6:37:56         | 0:49:44                   |
| BARRIONUEVO       | 3D       | 3          | 3:08:57         | 1:02:59                   | CAROLINA         | 24B      | 4          | 3:31:19         | 0:52:50                   |
| BARRIONUEVO       | 3E       | 3          | 2:11:55         | 0:43:58                   | CAROLINA         | 24C      | 1          | 5:46:10         | 5:46:10                   |
| BARRIONUEVO       | 3T       | 6          | 4:36:14         | 0:46:02                   | CAROLINA         | 24D      | 1          | 1:23:10         | 1:23:10                   |
| CHIMBACALLE       | 4A       | 3          | 0:39:48         | 0:13:16                   | CAROLINA         | 24E      | 3          | 2:38:48         | 0:52:56                   |
| CHIMBACALLE       | 4B       | 2          | 1:23:11         | 0:41:36                   | CAROLINA         | 24F      | 4          | 3:44:40         | 0:56:10                   |
| CHIMBACALLE       | 4C       | 3          | 4:28:32         | 1:29:31                   | ALANGASI         | 26A      | 3          | 2:26:40         | 0:48:53                   |
| CHIMBACALLE       | 4D       | 3          | 1:32:11         | 0:30:44                   | ALANGASI         | 26B      | 16         | 9:56:11         | 0:37:16                   |
| CHIMBACALLE       | 4E       | 3          | 1:35:56         | 0:31:59                   | ALANGASI         | 26C      | 7          | 6:19:06         | 0:54:09                   |
| CHILIBULO         | 5D       | 12         | 12:52:52        | 1:04:24                   | ALANGASI         | 26D      | 3          | 3:14:52         | 1:04:57                   |
| ESCUELA SUCRE     | 6A       | 1          | 2:08:02         | 2:08:02                   | SAN RAFAEL       | 27A      | 6          | 2:03:08         | 0:20:31                   |
| ESCUELA SUCRE     | 6B       | 2          | 3:06:39         | 1:33:19                   | SAN RAFAEL       | 27C      | 7          | 3:38:38         | 0:31:14                   |
| ESCUELA SUCRE     | 6C       | 3          | 4:55:07         | 1:38:22                   | SAN RAFAEL       | 27D      | 5          | 3:41:16         | 0:44:15                   |
| ESCUELA SUCRE     | 6N       | 3          | 4:15:09         | 1:25:03                   | SAN RAFAEL       | 27F      | 6          | 3:41:33         | 0:36:56                   |
| SAN ROQUE         | 7A       | 2          | 3:22:14         | 1:41:07                   | INAQUITO         | 28A      | 2          | 1:06:06         | 0:33:03                   |
| SAN ROQUE         | 7B       | 6          | 10:24:15        | 1:44:03                   | INAQUITO         | 28B      | 1          | 0:56:22         | 0:56:22                   |
| SAN ROQUE         | 7C       | 7          | 6:36:42         | 0:56:40                   | INAQUITO         | 28C      | 3          | 0:14:12         | 0:04:44                   |
| SAN ROQUE         | 7D       | 3          | 9:16:48         | 3:05:36                   | INAQUITO         | 28D      | 3          | 1:38:27         | 0:32:49                   |
| LA MARIN          | 8A       | 1          | 0:50:23         | 0:50:23                   | INAQUITO         | 28H      | 2          | 2:58:38         | 1:29:19                   |
| LA MARIN          | 8B       | 3          | 3:00:43         | 1:00:14                   | NUEVA CUMBAYA    | 29A      | 3          | 2:15:47         | 0:45:16                   |
| LA MARIN          | 8C       | 1          | 0:50:23         | 0:50:23                   | NUEVA CUMBAYA    | 29B      | 4          | 3:52:38         | 0:58:10                   |
| LA MARIN          | 8D       | 5          | 10:30:42        | 2:06:08                   | NUEVA CUMBAYA    | 29C      | 5          | 2:35:27         | 0:31:05                   |
| LA MARIN          | 8N       | 12         | 10:28:59        | 0:52:25                   | NUEVA CUMBAYA    | 29D      | 1          | 0:24:31         | 0:24:31                   |
| MIRAFLORES        | 9A       | 4          | 4:49:28         | 1:12:22                   | TABABELA         | 31A      | 10         | 10:38:50        | 1:03:53                   |
| MIRAFLORES        | 9C       | 1          | 0:03:28         | 0:03:28                   | TABABELA         | 31B      | 5          | 4:01:00         | 0:48:12                   |
| MIRAFLORES        | 9D       | 4          | 9:41:37         | 2:25:24                   | TABABELA         | 31C      | 5          | 5:07:40         | 1:01:32                   |
| DIEZ VIEJA        | 10A      | 2          | 0:14:19         | 0:07:09                   | TABABELA         | 31D      | 3          | 3:30:18         | 1:10:06                   |
| DIEZ VIEJA        | 10B      | 4          | 1:49:59         | 0:27:30                   | TABABELA         | 31E      | 3          | 1:23:55         | 0:27:58                   |
| DIEZ VIEJA        | 10C      | 4          | 2:03:33         | 0:30:53                   | DIEZ NUEVA       | 32A      | 1          | 1:07:14         | 1:07:14                   |
| DIEZ VIEJA        | 10D      | 1          | 1:05:40         | 1:05:40                   | DIEZ NUEVA       | 32B      | 4          | 6:57:25         | 1:44:21                   |
| BELISARIO QUEVEDO | 11A      | 4          | 3:35:18         | 0:53:50                   | DIEZ NUEVA       | 32C      | 5          | 4:24:47         | 0:52:57                   |
| BELISARIO QUEVEDO | 11B      | 4          | 4:10:58         | 1:02:44                   | AEROPUERTO       | 33D      | 7          | 5:00:09         | 0:42:53                   |
| BELISARIO QUEVEDO | 11C      | 1          | 1:05:03         | 1:05:03                   | MACHACHI         | 34A      | 11         | 11:35:26        | 1:03:13                   |
| BELISARIO QUEVEDO | 11D      | 1          | 0:51:24         | 0:51:24                   | MACHACHI         | 34B      | 9          | 9:22:43         | 1:02:31                   |
| LA FLORESTA       | 12A      | 1          | 1:16:08         | 1:16:08                   | MACHACHI         | 34C      | 6          | 4:50:20         | 0:48:23                   |
| LA FLORESTA       | 12B      | 6          | 5:14:33         | 0:52:26                   | MACHACHI         | 34D      | 1          | 2:15:19         | 2:15:19                   |
| LA FLORESTA       | 12C      | 1          | 0:45:28         | 0:45:28                   | TUMBACO          | 36A      | 8          | 5:03:44         | 0:37:58                   |
| LA FLORESTA       | 12D      | 3          | 4:27:13         | 1:29:04                   | TUMBACO          | 36B      | 4          | 4:42:12         | 1:10:33                   |
| GRANDA CENTENO    | 13A      | 9          | 8:34:40         | 0:57:11                   | TUMBACO          | 36C      | 8          | 6:06:34         | 0:45:49                   |
| GRANDA CENTENO    | 13B      | 2          | 0:51:53         | 0:25:57                   | TUMBACO          | 36D      | 6          | 4:31:30         | 0:45:15                   |
| GRANDA CENTENO    | 13C      | 9          | 7:24:14         | 0:49:22                   | TUMBACO          | 36E      | 2          | 3:24:25         | 1:42:13                   |
| GRANDA CENTENO    | 13D      | 9          | 9:14:00         | 1:01:33                   | TUMBACO          | 36F      | 6          | 4:47:53         | 0:47:59                   |
| GRANDA CENTENO    | 13E      | 5          | 4:37:45         | 0:55:33                   | SANTA ROSA       | 37A      | 6          | 7:03:03         | 1:10:31                   |
| GUALO             | 14A      | 2          | 1:04:53         | 0:32:26                   | SANTA ROSA       | 37B      | 5          | 3:58:03         | 0:47:37                   |
| GUALO             | 14B      | 1          | 1:29:07         | 1:29:07                   | SANTA ROSA       | 37C      | 10         | 5:11:19         | 0:31:08                   |
| GUALO             | 14C      | 2          | 1:23:19         | 0:41:39                   | SANTA ROSA       | 37D      | 9          | 9:52:08         | 1:05:48                   |
| GUALO             | 14D      | 6          | 3:50:48         | 0:38:28                   | SANTA ROSA       | 37E      | 2          | 4:40:13         | 2:20:06                   |
| GUALO             | 14E      | 2          | 3:08:57         | 1:34:28                   | SANTA ROSA       | 37F      | 21         | 22:10:56        | 1:03:23                   |
| EL BOSQUE         | 15A      | 3          | 2:40:37         | 0:53:32                   | MOVIL PAPALLACTA | 42A      | 1          | 2:04:00         | 2:04:00                   |
| EL BOSQUE         | 15B      | 5          | 5:16:12         | 1:03:14                   | LOS BANCOS       | 49A      | 9          | 12:52:18        | 1:25:49                   |
| EL BOSQUE         | 15C      | 2          | 1:09:55         | 0:34:57                   | LOS BANCOS       | 49B      | 4          | 8:07:39         | 2:01:55                   |
| EPICLACHIMA       | 21A      | 16         | 14:36:51        | 0:54:48                   | LOS BANCOS       | 49C      | 10         | 7:46:52         | 0:46:41                   |

La Tabla 3, muestra el número de interrupciones mayores a 3 minutos por Alimentador Primario, al igual que la duración promedio de cada interrupción. El anexo 6, muestra un histograma de la frecuencia y duración de las interrupciones

### **11.5. Propuesta para determinar la eficiencia del SDP bajo análisis de falla por fauna**

Como se vio en anteriores secciones, la frecuencia de interrupciones en el Sistema de Distribución Primaria de la EEQSA, es bastante alto en comparación con el Sistema de Subtransmisión e interconexiones externas a la empresa, donde al analizar las interrupciones de los últimos 5 años, el SDP presenta un total de 3476 registros, siendo el sistema con mayor número de interrupciones a nivel del SED, a la par, como se observa en la figura 11 y tabla 2, las desconexiones automáticas son las que mayormente se producen en las redes, por tal motivo, en la presente sección, con el fin de determinar la eficiencia del SDP ante fallas aleatorias (desconexiones automáticas) y la probabilidad de fallas por fauna, se desarrolla un modelo de confiabilidad mediante la probabilidad de Poisson y simulación por el Método de Monte Carlo, cuyos pasos y criterios se detallan en secciones posteriores.

### **11.6. Confiabilidad y Método de Monte Carlo.**

#### **11.6.1. Modelo de confiabilidad.**

Para determinar la probabilidad por distribución de Poisson, se toma en cuenta lo siguiente:

- Se toma a  $n \rightarrow \infty$ , esto debido a que en la investigación,  $n$  representa el número de lazos, crucetas, demás equipos y materiales instalados en las redes, que no se conoce con exactitud, por lo que se considera infinito.
- Se toma a  $\mu$  por  $\lambda_{int}t$ , de la ecuación 5, sección 8.6.3.1, debido a que lambda ( $\lambda$ ), al representar la frecuencia esperada del fenómeno modelado por la distribución y  $\mu$  el valor esperado por la variable aleatoria, se determina que el valor esperado  $\mu$  es equivalente al número de interrupciones en un tiempo, es decir  $(\lambda_{int} * t)$  [22].

La ecuación 20, resulta del cambio de  $(\mu)$  por  $(\lambda_{int} * t)$  y los criterios bajo mención, como sigue:

$$P[r; \lambda_{int} * t] = \frac{(\lambda_{int}t)^r e^{-\lambda_{int}t}}{r!} \quad \text{Ec. ( 20)}$$

Donde:

- $P$ : Probabilidad.

- $r$ : Número de fallas o interrupciones ( $x = r$ ).
- $\lambda_{int}$ : Tasa de interrupción del periodo contemplado.
- $t$ : Tiempo.

Como la  $\lambda_{int}$  por fallas, se presentan generalmente en lazos, crucetas, fases de conductores, etc., se establece la tasa de falla, durante el periodo de ejecución de Planificación de Operación y Mantenimientos (POM), bajo el tiempo de 1 año, como se muestra a continuación:

$$P[r = 1; \lambda_{int} = ctte; t = 1] = \frac{(\lambda_{int} t)^r e^{-\lambda_{int} t}}{r!} \quad \text{Ec. ( 21)}$$

Donde:

- $r = 1$ : probabilidad de haber al menos una interrupción.
- $\lambda_{int} = ctte$ : este criterio parte de la curva de riesgo (*curva de bañera*), contenida en la región II, de la figura 6, debido a que, al ser la región con mayor duración, las fallas no son producidas por condiciones propias del sistema, sino por causas externas (*aleatoriedad*), donde la tasa de fallos es constante, con un tiempo entre 0,5..2 años  $\leq \lambda(t) \leq 5..50$  años.
- $t = 1$  año: esto puede variar de 1, 2, n años. Pero se toma 1 año, debido a que anualmente las Empresas Distribuidoras ecuatorianas, según la Regulación del CONELEC 007, determina que, hasta el 31 de octubre de cada año, deben presentar informes acerca de las actividades en materia de mantenimiento, operación o expansión de redes dentro de sus áreas de concesión.

La función de probabilidad de Poisson, ecuación 22, se obtiene al realizar los cambios de las variables anteriores, como sigue:

$$P = \frac{(\lambda_{int} * 1)^1 e^{-\lambda_{int} * 1}}{1!} = \lambda_{int} * e^{-\lambda_{int}} \quad \text{Ec. ( 22)}$$

En base al Artículo de la IEEE, con el título “Reliability Analysis and What It Means”, afirma que si la distribución del número de interrupciones se aproxima a una curva exponencial y la tasa de interrupción es pequeña en comparación con el número total de dispositivos (el número de dispositivos en un SD como lazos, crucetas, equipos y materiales es grande), se determina que la tasa de falla ( $\lambda$ ) es igual a la probabilidad ( $P$ ) de una interrupción [23].

$$\lambda = P = \lambda_{int} * e^{-\lambda_{int}} \tag{Ec. (23)}$$

Donde:

- $\lambda$  = tasa de falla del periodo contemplado.

Para determinar la función de confiabilidad, a partir del modelo de distribución Poisson, se considera el criterio de Distribución Exponencial, con base a [22], donde la Distribución Exponencial  $R(t)$ , parte de un caso especial de la Distribución de Probabilidad de Poisson, razón por la cual, se determina que la a partir de la función de Poisson, se puede llegar a la función Exponencial, con base al criterio de componentes no reparables, como sigue:

**Tabla 4.** Funciones que describen el comportamiento de variables aleatorias.

| <small>R(t), Q(t), f(t) y h(t) son funciones equivalentes para describir la variable aleatoria T<sub>0</sub></small> | $Q(t)$                     | $R(t)$                 | $f(t)$                        | $\lambda(t)$                          |
|--|----------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| $Q(t)$   |                            | $1 - Q(t)$             | $\frac{dQ(t)}{dt}$            | $\frac{1}{1 - Q(t)} \frac{dQ(t)}{dt}$ |
| $R(t)$   | $1 - R(t)$                 |                        | $-\frac{dR(t)}{dt}$           | $-\frac{1}{R(t)} \frac{dR(t)}{dt}$    |
| $f(t)$   | $\int_0^t f(t)dt$          | $\int_t^\infty f(t)dt$ |                               | $\frac{f(t)}{\int_0^t f(t)dt}$        |
| $h(t)$   | $1 - e^{-\int_0^t h(t)dt}$ | $e^{-\int_0^t h(t)dt}$ | $h(t) * e^{-\int_0^t h(t)dt}$ |                                       |

**Fuente:** [24]

La función  $R(t)$ , es útil para estimar la confiabilidad y al ser un modelo de distribución exponencial, se determina que la tasa de riesgo  $h(x) = \lambda = ctte$  [25].

$$c = R(t) = e^{-\int_0^t h(t)dt} \tag{Ec. (24)}$$

Como el tiempo de análisis es de 1 año y al ser una distribución exponencial, cuya propiedad donde la tasa de riesgo es constante, se resuelve la ecuación 24, de la siguiente manera:

$$c = R(t) = e^{-\int_0^1 \lambda dt}$$

$$c = R(t) = e^{-\lambda \int_0^1 dt}$$

$$c = R(t) = e^{-\lambda * |t|_0^1}$$

$$c = R(t) = e^{-\lambda} \quad \text{Ec. ( 25)}$$

La Ecuación 25, determina la confiabilidad, la cual conjuntamente con las ecuaciones de tasa de falla, tasa de reparación e indisponibilidad del punto de carga, explicadas en la sección 8.5.2.1., se determina la confiabilidad de cada Alimentador Primario del Sistemas de Distribución de la EEQSA.

### 11.6.2. Monte Carlo aplicado para tiempo de falla y tiempo de reparación.

El análisis del método de Monte Carlo básico, explicado en la sección 8.7., para definir el Tiempo de reparación y el tiempo estimado de fallo para el SDP, parte de la función de densidad de probabilidad y función de distribución acumulada para variables exponenciales, descrita en la sección 8.7.2.1.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. ( 26)}$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. ( 27)}$$

Como un medio para determinar la transformada inversa, de la función de distribución acumulada, para una variable  $t$ , se determina lo siguiente:

$$U = F(x) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{Ec. ( 28)}$$

Donde al despejar  $t$ , se tiene:

$$t = F^{-1}(U) = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln}(1 - U) \quad \text{Ec. ( 29)}$$

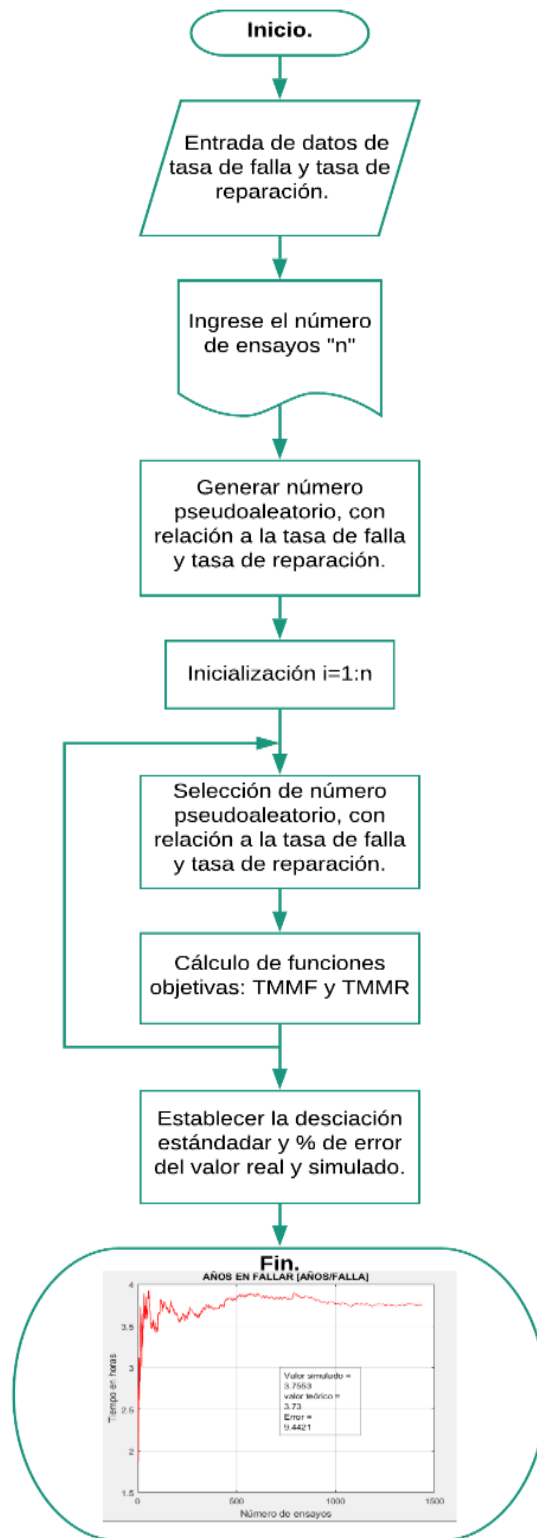
Como  $(1 - U)$ , al ser una distribución uniforme, contenida en el intervalo  $[0,1]$ , se puede deducir que,  $(1 - U) = U$ , donde se tiene:

$$t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln}(U) \quad \text{Ec. ( 30)}$$

La ecuación 30, representa el tiempo estimado de fallo, que tendrá un sistema en el futuro hasta que falle, lo que asociado al SDP, permite determinar el tiempo límite que un primario sufra una falla.

Una vez definido las ecuaciones para la Simulación de Monte Carlo, respecto a la tasa de falla y tasa de reparación de cada primario, se presenta los pasos para la simulación. El diagrama de

flujo que se muestra en la figura. 15., presenta el principio de funcionamiento del código de Matlab.



**Figura 15.** Diagrama de flujo para el cálculo del tiempo de falla y reparación de cada alimentador primario.

**Realizado por:** El Postulante.

## 11.7. Causa básica y alimentadores primarios de estudio.

### 11.7.1. Diagrama de Pareto.

Con la finalidad, de establecer las causas más incidentes en el Sistema de Distribución Primaria, ocasionadas por causa fauna, y determinar el rendimiento del sistema, enmarcado en los cálculos de confiabilidad; se clasifican las causas, bajo el criterio del *Diagrama de Pareto*, con la cual, se obtiene, las causas básicas que originan el 80% de las fallas en las redes (causas básicas más importantes de estudio) y las causas básicas triviales o con menor incidencia, correspondientes al 20% restante.

La tabla 5, muestra el número de interrupciones por cada causa básica que provoca fallas en el SDP, donde, se observa que las interrupciones por fauna representadas por pájaros y otros animales ocupan la posición 6<sup>ta</sup> y 19<sup>va</sup> respectivamente.

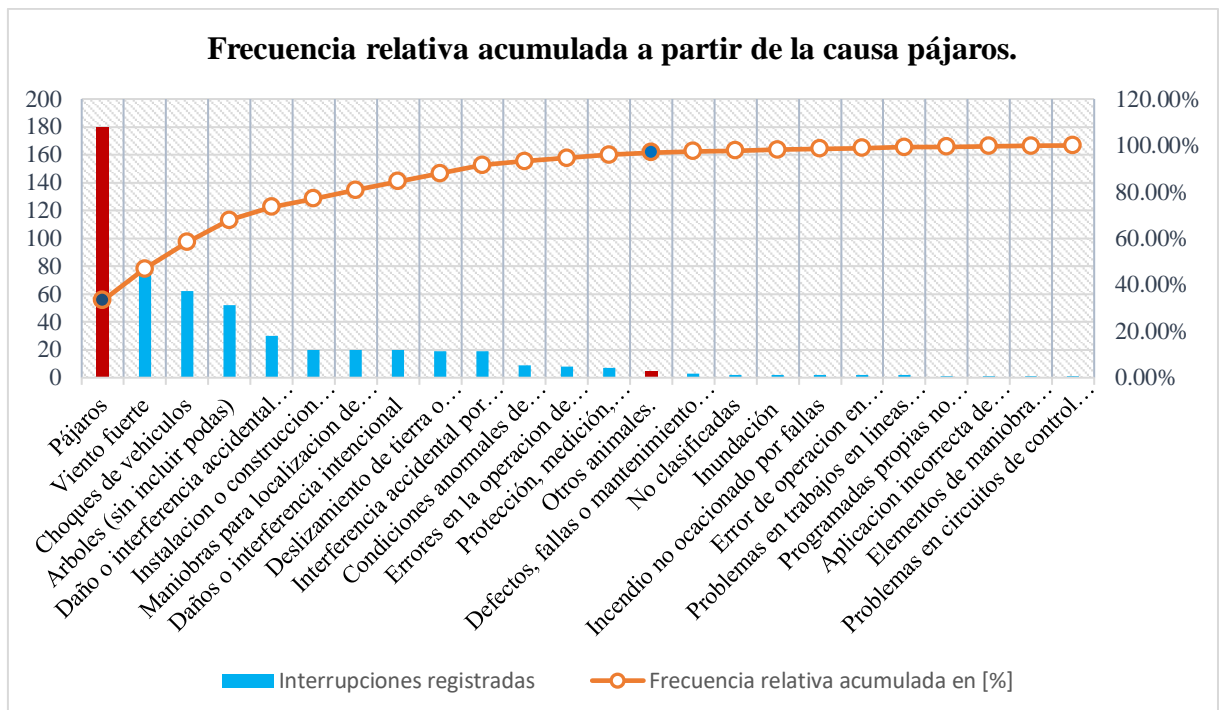
**Tabla 5.** Clasificación de interrupciones según la CIER en el SDP. Número de interrupciones y causas que las generan desde julio del 2014 a junio del 2019.

| Posición | Denominación Básica  | Interrupciones registradas |
|----------|--|----------------------------|
| 1        | Descargas Atmosféricas   | 743                        |
| 2        | Equipamiento, materiales y accesorios (deterioro de equipamiento por envejecimiento, desgaste).  | 537                        |
| 3        | No determinadas, causa desconocida.  | 527                        |
| 4        | Daño o interferencia accidental de particulares (Excp.35).   | 230                        |
| 5        | Materiales llevados por el viento, cometas.  | 212                        |
| 6        | Pájaros.   | 180                        |
| 7        | Viento fuerte.   | 74                         |
| 8        | Choques de vehículos.  | 62                         |
| 9        | Arboles (sin incluir podas).   | 52                         |
| 10       | Daño o interferencia accidental por trabajos de otras empresas de servicio público, etc.   | 30                         |
| 11       | Instalación o construcción deficiente.   | 20                         |
| 12       | Maniobras para localización de fallas y/o tentativas de restablecimiento de servicio.  | 20                         |
| 13       | Daños o interferencia intencional.   | 20                         |
| 14       | Deslizamiento de tierra o excavación.  | 19                         |
| 15       | Interferencia accidental por personal de la empresa o contratistas, de la misma (excluye causa 40).  | 19                         |
| 16       | Condiciones anormales de operación (sobrecarga, oscilación de potencia, falta de voltaje, etc.).   | 9                          |
| 17       | Errores en la operación de equipamiento.   | 8                          |
| 18       | Protección, medición, supervisión (operación inadecuada, falla de equipamiento, ruidos, armónicas, etc.) errores de cableado y/o protección. | 7                          |
| 19       | Otros animales.  | 5                          |

| Posición | Denominación Básica   | Interrupciones registradas |
|----------|---|----------------------------|
| 20       | Defectos, fallas o mantenimiento inadecuado de líneas de distribución.                        | 3                          |
| 21       | No clasificadas.  | 2                          |
| 22       | Inundación.   | 2                          |
| 23       | Incendio no ocasionado por fallas.  | 2                          |
| 24       | Error de operación en equipamientos, instalaciones de consumidores o de otros concesionarios. | 2                          |
| 25       | Problemas en trabajos en líneas energizadas.  | 2                          |
| 26       | Programadas propias no clasificadas, transferencia de carga.                                  | 1                          |
| 27       | Aplicación incorrecta de equipamientos.   | 1                          |

**Realizado por:** El Postulante.

Aunque la presente investigación analiza la causa por fauna en el SDP, se puede visualizar que otras causas tienen un rango de incidencia mayor que la causa animal, siendo la generada por descargas atmosféricas la que ocupa el primer lugar con 743 interrupciones registradas, seguida por desgaste físico del equipo con 537 interrupciones, no determinadas con 527 interrupciones, daño ocasionado por particulares con 230 interrupciones y materiales llevados por el viento con 212 interrupciones. El anexo 7, detalla el Diagrama de Pareto general de la tabla 4.



**Figura 16.** Frecuencia relativa acumulada a partir de las interrupciones por causa pájaros y otras causas con menor incidencia en el SDP.

**Realizado por:** El Postulante

Como se analiza las fallas por fauna, la figura 17, muestra el porcentaje acumulado de las interrupciones a partir de la causa pájaros, sin efecto a las causas contenidas en la posición 1,2,3,4 y 5 respectivamente.

Al tomar en cuenta las causas por fauna, y obtener la frecuencia relativa y acumuladas de las interrupciones por pájaros y otros animales, se obtiene la tabla 6.

**Tabla 6.** Frecuencia relativa acumulada por fauna, *Diagrama de Pareto*.

| Denominación Básica | Interrupciones registradas | Frecuencia relativa en [%] | Frecuencia relativa acumulada en [%] |
|---------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Pájaros             | 180                        | 97 %                       | 97%                                  |
| Otros animales.     | 5                          | 3 %                        | 100,00%                              |

**Realizado por:** El Postulante.

Bajo el Diagrama de Pareto, de la tabla 6, se observa que el 97% de las fallas, son provocadas por “pájaros”, a comparación del 3% correspondientes a “otros animales”. En base a la causa más incidente por fauna, en la siguiente sección se calcula la confiabilidad e indisponibilidad de las redes por la causa bajo mención.

Con el fin de relacionar la CAUSA y la CAUSA BÁSICA resultante diagrama de Pareto, según la clasificación de la CIER del anexo 2, la tabla 7, muestra el grupo que pertenece las causas pájaros y otros animales.

**Tabla 7.** Relación CAUSA-BÁSICA con CAUSA de interrupción. EEQ.

| Denominación Causa-Básica | Denominación Causa |
|---------------------------|--------------------|
| Pájaros                   | Animales           |
| Otros animales.           |                    |

**Realizado por:** El Postulante

La Figura 18, muestra la frecuencia relativa acumulada de la causa principal de estudio, la cual provoca el 97% de las fallas en las redes de distribución, por fauna.

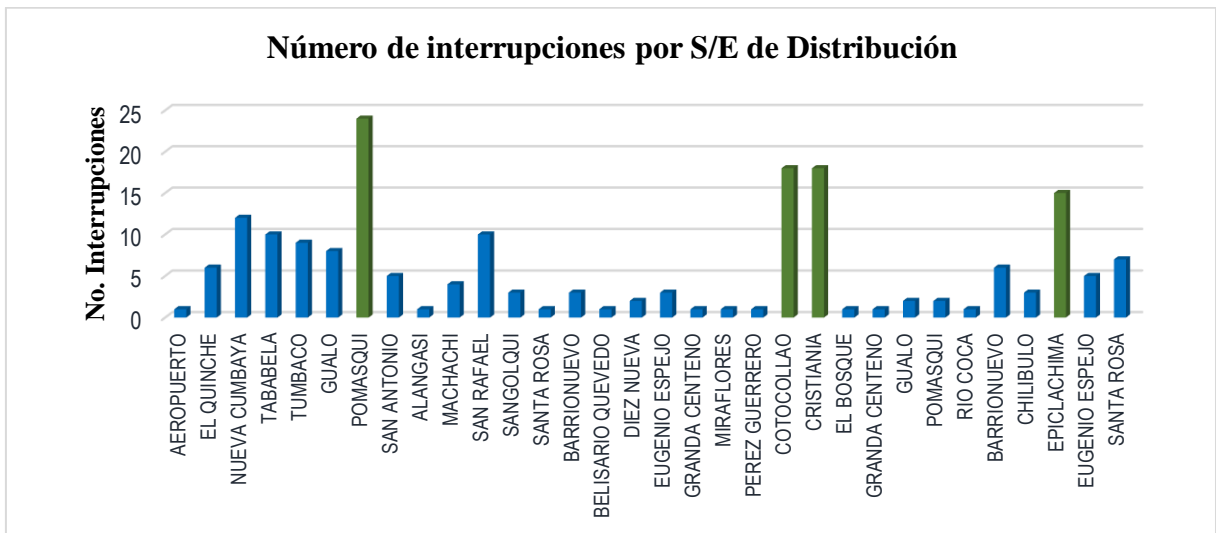


**Figura 17.** Interrupciones por fauna, conforme al número de interrupciones registradas en el SDP.

**Realizado por:** El Postulante.

**11.7.2. Alimentadores primarios de estudio.**

Para el análisis de confiabilidad del SDP, en esta sección, se analiza el número de interrupciones por S/E de Distribución, que presentan fallas por causa pájaros, considerando las interrupciones totales, registradas en la cabecera de los primarios, como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Subestaciones de Distribución con interrupciones por causa pájaros. Estudio desde julio del 2014 a junio del 2019.

**Realizado por:** El Postulante

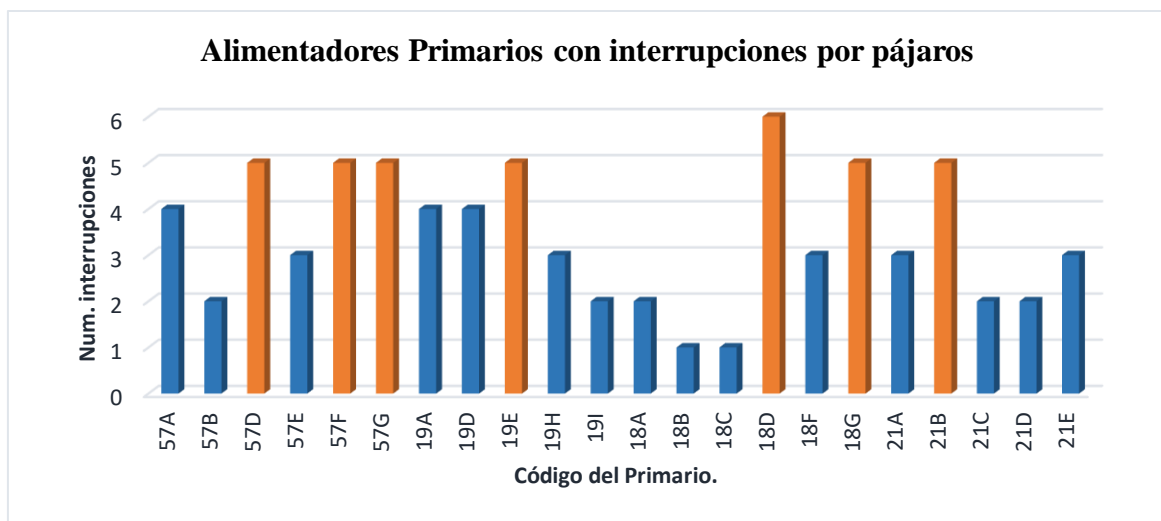
Del número de interrupciones registradas por S/E de Distribución, las S/E con mayores interrupciones registradas por causas pájaros son las siguientes:

**Tabla 8.** S/E de Distribución con mayor número de interrupciones por causa pájaros.

| No. S/E | Nombre Subestación | Interrupciones |
|---------|--------------------|----------------|
| 57      | S/E Pomasqui       | 29             |
| 19      | S/E Cotocollao     | 18             |
| 18      | S/E Cristiania     | 18             |
| 21      | S/E Epiclachima    | 15             |

**Realizado por:** El Postulante

Como el tema de estudio, corresponde a un estudio de fallas en primarios, la figura 19 muestra las interrupciones por cada S/E de Distribución y alimentador primario. Para una mejor visualización, se detalla el código del primario bajo análisis.

**Figura 19.** Alimentadores Primarios que presentan interrupciones por causa pájaros.

**Realizado por:** El Postulante

En la tabla 9, se observa el número de interrupciones mayores a tres minutos, respecto a las S/E de Distribución y primarios bajo análisis. Como se puede observar, cada uno de los primarios, tiene una duración por interrupción superior a 3 minutos, siendo en este caso el Primario 19A de la S/E Cotocollao la que presenta 2 interrupciones, con una duración promedio de 2:14:45 [horas] por cada interrupción, Primario 21A de la S/E Epiclachima con 2 interrupciones mayores a 3 minutos con una duración promedio de 00:54:32 [horas], mientras que el Primario 57G de la S/E Pomasqui, tiene 2 interrupciones mayores a 3 minutos, con una duración promedio por cada interrupción de 00:17:30 [horas], siendo mucho menor al primario 19A y 21A.

**Tabla 9.** Alimentadores Primarios con interrupciones mayores a tres minutos.

| Interrupciones > 3 minutos |          |             |          |                  |                   |
|----------------------------|----------|-------------|----------|------------------|-------------------|
| Urbano/Rural               | Zona     | Subestación | Primario | No. Interrupción | Duración promedio |
| Rural                      | Noroeste | POMASQUI    | 57A      | 1                | 0:28:59           |
| Rural                      | Noroeste | POMASQUI    | 57B      | 1                | 1:09:12           |
| Rural                      | Noroeste | POMASQUI    | 57D      | 1                | 0:05:02           |
| Rural                      | Noroeste | POMASQUI    | 57G      | 2                | 0:17:30           |
| Urbano                     | Norte    | COTOCOLLAO  | 19A      | 2                | 2:14:45           |
| Urbano                     | Norte    | COTOCOLLAO  | 19E      | 1                | 0:42:41           |
| Urbano                     | Norte    | COTOCOLLAO  | 19I      | 1                | 0:57:10           |
| Urbano                     | Norte    | CRISTIANA   | 18A      | 1                | 1:05:51           |
| Urbano                     | Norte    | CRISTIANA   | 18D      | 1                | 0:55:46           |
| Urbano                     | Norte    | CRISTIANA   | 18F      | 1                | 0:38:20           |
| Urbano                     | Norte    | CRISTIANA   | 18G      | 1                | 1:11:15           |
| Urbano                     | Sur      | EPICLACHIMA | 21A      | 2                | 0:54:32           |
| Urbano                     | Sur      | EPICLACHIMA | 21E      | 1                | 1:09:11           |

**Realizado por:** El Postulante

### 11.8. Cálculo de $C$ e $\bar{A}$ en el Sistema de Distribución Primaria.

Al establecer las causas básicas de estudio (diagrama de Pareto), se realiza los cálculos de confiabilidad ( $C$ ) e indisponibilidad ( $\bar{A}$ ) del SDP, respecto a las S/E de Distribución y primarios con mayores interrupciones por causa pájaros, contenidos en la figura 19. Como punto de partida, se muestra el criterio para filtrar la información y obtener los índices de confiabilidad respecto a la carga:

- Zona: clasificación de primarios por zona, como; norte, centro, sur, noreste y noroeste.
- Descripción básica: pájaros.
- Año: desde julio del 2014 hasta junio 2019 (5 años)
- Denominación u origen: Distribución Primaria del Sistema.
- Tipo desconexión: Automática.

Al clasificar la información, se obtiene los resultados, que se muestran en la tabla 10 respectivamente. El significado de cada columna, es la siguiente:

- *Columna 1:* Primarios bajo Urbano/Rural.
- *Columna 2:* Clasifica el SDP por zonas: noreste, noroeste, sureste, centro, norte y sur.

- *Columna 3:* Muestra el número de la S/E, contenida en el área de concesión de la EEQ.
- *Columna 4:* Detalla el nombre de la S/E de Distribución.
- *Columna 5:* Muestra los alimentadores primarios contenidos en cada S/E de Distribución.
- *Columna 6:* Determina tasa de interrupción ( $\lambda_{int}$ ) de cada alimentador, con base a los 5 años de análisis.
- *Columna 7:* Duración de la interrupción del primario [horas].
- *Columna 8:* Determina el tiempo promedio de reparación [horas], contenida en el tiempo de análisis de 5 años.
- *Columna 9:* Muestra la tasa de falla de cada primario, en base al modelo al modelo de confiabilidad y probabilidad de Poisson.
- *Columna 10:* Muestra la confiabilidad ( $C$ ), que dispone cada alimentador primario de MV.
- *Columna 11:* Muestra la indisponibilidad ( $\bar{A}$ ), que tiene cada alimentador primario de MV.

**Tabla 10.** Confiabilidad e indisponibilidad

| CAUSA PÁJAROS. |          |     |             |          |                 |          |        |           |        |           |
|----------------|----------|-----|-------------|----------|-----------------|----------|--------|-----------|--------|-----------|
| [1]            | [2]      | [3] | [4]         | [5]      | [6]             | [7]      | [8]    | [9]       | [10]   | [11]      |
| U/R            | Zona     | S/E | Nombre Sub  | Primario | $\lambda_{int}$ | Duración | r      | $\lambda$ | C      | $\bar{A}$ |
| Rural          | Noroeste | 57  | POMASQUI    | D        | 1               | 0,1539   | 0,0308 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0112    |
| Rural          | Noroeste | 57  | POMASQUI    | F        | 1               | 0,0419   | 0,0084 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0031    |
| Rural          | Noroeste | 57  | POMASQUI    | G        | 1               | 0,6442   | 0,1288 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0453    |
| Urbano         | Norte    | 19  | COTOCOLLAO  | E        | 1               | 0,7578   | 0,1516 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0528    |
| Urbano         | Norte    | 18  | CRISTIANA   | D        | 1,2             | 1,0525   | 0,1754 | 0,3614    | 0,6967 | 0,0596    |
| Urbano         | Norte    | 18  | CRISTIANA   | G        | 1               | 1,2692   | 0,2538 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0854    |
| Urbano         | Sur      | 21  | EPICLACHIMA | B        | 1               | 0,0833   | 0,0167 | 0,3679    | 0,6922 | 0,0061    |

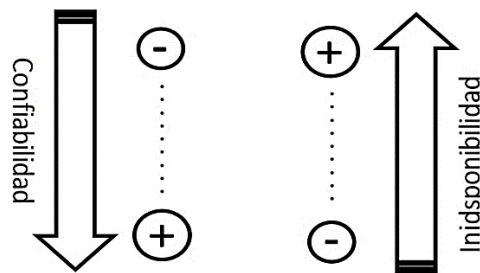
**Realizado por:** El Postulante

En la tabla 10, se muestran los resultados de confiabilidad ( $C$ ) e indisponibilidad ( $\bar{A}$ ), que presenta el Sistema de Distribución Primaria, por causa pájaros. Los cálculos generales, correspondientes a todos los primarios con fallas por causa pájaros se detalla en el anexo 8.

### 11.9. Rendimiento de los primarios.

Con el fin de determinar las zonas, S/E y primarios, en las cuales se presenta una menor confiabilidad se toma en cuenta los siguientes criterios, respecto a los rangos de confiabilidad e indisponibilidad, que presenta cada primario.

La Figura 19, muestra el criterio de baja confiabilidad y mayor indisponibilidad de servicio por primario.



**Figura 20.** Orden de primarios, bajo rangos de confiabilidad ( $C$ ) e indisponibilidad ( $\bar{A}$ ).

**Realizado por:** El Postulante

Al determinar la confiabilidad e indisponibilidad, que presenta cada primario del SDP, se utiliza el criterio de la figura 20, para determinar los primarios que tienen una mínima confiabilidad y una alta indisponibilidad de servicio, con base al periodo de Planificación de Operación y Mantenimiento (POM), de 1 año. Para dicho efecto, se desarrolla la siguiente escala de colores, que determina los rangos de eficiencia (rendimiento) de cada primario. Como actualmente no existe registros de niveles o rangos de confiabilidad, que determinen que un primario tiene una eficiencia buena o mala, la siguiente escala presentada una estimación acerca de los resultados obtenidos en la sección 11,8. Para que el desarrollo de actividades de mantenimiento y más aún dotar de un criterio para incrementar la confiabilidad en las redes y eficiente, se puede primariamente intervenir, los primarios que presentan un rendimiento en color negro hasta verde.

**Tabla 11.** Prioridad de confiabilidad e indisponibilidad del alimentador primario.

| Rango de prioridad por nivel de confiabilidad e indisponibilidad |          |                           |
|--|----------|---------------------------|
| Rendimiento 1  | Negro    | $C < 0,707$               |
| Rendimiento 2  | Rojo     | $0,708 \leq C \leq 0,743$ |
| Rendimiento 3  | Amarillo | $0,709 \leq C \leq 0,784$ |
| Rendimiento 4  | Verde    | $C > 0,785$               |

**Realizado por:** El Postulante

La tabla 8, muestra los rangos de prioridad (escala de colores), de la siguiente manera:

- **Rendimiento 1:** primarios con la menor confiabilidad y mayor indisponibilidad de servicio calculada, cuya eficiencia de la red de MV, es baja.
- **Rendimiento 2:** a este grupo intervienen los primarios con una confiabilidad e indisponibilidad de servicio media, cuya eficiencia de la red de MV, es media.
- **Rendimiento 3:** corresponde a los primarios con una confiabilidad e indisponibilidad de servicio buena, cuya eficiencia de la red de MV, es buena
- **Rendimiento 4:** corresponden a primarios, con una confiabilidad alta e indisponibilidad de servicio baja, donde la eficiencia de la red de MV, ante eventos de falla es rápida, excelente.

#### 11.10. Orden de primarios bajo rangos de rendimiento en el SDP.

La tabla 12, muestra los primarios, bajo la clasificación y orden de primarios con menor confiabilidad y mayor indisponibilidad de servicio para análisis del rendimiento de las redes, enmarcados en un tiempo de 1 año. En forma rápida, se observa, que los alimentadores de estudio, como lo son el 18G, 19F, 57G, 57D, 21B, 57F y 18D tienen un rendimiento 1, siendo las que presentan mayores interrupciones por causa pájaros en las redes.

**Tabla 12.** Primarios con rendimiento 1, 2, 3 y 4. Relación pájaro.

| CAUSA PÁJAROS. |          |             |               |          |                   |                      |         |
|----------------|----------|-------------|---------------|----------|-------------------|----------------------|---------|
| U/R            | Zona     | Subestación | Nombre Sub    | Primario | Confiabilidad [C] | Indisponibilidad [A] | Rendim. |
| Urbano         | Norte    | 18          | CRISTIANIA    | 18G      | 0,6922            | 0,0854               | 1       |
| Urbano         | Sur      | 37          | SANTA ROSA    | 37F      | 0,6922            | 0,0603               | 1       |
| Urbano         | Norte    | 19          | COTOCOLLAO    | 19E      | 0,6922            | 0,0528               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI      | 57G      | 0,6922            | 0,0453               | 1       |
| Rural          | Noreste  | 36          | TUMBACO       | 36A      | 0,6922            | 0,0328               | 1       |
| Rural          | Noreste  | 29          | NUEVA CUMBAYA | 29C      | 0,6922            | 0,0115               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI      | 57D      | 0,6922            | 0,0112               | 1       |
| Rural          | Sureste  | 27          | SAN RAFAEL    | 27F      | 0,6922            | 0,0105               | 1       |
| Urbano         | Sur      | 21          | EPICLACHIMA   | 21B      | 0,6922            | 0,0061               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI      | 57F      | 0,6922            | 0,0031               | 1       |
| Urbano         | Norte    | 18          | CRISTIANIA    | 18D      | 0,6967            | 0,0596               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 14          | GUALO         | 14E      | 0,6967            | 0,0015               | 1       |
| Urbano         | Sur      | 3           | BARRIONUEVO   | 3T       | 0,6967            | 0,0015               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 22          | SAN ANTONIO   | 22B      | 0,6981            | 0,2904               | 1       |
| Urbano         | Norte    | 19          | COTOCOLLAO    | 19A      | 0,6981            | 0,2894               | 1       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI      | 57A      | 0,6981            | 0,0472               | 1       |
| Rural          | Sureste  | 27          | SAN RAFAEL    | 27A      | 0,6981            | 0,0141               | 1       |
| Rural          | Noreste  | 29          | NUEVA CUMBAYA | 29B      | 0,6981            | 0,0105               | 1       |
| Urbano         | Norte    | 19          | COTOCOLLAO    | 19D      | 0,6981            | 0,0056               | 1       |
| Rural          | Noreste  | 31          | TABABELA      | 31C      | 0,6981            | 0,0041               | 1       |
| Rural          | Noreste  | 58          | EL QUINCHE    | 58B      | 0,6981            | 0,0015               | 1       |

| CAUSA PÁJAROS. |          |             |                   |          |                  |                      |         |
|----------------|----------|-------------|-------------------|----------|------------------|----------------------|---------|
| U/R            | Zona     | Subestación | Nombre Sub        | Primario | Confiability [C] | Indisponibilidad [A] | Rendim. |
| Urbano         | Sur      | 21          | EPICLACHIMA       | 21A      | 0,7194           | 0,1694               | 2       |
| Urbano         | Sur      | 21          | EPICLACHIMA       | 21E      | 0,7194           | 0,1139               | 2       |
| Urbano         | Norte    | 18          | CRISTIANA         | 18F      | 0,7194           | 0,0663               | 2       |
| Rural          | Sureste  | 34          | MACHACHI          | 34B      | 0,7194           | 0,0547               | 2       |
| Urbano         | Sur      | 5           | CHILIBULO         | 5D       | 0,7194           | 0,0092               | 2       |
| Rural          | Noreste  | 31          | TABABELA          | 31A      | 0,7194           | 0,0065               | 2       |
| Urbano         | Norte    | 19          | COTOCOLLAO        | 19H      | 0,7194           | 0,0063               | 2       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI          | 57E      | 0,7194           | 0,0014               | 2       |
| Urbano         | Sur      | 59          | EUGENIO ESPEJO    | 59B      | 0,7194           | 0,0014               | 2       |
| Urbano         | Norte    | 57          | POMASQUI          | 57C      | 0,7648           | 0,2391               | 3       |
| Rural          | Noroeste | 57          | POMASQUI          | 57B      | 0,7648           | 0,1371               | 3       |
| Urbano         | Norte    | 18          | CRISTIANA         | 18A      | 0,7648           | 0,1287               | 3       |
| Urbano         | Norte    | 19          | COTOCOLLAO        | 19I      | 0,7648           | 0,1137               | 3       |
| Rural          | Noreste  | 36          | TUMBACO           | 36C      | 0,7648           | 0,0915               | 3       |
| Rural          | Noreste  | 58          | EL QUINCHE        | 58D      | 0,7648           | 0,0175               | 3       |
| Urbano         | Norte    | 14          | GUALO             | 14A      | 0,7648           | 0,0126               | 3       |
| Urbano         | Sur      | 21          | EPICLACHIMA       | 21C      | 0,7648           | 0,0109               | 3       |
| Rural          | Sureste  | 55          | SANGOLQUI         | 55B      | 0,7648           | 0,0045               | 3       |
| Urbano         | Centro   | 3           | BARRIONUEVO       | 3D       | 0,7648           | 0,0044               | 3       |
| Urbano         | Sur      | 37          | SANTA ROSA        | 37D      | 0,7648           | 0,0030               | 3       |
| Rural          | Noreste  | 29          | NUEVA CUMBAYA     | 29A      | 0,7648           | 0,0026               | 3       |
| Urbano         | Sur      | 21          | EPICLACHIMA       | 21D      | 0,7648           | 0,0012               | 3       |
| Rural          | Noreste  | 31          | TABABELA          | 31B      | 0,7648           | 0,0011               | 3       |
| Rural          | Noroeste | 22          | SAN ANTONIO       | 22A      | 0,8490           | 0,2294               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 32          | DIEZ NUEVA        | 32B      | 0,8490           | 0,1363               | 4       |
| Urbano         | Norte    | 16          | RIO COCA          | 16D      | 0,8490           | 0,1292               | 4       |
| Rural          | Noroeste | 14          | GUALO             | 14D      | 0,8490           | 0,0913               | 4       |
| Urbano         | Sur      | 59          | EUGENIO ESPEJO    | 59A      | 0,8490           | 0,0078               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 3           | BARRIONUEVO       | 3B       | 0,8490           | 0,0072               | 4       |
| Urbano         | Norte    | 13          | GRANDA CENTENO    | 13D      | 0,8490           | 0,0061               | 4       |
| Rural          | Noreste  | 36          | TUMBACO           | 36B      | 0,8490           | 0,0050               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 13          | GRANDA CENTENO    | 13E      | 0,8490           | 0,0049               | 4       |
| Rural          | Noreste  | 36          | TUMBACO           | 36E      | 0,8490           | 0,0048               | 4       |
| Urbano         | Norte    | 18          | CRISTIANA         | 18C      | 0,8490           | 0,0046               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 53          | PEREZ GUERRERO    | 53D      | 0,8490           | 0,0044               | 4       |
| Urbano         | Norte    | 15          | EL BOSQUE         | 15B      | 0,8490           | 0,0042               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 32          | DIEZ NUEVA        | 32C      | 0,8490           | 0,0039               | 4       |
| Rural          | Sureste  | 34          | MACHACHI          | 34A      | 0,8490           | 0,0038               | 4       |
| Rural          | Noreste  | 31          | TABABELA          | 31D      | 0,8490           | 0,0038               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 9           | MIRAFLORES        | 9C       | 0,8490           | 0,0035               | 4       |
| Rural          | Sureste  | 27          | SAN RAFAEL        | 27C      | 0,8490           | 0,0034               | 4       |
| Rural          | Sureste  | 37          | SANTA ROSA        | 37A      | 0,8490           | 0,0032               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 11          | BELISARIO QUEVEDO | 11C      | 0,8490           | 0,0029               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 59          | EUGENIO ESPEJO    | 59E      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |
| Urbano         | Sur      | 59          | EUGENIO ESPEJO    | 59C      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |
| Rural          | Noreste  | 29          | NUEVA CUMBAYA     | 29D      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |
| Rural          | Noreste  | 33          | AEROPUERTO        | 33D      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |
| Rural          | Noroeste | 14          | GUALO             | 14C      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |
| Urbano         | Centro   | 59          | EUGENIO ESPEJO    | 59A      | 0,8490           | 0,0007               | 4       |

Realizado por: El Postulante

### 11.11. Número de simulaciones en tiempo de falla.

Como el número de simulaciones, radica en dos valores, correspondiente a la convergencia de la simulación hacia un valor constante y un nivel de confianza dado; en este apartado se realiza el análisis de la variación del tiempo de falla, bajo un número “n” de simulaciones.

Con el objetivo de establecer el error muestral y por ende, obtener un resultado cercano a la realidad, correspondiente a la simulación de Monte Carlo, se detalla la función que determina el número de simulaciones, bajo los parámetros de la desviación estándar  $\sigma$  y el nivel de confianza  $\gamma$ , representadas entre la resta de  $\hat{p}_i$  y  $p_i$  [26]. Para dicho efecto se utiliza la ecuación 30.

$$N = \frac{p_i(1 - p_i)}{F^2} \left[ z \left( 1 + \frac{\gamma}{2} \right) \right]^2 \quad \text{Ec. (31)}$$

Donde:

- $N$ = número de simulaciones o ensayos.
- $p_i$ = probabilidad de obtener aciertos.
- $F$ = Porcentaje para la desviación.
- $z$ = variable definido según Distribución Normal.
- $\gamma$ = nivel de confianza del elemento bajo análisis.

Para solución de la ecuación 31, respecto al número de simulaciones en base a un nivel de confianza dado, se establece los siguientes valores para la variable  $Z_c$ , probabilidad de obtener aciertos  $p_i$  y porcentaje de desviación  $F$ , como se muestra en la tabla 10:

**Tabla 13.** Asignación de valores a variables para número de simulaciones.

| Nivel de confianza | 80%  | 90%   | 95%   | 96%  |
|--------------------|------|-------|-------|------|
| $Z_c$              | 1,28 | 1,645 | 1,645 | 2,05 |
| $p_i$              | 0,5  | 0,5   | 0,5   | 0,5  |
| $F$                | 0,2  | 0,1   | 0,05  | 0,04 |

**Realizado por:** El Postulante

**Tabla 14.** Número de simulaciones en Método de Monte Carlo.

|   |   |
|---|---|
| <b>Nivel de confianza</b> <b>80%</b>  | <b>Nivel de confianza</b> <b>90%</b>  |
| $N = \frac{0,5(1 - 0,5)}{0,20^2} \left[ 1,28 \left( 1 + \frac{0,8}{2} \right) \right]^2$  | $N = \frac{0,5(1 - 0,5)}{0,10^2} \left[ 1,645 \left( 1 + \frac{0,9}{2} \right) \right]^2$ |
| $N = 20,0704 \approx 20$ simulaciones.  | $N = 142,2354 \approx 142$ simulaciones.  |
| <b>Nivel de confianza</b> <b>95%</b>  | <b>Nivel de confianza</b> <b>96%</b>  |
| $N = \frac{0,5(1 - 0,5)}{0,05^2} \left[ 1,96 \left( 1 + \frac{0,95}{2} \right) \right]^2$ | $N = \frac{0,5(1 - 0,5)}{0,04^2} \left[ 2,05 \left( 1 + \frac{0,96}{2} \right) \right]^2$ |
| $N = 835,7881 \approx 836$ simulaciones.  | $N = 1438,30 \approx 1438$ simulaciones.  |

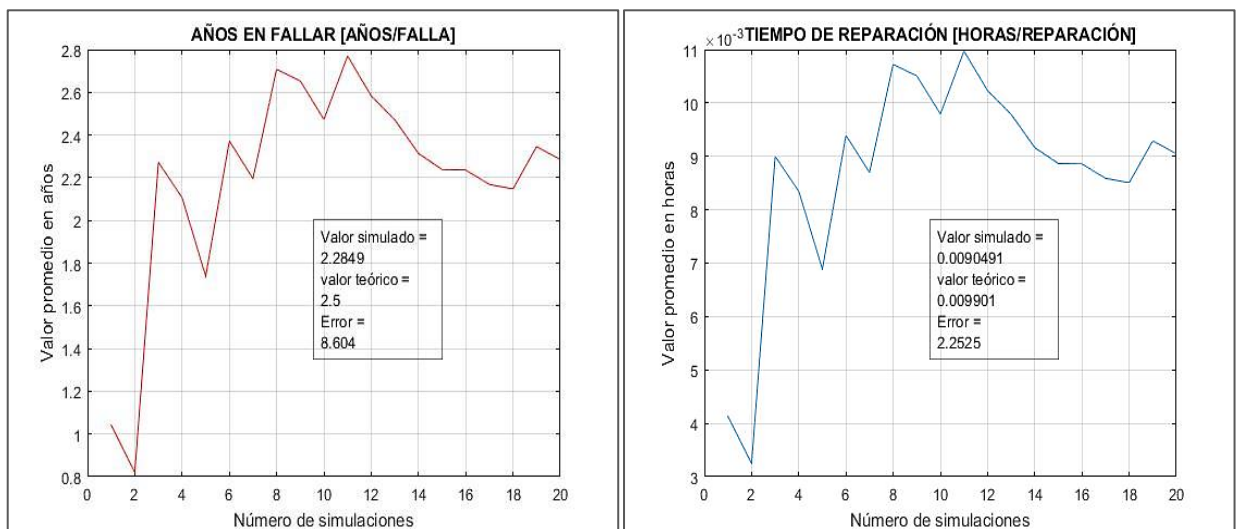
**Realizado por:** El Postulante

**11.11.1. Convergencia del número de simulaciones.**

Las figuras que se muestran a continuación, detallan la convergencia del número de simulaciones, para establecer el tiempo de fallo y reparación del Primario 29A de la S/E Nueva Cumbayá, a manera de ejemplo, como sigue:

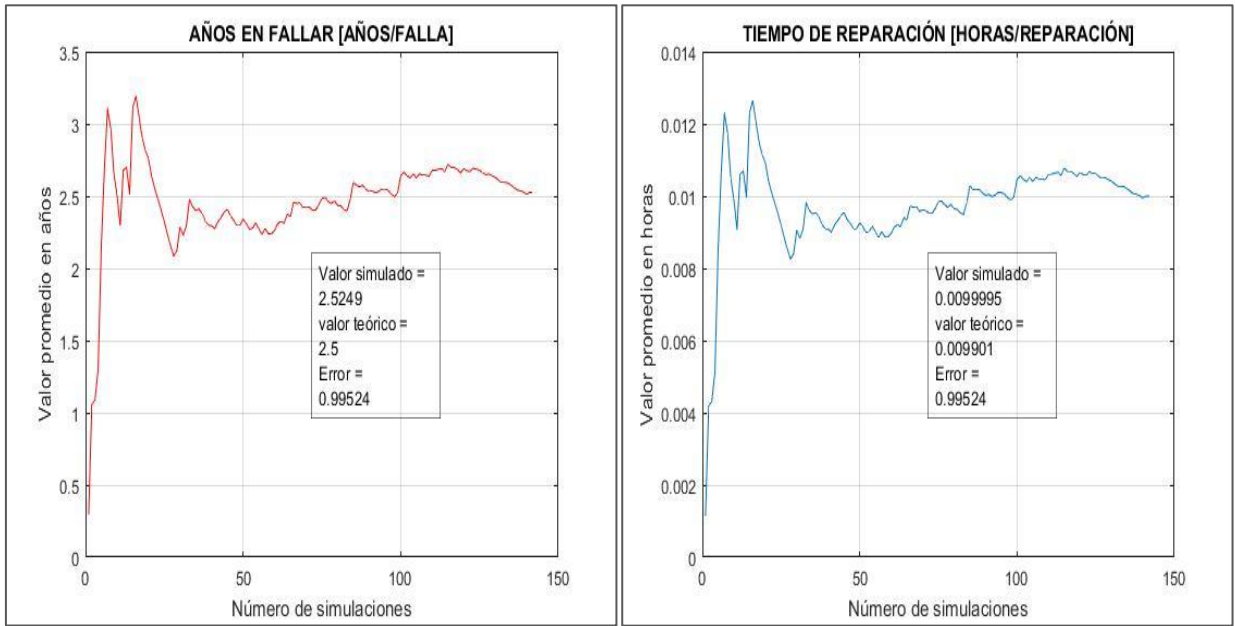
**Tabla 15.** Primario 29A de la S/E Nueva Cumbayá.

| Urbano/<br>Rural | Zona    | S/E | Nombre<br>Sub.   | Primario | $\lambda_{int}$ | $\mu$   | r     | $\lambda$ | A     | C            | $\bar{A}$    |
|------------------|---------|-----|------------------|----------|-----------------|---------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|
| Rural            | Noreste | 29  | NUEVA<br>CUMBAYA | A        | 0,40            | 101,408 | 0,021 | 0,268     | 0,994 | <b>0,764</b> | <b>0,006</b> |



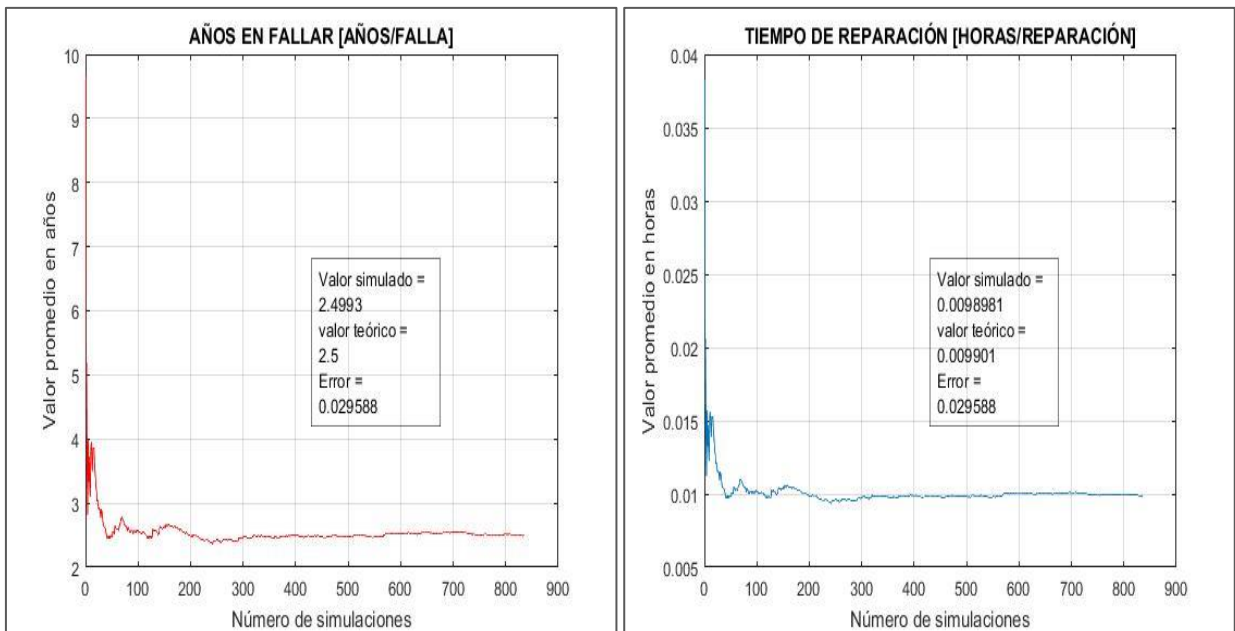
**Figura 21.** Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=20 simulaciones.

**Realizado por:** El Postulante



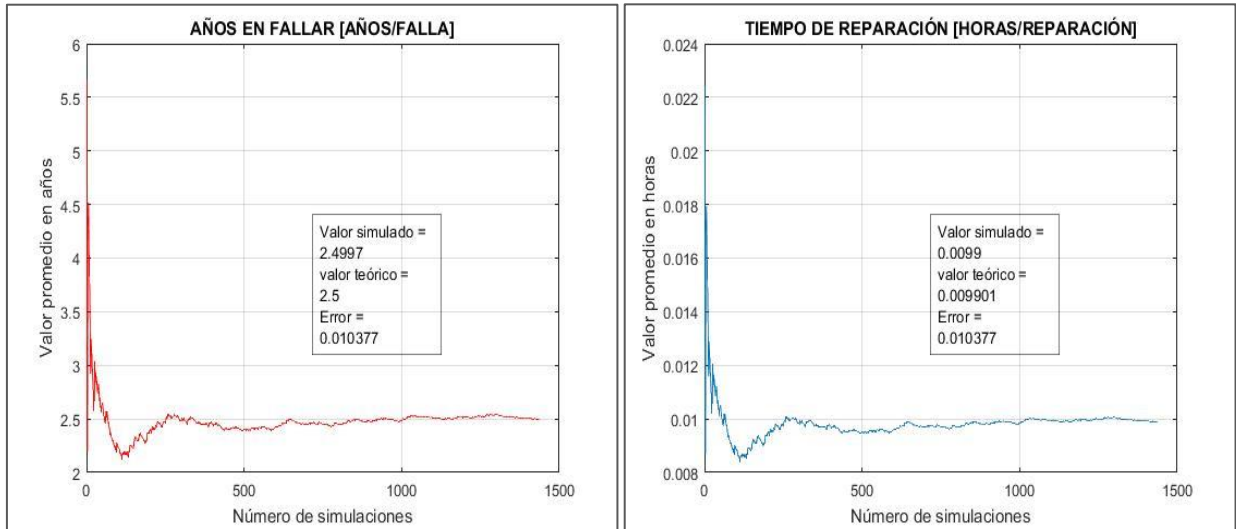
**Figura 22.** Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=142 simulaciones.

**Realizado por:** El Postulante



**Figura 23.** Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=836 simulaciones.

**Realizado por:** El Postulante



**Figura 24.** Tiempo de fallo y reparación de la S/E Nueva Cumbayá. N=1438 simulaciones.

**Realizado por:** El Postulante

Como se observa en las figuras 1, 2, 3 y 4, respectivamente, el número de simulaciones, tiene una estrecha relación con el nivel de confianza arrojado por el software de simulación, donde, mientras mayor sea el número de simulaciones, mayor es el nivel de confianza, cuyo error correspondiente al valor teórico y valor simulado es mínimo.

En la tabla 16 y 17, se observa el nivel de convergencia con relación al valor simulado y el porcentaje de error que resulta al ejecutar Simulación de Monte Carlo (CMS). Al incrementar el número de simulaciones se observa que el porcentaje de error disminuye, obteniendo al final un valor con un alto nivel de confianza y un porcentaje de error menor al 1%.

**Tabla 16.** Variación según el número de simulaciones, para año de falla.

| No. Simulación | Año de falla   |           |                                    |                       |
|----------------|----------------|-----------|------------------------------------|-----------------------|
|                | Valor simulado | Error [%] | Desviación estándar [ $\sigma^2$ ] | Varianza [ $\sigma$ ] |
| 20             | 2,2849         | 8,6040    | 2,2849                             | 4,5698                |
| 40             | 2,4070         | 3,6918    | 2,4070                             | 4,8140                |
| 60             | 2,4525         | 1,8998    | 2,4525                             | 4,9050                |
| 142            | 2,5249         | 0,9952    | 2,5249                             | 5,0498                |
| 200            | 2,6648         | 6,5934    | 2,6648                             | 5,3296                |
| 400            | 2,5403         | 1,6113    | 2,5403                             | 5,0806                |
| 836            | 2,4993         | 0,0296    | 2,4993                             | 4,9986                |
| 1000           | 2,5792         | 3,1697    | 2,5792                             | 5,1584                |
| 1438           | 2,4997         | 0,0104    | 2,4997                             | 4,9994                |

**Realizado por:** El Postulante

**Tabla 17.** Variación según el número de simulaciones, para tiempo de reparación.

| No. Simulación | Tiempo de reparación |           |                                    |                       |
|----------------|----------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------|
|                | Valor simulado       | Error [%] | Desviación estándar [ $\sigma^2$ ] | Varianza [ $\sigma$ ] |
| 20             | 0,00905              | 2,25250   | 0,00905                            | 0,01810               |
| 40             | 0,00954              | 3,69180   | 0,00954                            | 0,01907               |
| 60             | 0,00971              | 0,89980   | 0,00971                            | 0,01943               |
| 142            | 0,01000              | 0,99524   | 0,01000                            | 0,02000               |
| 200            | 0,01055              | 6,59340   | 0,01055                            | 0,02111               |
| 400            | 0,01006              | 1,61130   | 0,01006                            | 0,02012               |
| 836            | 0,00990              | 0,02959   | 0,00990                            | 0,01980               |
| 1000           | 0,01022              | 3,16970   | 0,01022                            | 0,02043               |
| 1438           | 0,00990              | 0,01038   | 0,00990                            | 0,01980               |

**Realizado por:** El Postulante

En base a un nivel de confianza del 96%, correspondiente a las 1438 simulaciones se desarrolla el cálculo del tiempo de falla y tiempo de reparación de cada primario del Sistema de Distribución Primaria, cuya comparativa entre el valor simulado y cálculos de confiabilidad e indisponibilidad, se detallan en la siguiente sección.

### 11.12. Cálculo del tiempo de falla y tiempo de reparación del SDP.

Una vez obtenido los primarios con rendimiento 1, 2, 3 y 4, se calcula el tiempo de falla y tiempo de reparación de cada primario, con base a la Simulación de Monte Carlo, como se planteó en la anterior sección, en base a un nivel de confianza del 96%, correspondiente a 1438 simulaciones. Los resultados obtenidos a través de la simulación, se observa en la tabla 19 respectivamente.

Para efecto de rangos de probabilidad, se desarrolla la tabla 18, que contiene los rangos de probabilidad por colores. Los rangos de probabilidad se clasifican conforme al tiempo que el primario sufra una falla, la cual, al asociarlo con actividades de mantenimientos, permite desarrollo de planificaciones futuras en el SDP.

**Tabla 18.** Rango de probabilidad de falla por causa básica descargas atmosféricas y pájaros

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| Probabilidad 1. | [ < 1 año ]        |
| Probabilidad 2. | [ 1 a 1,667 años ] |
| Probabilidad 3. | [ < 2,54 años ]    |
| Probabilidad 4. | [ < 5 años ]       |

**Realizado por:** El Postulante

En la tabla 19, se observa los primarios, cuya probabilidad de falla por pájaros, se clasifica por prioridades 1, 2, 3 y 4, siendo la probabilidad 1, el tiempo de fallo estimado en meses, ( $t_f < 1$  año).

Al comparar el valor teórico con el valor, simulado se observa que el porcentaje (%) de error es mínimo, cuyo resultado obtenido en la simulación, es muy cercano a la realidad, concluyéndose la efectividad del Método de Monte Carlo, aplicado a la situación del tiempo de falla y reparación de los primarios por causa pájaros.

**Tabla 19.** Tiempo de falla y reparación del Sistema de Distribución Primaria, por causa pájaros.

| PAJAROS  |                |          |                 |         |  |                        |                |             |                              |                |             |           |
|----------|----------------|----------|-----------------|---------|--|------------------------|----------------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|-----------|
| Zona     | Nombre Sub.    | Primario | $\lambda_{int}$ | $\mu$   | Probabilidad de no sufrir fallas [1 año] | Tiempo de falla [años] |                |             | Tiempo de reparación [horas] |                |             | Prioridad |
|          |                |          |                 |         |  | Valor teórico          | Valor simulado | Error 1 [%] | Valor Teórico                | Valor simulado | Error 2 [%] |           |
| Noroeste | GUALO          | E        | 1,2             | 234,783 | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,957       | 1         |
| Norte    | CRISTIANIA     | D        | 1,2             | 5,701   | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,175                        | 0,175          | 0,067       | 1         |
| Sur      | BARRIONUEVO    | T        | 1,2             | 240,000 | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 1         |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA  | C        | 1               | 31,746  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,031                        | 0,032          | 0,000       | 2         |
| Noreste  | TUMBACO        | A        | 1               | 10,863  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,092                        | 0,092          | 0,060       | 2         |
| Noroeste | POMASQUI       | D        | 1               | 32,491  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,031                        | 0,031          | 0,072       | 2         |
| Noroeste | POMASQUI       | F        | 1               | 119,205 | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,008                        | 0,008          | 0,132       | 2         |
| Noroeste | POMASQUI       | G        | 1               | 7,762   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,129                        | 0,129          | 0,103       | 2         |
| Sureste  | SAN RAFAEL     | F        | 1               | 34,682  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,029                        | 0,029          | 0,116       | 2         |
| Norte    | CRISTIANIA     | G        | 1               | 3,940   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,254                        | 0,254          | 0,053       | 2         |
| Norte    | COTOCOLLAO     | E        | 1               | 6,598   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,152                        | 0,151          | 0,103       | 2         |
| Sur      | EPICLACHIMA    | B        | 1               | 60,000  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,017                        | 0,017          | 0,200       | 2         |
| Sur      | SANTA ROSA     | F        | 1               | 5,729   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,175                        | 0,174          | 0,089       | 2         |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA  | B        | 0,8             | 33,803  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,030                        | 0,030          | 0,056       | 2         |
| Noreste  | TABABELA       | C        | 0,8             | 87,805  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,011                        | 0,011          | 0,098       | 2         |
| Noreste  | EL QUINCHE     | B        | 0,8             | 240,000 | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2         |
| Noroeste | SAN ANTONIO    | B        | 0,8             | 0,878   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 1,138                        | 1,138          | 0,071       | 2         |
| Noroeste | POMASQUI       | A        | 0,8             | 7,258   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,138                        | 0,138          | 0,056       | 2         |
| Sureste  | SAN RAFAEL     | A        | 0,8             | 25,087  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,040                        | 0,040          | 0,153       | 2         |
| Norte    | COTOCOLLAO     | A        | 0,8             | 0,883   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 1,133                        | 1,132          | 0,066       | 2         |
| Norte    | COTOCOLLAO     | D        | 0,8             | 64,286  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,016                        | 0,016          | 0,357       | 2         |
| Noreste  | TABABELA       | A        | 0,6             | 50,704  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,020                        | 0,020          | 0,113       | 2         |
| Noroeste | POMASQUI       | E        | 0,6             | 240,000 | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2         |
| Sureste  | MACHACHI       | B        | 0,6             | 5,693   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,176                        | 0,176          | 0,084       | 2         |
| Norte    | CRISTIANIA     | F        | 0,6             | 4,635   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,216                        | 0,216          | 0,065       | 2         |
| Norte    | COTOCOLLAO     | H        | 0,6             | 52,174  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,019                        | 0,019          | 0,174       | 2         |
| Sur      | CHILIBULO      | D        | 0,6             | 35,294  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,028                        | 0,028          | 0,118       | 2         |
| Sur      | EPICLACHIMA    | A        | 0,6             | 1,615   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,619                        | 0,619          | 0,073       | 2         |
| Sur      | EPICLACHIMA    | E        | 0,6             | 2,562   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,390                        | 0,390          | 0,071       | 2         |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO | B        | 0,6             | 240,000 | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2         |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA  | A        | 0,4             | 101,408 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,010                        | 0,010          | 0,394       | 3         |
| Noreste  | TABABELA       | B        | 0,4             | 240,000 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 3         |
| Noreste  | TUMBACO        | C        | 0,4             | 2,661   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,376                        | 0,376          | 0,062       | 3         |
| Noreste  | EL QUINCHE     | D        | 0,4             | 15,031  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,067                        | 0,067          | 0,042       | 3         |
| Noroeste | POMASQUI       | B        | 0,4             | 1,687   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,593                        | 0,592          | 0,064       | 3         |
| Sureste  | SANGOLQUI      | B        | 0,4             | 59,504  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,017                        | 0,017          | 0,033       | 3         |
| Centro   | BARRIONUEVO    | D        | 0,4             | 61,017  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,016                        | 0,016          | 0,068       | 3         |
| Norte    | GUALO          | A        | 0,4             | 21,053  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,048                        | 0,048          | 0,000       | 3         |

| PAJAROS  |               |          |                 |         |  |                        |                |             |                              |                |             |           |
|----------|---------------|----------|-----------------|---------|--|------------------------|----------------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|-----------|
| Zona     | Nombre Sub.   | Primario | $\lambda_{int}$ | $\mu$   | Probabilidad de no sufrir fallas [1 año] | Tiempo de falla [años] |                |             | Tiempo de reparación [horas] |                |             | Prioridad |
|          |               |          |                 |         |  | Valor teórico          | Valor simulado | Error 1 [%] | Valor Teórico                | Valor simulado | Error 2 [%] |           |
| Norte    | CRISTIANA     | A        | 0,4             | 1,815   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,551                        | 0,550          | 0,079       | 3         |
| Norte    | COTOCOLLAO    | I        | 0,4             | 2,090   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,478                        | 0,478          | 0,078       | 3         |
| Norte    | POMASQUI      | C        | 0,4             | 0,853   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 1,172                        | 1,171          | 0,070       | 3         |
| Sur      | EPICLACHIMA   | C        | 0,4             | 24,407  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,041                        | 0,041          | 0,176       | 3         |
| Sur      | EPICLACHIMA   | D        | 0,4             | 232,258 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,129       | 3         |
| Sur      | SANTA ROSA    | D        | 0,4             | 88,889  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,011                        | 0,011          | 0,444       | 3         |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA | D        | 0,2             | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4         |
| Noreste  | TABABELA      | D        | 0,2             | 43,373  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,023                        | 0,023          | 0,241       | 4         |
| Noreste  | AEROPUERTO    | D        | 0,2             | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4         |
| Noreste  | TUMBACO       | B        | 0,2             | 32,432  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,031                        | 0,031          | 0,108       | 4         |
| Noreste  | TUMBACO       | E        | 0,2             | 34,286  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,029                        | 0,029          | 0,229       | 4         |
| Noroeste | GUALO         | C        | 0,2             | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4         |
| Noroeste | GUALO         | D        | 0,2             | 1,630   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,614                        | 0,613          | 0,067       | 4         |
| Noroeste | SAN ANTONIO   | A        | 0,2             | 0,550   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 1,818                        | 1,817          | 0,070       | 4         |

**Realizado por:** El Postulante

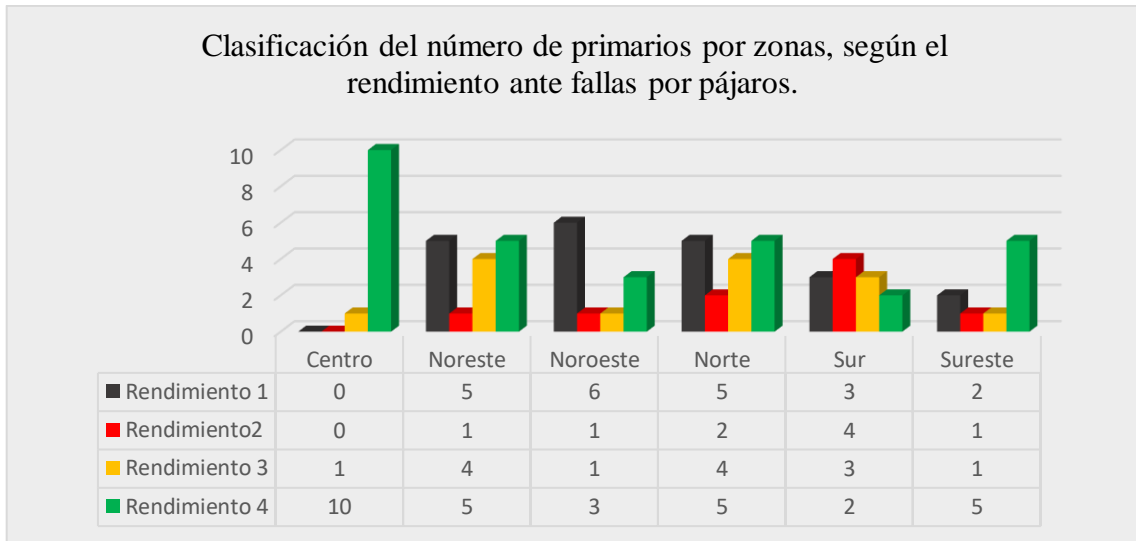
### 11.13. Panorama general del SDP.

Con la finalidad de tener un panorama de general de los primarios con baja confiabilidad, mayor indisponibilidad y probabilidad de falla en el área de concesión de la E.E.Q.S.A., por causa pájaros, se muestra el número de alimentadores primarios, con rangos de prioridad 1, 2, 3 y 4, y probabilidad de falla 1,2,3 y 4 respectivamente para un tiempo de planificación de 1 año.

#### 11.13.1. Primarios y niveles de rendimiento 1, 2, 3 y 4.

La figura 25, muestra el número total de primarios por zona, clasificados según el rango de rendimiento 1, 2, 3 y 4 que presenta ante fallas por causa pájaros,

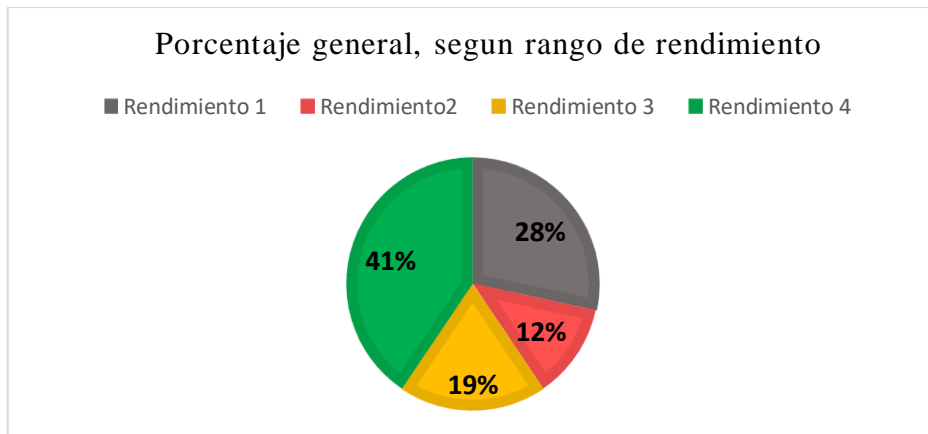
Aunque el nivel de prioridad 1 y 2, corresponden a primarios con baja confiabilidad y alta indisponibilidad, en cada una de las zonas, se observa que los primarios con un rango de rendimiento 1, para trabajos de mantenimiento es alto, a excepción de la zona Centro, que la mayoría de los primarios tienen un rendimiento 4. Las zonas que presentan mayor número de primarios con rendimiento 1 son Noroeste y Norte, con 6 y 5 primarios respectivamente. De igual manera, las zonas con mayor número de primarios con rendimiento 4, son Centro, Noreste, Norte y Sureste. Sin embargo, al observar el número de primarios de la zona Sur, se observa que 4 primarios tienen un rendimiento 2, mientras que 3 primarios un rendimiento 1 y 3, y por ultimo 2 primarios con un rendimiento 4 ante eventos de falla por pájaros.



**Figura 25.** Clasificación del número de Primarios, según zona y nivel de prioridad 1,2 ,3 y 4, para actividades de mantenimientos, por causa pájaros.

**Realizado por:** El Postulante

La figura 26, muestra el porcentaje total por prioridad de los primarios, donde se observa que el 28% de los primarios por causa pájaros tienen prioridad 1, el 12% tienen una prioridad 2, el 19% de los primarios tienen una prioridad 3 y el 41% de los primarios tienen una prioridad 4.



**Figura 26.** Porcentaje de primarios bajo nivel de rendimiento, por causa pájaros.

**Realizado por:** El Postulante

**11.13.2. Primarios y niveles de probabilidad de falla 1, 2, 3 y 4.**

Esta sección, clasifica el número de primarios, bajo rangos de tiempo de falla principalmente, debido al tiempo estimado de realizar actividades de mantenimientos en el Sistema de Distribución Primaria, sin efecto al tiempo de reparación.

La Tabla 20, muestra el número de los primarios según el tiempo estimado a fallar, siendo las zonas Noreste, Noroeste, Norte y Sur, la que tiene mayor número de primarios, con probabilidad de fallas por pájaros, comprendidas hasta los 1,667 años.

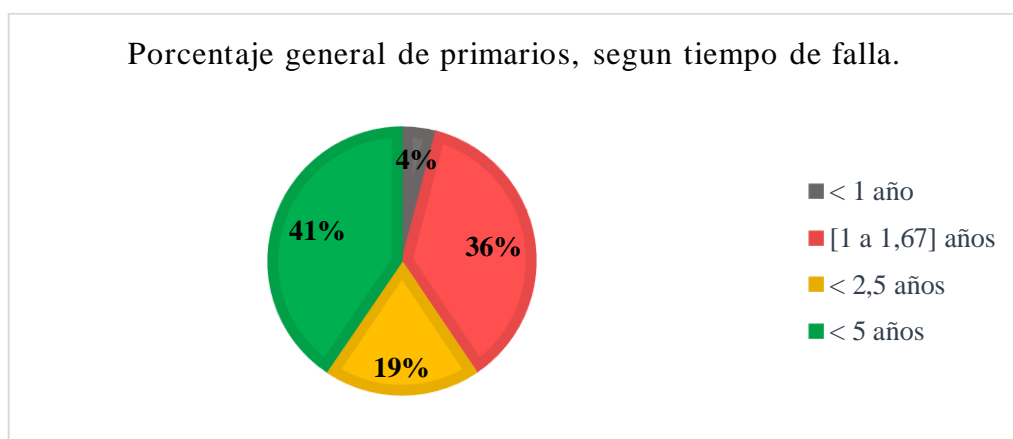
**Tabla 20.** Clasificación según nivel de prioridad, del tiempo medio de falla de los alimentadores primarios por causa básica pájaros.

| Tiempo medio de fallas por causa básica pájaros. |         |                 |            |          |       |
|--|---------|-----------------|------------|----------|-------|
| Zonas  | < 1 año | [1 a 1,67] años | < 2,5 años | < 5 años | Total |
| Centro   | 0       | 0               | 1          | 10       | 11    |
| Noreste  | 1       | 6               | 4          | 5        | 16    |
| Noroeste   | 0       | 6               | 1          | 3        | 10    |
| Norte  | 1       | 6               | 4          | 5        | 16    |
| Sur  | 1       | 6               | 3          | 2        | 12    |
| Sureste  | 0       | 3               | 1          | 5        | 9     |

**Realizado por:** El Postulante

Cabe destacar, que un número bajo, hasta nulo tienen una probabilidad de sufrir fallas en menos de 1 año. Mientras que un número considerable de primarios tienden a fallar hasta los 5 años, lo que, en actividades de mantenimientos, debe ser tomado en cuenta para efectos de trabajos en las redes.

En la figura 27, se observa el porcentaje de los primarios bajo rango de probabilidad de falla, donde el 41% de los primarios tienen un tiempo medio de falla de 5 años, un 19%, menor a 2,5 años, 36% fallan hasta los 1,67 años y el 4% de los primarios fallan en menos de un año.



**Figura 27.** Clasificación en porcentaje de primarios según tiempo de falla. Causa básicas pájaros.

**Realizado por:** El Postulante

## **12. IMPACTOS.**

La investigación correspondiente al análisis de fallas en el Sistema Eléctrico de Distribución (SED's), en base a la función objetivo planteada, puede incluir varios aspectos, tanto en lo económico, técnico, ambiental y social, debido a que las incidencias de fallas, al ser detectadas a tiempo, permiten disminuir la probabilidad de desconexión hacia los usuarios de bajo y medio voltaje, como también, en el tiempo de restablecimiento de servicio al ocasionarse un evento de falla, cuyos parámetros, dentro de un periodo de planificación que puede variar de 1, hasta "n" años, pueda establecer actividades de mantenimiento que permitan cumplir las metas de calidad de servicio técnico en la EEQ.

### **Impacto económico.**

El hecho de ubicar las zonas con más incidencia a fallas, donde los parámetros de confiabilidad e indisponibilidad de servicio se vean afectados, permite disminuir los gastos por equipos, herramientas y personal trasladado hacia el punto de falla, igualmente, permite distribuir de forma eficiente las inversiones respecto a la compra de equipo de protección, aisladores, crucetas y demás equipos que se instalan en los Alimentadores Primarios.

### **Impacto técnico.**

Este impacto recae en el rendimiento del SED al producirse una falla en los Alimentadores Primarios, cuyo tiempo en el restablecimiento de servicio sea óptimo y de menor duración, además, donde los parámetros, respecto a los protocolos de mantenimiento, se direccionen hacia las zonas con primarios más propensos a fallas, asegurando los niveles de seguridad de líneas de bajo y medio voltaje, como también del personal de mantenimiento.

### **Impacto ambiental.**

En un rango de probabilidad bajo, una disminución de accidentes donde los animales como gatos; silvestres como pájaros, monos como el cusumbo que habita en bosques tropicales, árboles y matorrales sufran electrocución, igualmente quema accidental de zonas de bosques secos, producto de chispas que caen en áreas secas, al producirse cortocircuitos, por fallas permanentes en la red.

### **Impacto social.**

A priori, una disminución en el número de usuarios de medio y bajo voltaje afectados por la desconexión del servicio de energía eléctrica, en eventos de falla aleatoria.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 13.1. Conclusiones.

- Para un análisis efectivo, correspondiente a causas con mayor incidencia en las redes, es útil el uso del Diagrama de Pareto, como instrumento base para establecer bajo un orden de frecuencia acumulada, las causas más importantes a enfocar actividades de mantenimientos.
- En el sistema de Distribución Primaria, bajo el criterio del número de interacciones se determina que las causas básicas con mayores registros son las descargas atmosféricas con un 743 interrupciones registradas, equipamiento o materiales por envejecimiento (desgaste) con 537 interrupciones, no determinadas o causa desconocida con 527, daño o interferencia accidental de particulares (excepto 35) con un número de 230 interrupciones, materiales llevados por el viento con 212 interrupciones y pájaros con 180 interrupciones registradas, de las cuales al analizar las fallas por causa fauna, se concluye que el 97% de las fallas es ocasionado por pájaros, sin embargo, la hipótesis inicial, respecto a las fallas por causas animal es errónea, debido a ser la falla con menor incidencia en las redes.
- La planificación del sistema de distribución, tiene un horizonte de tiempo de 1, 5 hasta diez años en adelante, cuyos estudios se realizan anualmente, tomando en cuenta criterios como la expansión de alimentadores primarios, expansión del SED existente, ubicación e instalación de equipos que suplan el aumento de carga anual y reconfiguraciones de redes para actividades de mantenimiento.
- El incremento de confiabilidad en sistemas de distribución primarios, depende de una comparación entre el costo de inversión de equipos instalados en los nodos de red y topología estructurada, para continuidad del servicio de electricidad ante eventos de falla.
- Las variables de probabilidad de distribución, continua y discreta, permiten evaluar la confiabilidad de equipos o sistemas bajo parámetros de sucesos de probabilidad y tiempos de estudio.
- La probabilidad por la Distribución de Poisson, permite modelar el Sistema de Distribución Primaria ante eventos de falla de tipo aleatorio, donde la variable “n” se considera infinito ( $\infty$ ), debido a que en el sistema de distribución “n”, representa el número de instrumentos, equipos, lazos y crucetas instalados en las redes.

- Como el modelo de probabilidad por distribución Exponencial parte de un caso especial del modelo de probabilidad de Poisson, se puede modelar la confiabilidad de equipos o sistemas, cuando la tasa de riesgo tiende a un valor constante y cuando la falla es de tipo aleatoria, es base al criterio de componentes no reparables.
- El Método de Monte Carlo, bajo un nivel de confianza y porcentaje de error mínimo, permite simular los registros históricos del sistema de distribución para determinar los índices de confiabilidad respecto a la carga del presente, donde, mientras más se efectúe el número de simulaciones, mayor será el nivel de confianza del resultado, que en la presente investigación se ha determinado la probabilidad de falla, bajo un número de 1438 simulaciones, con un nivel de confianza del 96%.
- Los primarios con mayores interrupciones por causa pájaros son el Primario 57A, 57B, 57D y 57G de la S/E Pomasqui, los primarios 19A, 19E, 19I de la S/E Cotocollao, los primarios 18<sup>a</sup>, 18D, 18F, 18G de la S/E Cristiania y los primarios 21 A y 21B de la S/E Epliclachima

### **13.2. Recomendaciones.**

- Los sistemas de energía actuales al estar propensos a fallas contantes independientemente de las causas que las producen, pueden ser estudiados mediante modelos estocásticos y probabilísticos, para lo cual se recomienda determinar en primera instancia, el sistema o componente a modelar, selección del modelo de probabilidad discreta o continua asociado a las variables visualizadas, las cuales, como se especifican en la presente investigación, deben partir desde un análisis de las propiedades y características de cada modelo de distribución.
- Utilización de sistemas computacionales, como softwares o minería de datos, para el manejo de información extensa, cuyos resultados permitan evaluar índices de manera precisa y rápida, donde el tiempo de simulación y resultados obtenidos representen el estado real del sistema o componente bajo análisis.
- Actualmente, la mayoría de países en relación a los agentes eléctricos, establecen niveles o rangos eficientes de confiabilidad en sus sistemas de energía, cuyos parámetros evalúan el rendimiento del SED, ST y SEP en ámbitos de confiabilidad; por tal motivo, como una recomendación a largo plazo, se recomienda a la EEQ, dentro del marco normativo de la LOSPEE y el ARCONEL, la creación de un consejo de Confiabilidad, la cual mediante los resultados obtenidos por estudios en índices de

confiabilidad de carga, consumidor afectado, parámetros de planificación técnico, económico, ambiental y social permita parametrizar los niveles de confiabilidad por rangos de priorización, dentro de sus respectivas áreas de concesión.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Zemite, J. Gerhards, M. Gorobetz y A. Levchenkov, «Optimization of distribution system reliability,» *IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, pp. 1-6, 2016.
- [2] A. Rojas Pineda y I. Guzman Retamal, «HPROBABILIDAD, DESDE LO COLOQUIAL A LO FORMAL,» *Clame*, vol. 31, nº 2, pp. 1157-1163, 2018.
- [3] W. Denson, «The History of Reliability Prediction,» *IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY*, vol. 47, nº 3, pp. 321-328, 1998.
- [4] S. Goerdin, J. Smith y R. Mehairjan, «Monte Carlo Simulation Applied to Support Risk-based Decision Making in Electricity Distribution Networks,» *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*, pp. 1-5, 2015.
- [5] A. L. López Pereira, «Impact of Smart Grids on The Reliability of Distribution Systems,» *Revista técnica "energía"*, nº 14, pp. 184-193, 2018.
- [6] S. P. Cañar Olmedo, Cálculos detallados en pérdidas de Sistemas Eléctricos de distribución aplicado al alimentado "Universidad", perteneciente a la Empresa Eléctrica de Ambato Regional Centro Norte S.A., Quito-Ecuador: EPN, 2007.
- [7] G. I. Casillas Peña, Asignación de Equipamientos de control de tensión en redes de distribución considerando recursos energéticos distribuidos., Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo, Escuela Politécnica., 2017.
- [8] S. Ramirez Castaño, Redes de distribución de energía, Colombia: Universidad de Colombia, sede Manizales, 2004.
- [9] «Redes de Distribución, transporte de energía,» 2014. [En línea]. Available: <https://distribucion.webnode.com.co/topologias-de-las-redes-de-distribucion/>. [Último acceso: 29 Octubre 2019].
- [10] H. Seifi y M. Sadegh Sepasian, *Electric Power System Planning Issues, Algorithms and Solutions*, New York: Springer Science+Business, 2011.
- [11] F. Jacob Candian, *Planejamento da Expansão de Sistemas Elétricos de Distribuição Considerando Fatores de Riscos em Análise Econômica, Ilha Solteira* : Unesp, 2008.
- [12] V. Gómez, R. Peña y C. Hernández, «Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica,» *SciELO*, vol. 23, nº 2, pp. 109-116, 2012.
- [13] J. J. Carrasco y I. Rodriguez, «Indicadores de Calidad de Servicio en Empresas distribuidoras de energía eléctrica,» Comisión de Integración Energética Regional (CIER), Montevideo-Uruguay, 2016-2017.

- [14] D. d. Arconel, «Calidad del Servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica,» Arconel, Quito-Ecuador, 2018.
- [15] T. M. Machado Alves, «Distribución de la energía,» *Revista CIER*, vol. 79, pp. 29-32, 2018.
- [16] P. Gómez, A. F. Aquino, T. S. Duarte, B. Fernandes y J. Feltes, «Como Brasil aspira al oro en Confiabilidad,» *IEEE power&energy*, vol. 14, n° 6, p. 44, 2016.
- [17] LOSPEE, «Registro Oficial No. 21,» LEXISFINDER, Quito-Ecuador, 2019.
- [18] R. Waldele, «Historia de anomalías en el sistema eléctrico,» *IEEE power & energy magazine*, vol. 14, n° 6, pp. 20-25, 2016.
- [19] R. Billinton y R. Allan, *Reliability Evaluation of Engineering System*, New York: Springer Science+Business Media, LLC, 1992.
- [20] A. G. Taco Cabrera, *Implementación de una herramienta de software para la evaluación de confiabilidad de sistemas eléctricos de distribución utilizando un método simulativo*, Quito: EPN, 2018.
- [21] R. Billinton y W. Li, *Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods*, New York: Springer Science+Business Media, LLC, 1994.
- [22] A. Chowdhury y D. Koval, *POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY*, Canadá: IEEE Press Editorial Board, 2009.
- [23] D. Eggly y W. Esser, «Reliability Analysis and What It Means,» *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY AND GENERAL APPLICATIONS*, vol. 5, n° 5, pp. 578-581, 1999.
- [24] F. Garcés, «Cálculos de confiabilidad, descripción de la confiabilidad y conceptos.,» Universidad de San Juan, CONICET, Buenos Aires, Argentina.
- [25] R. Billinton y R. Allan, *Reliability Evaluation of Engineering System Concepts and Techniques*, New York: Springer Science+Business Media, LLC, 1992.
- [26] D. A. Gutiérrez Rodas, *Diseño e implementación de una herramienta software para el análisis de confiabilidad de Sistemas Eléctricos de Potencia basado en el Método de Simulación Montecarlo*, Quito, Ecuador: EPN, 2016.
- [27] ArcGIS, «Sistema de información geo-referenciada,» [En línea]. Available: <http://arcgis.eeq.com.ec/webgis/>. [Último acceso: 02 Febrero 2020].

## 15. ANEXOS.

### Anexo 1: Planificación de expansión del Sistema Eléctrico de Distribución.

El propósito de la planificación de SED y el Sistema de Distribución Primario de Medio Voltaje (SDMT), es definir la expansión de los alimentadores, la expansión de los SED existentes y la ubicación de los nuevos SED, componiendo un conjunto de trabajos para cumplir con el aumento de carga, observando los criterios técnicos, económicos y ambientales.

La cual debe comenzar con un diagnóstico del SED existente.

| REVISIÓN DE LA DEMANDA  |  |  |
|---|--|--|
| Pérdidas Eléctricas   | Sistema de Distribución de Alto voltaje  | Sistema de Distribución de Medio Voltaje   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un cálculo de pérdidas técnicas en transformadores y redes eléctricas.</li> <li>• Programas de eficiencia energética de la Empresa Distribuidora o de su conocimiento, deben ser considerados para el pronóstico de la demanda.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizonte de pronóstico de 10 años con periodicidad anual.</li> <li>• Carga caracterizada por la demanda de potencia activa y reactiva.</li> <li>• Estimativa de carga baja, media y alta.</li> <li>• Puntos de interés son las barras secundarias de subestaciones de conexión con una red básica y demanda de instalaciones de transmisión (DIT); de conexión de unidades consumidoras, centrales consumidoras y otras unidades distribuidoras atendidas por el SDMV, y primarios del SED.</li> <li>• Informes de zonas con expansión significativa.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizonte de pronóstico de 5 años a intervalos anuales.</li> <li>• Pronóstico con carácter general.</li> <li>• Cargas estimadas en dos niveles.</li> <li>• Puntos de interés son las barras secundarias del SED.</li> </ul> |

| CRITERIOS DE ESTUDIO DE PLANIFICACIÓN   |  |
|---|--|
| Sistema de Distribución de Alto Voltaje (SDAV)  | SED/SDMV/SDBV  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe mantener, criterios de: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Seguridad.</li> <li>○ Carga y voltaje para operación de redes, en estado normal y bajo contingencia.</li> <li>○ Calidad de suministro.</li> <li>○ Confiabilidad.</li> <li>○ Planificación del sector.</li> </ul> </li> <li>• Restricciones ambientales.</li> <li>• Directrices para estudio de planificación en zonas bajo análisis.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnóstico del SED.</li> <li>• Directrices para expansión del SED.</li> <li>• Diagnóstico de redes y líneas de distribución.</li> <li>• Directrices para expansión de red y líneas de distribución.</li> </ul> |

## Anexo 2: Clasificación de las interrupciones según la CIER.

### a) Según su origen

La presente clasificación corresponde a los componentes que sufren desconexión.

| <b>Código</b> | <b>Denominación</b>                                |
|---------------|--|
| 1             | Interconexión o externa al sistema                 |
| 2             | Generación del sistema                             |
| 3             | Transmisión del sistema                            |
| 4             | Subtransmisión y Distribución primaria del sistema |
| 5             | Distribución secundaria (M.V.)                     |

### b) Según la causa

| <b>Código</b> | <b>Interrupciones Forzadas</b>      |
|---------------|-------------------------------------|
| 1             | Condiciones Climáticas              |
| 2             | Medio Ambiente                      |
| 3             | Animales                            |
| 4             | Terceros                            |
| 5             | Propias de la Red                   |
| 6             | Fabricación                         |
| 7             | Generación o sistemas desconectados |
| 8             | Otras causas                        |
| <b>Código</b> | <b>Interrupciones Programadas</b>   |
| 9             | Programadas                         |

### c) Según causa-básica.

| <b>Código</b> | <b>Condiciones Climáticas-Código 0</b>             |
|---------------|--|
| 01            | Descarga Atmosférica                               |
| 02            | Lluvia   |
| 03            | Nieve o granizo                                    |
| 04            | Hielo  |
| 05            | Viento fuerte                                      |
| 06            | Neblina  |
| 07            | Calor Solar  |
| <b>Código</b> | <b>Condiciones Climáticas-Código 1</b>             |
| 10            | Depósito salino                                    |
| 11            | Contaminación industrial                           |
| 12            | Corrosión  |
| 13            | Vibración o choque mecánico                        |
| 14            | Incendio no debido a fallas                        |
| 15            | Deslizamiento de tierra                            |
| 16            | Inundación   |
| 17            | Terremoto  |
| 18            | Caída o crecimiento de árboles (sin incluir podas) |
| 19            | Materiales llevados en el viento                   |
| <b>Código</b> | <b>Animales-Código 2</b>                           |
| 17            | Pájaros  |
| 18            | Insectos   |
| 19            | Otros animales                                     |

| <b>Código</b> | <b>Terceros-Código 3</b>   |
|---------------|--|
| 30            | Daño o interferencia intencional o voluntaria  |
| 31            | Daño o interferencia accidental de particulares (excepto causa 35)   |
| 32            | Daño o interferencia accidentales por trabajos de otras empresas de Servicios Públicos o sus consumidores        |
| 33            | Falla de los equipos de los consumidores   |
| 34            | Error de la operación en equipos de los consumidores   |
| 35            | Choques de vehículos a postes o tirantes   |
| 36            | Daño o interferencia accidental por terceras personas no identificadas   |
| <b>Código</b> | <b>Propias de la Red-Código 4</b>  |
| 40            | Problemas en trabajos con líneas vivas   |
| 41            | Contacto, daño o interferencia accidental por personal de Compañía o contratista (excluyendo causa 40)           |
| 42            | Error de operación (inclusive operaciones para efecto de mantenimiento)  |
| 43            | Circuito identificado incorrectamente  |
| 44            | Sobrecarga   |
| 45            | Instalación o construcción deficiente  |
| 46            | Aplicación incorrecta de los equipos   |
| 47            | Diseño o proyecto inadecuado   |
| 48            | Mala operación o ajuste de equipos de protección   |
| 49            | Deterioro del equipo por envejecimiento o exceso de uso  |
| 50            | Falta o mal manteniendo de línea o equipos   |
| 51            | Operación sin voltaje por seguridad o característica respectiva de equipos Operación para localización de fallas |
| 52            | Operación para localización de fallas  |
| <b>Código</b> | <b>Fabricación-Código 6</b>  |
| 60            | Falta de diseño del fabricante   |
| 61            | Falta de materiales  |
| 62            | Falla de montaje en fábrica  |
| <b>Código</b> | <b>Generación o Sistemas Interconectados-Código 7</b>  |
| 70            | Falla en sistemas de alimentación ajenos a la empresa  |
| 71            | Falla en la generación del sistema   |
| 72            | Desconexión deliberada (manual o automática) debido a problemas de generación                                    |
| <b>Código</b> | <b>Otras causas-Código 8</b>   |
| 80            | No clasificadas  |
| 81            | No clasificadas (incluye causa de desaparición espontánea fugaz)   |
| <b>Código</b> | <b>Programadas-Código 9</b>  |
| 90            | Programadas para ampliaciones o mejoras  |
| 91            | Programadas para reparaciones (mantenimiento correctivo)   |
| 92            | Programadas para mantenimiento preventivo  |
| 93            | Programadas por sistemas de alimentación ajenos a la empresa   |
| 94            | Programadas no clasificadas  |

**Anexo 3: Subestaciones del Sistema de Distribución Primaria de la Empresa Eléctrica Quito.**

| No. | No. S/E | Denominación S/E      | No. | No. S/E | Denominación S/E      |
|-----|---------|-----------------------|-----|---------|-----------------------|
| 1   | 1       | OLIMPICO              | 51  | 58      | EL QUINCHE            |
| 2   | 2       | LULUNCOTO             | 52  | 59      | EUGENIO ESPEJO        |
| 3   | 3       | BARRIONUEVO           | 53  | 62      | PILGARAN              |
| 4   | 4       | CHIMBACALLE           | 54  | 63      | NUEVO AEROPUERTO      |
| 5   | 5       | CHILIBULO             | 55  | 71      | PERLAVI               |
| 6   | 6       | ESCUELA SUCRE         | 56  | 72      | SAN JOSE DE MINAS     |
| 7   | 7       | SAN ROQUE             | 57  | 80      | CUMBAYA               |
| 8   | 8       | LA MARIN              | 58  | 82      | GUANGOPOLO TERMICA    |
| 9   | 9       | MIRAFLORES            | 59  | 84      | GUANGOPOLO HIDRAULICA |
| 10  | 10      | DIEZ VIEJA            | 60  | 85      | HCJB-PIFO             |
| 11  | 11      | BELISARIO QUEVEDO     | 56  | 72      | SAN JOSE DE MINAS     |
| 12  | 12      | LA FLORESTA           | 57  | 80      | CUMBAYA               |
| 13  | 13      | GRANDA CENTENO        | 58  | 82      | GUANGOPOLO TERMICA    |
| 14  | 14      | GUALO                 | 59  | 84      | GUANGOPOLO HIDRAULICA |
| 15  | 15      | EL BOSQUE             | 60  | 85      | HCJB-PIFO             |
| 16  | 16      | RIO COCA              | 61  | 86      | NAYON                 |
| 17  | 17      | ANDALUCÍA             | 62  | 88      | PASOCHOA              |
| 18  | 18      | CRISTIANIA            | 63  | 90      | LOS CHILLOS           |
| 19  | 19      | COTOCOLLAO            | 64  | 92      | CENTRAL LULUNCOTO     |
| 20  | 20      | SUR                   | 65  | 95      | TARAPOA               |
| 21  | 21      | EPICLACHIMA           | 66  | 96      | JIVINO                |
| 22  | 22      | SAN ANTONIO           | 67  | 97      | PAYAMINO              |
| 23  | 23      | CONOCOTO              | 68  | 98      | SHUSHUFINDI           |
| 24  | 24      | CAROLINA              | 69  | 99      | LAGO AGRIO            |
| 25  | 26      | ALANGASI              |     |         |                       |
| 26  | 27      | SAN RAFAEL            |     |         |                       |
| 27  | 28      | ÑAQUITO               |     |         |                       |
| 28  | 29      | NUEVA CUMBAYA         |     |         |                       |
| 29  | 30      | PLATAFORMA FINANCIERA |     |         |                       |
| 30  | 31      | TABABELA              |     |         |                       |
| 31  | 32      | DIEZ NUEVA            |     |         |                       |
| 32  | 33      | AEROPUERTO            |     |         |                       |
| 33  | 34      | MACHACHI              |     |         |                       |
| 34  | 36      | TUMBACO               |     |         |                       |
| 35  | 37      | SANTA ROSA            |     |         |                       |
| 36  | 38      | NORTE                 |     |         |                       |
| 37  | 39      | VICENTINA             |     |         |                       |
| 38  | 40      | EL TABLON             |     |         |                       |
| 39  | 41      | SELVA ALEGRE          |     |         |                       |
| 40  | 42      | MOVIL PAPALLACTA      |     |         |                       |
| 41  | 47      | ENKADOR               |     |         |                       |
| 42  | 48      | MIRADOR ALTO          |     |         |                       |
| 43  | 49      | LOS BANCOS            |     |         |                       |
| 44  | 50      | MOVIL                 |     |         |                       |
| 45  | 51      | SAN ANTONIO           |     |         |                       |
| 46  | 53      | PEREZ GUERRERO        |     |         |                       |
| 47  | 54      | PAPALLACTA            |     |         |                       |
| 48  | 55      | SANGOLQUI             |     |         |                       |
| 49  | 56      | EQUINOCCIAL           |     |         |                       |
| 50  | 57      | POMASQUI              |     |         |                       |

### Anexo 4: Número de interrupciones totales registradas en el Sistema de Distribución. Desde julio 2014 a junio 2015.

Periodo POM Julio 2014 – Junio 2019 (5 años)

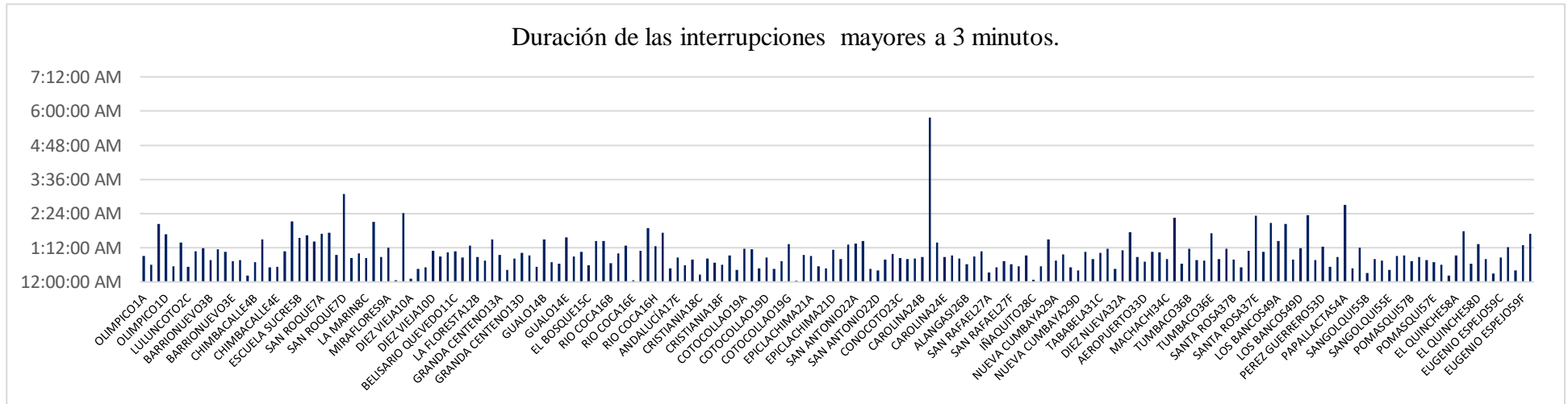
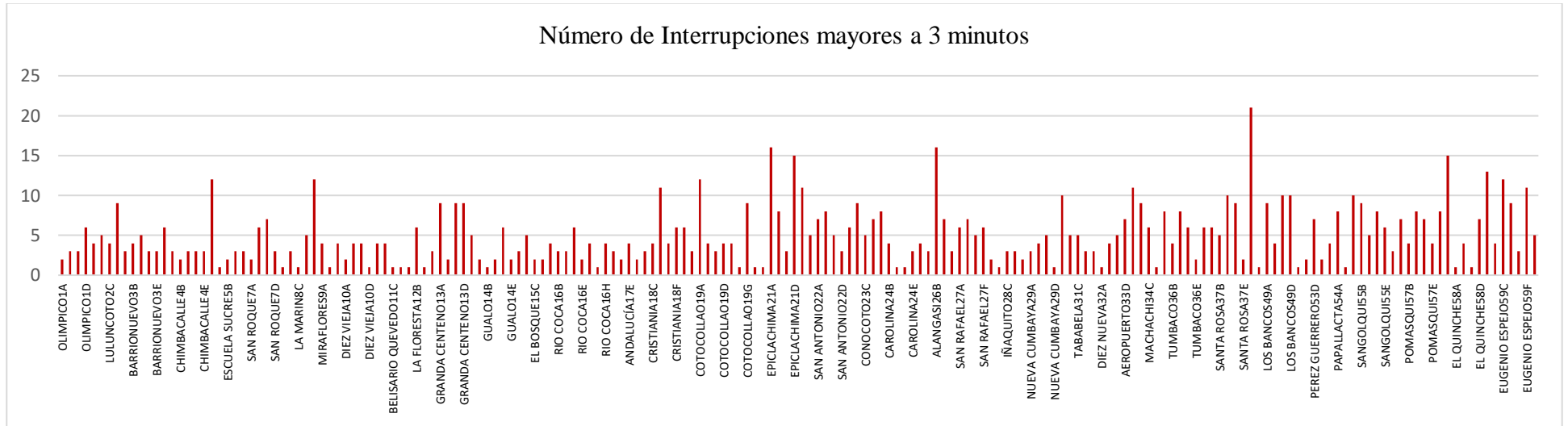
| No. interrupciones            | ETIQUETAS DE COLUMNA              |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
|                               | Distribución primaria del sistema |            |            |            |            |            |             | Interconexión o externa a la empresa |            |            |            |            |            |             | Subtransmisión del sistema |            |            |            |            |            | Total general |             |
| Etiquetas de fila             | Centro                            | Noreste    | Noroeste   | Norte      | Sur        | Sureste    | Sub Total   | Centro                               | Noreste    | Noroeste   | Norte      | Sur        | Sureste    | Sub Total   | Centro                     | Noreste    | Noroeste   | Norte      | Sur        | Sureste    |               | Sub Total   |
| <b>Rural</b>                  |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| <b>Desconexión Automática</b> |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| Animales                      | -                                 | 38         | 37         | -          | -          | 19         | 94          | -                                    | 1          | -          | -          | -          | -          | 1           | -                          | -          | 1          | -          | -          | -          | 1             | 96          |
| Condiciones climáticas        | -                                 | 88         | 58         | -          | -          | 281        | 427         | -                                    | 13         | 8          | -          | -          | 3          | 24          | -                          | 78         | 24         | -          | -          | 143        | 245           | 696         |
| Medio ambiente                | -                                 | 61         | 37         | -          | -          | 69         | 167         | -                                    | 30         | 17         | -          | -          | 4          | 51          | -                          | 8          | 44         | -          | -          | 8          | 60            | 278         |
| Otras causas                  | -                                 | 72         | 77         | -          | -          | 57         | 206         | -                                    | 104        | 70         | -          | -          | 74         | 248         | -                          | 73         | 47         | -          | -          | 63         | 183           | 637         |
| Otros sistemas                | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | 63         | 40         | -          | -          | 131        | 234         | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 234         |
| Programadas                   | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | 3          | 5          | -          | -          | -          | 8           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | 3             | 11          |
| Propias de la red             | -                                 | 54         | 56         | -          | -          | 79         | 189         | -                                    | 8          | 11         | -          | -          | 1          | 20          | -                          | 81         | 59         | -          | -          | 125        | 265           | 474         |
| Terceros                      | -                                 | 24         | 47         | -          | -          | 65         | 136         | -                                    | 27         | 38         | -          | -          | 30         | 95          | -                          | -          | 8          | -          | -          | 31         | 39            | 270         |
| <b>Desconexión Manual</b>     |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| Condiciones climáticas        | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | -          | -          | -          | -          | 1          | 1           | -                          | -          | -          | -          | -          | 1          | 1             | 2           |
| Otras causas                  | -                                 | -          | -          | -          | -          | 2          | 2           | -                                    | 3          | 4          | -          | -          | 3          | 10          | -                          | 1          | -          | -          | -          | -          | 1             | 13          |
| Otros sistemas                | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | -          | 5          | -          | -          | -          | 5           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 5           |
| Programadas                   | -                                 | 23         | 32         | -          | -          | 85         | 140         | -                                    | 48         | 129        | -          | -          | 8          | 185         | -                          | 43         | 80         | -          | -          | 89         | 212           | 537         |
| Propias de la red             | -                                 | 7          | 5          | -          | -          | 9          | 21          | -                                    | 2          | 4          | -          | -          | -          | 6           | -                          | -          | 5          | -          | -          | 5          | 10            | 37          |
| Terceros                      | -                                 | -          | 1          | -          | -          | 1          | 2           | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 2           |
| <b>Subtotal Rural</b>         | -                                 | <b>367</b> | <b>350</b> | -          | -          | <b>667</b> | <b>1384</b> | -                                    | <b>302</b> | <b>331</b> | -          | -          | <b>255</b> | <b>888</b>  | -                          | <b>284</b> | <b>271</b> | -          | -          | <b>465</b> | <b>1020</b>   | <b>3292</b> |
| <b>Urbano</b>                 |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| <b>Desconexión Automática</b> |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| Animales                      | 12                                | -          | -          | 43         | 36         | -          | 91          | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 1                          | -          | -          | 18         | 2          | -          | 21            | 112         |
| Condiciones climáticas        | 143                               | -          | -          | 92         | 155        | -          | 390         | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 107                        | -          | -          | 26         | 21         | -          | 154           | 544         |
| Medio ambiente                | 46                                | -          | -          | 44         | 30         | -          | 120         | 60                                   | -          | -          | 34         | 8          | -          | 102         | 29                         | -          | -          | 1          | 5          | -          | 35            | 257         |
| Otras causas                  | 98                                | -          | -          | 117        | 108        | -          | 323         | 185                                  | -          | -          | 138        | 54         | -          | 377         | 97                         | -          | -          | 58         | 17         | -          | 172           | 872         |
| Otros sistemas                | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 351                                  | -          | -          | 172        | 74         | -          | 597         | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 597         |
| Programadas                   | 1                                 | -          | -          | -          | -          | -          | 1           | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 1           |
| Propias de la red             | 170                               | -          | -          | 139        | 130        | -          | 439         | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 190                        | -          | -          | 138        | 45         | -          | 373           | 812         |
| Terceros                      | 78                                | -          | -          | 73         | 57         | -          | 208         | 23                                   | -          | -          | 51         | 14         | -          | 88          | -                          | -          | -          | 38         | -          | -          | 38            | 334         |
| <b>Desconexión Manual</b>     |                                   |            |            |            |            |            |             |                                      |            |            |            |            |            |             |                            |            |            |            |            |            |               |             |
| Condiciones climáticas        | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | -          | -          | -          | 3          | -          | 3           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 3           |
| Medio ambiente                | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 3                                    | -          | -          | 2          | 1          | -          | 6           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 6           |
| Otras causas                  | 1                                 | -          | -          | -          | -          | -          | 1           | 4                                    | -          | -          | 2          | 1          | -          | 7           | -                          | -          | -          | 1          | -          | -          | 1             | 9           |
| Otros sistemas                | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | -          | -          | 9          | -          | -          | 9           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 9           |
| Programadas                   | 242                               | -          | -          | 125        | 50         | -          | 417         | -                                    | -          | -          | -          | -          | -          | -           | 176                        | -          | -          | 123        | 63         | -          | 362           | 779         |
| Propias de la red             | 65                                | -          | -          | 28         | 9          | -          | 102         | 1                                    | -          | -          | -          | -          | -          | 1           | 20                         | -          | -          | 3          | 1          | -          | 24            | 127         |
| Terceros                      | -                                 | -          | -          | -          | -          | -          | -           | -                                    | -          | -          | 1          | -          | -          | 1           | -                          | -          | -          | -          | -          | -          | -             | 1           |
| <b>Subtotal Urbano</b>        | <b>856</b>                        | -          | -          | <b>661</b> | <b>575</b> | -          | <b>2092</b> | <b>627</b>                           | -          | -          | <b>409</b> | <b>155</b> | -          | <b>1191</b> | <b>620</b>                 | -          | -          | <b>406</b> | <b>154</b> | -          | <b>1180</b>   | <b>4463</b> |
| <b>Total general</b>          | <b>856</b>                        | <b>367</b> | <b>350</b> | <b>661</b> | <b>575</b> | <b>667</b> | <b>3476</b> | <b>627</b>                           | <b>302</b> | <b>331</b> | <b>409</b> | <b>155</b> | <b>255</b> | <b>2079</b> | <b>620</b>                 | <b>284</b> | <b>271</b> | <b>406</b> | <b>154</b> | <b>465</b> | <b>2200</b>   | <b>7755</b> |

Departamento de Operación y Mantenimientos de la Zona Urbana. Registros Empresa Eléctrica Quito

### Anexo 5: Duración Promedio de las Interrupciones registradas en el Sistema de Distribución. Desde julio 2014 a junio 2015.

| Duración Promedio             | Etiquetas de columna              |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
|                               | Distribución primaria del sistema |          |          |          |          |          |          | Sub Total | Interconexión o externa a la empresa |          |          |          |          |          | Sub Total | Subtransmisión del sistema |          |          |          |          |          | Sub Total |
|                               | Centro                            | Nores.   | Noroes.  | Norte    | Sur      | Sures.   | Centro   |           | Nores.                               | Noroes.  | Norte    | Sur      | Sures.   | Centro   |           | Nores.                     | Noroes.  | Norte    | Sur      | Sures.   |          |           |
| <b>Rural</b>                  |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| <b>Desconexión automática</b> |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| Animales                      | -                                 | 1:51:42  | 9:36:14  | -        | -        | 0:56:08  | 12:24:04 | -         | 0:04:12                              | -        | -        | -        | -        | 0:04:12  | -         | -                          | 0:24:00  | -        | -        | -        | 0:24:00  |           |
| Condiciones climáticas        | -                                 | 15:56:35 | 18:20:37 | -        | -        | 16:52:55 | 3:10:07  | -         | 21:27:39                             | 1:10:21  | -        | -        | 0:57:57  | 23:35:57 | -         | 2:50:29                    | 1:37:04  | -        | -        | 10:35:40 | 15:03:13 |           |
| Medio ambiente                | -                                 | 22:31:42 | 23:04:33 | -        | -        | 2:46:59  | 0:23:14  | -         | 9:39:04                              | 11:40:38 | -        | -        | 2:58:08  | 0:17:50  | -         | 5:37:58                    | 19:14:53 | -        | -        | 0:21:40  | 1:14:31  |           |
| Otras causas                  | -                                 | 18:50:24 | 10:38:07 | -        | -        | 6:11:38  | 11:40:09 | -         | 15:01:07                             | 4:07:49  | -        | -        | 13:25:19 | 8:34:15  | -         | 1:56:45                    | 5:03:13  | -        | -        | 2:02:28  | 9:02:26  |           |
| Otros sistemas                | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | 19:49:17                             | 11:56:13 | -        | -        | 9:08:29  | 16:53:59 | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Programadas                   | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | 0:30:12                              | 0:13:20  | -        | -        | -        | 0:43:32  | -         | -                          | 0:29:48  | -        | -        | -        | 0:29:48  |           |
| Propias de la red             | -                                 | 5:44:42  | 23:56:47 | -        | -        | 13:55:01 | 19:36:30 | -         | 14:15:27                             | 3:16:55  | -        | -        | 0:00:48  | 17:33:10 | -         | 21:18:18                   | 10:11:07 | -        | -        | 9:44:46  | 17:14:11 |           |
| Terceros                      | -                                 | 8:49:14  | 21:50:01 | -        | -        | 19:27:33 | 2:06:48  | -         | 12:20:33                             | 23:42:45 | -        | -        | 20:48:46 | 8:52:04  | -         | -                          | 6:19:06  | -        | -        | 11:44:44 | 18:03:50 |           |
| <b>Desconexión Manual</b>     |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| Condiciones climáticas        | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                                    | -        | -        | -        | 0:12:09  | 0:12:09  | -         | -                          | -        | -        | -        | 0:04:21  | 0:04:21  |           |
| Otras causas                  | -                                 | -        | -        | -        | -        | 1:50:20  | 1:50:20  | -         | 1:39:22                              | 0:02:17  | -        | -        | 2:26:00  | 4:07:39  | -         | 0:00:01                    | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Otros sistemas                | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                                    | 1:59:45  | -        | -        | -        | 1:59:45  | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Programadas                   | -                                 | 7:14:08  | 22:21:36 | -        | -        | 14:13:07 | 19:48:51 | -         | 12:00:07                             | 5:55:23  | -        | -        | 18:39:10 | 12:34:40 | -         | 10:25:13                   | 16:59:33 | -        | -        | 9:49:55  | 13:14:41 |           |
| Propias de la red             | -                                 | 0:22:32  | 2:11:37  | -        | -        | 1:09:18  | 3:43:27  | -         | 5:30:00                              | 0:03:42  | -        | -        | -        | 5:33:42  | -         | -                          | 0:28:43  | -        | -        | 6:15:15  | 6:43:58  |           |
| Terceros                      | -                                 | -        | 0:14:57  | -        | -        | 1:18:06  | 1:33:03  | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Subtotal Rural                | -                                 | 9:20:59  | 12:14:29 | -        | -        | 6:41:05  | 4:16:33  | -         | 16:17:00                             | 16:09:08 | -        | -        | 20:36:46 | 5:02:54  | -         | 18:08:44                   | 12:47:27 | -        | -        | 2:38:49  | 9:35:00  |           |
| <b>Urbano</b>                 |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| <b>Desconexión Automática</b> |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| Animales                      | 1:10:29                           | -        | -        | 13:52:39 | 4:16:23  | -        | 19:19:31 | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | 1:34:45   | -                          | -        | 6:45:10  | 0:03:47  | -        | 8:23:42  |           |
| Condiciones climáticas        | 3:27:42                           | -        | -        | 14:29:22 | 21:14:15 | -        | 15:11:19 | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | 19:27:33  | -                          | -        | 5:34:46  | 4:28:24  | -        | 5:30:43  |           |
| Medio ambiente                | 21:44:50                          | -        | -        | 1:36:29  | 10:50:50 | -        | 10:12:09 | 15:12:58  | -                                    | -        | 0:50:16  | 2:21:23  | -        | 18:24:37 | 3:07:54   | -                          | -        | 0:18:11  | 0:18:21  | -        | 3:44:26  |           |
| Otras causas                  | 20:53:42                          | -        | -        | 12:40:55 | 0:08:33  | -        | 9:43:10  | 17:25:04  | -                                    | -        | 20:15:45 | 2:52:58  | -        | 16:33:47 | 16:25:05  | -                          | -        | 12:25:27 | 13:27:49 | -        | 18:18:21 |           |
| Otros sistemas                | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 17:12:48  | -                                    | -        | 22:17:24 | 20:15:13 | -        | 11:45:25 | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Programadas                   | 0:00:23                           | -        | -        | -        | -        | -        | 0:00:23  | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Propias de la red             | 0:56:11                           | -        | -        | 16:49:23 | 17:12:08 | -        | 10:57:42 | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | 17:46:16  | -                          | -        | 9:47:11  | 12:08:28 | -        | 15:41:55 |           |
| Terceros                      | 15:53:54                          | -        | -        | 7:35:12  | 5:40:26  | -        | 5:09:32  | 2:21:59   | -                                    | -        | 8:56:11  | 14:01:41 | -        | 1:19:51  | -         | -                          | -        | 3:40:02  | -        | -        | 3:40:02  |           |
| <b>Desconexión Manual</b>     |                                   |          |          |          |          |          |          |           |                                      |          |          |          |          |          |           |                            |          |          |          |          |          |           |
| Condiciones climáticas        | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                                    | -        | -        | 0:45:40  | -        | 0:45:40  | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Medio ambiente                | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | 3:09:04   | -                                    | -        | 2:05:49  | 0:42:41  | -        | 5:57:34  | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Otras causas                  | 0:00:01                           | -        | -        | -        | -        | -        | 0:00:01  | 4:59:29   | -                                    | -        | 1:12:47  | 1:11:39  | -        | 7:23:55  | -         | -                          | -        | 0:05:07  | -        | -        | 0:05:07  |           |
| Otros sistemas                | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                                    | -        | 8:14:05  | -        | -        | 8:14:05  | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Programadas                   | 13:57:19                          | -        | -        | 15:36:39 | 9:33:40  | -        | 15:07:38 | -         | -                                    | -        | -        | -        | -        | -        | 22:29:04  | -                          | -        | 5:18:10  | 3:43:13  | -        | 7:30:27  |           |
| Propias de la red             | 23:39:35                          | -        | -        | 5:28:50  | 2:55:17  | -        | 8:03:42  | 0:23:37   | -                                    | -        | -        | -        | -        | 0:23:37  | 15:18:22  | -                          | -        | 0:13:34  | 1:18:59  | -        | 16:50:55 |           |
| Terceros                      | -                                 | -        | -        | -        | -        | -        | -        | -         | -                                    | -        | 0:28:36  | -        | -        | 0:28:36  | -         | -                          | -        | -        | -        | -        | -        |           |
| Subtotal Urbano               | 5:44:06                           | -        | -        | 16:09:29 | 23:51:32 | -        | 21:45:07 | 12:44:59  | -                                    | -        | 16:20:53 | 18:11:15 | -        | 23:17:07 | 0:08:59   | -                          | -        | 20:07:38 | 11:29:01 | -        | 7:45:38  |           |

**Anexo 6: Número de primarios con (interrupciones > 3 min.), desde julio del 2014 a julio del 2019.**





### Anexo 8: Confiabilidad e indisponibilidad por causa pájaros.

| Pájaros |          |     |                   |          |      |          |       |       |       |       |
|---------|----------|-----|-------------------|----------|------|----------|-------|-------|-------|-------|
| [1]     | [2]      | [3] | [4]               | [5]      | [6]  | [7]      | [8]   | [9]   | [10]  | [11]  |
| UR      | Zona     | S/E | Nombre Sub        | Primario | Aint | Duración | r     | λ     | C     | Ā     |
| Rural   | Noreste  | 29  | NUEVA CUMBAYA     | A        | 0,4  | 0,020    | 0,010 | 0,268 | 0,765 | 0,003 |
| Rural   | Noreste  | 29  | NUEVA CUMBAYA     | B        | 0,8  | 0,118    | 0,030 | 0,359 | 0,698 | 0,011 |
| Rural   | Noreste  | 29  | NUEVA CUMBAYA     | C        | 1    | 0,157    | 0,031 | 0,368 | 0,692 | 0,011 |
| Rural   | Noreste  | 29  | NUEVA CUMBAYA     | D        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Rural   | Noreste  | 31  | TABABELA          | A        | 0,6  | 0,059    | 0,020 | 0,329 | 0,719 | 0,006 |
| Rural   | Noreste  | 31  | TABABELA          | B        | 0,4  | 0,008    | 0,004 | 0,268 | 0,765 | 0,001 |
| Rural   | Noreste  | 31  | TABABELA          | C        | 0,8  | 0,046    | 0,011 | 0,359 | 0,698 | 0,004 |
| Rural   | Noreste  | 31  | TABABELA          | D        | 0,2  | 0,023    | 0,023 | 0,164 | 0,849 | 0,004 |
| Rural   | Noreste  | 33  | AEROPUERTO        | D        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Rural   | Noreste  | 36  | TUMBACO           | A        | 1    | 0,460    | 0,092 | 0,368 | 0,692 | 0,033 |
| Rural   | Noreste  | 36  | TUMBACO           | B        | 0,2  | 0,031    | 0,031 | 0,164 | 0,849 | 0,005 |
| Rural   | Noreste  | 36  | TUMBACO           | C        | 0,4  | 0,752    | 0,376 | 0,268 | 0,765 | 0,092 |
| Rural   | Noreste  | 36  | TUMBACO           | E        | 0,2  | 0,029    | 0,029 | 0,164 | 0,849 | 0,005 |
| Rural   | Noreste  | 58  | EL QUINCHE        | B        | 0,8  | 0,017    | 0,004 | 0,359 | 0,698 | 0,001 |
| Rural   | Noreste  | 58  | EL QUINCHE        | D        | 0,4  | 0,133    | 0,067 | 0,268 | 0,765 | 0,018 |
| Rural   | Noroeste | 14  | GUALO             | C        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Rural   | Noroeste | 14  | GUALO             | D        | 0,2  | 0,614    | 0,614 | 0,164 | 0,849 | 0,091 |
| Rural   | Noroeste | 14  | GUALO             | E        | 1,2  | 0,026    | 0,004 | 0,361 | 0,697 | 0,002 |
| Rural   | Noroeste | 22  | SAN ANTONIO       | A        | 0,2  | 1,818    | 1,818 | 0,164 | 0,849 | 0,229 |
| Rural   | Noroeste | 22  | SAN ANTONIO       | B        | 0,8  | 4,554    | 1,138 | 0,359 | 0,698 | 0,290 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | A        | 0,8  | 0,551    | 0,138 | 0,359 | 0,698 | 0,047 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | B        | 0,4  | 1,186    | 0,593 | 0,268 | 0,765 | 0,137 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | D        | 1    | 0,154    | 0,031 | 0,368 | 0,692 | 0,011 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | E        | 0,6  | 0,013    | 0,004 | 0,329 | 0,719 | 0,001 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | F        | 1    | 0,042    | 0,008 | 0,368 | 0,692 | 0,003 |
| Rural   | Noroeste | 57  | POMASQUI          | G        | 1    | 0,644    | 0,129 | 0,368 | 0,692 | 0,045 |
| Rural   | Sureste  | 26  | ALANGASI          | C        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Rural   | Sureste  | 27  | SAN RAFAEL        | A        | 0,8  | 0,159    | 0,040 | 0,359 | 0,698 | 0,014 |
| Rural   | Sureste  | 27  | SAN RAFAEL        | C        | 0,2  | 0,021    | 0,021 | 0,164 | 0,849 | 0,003 |
| Rural   | Sureste  | 27  | SAN RAFAEL        | F        | 1    | 0,144    | 0,029 | 0,368 | 0,692 | 0,010 |
| Rural   | Sureste  | 34  | MACHACHI          | A        | 0,2  | 0,023    | 0,023 | 0,164 | 0,849 | 0,004 |
| Rural   | Sureste  | 34  | MACHACHI          | B        | 0,6  | 0,527    | 0,176 | 0,329 | 0,719 | 0,055 |
| Rural   | Sureste  | 37  | SANTA ROSA        | A        | 0,2  | 0,019    | 0,019 | 0,164 | 0,849 | 0,003 |
| Rural   | Sureste  | 55  | SANGOLQUI         | A        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Rural   | Sureste  | 55  | SANGOLQUI         | B        | 0,4  | 0,034    | 0,017 | 0,268 | 0,765 | 0,004 |
| Urbano  | Centro   | 3   | BARRIONUEVO       | B        | 0,2  | 0,044    | 0,044 | 0,164 | 0,849 | 0,007 |
| Urbano  | Centro   | 3   | BARRIONUEVO       | D        | 0,4  | 0,033    | 0,016 | 0,268 | 0,765 | 0,004 |
| Urbano  | Centro   | 9   | MIRAFLORES        | C        | 0,2  | 0,021    | 0,021 | 0,164 | 0,849 | 0,003 |
| Urbano  | Centro   | 11  | BELISARIO QUEVEDO | C        | 0,2  | 0,018    | 0,018 | 0,164 | 0,849 | 0,003 |
| Urbano  | Centro   | 13  | GRANDA CENTENO    | E        | 0,2  | 0,030    | 0,030 | 0,164 | 0,849 | 0,005 |
| Urbano  | Centro   | 32  | DIEZ NUEVA        | B        | 0,2  | 0,964    | 0,964 | 0,164 | 0,849 | 0,136 |
| Urbano  | Centro   | 32  | DIEZ NUEVA        | C        | 0,2  | 0,024    | 0,024 | 0,164 | 0,849 | 0,004 |
| Urbano  | Centro   | 53  | PEREZ GUERRERO    | D        | 0,2  | 0,027    | 0,027 | 0,164 | 0,849 | 0,004 |
| Urbano  | Centro   | 59  | EUGENIO ESPEJO    | A        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Urbano  | Centro   | 59  | EUGENIO ESPEJO    | D        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Urbano  | Centro   | 59  | EUGENIO ESPEJO    | E        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Urbano  | Norte    | 13  | GRANDA CENTENO    | D        | 0,2  | 0,037    | 0,037 | 0,164 | 0,849 | 0,006 |
| Urbano  | Norte    | 14  | GUALO             | A        | 0,4  | 0,095    | 0,048 | 0,268 | 0,765 | 0,013 |
| Urbano  | Norte    | 15  | EL BOSQUE         | B        | 0,2  | 0,026    | 0,026 | 0,164 | 0,849 | 0,004 |
| Urbano  | Norte    | 16  | RIO COCA          | D        | 0,2  | 0,906    | 0,906 | 0,164 | 0,849 | 0,129 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | A        | 0,4  | 1,102    | 0,551 | 0,268 | 0,765 | 0,129 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | B        | 0,2  | 0,004    | 0,004 | 0,164 | 0,849 | 0,001 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | C        | 0,2  | 0,028    | 0,028 | 0,164 | 0,849 | 0,005 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | D        | 1,2  | 1,052    | 0,175 | 0,361 | 0,697 | 0,060 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | F        | 0,6  | 0,647    | 0,216 | 0,329 | 0,719 | 0,066 |
| Urbano  | Norte    | 18  | CRISTIANIA        | G        | 1    | 1,269    | 0,254 | 0,368 | 0,692 | 0,085 |
| Urbano  | Norte    | 19  | COTOCOLLAO        | A        | 0,8  | 4,531    | 1,133 | 0,359 | 0,698 | 0,289 |
| Urbano  | Norte    | 19  | COTOCOLLAO        | D        | 0,8  | 0,062    | 0,016 | 0,359 | 0,698 | 0,006 |
| Urbano  | Norte    | 19  | COTOCOLLAO        | E        | 1    | 0,758    | 0,152 | 0,368 | 0,692 | 0,053 |
| Urbano  | Norte    | 19  | COTOCOLLAO        | H        | 0,6  | 0,057    | 0,019 | 0,329 | 0,719 | 0,006 |
| Urbano  | Norte    | 19  | COTOCOLLAO        | I        | 0,4  | 0,957    | 0,478 | 0,268 | 0,765 | 0,114 |
| Urbano  | Norte    | 57  | POMASQUI          | C        | 0,4  | 2,344    | 1,172 | 0,268 | 0,765 | 0,239 |
| Urbano  | Sur      | 3   | BARRIONUEVO       | T        | 1,2  | 0,025    | 0,004 | 0,361 | 0,697 | 0,002 |
| Urbano  | Sur      | 5   | CHILIBULO         | D        | 0,6  | 0,085    | 0,028 | 0,329 | 0,719 | 0,009 |
| Urbano  | Sur      | 21  | EPICLACHIMA       | A        | 0,6  | 1,858    | 0,619 | 0,329 | 0,719 | 0,169 |
| Urbano  | Sur      | 21  | EPICLACHIMA       | B        | 1    | 0,083    | 0,017 | 0,368 | 0,692 | 0,006 |
| Urbano  | Sur      | 21  | EPICLACHIMA       | C        | 0,4  | 0,082    | 0,041 | 0,268 | 0,765 | 0,011 |

**Anexo 9: Primarios bajo rango de rendimiento 1, 2, 3 y 4. Relación de C e  $\bar{A}$ , por causa básica descargas atmosféricas y animal.**

| Mantenimientos preventivos-correctivos. |                   |          | Condición Climática |                      | Animal            |                      | Priorid |
|---|-------------------|----------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------|---------|
| Zona                                    | Nombre Sub.       | Primario | Confiabilidad [C]   | Indisponibilidad [Ā] | Confiabilidad [C] | Indisponibilidad [Ā] |         |
| Norte                                   | COTOCOLLAO        | E        | 0,692               | 0,002                | 0,692             | 0,053                | 1       |
| Noroeste                                | COTOCOLLAO        | B        | 0,692               | 0,257                | 0,765             | 0,013                | 1       |
| Noreste                                 | TABABELA          | B        | 0,692               | 0,187                | 0,765             | 0,001                | 1       |
| Norte                                   | GUALO             | A        | 0,692               | 0,069                | 0,765             | 0,013                | 1       |
| Norte                                   | RIO COCA          | D        | 0,692               | 0,190                | 0,849             | 0,129                | 1       |
| Noreste                                 | AEROPUERTO        | D        | 0,692               | 0,034                | 0,849             | 0,001                | 1       |
| Centro                                  | MIRAFLORES        | C        | 0,692               | 0,013                | 0,849             | 0,003                | 1       |
| Noroeste                                | GUALO             | C        | 0,692               | 0,004                | 0,849             | 0,001                | 1       |
| Noreste                                 | TUMBACO           | F        | 0,692               | 0,330                | -                 | -                    | 1       |
| Noroeste                                | LOS BANCOS        | D        | 0,692               | 0,307                | -                 | -                    | 1       |
| Norte                                   | RIO COCA          | C        | 0,692               | 0,096                | -                 | -                    | 1       |
| Centro                                  | MIRAFLORES        | A        | 0,692               | 0,073                | -                 | -                    | 1       |
| Sureste                                 | MACHACHI          | C        | 0,692               | 0,043                | -                 | -                    | 1       |
| Centro                                  | CHIMBACALLE       | A        | 0,692               | 0,037                | -                 | -                    | 1       |
| Centro                                  | CHIMBACALLE       | D        | 0,692               | 0,011                | -                 | -                    | 1       |
| Norte                                   | COTOCOLLAO        | C        | 0,692               | 0,004                | -                 | -                    | 1       |
| Noroeste                                | POMASQUI          | G        | 0,697               | 0,020                | 0,692             | 0,045                | 1       |
| Noroeste                                | GUALO             | E        | 0,697               | 0,248                | 0,697             | 0,002                | 1       |
| Centro                                  | BARRIONUEVO       | D        | 0,697               | 0,247                | 0,765             | 0,004                | 1       |
| Noreste                                 | TUMBACO           | C        | 0,697               | 0,007                | 0,765             | 0,092                | 1       |
| Sureste                                 | CONOCOTO          | B        | 0,697               | 0,363                | -                 | -                    | 1       |
| Centro                                  | SAN ROQUE         | C        | 0,697               | 0,108                | -                 | -                    | 1       |
| Sureste                                 | ALANGASI          | D        | 0,697               | 0,034                | -                 | -                    | 1       |
| Sur                                     | SANTA ROSA        | B        | 0,697               | 0,005                | -                 | -                    | 1       |
| Noreste                                 | NUEVA CUMBAYA     | C        | 0,698               | 0,318                | 0,692             | 0,011                | 1       |
| Noreste                                 | TUMBACO           | A        | 0,698               | 0,044                | 0,692             | 0,033                | 1       |
| Sur                                     | BARRIONUEVO       | T        | 0,698               | 0,003                | 0,697             | 0,002                | 1       |
| Noroeste                                | POMASQUI          | A        | 0,698               | 0,283                | 0,698             | 0,047                | 1       |
| Sur                                     | CHILIBULO         | D        | 0,698               | 0,071                | 0,719             | 0,009                | 1       |
| Norte                                   | CRISTIANA         | F        | 0,698               | 0,001                | 0,719             | 0,066                | 1       |
| Norte                                   | POMASQUI          | C        | 0,698               | 0,152                | 0,765             | 0,239                | 1       |
| Sur                                     | SANTA ROSA        | D        | 0,698               | 0,010                | 0,765             | 0,003                | 1       |
| Noreste                                 | TUMBACO           | E        | 0,698               | 0,140                | 0,849             | 0,005                | 1       |
| Noreste                                 | TABABELA          | D        | 0,698               | 0,115                | 0,849             | 0,004                | 1       |
| Centro                                  | GRANDA CENTENO    | E        | 0,698               | 0,106                | 0,849             | 0,005                | 1       |
| Centro                                  | EUGENIO ESPEJO    | A        | 0,698               | 0,081                | 0,849             | 0,001                | 1       |
| Centro                                  | EUGENIO ESPEJO    | D        | 0,698               | 0,001                | 0,849             | 0,001                | 1       |
| Centro                                  | LULUNCOTO         | B        | 0,698               | 0,102                | -                 | -                    | 1       |
| Norte                                   | COTOCOLLAO        | G        | 0,698               | 0,037                | -                 | -                    | 1       |
| Sureste                                 | ALANGASI          | A        | 0,698               | 0,012                | -                 | -                    | 1       |
| Noroeste                                | POMASQUI          | D        | 0,708               | 0,238                | 0,692             | 0,011                | 2       |
| Norte                                   | COTOCOLLAO        | A        | 0,708               | 0,045                | 0,698             | 0,289                | 2       |
| Sur                                     | EPICLACHIMA       | C        | 0,708               | 0,011                | 0,765             | 0,011                | 2       |
| Sureste                                 | SANGOLQUI         | C        | 0,708               | 0,365                | -                 | -                    | 2       |
| Noroeste                                | LOS BANCOS        | C        | 0,708               | 0,263                | -                 | -                    | 2       |
| Centro                                  | CHIMBACALLE       | E        | 0,708               | 0,010                | -                 | -                    | 2       |
| Norte                                   | CRISTIANA         | G        | 0,719               | 0,001                | 0,692             | 0,085                | 2       |
| Sur                                     | EPICLACHIMA       | A        | 0,719               | 0,139                | 0,719             | 0,169                | 2       |
| Sur                                     | EPICLACHIMA       | E        | 0,719               | 0,050                | 0,719             | 0,114                | 2       |
| Sur                                     | EUGENIO ESPEJO    | B        | 0,719               | 0,004                | 0,719             | 0,001                | 2       |
| Centro                                  | BARRIONUEVO       | B        | 0,719               | 0,010                | 0,849             | 0,007                | 2       |
| Centro                                  | DIEZ NUEVA        | B        | 0,719               | 0,005                | 0,849             | 0,136                | 2       |
| Norte                                   | ANDALUCÍA         | E        | 0,719               | 0,213                | -                 | -                    | 2       |
| Centro                                  | BELISARIO QUEVEDO | A        | 0,719               | 0,211                | -                 | -                    | 2       |
| Centro                                  | PEREZ GUERRERO    | B        | 0,719               | 0,208                | -                 | -                    | 2       |

|          |                   |   |       |       |       |       |   |
|----------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|---|
| Centro   | LULUNCOTO         | C | 0,719 | 0,180 | -     | -     | 2 |
| Centro   | CHIMBACALLE       | B | 0,719 | 0,017 | -     | -     | 2 |
| Centro   | ESCUELA SUCRE     | B | 0,719 | 0,011 | -     | -     | 2 |
| Centro   | BARRIONUEVO       | C | 0,719 | 0,010 | -     | -     | 2 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | G | 0,719 | 0,010 | -     | -     | 2 |
| Centro   | BARRIONUEVO       | E | 0,719 | 0,008 | -     | -     | 2 |
| Noreste  | TABABELA          | E | 0,719 | 0,005 | -     | -     | 2 |
| Norte    | EL BOSQUE         | A | 0,719 | 0,005 | -     | -     | 2 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | C | 0,719 | 0,001 | -     | -     | 2 |
| Norte    | CRISTIANA         | H | 0,719 | 0,001 | -     | -     | 2 |
| Noreste  | TABABELA          | C | 0,724 | 0,018 | 0,698 | 0,004 | 2 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | D | 0,724 | 0,006 | 0,698 | 0,006 | 2 |
| Sureste  | CONOCOTO          | C | 0,724 | 0,023 | -     | -     | 2 |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | D | 0,743 | 0,029 | 0,849 | 0,001 | 2 |
| Centro   | LA MARIN          | N | 0,743 | 0,043 | -     | -     | 2 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | F | 0,763 | 0,301 | 0,692 | 0,010 | 3 |
| Sur      | EPICLACHIMA       | B | 0,763 | 0,004 | 0,692 | 0,006 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | F | 0,765 | 0,005 | 0,692 | 0,003 | 3 |
| Norte    | CRISTIANA         | D | 0,765 | 0,004 | 0,697 | 0,060 | 3 |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | B | 0,765 | 0,008 | 0,698 | 0,011 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | E | 0,765 | 0,113 | 0,719 | 0,001 | 3 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | H | 0,765 | 0,001 | 0,719 | 0,006 | 3 |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | A | 0,765 | 0,006 | 0,765 | 0,003 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | B | 0,765 | 0,002 | 0,765 | 0,137 | 3 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | D | 0,765 | 0,002 | 0,765 | 0,018 | 3 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | C | 0,765 | 0,130 | 0,849 | 0,003 | 3 |
| Norte    | CRISTIANA         | B | 0,765 | 0,007 | 0,849 | 0,001 | 3 |
| Centro   | CAROLINA          | A | 0,765 | 0,003 | 0,849 | 0,006 | 3 |
| Noreste  | TUMBACO           | B | 0,765 | 0,002 | 0,849 | 0,005 | 3 |
| Noroeste | LOS BANCOS        | B | 0,765 | 0,550 | -     | -     | 3 |
| Centro   | CHIMBACALLE       | C | 0,765 | 0,349 | -     | -     | 3 |
| Noreste  | TUMBACO           | D | 0,765 | 0,260 | -     | -     | 3 |
| Norte    | RIO COCA          | B | 0,765 | 0,148 | -     | -     | 3 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | B | 0,765 | 0,135 | -     | -     | 3 |
| Norte    | RIO COCA          | H | 0,765 | 0,114 | -     | -     | 3 |
| Centro   | OLIMPICO          | E | 0,765 | 0,094 | -     | -     | 3 |
| Centro   | LA FLORESTA       | C | 0,765 | 0,094 | -     | -     | 3 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | A | 0,765 | 0,021 | -     | -     | 3 |
| Centro   | LULUNCOTO         | D | 0,765 | 0,014 | -     | -     | 3 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | D | 0,765 | 0,011 | -     | -     | 3 |
| Noroeste | LOS BANCOS        | A | 0,765 | 0,011 | -     | -     | 3 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | G | 0,765 | 0,011 | -     | -     | 3 |
| Centro   | MIRAFLORES        | D | 0,765 | 0,007 | -     | -     | 3 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | D | 0,765 | 0,007 | -     | -     | 3 |
| Norte    | OLIMPICO          | A | 0,765 | 0,004 | -     | -     | 3 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | B | 0,765 | 0,004 | -     | -     | 3 |
| Centro   | BARRIONUEVO       | A | 0,765 | 0,002 | -     | -     | 3 |
| Sur      | SANTA ROSA        | E | 0,765 | 0,001 | -     | -     | 3 |
| Sureste  | CONOCOTO          | A | 0,784 | 0,418 | 0,765 | 0,239 | 3 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | A | 0,784 | 0,320 | 0,849 | 0,001 | 3 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | D | 0,784 | 0,454 | -     | -     | 3 |
| Sur      | SANTA ROSA        | F | 0,804 | 0,034 | 0,692 | 0,060 | 4 |
| Sureste  | ALANGASI          | C | 0,804 | 0,300 | 0,849 | 0,001 | 4 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | F | 0,804 | 0,013 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | E | 0,824 | 0,044 | -     | -     | 4 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | B | 0,849 | 0,001 | 0,698 | 0,001 | 4 |
| Norte    | CRISTIANA         | A | 0,849 | 0,005 | 0,765 | 0,129 | 4 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | I | 0,849 | 0,001 | 0,765 | 0,114 | 4 |
| Noroeste | GUALO             | D | 0,849 | 0,081 | 0,849 | 0,091 | 4 |
| Norte    | CRISTIANA         | C | 0,849 | 0,003 | 0,849 | 0,005 | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | B | 0,849 | 0,002 | 0,849 | 0,004 | 4 |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | B | 0,849 | 0,001 | 0,849 | 0,229 | 4 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | E | 0,849 | 0,001 | 0,849 | 0,001 | 4 |
| Centro   | LA FLORESTA       | D | 0,849 | 0,284 | -     | -     | 4 |

|          |                   |   |       |       |       |       |   |
|----------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|---|
| Centro   | PEREZ GUERRERO    | F | 0,849 | 0,176 | -     | -     | 4 |
| Noreste  | PAPALLACTA        | B | 0,849 | 0,088 | -     | -     | 4 |
| Centro   | ESCUELA SUCRE     | N | 0,849 | 0,022 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | MACHACHI          | D | 0,849 | 0,010 | -     | -     | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | E | 0,849 | 0,009 | -     | -     | 4 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | A | 0,849 | 0,008 | -     | -     | 4 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | A | 0,849 | 0,007 | -     | -     | 4 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | C | 0,849 | 0,006 | -     | -     | 4 |
| Noreste  | MOVIL PAPALLACTA  | A | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Centro   | CHILIBULO         | C | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Centro   | CAROLINA          | B | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | D | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | E | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | E | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Norte    | OLIMPICO          | B | 0,849 | 0,004 | -     | -     | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | C | 0,849 | 0,003 | -     | -     | 4 |
| Centro   | SAN ROQUE         | B | 0,849 | 0,003 | -     | -     | 4 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | D | 0,849 | 0,003 | -     | -     | 4 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | C | 0,849 | 0,003 | -     | -     | 4 |
| Centro   | MIRAFLORES        | E | 0,849 | 0,002 | -     | -     | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | A | 0,849 | 0,002 | -     | -     | 4 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | B | 0,849 | 0,002 | -     | -     | 4 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | C | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | F | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Centro   | ÍNAQUITO          | A | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | F | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | B | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Norte    | GUALO             | B | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | E | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | G | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Sur      | SANTA ROSA        | H | 0,849 | 0,001 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | B | 0,861 | 0,138 | 0,765 | 0,004 | 4 |
| Sureste  | MACHACHI          | A | 0,861 | 0,497 | 0,849 | 0,004 | 4 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | A | 0,861 | 0,010 | 0,849 | 0,008 | 4 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | D | 0,861 | 0,046 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | CONOCOTO          | D | 0,878 | 0,414 | -     | -     | 4 |
| Noreste  | TABABELA          | A | 0,893 | 0,488 | 0,719 | 0,006 | 4 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | C | 0,893 | 0,355 | 0,849 | 0,003 | 4 |
| Sureste  | SANTA ROSA        | A | 0,893 | 0,040 | 0,849 | 0,003 | 4 |
| Sur      | SANTA ROSA        | C | 0,893 | 0,005 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | ALANGASI          | B | 0,911 | 0,416 | -     | -     | 4 |
| Sur      | EPICLACHIMA       | D | 0,919 | 0,034 | 0,765 | 0,001 | 4 |
| Sureste  | MACHACHI          | B | 0,929 | 0,309 | 0,719 | 0,055 | 4 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | F | 0,929 | 0,002 | -     | -     | 4 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | A | 0,947 | 0,238 | 0,698 | 0,014 | 4 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | C | 0,947 | 0,014 | 0,849 | 0,001 | 4 |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | A | -     | -     | 0,698 | 0,290 | 4 |
| Norte    | GRANDA CENTENO    | D | -     | -     | 0,849 | 0,006 | 4 |
| Centro   | PEREZ GUERRERO    | D | -     | -     | 0,849 | 0,004 | 4 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | C | -     | -     | 0,849 | 0,004 | 4 |

**Anexo 10: Primarios bajo rango de probabilidad de falla 1, 2, 3 y 4, sin efecto al tiempo de reparación. Descargas atmosféricas y animal.**

| DESCARGAS ATMOSFÉRICAS |                |          |      |          |  |                        |                |             |                              |                |             |              |
|------------------------|----------------|----------|------|----------|--|------------------------|----------------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Zona                   | Nombre Sub.    | Primario | λint | μ        | Probabilidad de no sufrir fallas [1 año] | Tiempo de falla [años] |                |             | Tiempo de reparación [horas] |                |             | Probabilidad |
|                        |                |          |      |          |  | Valor teórico          | Valor simulado | Error 1 [%] | Valor Teórico                | Valor simulado | Error 2 [%] |              |
| Sureste                | ALANGASI       | B        | 6,60 | 4,2820   | 0,001                                    | 0,152                  | 0,155          | 2,102       | 0,234                        | 0,237          | 1,526       | 1            |
| Sureste                | SAN RAFAEL     | A        | 4,40 | 14,1151  | 0,012                                    | 0,227                  | 0,232          | 2,080       | 0,071                        | 0,072          | 1,347       | 1            |
| Sur                    | EUGENIO ESPEJO | C        | 4,40 | 3,8869   | 0,012                                    | 0,227                  | 0,232          | 2,080       | 0,257                        | 0,261          | 1,410       | 1            |
| Sureste                | MACHACHI       | B        | 4,00 | 8,9474   | 0,018                                    | 0,250                  | 0,255          | 2,080       | 0,112                        | 0,113          | 1,374       | 1            |
| Sur                    | EUGENIO ESPEJO | F        | 4,00 | 38,7722  | 0,018                                    | 0,250                  | 0,255          | 2,080       | 0,026                        | 0,026          | 1,583       | 1            |
| Sur                    | EPLICACHIMA    | D        | 3,80 | 2,4501   | 0,022                                    | 0,263                  | 0,269          | 2,068       | 0,408                        | 0,414          | 1,410       | 1            |
| Noreste                | TABABELA       | A        | 3,40 | 3,5656   | 0,033                                    | 0,294                  | 0,300          | 2,102       | 0,280                        | 0,284          | 1,406       | 1            |
| Sureste                | SAN RAFAEL     | C        | 3,40 | 6,1750   | 0,033                                    | 0,294                  | 0,300          | 2,102       | 0,162                        | 0,164          | 1,393       | 1            |
| Sureste                | SANTA ROSA     | A        | 3,40 | 80,9524  | 0,033                                    | 0,294                  | 0,300          | 2,102       | 0,012                        | 0,013          | 1,190       | 1            |
| Sur                    | SANTA ROSA     | C        | 3,40 | 21,0093  | 0,033                                    | 0,294                  | 0,300          | 2,102       | 0,048                        | 0,048          | 1,475       | 1            |
| Sureste                | CONOCOTO       | D        | 3,20 | 4,5262   | 0,041                                    | 0,313                  | 0,319          | 2,080       | 0,221                        | 0,224          | 1,386       | 1            |
| Sureste                | SAN RAFAEL     | D        | 3,00 | 61,9977  | 0,050                                    | 0,333                  | 0,340          | 2,090       | 0,161                        | 0,161          | 1,676       | 1            |
| Sureste                | MACHACHI       | A        | 3,00 | 3,0363   | 0,050                                    | 0,333                  | 0,340          | 2,090       | 0,329                        | 0,334          | 1,411       | 1            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | B        | 3,00 | 18,7110  | 0,050                                    | 0,333                  | 0,340          | 2,090       | 0,053                        | 0,054          | 1,414       | 1            |
| Sur                    | EUGENIO ESPEJO | A        | 3,00 | 14,5435  | 0,050                                    | 0,333                  | 0,340          | 2,090       | 0,069                        | 0,070          | 1,368       | 1            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | E        | 2,60 | 56,8651  | 0,074                                    | 0,385                  | 0,393          | 2,076       | 0,018                        | 0,018          | 1,220       | 1            |
| Sureste                | ALANGASI       | C        | 2,40 | 5,5908   | 0,091                                    | 0,417                  | 0,425          | 2,096       | 0,179                        | 0,181          | 1,417       | 1            |
| Centro                 | EUGENIO ESPEJO | F        | 2,40 | 16,1798  | 0,091                                    | 0,417                  | 0,425          | 2,096       | 0,062                        | 0,063          | 1,447       | 1            |
| Sur                    | SANTA ROSA     | F        | 2,40 | 6,1644   | 0,091                                    | 0,417                  | 0,425          | 2,096       | 0,162                        | 0,165          | 1,404       | 1            |
| Sureste                | CONOCOTO       | A        | 2,20 | 3,0617   | 0,111                                    | 0,455                  | 0,464          | 2,080       | 0,327                        | 0,331          | 1,403       | 1            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | A        | 2,20 | 4,6698   | 0,111                                    | 0,455                  | 0,464          | 2,080       | 0,214                        | 0,217          | 1,382       | 1            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | D        | 2,20 | 2,6501   | 0,111                                    | 0,455                  | 0,464          | 2,080       | 0,377                        | 0,383          | 1,392       | 1            |
| Sureste                | SAN RAFAEL     | F        | 2,00 | 4,6446   | 0,135                                    | 0,500                  | 0,510          | 2,080       | 0,215                        | 0,218          | 1,391       | 1            |
| Sur                    | EPLICACHIMA    | B        | 2,00 | 73,6196  | 0,135                                    | 0,500                  | 0,510          | 2,080       | 0,014                        | 0,014          | 1,595       | 1            |
| Noreste                | NUEVA CUMBAYA  | D        | 1,80 | 59,2322  | 0,165                                    | 0,556                  | 0,567          | 2,078       | 0,017                        | 0,017          | 1,287       | 1            |
| Centro                 | LA MARIN       | N        | 1,80 | 6,6217   | 0,165                                    | 0,556                  | 0,567          | 2,078       | 0,151                        | 0,153          | 1,378       | 1            |
| Noreste                | TABABELA       | C        | 1,60 | 87,2727  | 0,202                                    | 0,625                  | 0,638          | 2,080       | 0,011                        | 0,012          | 1,236       | 1            |
| Sureste                | CONOCOTO       | C        | 1,60 | 67,6056  | 0,202                                    | 0,625                  | 0,638          | 2,080       | 0,015                        | 0,015          | 1,408       | 1            |
| Norte                  | COTOCOLLAO     | D        | 1,60 | 57,2565  | 0,202                                    | 0,625                  | 0,638          | 2,080       | 0,017                        | 0,018          | 1,344       | 1            |
| Noroeste               | LOS BANCOS     | C        | 1,40 | 3,9161   | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,255                        | 0,259          | 1,387       | 1            |
| Noroeste               | POMASQUI       | D        | 1,40 | 4,4856   | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,223                        | 0,226          | 1,419       | 1            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | C        | 1,40 | 2,4378   | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,410                        | 0,416          | 1,390       | 1            |
| Centro                 | CHIMBACALLE    | E        | 1,40 | 34,5205  | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,029                        | 0,029          | 1,490       | 1            |
| Norte                  | COTOCOLLAO     | A        | 1,40 | 7,4009   | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,135                        | 0,137          | 1,392       | 1            |
| Sur                    | EPLICACHIMA    | C        | 1,40 | 29,7521  | 0,247                                    | 0,714                  | 0,729          | 2,088       | 0,034                        | 0,034          | 1,455       | 1            |
| Noreste                | TUMBACO        | C        | 1,20 | 54,2714  | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,018                        | 0,019          | 1,487       | 1            |
| Noroeste               | GUALO          | E        | 1,20 | 3,6388   | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,275                        | 0,279          | 1,414       | 1            |
| Noroeste               | POMASQUI       | G        | 1,20 | 58,3784  | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,017                        | 0,017          | 1,578       | 1            |
| Sureste                | CONOCOTO       | B        | 1,20 | 2,1051   | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,475                        | 0,482          | 1,401       | 1            |
| Sureste                | ALANGASI       | D        | 1,20 | 34,5600  | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,029                        | 0,029          | 1,261       | 1            |
| Centro                 | BARRIONUEVO    | D        | 1,20 | 3,6641   | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,273                        | 0,277          | 1,386       | 1            |
| Centro                 | SAN ROQUE      | C        | 1,20 | 2,9834   | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,335                        | 0,340          | 1,407       | 1            |
| Sur                    | SANTA ROSA     | B        | 1,20 | 65,6535  | 0,301                                    | 0,833                  | 0,851          | 2,084       | 0,015                        | 0,015          | 1,106       | 1            |
| Noreste                | TABABELA       | B        | 1,00 | 4,3489   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,230                        | 0,233          | 1,416       | 2            |
| Noreste                | AEROPUERTO     | D        | 1,00 | 10,3034  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,097                        | 0,098          | 1,385       | 2            |
| Noreste                | TUMBACO        | F        | 1,00 | 2,0295   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,209          | 20,900      | 0,493                        | 0,500          | 1,396       | 2            |
| Noroeste               | GUALO          | C        | 1,00 | 243,2432 | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,004                        | 0,004          | 2,162       | 2            |
| Noroeste               | COTOCOLLAO     | B        | 1,00 | 2,8855   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,347                        | 0,351          | 1,398       | 2            |
| Noroeste               | LOS BANCOS     | D        | 1,00 | 2,2616   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,442                        | 0,448          | 1,410       | 2            |
| Sureste                | MACHACHI       | C        | 1,00 | 22,1130  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,045                        | 0,046          | 1,499       | 2            |
| Centro                 | CHIMBACALLE    | A        | 1,00 | 26,2391  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,038                        | 0,039          | 1,283       | 2            |
| Centro                 | CHIMBACALLE    | D        | 1,00 | 34,3511  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,029                        | 0,030          | 1,336       | 2            |
| Centro                 | MIRAFLORES     | A        | 1,00 | 4,6765   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,214                        | 0,217          | 1,387       | 2            |
| Centro                 | MIRAFLORES     | C        | 1,00 | 28,8462  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,035                        | 0,035          | 1,538       | 2            |
| Norte                  | GUALO          | A        | 1,00 | 4,9628   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,201                        | 0,204          | 1,390       | 2            |
| Norte                  | RIO COCA       | C        | 1,00 | 3,4470   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,290                        | 0,294          | 1,409       | 2            |
| Norte                  | RIO COCA       | D        | 1,00 | 1,5712   | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,636                        | 0,645          | 1,407       | 2            |
| Norte                  | COTOCOLLAO     | C        | 1,00 | 94,7368  | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,011                        | 0,011          | 1,368       | 2            |
| Norte                  | COTOCOLLAO     | E        | 1,00 | 236,8421 | 0,368                                    | 1,000                  | 1,021          | 2,090       | 0,004                        | 0,004          | 1,842       | 2            |
| Noreste                | NUEVA CUMBAYA  | C        | 0,80 | 1,7125   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,584                        | 0,592          | 1,394       | 2            |
| Noreste                | TABABELA       | D        | 0,80 | 6,1381   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,163                        | 0,165          | 1,402       | 2            |
| Noreste                | TUMBACO        | A        | 0,80 | 7,7419   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,129                        | 0,131          | 1,419       | 2            |
| Noreste                | TUMBACO        | E        | 0,80 | 4,9197   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,203                        | 0,206          | 1,395       | 2            |
| Noroeste               | POMASQUI       | A        | 0,80 | 2,0293   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,493                        | 0,500          | 1,405       | 2            |
| Sureste                | ALANGASI       | A        | 0,80 | 66,6667  | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,015                        | 0,015          | 1,333       | 2            |
| Centro                 | LULUNCOTO      | B        | 0,80 | 7,0244   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,142                        | 0,144          | 1,432       | 2            |
| Centro                 | GRANDA CENTENO | E        | 0,80 | 3,0393   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,329                        | 0,334          | 1,390       | 2            |
| Centro                 | EUGENIO ESPEJO | A        | 0,80 | 4,0991   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,244                        | 0,247          | 1,411       | 2            |
| Centro                 | EUGENIO ESPEJO | D        | 0,80 | 240,0000 | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2            |
| Norte                  | CRISTIANIA     | F        | 0,80 | 240,0000 | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2            |
| Norte                  | COTOCOLLAO     | G        | 0,80 | 9,3144   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,107                        | 0,109          | 1,433       | 2            |
| Norte                  | POMASQUI       | C        | 0,80 | 1,9986   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,500                        | 0,507          | 1,410       | 2            |
| Sur                    | BARRIONUEVO    | T        | 0,80 | 109,9237 | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,009                        | 0,009          | 1,130       | 2            |
| Sur                    | CHILIBULO      | D        | 0,80 | 4,7337   | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,211                        | 0,214          | 1,396       | 2            |
| Sur                    | SANTA ROSA     | D        | 0,80 | 37,3057  | 0,449                                    | 1,250                  | 1,276          | 2,088       | 0,027                        | 0,027          | 1,472       | 2            |
| Noreste                | TABABELA       | E        | 0,60 | 110,2041 | 0,549                                    | 1,667                  | 1,701          | 2,084       | 0,009                        | 0,009          | 1,388       | 2            |
| Sureste                | SANGOLQUI      | G        | 0,60 | 58,6957  | 0,549                                    | 1,667                  | 1,701          | 2,084       | 0,017                        | 0,017          | 1,543       | 2            |
| Centro                 | LULUNCOTO      | C        | 0,60 | 2,7418   | 0,549                                    | 1,667                  | 1,701          | 2,084       | 0,365                        | 0,370          | 1,392       | 2            |
| Centro                 | BARRIONUEVO    | B        | 0,60 | 60,3352  | 0,549                                    | 1,667                  | 1,701          | 2,084       | 0,017                        | 0,017          | 1,363       | 2            |

|          |                   |   |      |          |       |       |       |       |       |       |       |   |
|----------|-------------------|---|------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Centro   | BARRIONUEVO       | C | 0,60 | 56,5445  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,018 | 0,018 | 1,215 | 2 |
| Centro   | BARRIONUEVO       | E | 0,60 | 70,1299  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,014 | 0,015 | 1,688 | 2 |
| Centro   | CHIMBACALLE       | B | 0,60 | 33,9623  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,029 | 0,030 | 1,547 | 2 |
| Centro   | ESCUELA SUCRE     | B | 0,60 | 30,6818  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,033 | 0,033 | 1,250 | 2 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | A | 0,60 | 1,2302   | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,813 | 0,824 | 1,406 | 2 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | B | 0,60 | 71,5232  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,014 | 0,014 | 1,563 | 2 |
| Centro   | PEREZ GUERRERO    | B | 0,60 | 1,2558   | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,796 | 0,807 | 1,394 | 2 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | C | 0,60 | 234,7826 | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 0,957 | 2 |
| Norte    | EL BOSQUE         | A | 0,60 | 72,4832  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,014 | 0,014 | 1,477 | 2 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | E | 0,60 | 1,2136   | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,824 | 0,836 | 1,398 | 2 |
| Norte    | CRISTIANA         | G | 0,60 | 240,0000 | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 2 |
| Norte    | CRISTIANA         | H | 0,60 | 234,7826 | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 0,957 | 2 |
| Sur      | EPICLACHIMA       | A | 0,60 | 2,0416   | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,490 | 0,497 | 1,406 | 2 |
| Sur      | EPLICACHIMA       | E | 0,60 | 6,3195   | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,158 | 0,161 | 1,428 | 2 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | B | 0,60 | 78,2609  | 0,549 | 1,667 | 1,701 | 2,084 | 0,013 | 0,013 | 2,739 | 2 |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | A | 0,40 | 46,4516  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,022 | 0,022 | 1,265 | 3 |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | B | 0,40 | 51,7986  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,019 | 0,020 | 1,525 | 3 |
| Noreste  | TUMBACO           | B | 0,40 | 120,0000 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,008 | 0,009 | 2,000 | 3 |
| Noreste  | TUMBACO           | D | 0,40 | 1,1380   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,879 | 0,891 | 1,405 | 3 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | D | 0,40 | 240,0000 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 3 |
| Noroeste | LOS BANCOS        | A | 0,40 | 36,3636  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,027 | 0,028 | 1,455 | 3 |
| Noroeste | LOS BANCOS        | B | 0,40 | 0,3269   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 3,059 | 3,102 | 1,401 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | B | 0,40 | 232,2581 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 2,194 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | E | 0,40 | 3,1318   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,319 | 0,324 | 1,408 | 3 |
| Noroeste | POMASQUI          | F | 0,40 | 80,8989  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,012 | 0,013 | 1,124 | 3 |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | B | 0,40 | 102,8571 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,010 | 0,010 | 1,829 | 3 |
| Centro   | OLIMPICO          | E | 0,40 | 3,8565   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,259 | 0,263 | 1,386 | 3 |
| Centro   | LULUNCOTO         | D | 0,40 | 27,4809  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,036 | 0,037 | 1,405 | 3 |
| Centro   | BARRIONUEVO       | A | 0,40 | 232,2581 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 2,194 | 3 |
| Centro   | CHIMBACALLE       | C | 0,40 | 0,7466   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 1,339 | 1,358 | 1,400 | 3 |
| Centro   | MIRAFLORES        | D | 0,40 | 36,9231  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,027 | 0,028 | 1,538 | 3 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | A | 0,40 | 12,2449  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,082 | 0,083 | 1,388 | 3 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | D | 0,40 | 23,0769  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,043 | 0,044 | 1,308 | 3 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | B | 0,40 | 1,7233   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,580 | 0,588 | 1,400 | 3 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | C | 0,40 | 1,8018   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,555 | 0,563 | 1,405 | 3 |
| Centro   | LA FLORESTA       | C | 0,40 | 2,5983   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,385 | 0,390 | 1,413 | 3 |
| Centro   | CAROLINA          | A | 0,40 | 76,5957  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,013 | 0,013 | 1,106 | 3 |
| Norte    | OLIMPICO          | A | 0,40 | 67,9245  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,015 | 0,015 | 1,208 | 3 |
| Norte    | RIO COCA          | B | 0,40 | 1,5411   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,649 | 0,658 | 1,404 | 3 |
| Norte    | RIO COCA          | H | 0,40 | 2,0918   | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,478 | 0,485 | 1,411 | 3 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | G | 0,40 | 24,8276  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,040 | 0,041 | 1,297 | 3 |
| Norte    | CRISTIANA         | B | 0,40 | 39,3443  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,025 | 0,026 | 1,508 | 3 |
| Norte    | CRISTIANA         | D | 0,40 | 69,9029  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,014 | 0,015 | 1,359 | 3 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | H | 0,40 | 240,0000 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 3 |
| Sur      | SANTA ROSA        | E | 0,40 | 232,2581 | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,004 | 0,004 | 2,194 | 3 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | D | 0,40 | 39,7790  | 0,670 | 2,500 | 2,552 | 2,084 | 0,025 | 0,026 | 1,436 | 3 |
| Noreste  | MOVIL PAPALLACTA  | A | 0,20 | 45,0000  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,022 | 0,023 | 1,250 | 4 |
| Noreste  | PAPALLACTA        | B | 0,20 | 2,0690   | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,483 | 0,490 | 1,400 | 4 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | B | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Noreste  | EL QUINCHE        | C | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Noroeste | GUALO             | D | 0,20 | 2,2742   | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,440 | 0,446 | 1,405 | 4 |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | B | 0,20 | 225,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,005 | 1,250 | 4 |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | D | 0,20 | 50,0000  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,020 | 0,020 | 1,500 | 4 |
| Sureste  | MACHACHI          | D | 0,20 | 20,2247  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,049 | 0,050 | 1,326 | 4 |
| Sureste  | SANGOLQUI         | F | 0,20 | 257,1429 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,286 | 4 |
| Centro   | CHILIBULO         | C | 0,20 | 37,5000  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,027 | 0,027 | 1,250 | 4 |
| Centro   | ESCUELA SUCRE     | N | 0,20 | 7,4227   | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,080 | 0,135 | 0,137 | 1,394 | 4 |
| Centro   | SAN ROQUE         | B | 0,20 | 50,7042  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,020 | 0,020 | 1,408 | 4 |
| Centro   | MIRAFLORES        | E | 0,20 | 66,6667  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,015 | 0,015 | 1,333 | 4 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | B | 0,20 | 100,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,010 | 0,010 | 1,000 | 4 |
| Centro   | DIEZ VIEJA        | C | 0,20 | 27,2727  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,037 | 0,037 | 1,455 | 4 |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | D | 0,20 | 58,0645  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,017 | 0,018 | 1,613 | 4 |
| Centro   | LA FLORESTA       | D | 0,20 | 0,4124   | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 2,425 | 2,459 | 1,402 | 4 |
| Centro   | CAROLINA          | B | 0,20 | 40,4494  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,025 | 0,025 | 1,528 | 4 |
| Centro   | INAQUITO          | A | 0,20 | 225,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,005 | 1,250 | 4 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | A | 0,20 | 21,0526  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,047 | 0,048 | 1,474 | 4 |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | E | 0,20 | 42,3529  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,024 | 0,024 | 1,224 | 4 |
| Centro   | PEREZ GUERRERO    | F | 0,20 | 0,7682   | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 1,302 | 1,320 | 1,401 | 4 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | B | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | E | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Norte    | OLIMPICO          | B | 0,20 | 44,4444  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,023 | 0,023 | 1,333 | 4 |
| Norte    | GUALO             | B | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | B | 0,20 | 72,0000  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,014 | 0,014 | 1,520 | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | C | 0,20 | 47,3684  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,021 | 0,021 | 1,368 | 4 |
| Norte    | EL BOSQUE         | E | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | A | 0,20 | 85,7143  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,012 | 0,012 | 1,143 | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | E | 0,20 | 18,7500  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,053 | 0,054 | 1,437 | 4 |
| Norte    | RIO COCA          | G | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | A | 0,20 | 23,5294  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,042 | 0,043 | 1,412 | 4 |
| Norte    | ANDALUCÍA         | C | 0,20 | 59,0164  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,017 | 0,017 | 1,508 | 4 |
| Norte    | CRISTIANA         | A | 0,20 | 35,2941  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,028 | 0,029 | 1,294 | 4 |
| Norte    | CRISTIANA         | C | 0,20 | 48,0000  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,021 | 0,021 | 1,280 | 4 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | F | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Norte    | COTOCOLLAO        | I | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Sur      | SANTA ROSA        | H | 0,20 | 240,0000 | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,004 | 0,004 | 0,800 | 4 |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | E | 0,20 | 43,3735  | 0,819 | 5,000 | 5,104 | 2,086 | 0,023 | 0,023 | 1,494 | 4 |

| ANIMAL   |                   |          |      |         |  |                        |                |             |                              |                |             |              |
|----------|-------------------|----------|------|---------|--|------------------------|----------------|-------------|------------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Zona     | Nombre Sub.       | Primario | λint | μ       | Probabilidad de no sufrir fallas [1 año] | Tiempo de falla [años] |                |             | Tiempo de reparación [horas] |                |             | Probabilidad |
|          |                   |          |      |         |  | Valor teórico          | Valor simulado | Error 1 [%] | Valor Teórico                | Valor simulado | Error 2 [%] |              |
| Noroeste | GUALO             | E        | 1,2  | 234,783 | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,957       | 1            |
| Norte    | CRISTIANIA        | D        | 1,2  | 5,701   | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,175                        | 0,175          | 0,067       | 1            |
| Sur      | BARRIONUEVO       | T        | 1,2  | 240,000 | 0,3012                                   | 0,833                  | 0,848          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 1            |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | C        | 1    | 31,746  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,031                        | 0,032          | 0,000       | 2            |
| Noreste  | TUMBACO           | A        | 1    | 10,863  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,092                        | 0,092          | 0,060       | 2            |
| Noroeste | POMASQUI          | D        | 1    | 32,491  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,031                        | 0,031          | 0,072       | 2            |
| Noroeste | POMASQUI          | F        | 1    | 119,205 | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,008                        | 0,008          | 0,132       | 2            |
| Noroeste | POMASQUI          | G        | 1    | 7,762   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,129                        | 0,129          | 0,103       | 2            |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | F        | 1    | 34,682  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,029                        | 0,029          | 0,116       | 2            |
| Norte    | CRISTIANIA        | G        | 1    | 3,940   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,254                        | 0,254          | 0,053       | 2            |
| Norte    | COTOCOLLAO        | E        | 1    | 6,598   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,152                        | 0,151          | 0,103       | 2            |
| Sur      | EPICLACHIMA       | B        | 1    | 60,000  | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,017                        | 0,017          | 0,200       | 2            |
| Sur      | SANTA ROSA        | F        | 1    | 5,729   | 0,3679                                   | 1,000                  | 1,018          | 1,81        | 0,175                        | 0,174          | 0,089       | 2            |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | B        | 0,8  | 33,803  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,030                        | 0,030          | 0,056       | 2            |
| Noreste  | TABABELA          | C        | 0,8  | 87,805  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,011                        | 0,011          | 0,098       | 2            |
| Noreste  | EL QUINCHE        | B        | 0,8  | 240,000 | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2            |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | B        | 0,8  | 0,878   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 1,138                        | 1,138          | 0,071       | 2            |
| Noroeste | POMASQUI          | A        | 0,8  | 7,258   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,138                        | 0,138          | 0,056       | 2            |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | A        | 0,8  | 25,087  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,040                        | 0,040          | 0,153       | 2            |
| Norte    | COTOCOLLAO        | A        | 0,8  | 0,883   | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 1,133                        | 1,132          | 0,066       | 2            |
| Norte    | COTOCOLLAO        | D        | 0,8  | 64,286  | 0,4493                                   | 1,250                  | 1,273          | 1,808       | 0,016                        | 0,016          | 0,357       | 2            |
| Noreste  | TABABELA          | A        | 0,6  | 50,704  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,020                        | 0,020          | 0,113       | 2            |
| Noroeste | POMASQUI          | E        | 0,6  | 240,000 | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2            |
| Sureste  | MACHACHI          | B        | 0,6  | 5,693   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,176                        | 0,176          | 0,084       | 2            |
| Norte    | CRISTIANIA        | F        | 0,6  | 4,635   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,216                        | 0,216          | 0,065       | 2            |
| Norte    | COTOCOLLAO        | H        | 0,6  | 52,174  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,019                        | 0,019          | 0,174       | 2            |
| Sur      | CHILIBULO         | D        | 0,6  | 35,294  | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,028                        | 0,028          | 0,118       | 2            |
| Sur      | EPICLACHIMA       | A        | 0,6  | 1,615   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,619                        | 0,619          | 0,073       | 2            |
| Sur      | EPICLACHIMA       | E        | 0,6  | 2,562   | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,390                        | 0,390          | 0,071       | 2            |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | B        | 0,6  | 240,000 | 0,5488                                   | 1,667                  | 1,697          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 2            |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | A        | 0,4  | 101,408 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,010                        | 0,010          | 0,394       | 3            |
| Noreste  | TABABELA          | B        | 0,4  | 240,000 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 3            |
| Noreste  | TUMBACO           | C        | 0,4  | 2,661   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,376                        | 0,376          | 0,062       | 3            |
| Noreste  | EL QUINCHE        | D        | 0,4  | 15,031  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,067                        | 0,067          | 0,042       | 3            |
| Noroeste | POMASQUI          | B        | 0,4  | 1,687   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,593                        | 0,592          | 0,064       | 3            |
| Sureste  | SANGOLQUI         | B        | 0,4  | 59,504  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,017                        | 0,017          | 0,033       | 3            |
| Centro   | BARRIONUEVO       | D        | 0,4  | 61,017  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,016                        | 0,016          | 0,068       | 3            |
| Norte    | GUALO             | A        | 0,4  | 21,053  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,048                        | 0,048          | 0,000       | 3            |
| Norte    | CRISTIANIA        | A        | 0,4  | 1,815   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,551                        | 0,550          | 0,079       | 3            |
| Norte    | COTOCOLLAO        | I        | 0,4  | 2,090   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,478                        | 0,478          | 0,078       | 3            |
| Norte    | POMASQUI          | C        | 0,4  | 0,853   | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 1,172                        | 1,171          | 0,070       | 3            |
| Sur      | EPICLACHIMA       | C        | 0,4  | 24,407  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,041                        | 0,041          | 0,176       | 3            |
| Sur      | EPICLACHIMA       | D        | 0,4  | 232,258 | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,129       | 3            |
| Sur      | SANTA ROSA        | D        | 0,4  | 88,889  | 0,6703                                   | 2,500                  | 2,545          | 1,808       | 0,011                        | 0,011          | 0,444       | 3            |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA     | D        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Noreste  | TABABELA          | D        | 0,2  | 43,373  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,023                        | 0,023          | 0,241       | 4            |
| Noreste  | AEROPUERTO        | D        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Noreste  | TUMBACO           | B        | 0,2  | 32,432  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,031                        | 0,031          | 0,108       | 4            |
| Noreste  | TUMBACO           | E        | 0,2  | 34,286  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,029                        | 0,029          | 0,229       | 4            |
| Noroeste | GUALO             | C        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Noroeste | GUALO             | D        | 0,2  | 1,630   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,614                        | 0,613          | 0,067       | 4            |
| Noroeste | SAN ANTONIO       | A        | 0,2  | 0,550   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 1,818                        | 1,817          | 0,070       | 4            |
| Sureste  | ALANGASI          | C        | 0,2  | 257,143 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,286       | 4            |
| Sureste  | SAN RAFAEL        | C        | 0,2  | 48,649  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,021                        | 0,021          | 0,270       | 4            |
| Sureste  | MACHACHI          | A        | 0,2  | 42,857  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,023                        | 0,023          | 0,143       | 4            |
| Sureste  | SANTA ROSA        | A        | 0,2  | 51,429  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,019                        | 0,019          | 0,229       | 4            |
| Sureste  | SANGOLQUI         | A        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Centro   | BARRIONUEVO       | B        | 0,2  | 22,500  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,044                        | 0,044          | 0,100       | 4            |
| Centro   | MIRAFLORES        | C        | 0,2  | 46,753  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,021                        | 0,021          | 0,052       | 4            |
| Centro   | BELISARIO QUEVEDO | C        | 0,2  | 56,250  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,018                        | 0,018          | 0,125       | 4            |
| Centro   | GRANDA CENTENO    | E        | 0,2  | 33,028  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,030                        | 0,030          | 0,073       | 4            |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | B        | 0,2  | 1,037   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,964                        | 0,963          | 0,071       | 4            |
| Centro   | DIEZ NUEVA        | C        | 0,2  | 41,379  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,024                        | 0,024          | 0,276       | 4            |
| Centro   | PEREZ GUERRERO    | D        | 0,2  | 36,735  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,027                        | 0,027          | 0,082       | 4            |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | A        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | D        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Centro   | EUGENIO ESPEJO    | E        | 0,2  | 225,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 1,000       | 4            |
| Norte    | GRANDA CENTENO    | D        | 0,2  | 26,866  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,037                        | 0,037          | 0,060       | 4            |
| Norte    | EL BOSQUE         | B        | 0,2  | 38,710  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,026                        | 0,026          | 0,129       | 4            |
| Norte    | RIO COCA          | D        | 0,2  | 1,103   | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,906                        | 0,906          | 0,065       | 4            |
| Norte    | CRISTIANIA        | B        | 0,2  | 240,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 0,800       | 4            |
| Norte    | CRISTIANIA        | C        | 0,2  | 35,644  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,028                        | 0,028          | 0,198       | 4            |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | A        | 0,2  | 20,809  | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,048                        | 0,048          | 0,116       | 4            |
| Sur      | EUGENIO ESPEJO    | C        | 0,2  | 225,000 | 0,8187                                   | 5,000                  | 5,090          | 1,808       | 0,004                        | 0,004          | 1,000       | 4            |

### Anexo 11: Mantenimientos preventivos-correctivos, bajo zonas y primarios.

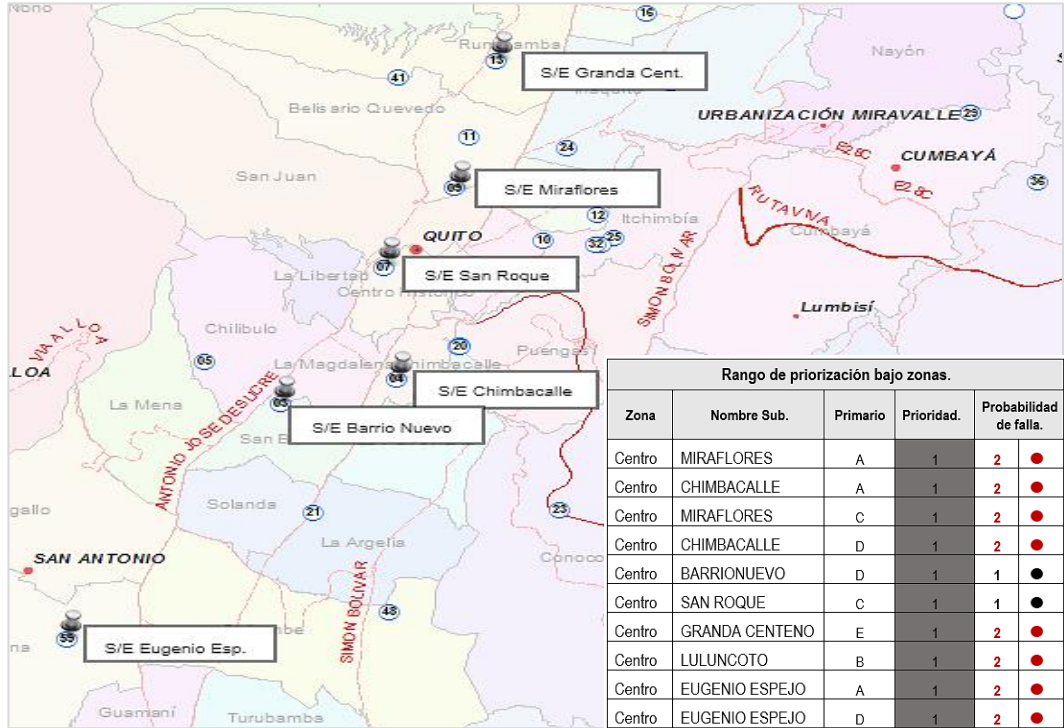
| Rango de priorización bajo zonas. |                   |          | Condición Climática |                      | Animal            |                      | Prioridad. | Probabilidad de falla. |   |
|-----------------------------------|-------------------|----------|---------------------|----------------------|-------------------|----------------------|------------|------------------------|---|
| Zona                              | Nombre Sub.       | Primario | Confiabilidad [C]   | Indisponibilidad [Ā] | Confiabilidad [C] | Indisponibilidad [Ā] |            |                        |   |
| Centro                            | MIRAFLORES        | A        | 0,692               | 0,073                |                   |                      | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | CHIMBACALLE       | A        | 0,692               | 0,037                |                   |                      | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | MIRAFLORES        | C        | 0,692               | 0,013                | 0,849             | 0,003                | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | CHIMBACALLE       | D        | 0,692               | 0,011                |                   |                      | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | BARRIONUEVO       | D        | 0,697               | 0,247                | 0,765             | 0,004                | 1          | 1                      | ● |
| Centro                            | SAN ROQUE         | C        | 0,697               | 0,108                |                   |                      | 1          | 1                      | ● |
| Centro                            | GRANDA CENTENO    | E        | 0,698               | 0,106                | 0,849             | 0,005                | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | LULUNCOTO         | B        | 0,698               | 0,102                |                   |                      | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | A        | 0,698               | 0,081                | 0,849             | 0,001                | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | D        | 0,698               | 0,001                | 0,849             | 0,001                | 1          | 2                      | ● |
| Centro                            | CHIMBACALLE       | E        | 0,708               | 0,010                |                   |                      | 2          | 1                      | ● |
| Centro                            | BELISARIO QUEVEDO | A        | 0,719               | 0,211                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | PEREZ GUERRERO    | B        | 0,719               | 0,208                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | LULUNCOTO         | C        | 0,719               | 0,180                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | CHIMBACALLE       | B        | 0,719               | 0,017                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | ESCUELA SUCRE     | B        | 0,719               | 0,011                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | BARRIONUEVO       | C        | 0,719               | 0,010                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | BARRIONUEVO       | B        | 0,719               | 0,010                | 0,849             | 0,007                | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | BARRIONUEVO       | E        | 0,719               | 0,008                |                   |                      | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | DIEZ NUEVA        | B        | 0,719               | 0,005                | 0,849             | 0,136                | 2          | 2                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | C        | 0,719               | 0,001                |                   |                      | 2          | 1                      | ● |
| Centro                            | LA MARIN          | N        | 0,743               | 0,043                |                   |                      | 2          | 1                      | ● |
| Centro                            | CHIMBACALLE       | C        | 0,765               | 0,349                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | BELISARIO QUEVEDO | B        | 0,765               | 0,135                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | BELISARIO QUEVEDO | C        | 0,765               | 0,130                | 0,849             | 0,003                | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | OLIMPICO          | E        | 0,765               | 0,094                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | LA FLORESTA       | C        | 0,765               | 0,094                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | DIEZ VIEJA        | A        | 0,765               | 0,021                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | LULUNCOTO         | D        | 0,765               | 0,014                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | DIEZ VIEJA        | D        | 0,765               | 0,011                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | MIRAFLORES        | D        | 0,765               | 0,007                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | CAROLINA          | A        | 0,765               | 0,003                | 0,849             | 0,006                | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | BARRIONUEVO       | A        | 0,765               | 0,002                |                   |                      | 3          | 3                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | F        | 0,804               | 0,013                |                   |                      | 4          | 1                      | ● |
| Centro                            | LA FLORESTA       | D        | 0,849               | 0,284                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | PEREZ GUERRERO    | F        | 0,849               | 0,176                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | ESCUELA SUCRE     | N        | 0,849               | 0,022                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | DIEZ NUEVA        | A        | 0,849               | 0,008                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | DIEZ VIEJA        | C        | 0,849               | 0,006                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | CHILIBULO         | C        | 0,849               | 0,004                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | CAROLINA          | B        | 0,849               | 0,004                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | DIEZ NUEVA        | E        | 0,849               | 0,004                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | SAN ROQUE         | B        | 0,849               | 0,003                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | BELISARIO QUEVEDO | D        | 0,849               | 0,003                |                   |                      | 4          | 3                      | ● |
| Centro                            | MIRAFLORES        | E        | 0,849               | 0,002                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | DIEZ VIEJA        | B        | 0,849               | 0,002                |                   |                      | 4          | 2                      | ● |
| Centro                            | ÑAQUITO           | A        | 0,849               | 0,001                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | E        | 0,849               | 0,001                | 0,849             | 0,001                | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | EUGENIO ESPEJO    | B        | 0,849               | 0,001                |                   |                      | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | PEREZ GUERRERO    | D        |                     |                      | 0,849             | 0,004                | 4          | 4                      | ● |
| Centro                            | DIEZ NUEVA        | C        |                     |                      | 0,849             | 0,004                | 4          | 4                      | ● |
| Noreste                           | TUMBACO           | F        | 0,692               | 0,330                |                   |                      | 1          | 2                      | ● |
| Noreste                           | TABABELA          | B        | 0,692               | 0,187                | 0,765             | 0,001                | 1          | 2                      | ● |
| Noreste                           | AEROPUERTO        | D        | 0,692               | 0,034                | 0,849             | 0,001                | 1          | 2                      | ● |
| Noreste                           | TUMBACO           | C        | 0,697               | 0,007                | 0,765             | 0,092                | 1          | 1                      | ● |
| Noreste                           | NUEVA CUMBAYA     | C        | 0,698               | 0,318                | 0,692             | 0,011                | 1          | 2                      | ● |

|          |                  |   |       |       |       |       |   |   |   |
|----------|------------------|---|-------|-------|-------|-------|---|---|---|
| Noreste  | TUMBACO          | E | 0,698 | 0,140 | 0,849 | 0,005 | 1 | 2 | ● |
| Noreste  | TABABELA         | D | 0,698 | 0,115 | 0,849 | 0,004 | 1 | 2 | ● |
| Noreste  | TUMBACO          | A | 0,698 | 0,044 | 0,692 | 0,033 | 1 | 2 | ● |
| Noreste  | TABABELA         | E | 0,719 | 0,005 |       |       | 2 | 2 | ● |
| Noreste  | TABABELA         | C | 0,724 | 0,018 | 0,698 | 0,004 | 2 | 1 | ● |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA    | D | 0,743 | 0,029 | 0,849 | 0,001 | 2 | 1 | ● |
| Noreste  | TUMBACO          | D | 0,765 | 0,260 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA    | B | 0,765 | 0,008 | 0,698 | 0,011 | 3 | 3 | ● |
| Noreste  | NUEVA CUMBAYA    | A | 0,765 | 0,006 | 0,765 | 0,003 | 3 | 3 | ● |
| Noreste  | TUMBACO          | B | 0,765 | 0,002 | 0,849 | 0,005 | 3 | 3 | ● |
| Noreste  | EL QUINCHE       | D | 0,765 | 0,002 | 0,765 | 0,018 | 3 | 3 | ● |
| Noreste  | PAPALLACTA       | B | 0,849 | 0,088 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Noreste  | MOVIL PAPALLACTA | A | 0,849 | 0,004 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Noreste  | EL QUINCHE       | C | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Noreste  | EL QUINCHE       | B | 0,849 | 0,001 | 0,698 | 0,001 | 4 | 4 | ● |
| Noreste  | TABABELA         | A | 0,893 | 0,488 | 0,719 | 0,006 | 4 | 1 | ● |
| Noroeste | LOS BANCOS       | D | 0,692 | 0,307 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Noroeste | COTOCOLLAO       | B | 0,692 | 0,257 | 0,765 | 0,013 | 1 | 2 | ● |
| Noroeste | GUALO            | C | 0,692 | 0,004 | 0,849 | 0,001 | 1 | 2 | ● |
| Noroeste | GUALO            | E | 0,697 | 0,248 | 0,697 | 0,002 | 1 | 1 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | G | 0,697 | 0,020 | 0,692 | 0,045 | 1 | 1 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | A | 0,698 | 0,283 | 0,698 | 0,047 | 1 | 2 | ● |
| Noroeste | LOS BANCOS       | C | 0,708 | 0,263 |       |       | 2 | 1 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | D | 0,708 | 0,238 | 0,692 | 0,011 | 2 | 2 | ● |
| Noroeste | LOS BANCOS       | B | 0,765 | 0,550 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | E | 0,765 | 0,113 | 0,719 | 0,001 | 3 | 3 | ● |
| Noroeste | LOS BANCOS       | A | 0,765 | 0,011 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | F | 0,765 | 0,005 | 0,692 | 0,003 | 3 | 3 | ● |
| Noroeste | POMASQUI         | B | 0,765 | 0,002 | 0,765 | 0,137 | 3 | 3 | ● |
| Noroeste | GUALO            | D | 0,849 | 0,081 | 0,849 | 0,091 | 4 | 4 | ● |
| Noroeste | SAN ANTONIO      | D | 0,849 | 0,004 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Noroeste | SAN ANTONIO      | B | 0,849 | 0,001 | 0,849 | 0,229 | 4 | 4 | ● |
| Noroeste | SAN ANTONIO      | A |       |       | 0,698 | 0,290 | 4 | 4 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | D | 0,692 | 0,190 | 0,849 | 0,129 | 1 | 2 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | C | 0,692 | 0,096 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Norte    | GUALO            | A | 0,692 | 0,069 | 0,765 | 0,013 | 1 | 2 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | C | 0,692 | 0,004 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | E | 0,692 | 0,002 | 0,692 | 0,053 | 1 | 2 | ● |
| Norte    | POMASQUI         | C | 0,698 | 0,152 | 0,765 | 0,239 | 1 | 2 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | G | 0,698 | 0,037 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | F | 0,698 | 0,001 | 0,719 | 0,066 | 1 | 2 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | A | 0,708 | 0,045 | 0,698 | 0,289 | 2 | 1 | ● |
| Norte    | ANDALUCÍA        | E | 0,719 | 0,213 |       |       | 2 | 2 | ● |
| Norte    | EL BOSQUE        | A | 0,719 | 0,005 |       |       | 2 | 2 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | H | 0,719 | 0,001 |       |       | 2 | 2 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | G | 0,719 | 0,001 | 0,692 | 0,085 | 2 | 2 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | D | 0,724 | 0,006 | 0,698 | 0,006 | 2 | 1 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | B | 0,765 | 0,148 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | H | 0,765 | 0,114 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Norte    | ANDALUCÍA        | G | 0,765 | 0,011 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | B | 0,765 | 0,007 | 0,849 | 0,001 | 3 | 3 | ● |
| Norte    | OLIMPICO         | A | 0,765 | 0,004 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | D | 0,765 | 0,004 | 0,697 | 0,060 | 3 | 3 | ● |
| Norte    | COTOCOLLAO       | H | 0,765 | 0,001 | 0,719 | 0,006 | 3 | 3 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | E | 0,849 | 0,009 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte    | ANDALUCÍA        | A | 0,849 | 0,007 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | A | 0,849 | 0,005 | 0,765 | 0,129 | 4 | 4 | ● |
| Norte    | OLIMPICO         | B | 0,849 | 0,004 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte    | EL BOSQUE        | C | 0,849 | 0,003 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte    | CRISTIANA        | C | 0,849 | 0,003 | 0,849 | 0,005 | 4 | 4 | ● |
| Norte    | ANDALUCÍA        | C | 0,849 | 0,003 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte    | EL BOSQUE        | B | 0,849 | 0,002 | 0,849 | 0,004 | 4 | 4 | ● |
| Norte    | RIO COCA         | A | 0,849 | 0,002 |       |       | 4 | 4 | ● |

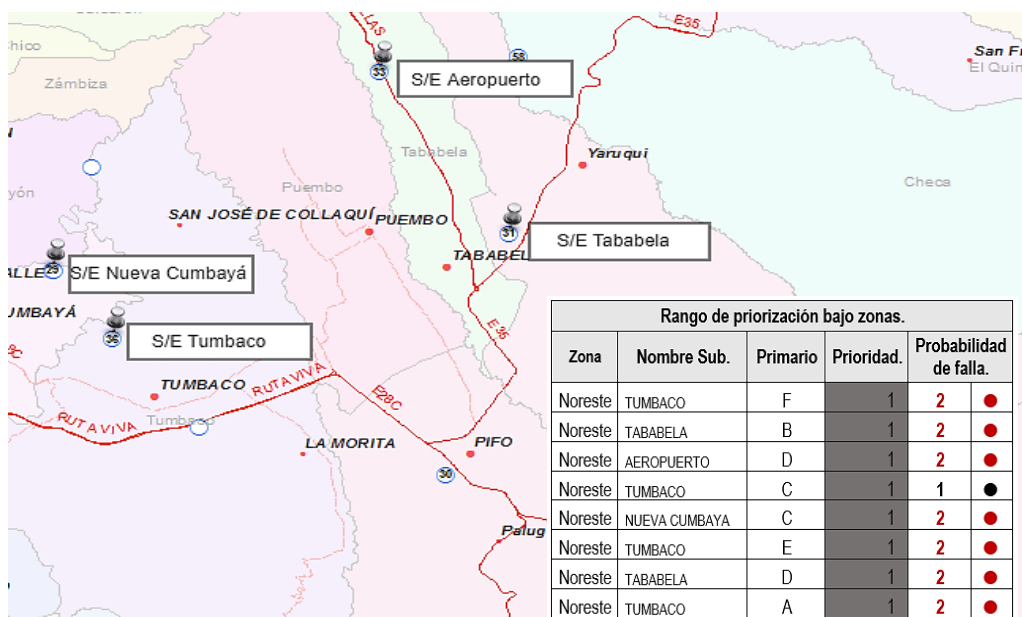
|         |                |   |       |       |       |       |   |   |   |
|---------|----------------|---|-------|-------|-------|-------|---|---|---|
| Norte   | COTOCOLLAO     | F | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte   | COTOCOLLAO     | I | 0,849 | 0,001 | 0,765 | 0,114 | 4 | 4 | ● |
| Norte   | GUALO          | B | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte   | EL BOSQUE      | E | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte   | RIO COCA       | G | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Norte   | GRANDA CENTENO | D |       |       | 0,849 | 0,006 | 4 | 4 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | B | 0,697 | 0,005 |       |       | 1 | 1 | ● |
| Sur     | CHILIBULO      | D | 0,698 | 0,071 | 0,719 | 0,009 | 1 | 2 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | D | 0,698 | 0,010 | 0,765 | 0,003 | 1 | 2 | ● |
| Sur     | BARRIONUEVO    | T | 0,698 | 0,003 | 0,697 | 0,002 | 1 | 2 | ● |
| Sur     | EPICLACHIMA    | C | 0,708 | 0,011 | 0,765 | 0,011 | 2 | 1 | ● |
| Sur     | EPICLACHIMA    | A | 0,719 | 0,139 | 0,719 | 0,169 | 2 | 2 | ● |
| Sur     | EPICLACHIMA    | E | 0,719 | 0,050 | 0,719 | 0,114 | 2 | 2 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | B | 0,719 | 0,004 | 0,719 | 0,001 | 2 | 2 | ● |
| Sur     | EPICLACHIMA    | B | 0,763 | 0,004 | 0,692 | 0,006 | 3 | 3 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | D | 0,765 | 0,007 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | E | 0,765 | 0,001 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | F | 0,804 | 0,034 | 0,692 | 0,060 | 4 | 2 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | E | 0,849 | 0,004 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | H | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | A | 0,861 | 0,010 | 0,849 | 0,008 | 4 | 1 | ● |
| Sur     | SANTA ROSA     | C | 0,893 | 0,005 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sur     | EPICLACHIMA    | D | 0,919 | 0,034 | 0,765 | 0,001 | 4 | 1 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | F | 0,929 | 0,002 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sur     | EUGENIO ESPEJO | C | 0,947 | 0,014 | 0,849 | 0,001 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | MACHACHI       | C | 0,692 | 0,043 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Sureste | CONOCOTO       | B | 0,697 | 0,363 |       |       | 1 | 1 | ● |
| Sureste | ALANGASI       | D | 0,697 | 0,034 |       |       | 1 | 1 | ● |
| Sureste | ALANGASI       | A | 0,698 | 0,012 |       |       | 1 | 2 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | C | 0,708 | 0,365 |       |       | 2 | 1 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | G | 0,719 | 0,010 |       |       | 2 | 2 | ● |
| Sureste | CONOCOTO       | C | 0,724 | 0,023 |       |       | 2 | 1 | ● |
| Sureste | SAN RAFAEL     | F | 0,763 | 0,301 | 0,692 | 0,010 | 3 | 1 | ● |
| Sureste | SAN RAFAEL     | B | 0,765 | 0,004 |       |       | 3 | 3 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | D | 0,784 | 0,454 |       |       | 3 | 1 | ● |
| Sureste | CONOCOTO       | A | 0,784 | 0,418 | 0,765 | 0,239 | 3 | 1 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | A | 0,784 | 0,320 | 0,849 | 0,001 | 3 | 1 | ● |
| Sureste | ALANGASI       | C | 0,804 | 0,300 | 0,849 | 0,001 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | E | 0,824 | 0,044 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sureste | MACHACHI       | D | 0,849 | 0,010 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | F | 0,849 | 0,001 |       |       | 4 | 4 | ● |
| Sureste | MACHACHI       | A | 0,861 | 0,497 | 0,849 | 0,004 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SANGOLQUI      | B | 0,861 | 0,138 | 0,765 | 0,004 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SAN RAFAEL     | D | 0,861 | 0,046 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sureste | CONOCOTO       | D | 0,878 | 0,414 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SAN RAFAEL     | C | 0,893 | 0,355 | 0,849 | 0,003 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SANTA ROSA     | A | 0,893 | 0,040 | 0,849 | 0,003 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | ALANGASI       | B | 0,911 | 0,416 |       |       | 4 | 1 | ● |
| Sureste | MACHACHI       | B | 0,929 | 0,309 | 0,719 | 0,055 | 4 | 1 | ● |
| Sureste | SAN RAFAEL     | A | 0,947 | 0,238 | 0,698 | 0,014 | 4 | 1 | ● |

**Anexo 12: Mantenimientos en primarios de Subestaciones de Distribución.**

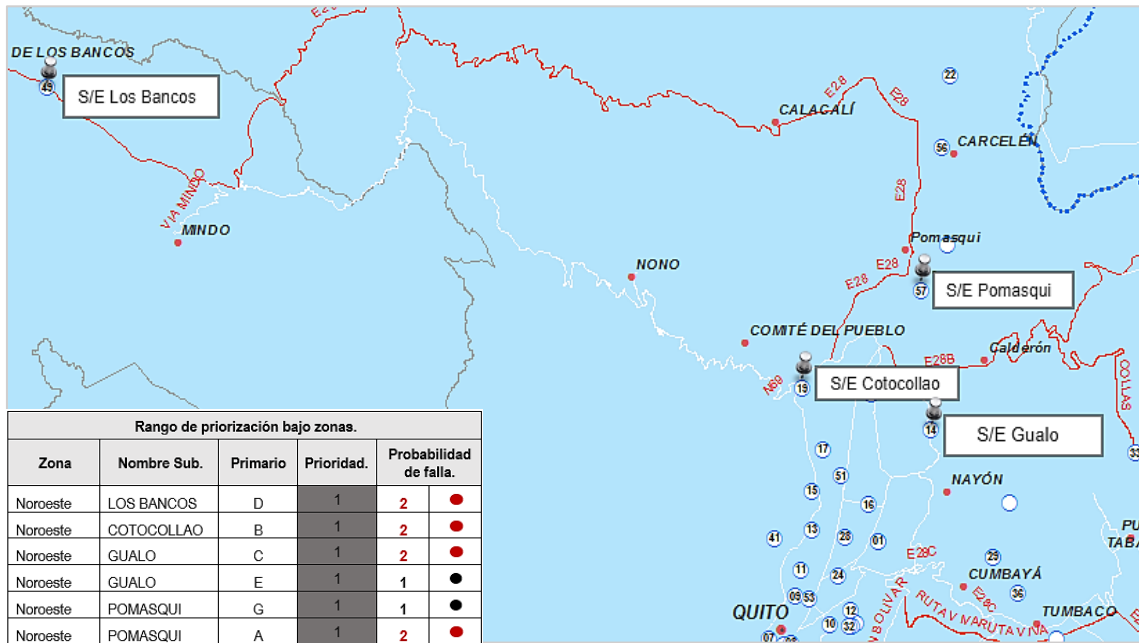
S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Centro, ArcGis**



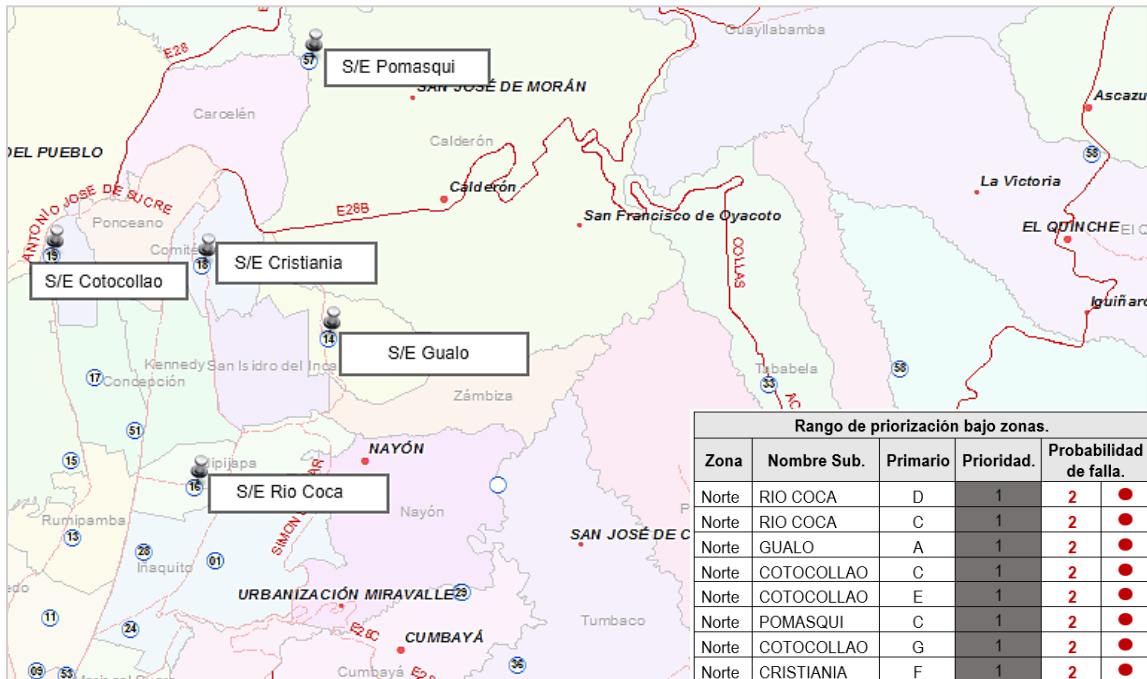
S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Noreste**



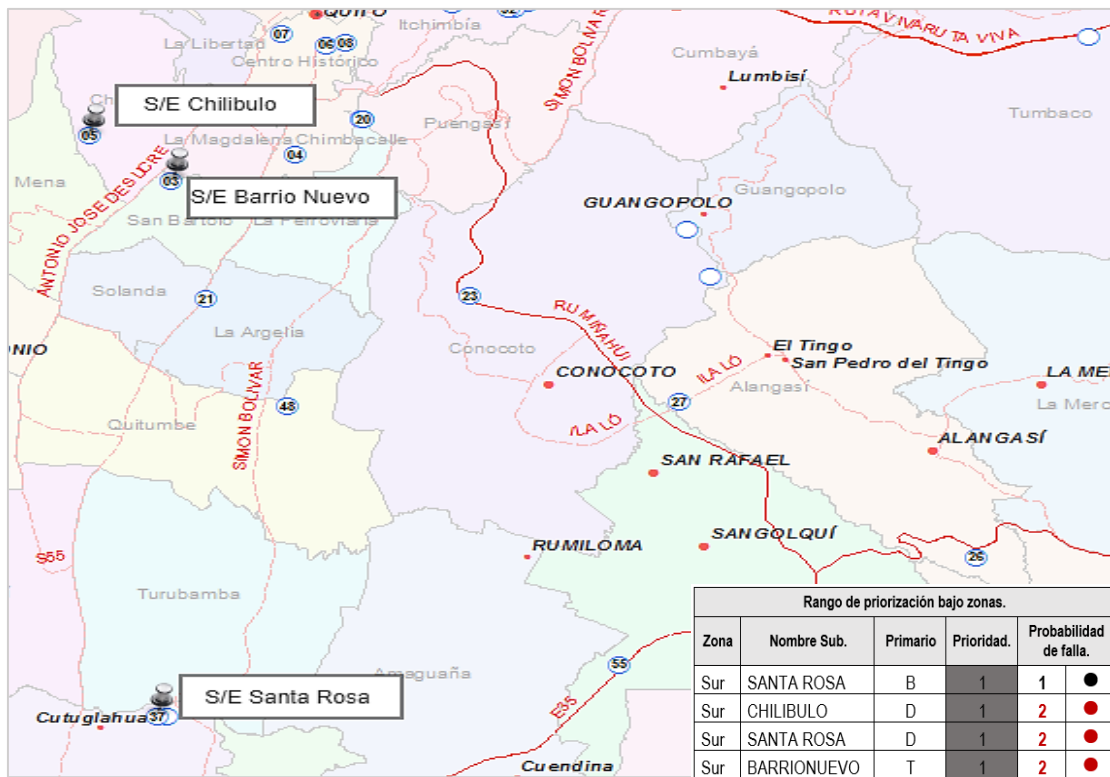
S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Noroeste**



S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Norte.**



S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Sur.**



S/E de Distribución con primarios para mantenimiento 1, con probabilidad de falla menor a 1 año. **Zona Sureste.**

