

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“SISTEMAS DE UTILIZACIÓN EN 13,2 KV TIPO MRT PARA LA ESTACIÓN  
BASE REPETIDOR – CHUGAY DE PROPIEDAD DE  
AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C”**

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA**

**BACH. MERINO HUAMÁN JUAN CARLOS**  
**BACH. LEIVA SAAVEDRA KEVIN JHONY**

**Callao, 2019**  
**PERÚ**

## HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

Presidente : Oyanguren Ramírez, Fernando José

Secretario : Sánchez Huapaya , Pedro Antonio

Vocal : **Ramos Torres , Ernesto**

Miembro: :

Asesor : Freddy Adán Castro Salazar

## DEDICATORIA

A nuestros padres, por su constante e incondicional apoyo en nuestra formación personal y profesional.

## AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a nuestros padres y a cada miembro de nuestra familia por ser el sustento de todo lo que podemos lograr en nuestras vidas.

Agradecimiento sincero a nuestro asesor Fredy Castro Salazar por ser quien nos orientó e hizo posible poder desarrollar toda esta tesis.

También queremos agradecer a nuestros amigos y maestros que siempre estuvieron dispuestos a apoyarnos incondicionalmente.

## ÍNDICE

### TABLA DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | <b>11</b> |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                     | <b>12</b> |
| <b>CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....      | <b>15</b> |
| <b>1.1. Descripción de la realidad problemática</b> ..... | <b>15</b> |
| <b>1.2. Formulación del Problema</b> .....                | <b>16</b> |
| 1.2.1 Problema General.....                               | 16        |
| 1.2.2 Problemas Específicos.....                          | 16        |
| <b>1.3. Objetivos de la investigación</b> .....           | <b>16</b> |
| 1.3.1 Objetivo General.....                               | 16        |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                          | 17        |
| <b>1.4. Justificación</b> .....                           | <b>17</b> |
| <b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....                   | <b>18</b> |
| <b>2.1 Antecedentes del estudio</b> .....                 | <b>18</b> |
| <b>2.2 Bases Teóricas</b> .....                           | <b>20</b> |
| 2.2.1 Sistema de utilización.....                         | 20        |
| 2.2.1.2 Especificaciones técnicas.....                    | 21        |
| 2.2.2 Calidad de servicio energético.....                 | 60        |
| 2.2.2.1 Caída de Tensión.....                             | 60        |
| 2.2.2.2 Máxima Demanda.....                               | 61        |
| 2.2.2.3 Procesos productivos.....                         | 62        |
| 2.2.2.4 Ciclos de mejora continua.....                    | 63        |
| <b>2.3 Definición de términos básicos</b> .....           | <b>65</b> |
| <b>CAPITULO III : VARIABLES E HIPÓTESIS</b> .....         | <b>66</b> |
| <b>3.1 Hipótesis</b> .....                                | <b>66</b> |
| 3.1.1 Hipótesis general.....                              | 66        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.1.2 Hipótesis específicos .....   | 66         |
| 3.2 Definición conceptual de variables.....                                 | 66         |
| 3.3 Operacionalización de variables .....                                   | 66         |
| <b><i>CAPITULO IV : METODOLOGÍA.....</i></b>                                | <b>68</b>  |
| 4.1 Tipo de investigación .....   | 68         |
| 4.2 Diseño de investigación.....  | 68         |
| 4.3 Población y muestra.....  | 68         |
| 4.3.1 Población .....   | 68         |
| 4.3.2 Muestra .....   | 68         |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.69             |            |
| 4.4.1 Técnica .....   | 69         |
| 4.4.2 Instrumento .....   | 69         |
| 4.4.3 Confiabilidad del instrumento .....                                   | 70         |
| 4.5 Procesamiento estadístico y Análisis de datos.....                      | 70         |
| <b><i>CAPITULO V: RESULTADOS .....</i></b>                                  | <b>72</b>  |
| <b><i>CAPITULO VI : CONCLUSIONES.....</i></b>                               | <b>96</b>  |
| <b><i>CAPITULO VII DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</i></b>                    | <b>98</b>  |
| 7.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los<br>resultados..... | 98         |
| 7.2 Contrastación de los resultados con otros estudios<br>similares.....    | 101        |
| <b><i>CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES .....</i></b>                          | <b>102</b> |
| <b><i>CAPITULO IX : REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</i></b>                | <b>103</b> |
| <b><i>CAPITULO X: ANEXOS.....</i></b>                                       | <b>106</b> |
| ANEXO 1: Matriz de Consistencia .....                                       | 106        |
| ANEXO 2: Cálculos para el proyecto .....                                    | 107        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos .....</b> | <b>150</b> |
| <b>ANEXO 4: Base de Datos.....</b>                        | <b>153</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla N° 1: Datos técnicos para postes de concreto armado 12/400/cs/165/360 .....                          | 23 |
| Tabla N° 2: Datos técnicos palomillas de concreto armado .....   | 25 |
| Tabla N° 3: Palomillas de concreto armado .....  | 25 |
| Tabla N° 4: Datos técnicos AAAC de 35 mm <sup>2</sup> sin grasa .....                                      | 27 |
| Tabla N° 5: Datos técnicos aislador polimérico tipo pin 27 kV .....  | 28 |
| Tabla N° 6: Datos técnicos aislador polimericos tipo suspensión de 27 kV .....                             | 29 |
| Tabla N° 7: <i>Datos técnicos pernos maquinados</i> .....  | 32 |
| Tabla N° 8: <i>Dimensiones de pernos maquinados</i> .....  | 33 |
| Tabla N° 9: Datos técnicos de perno ojo .....  | 34 |
| Tabla N° 10: Dimensiones de perno ojo .....  | 34 |
| Tabla N° 11: Datos técnicos de arandelas .....   | 35 |
| Tabla N° 12: Dimensiones de arandelas cuadradas .....  | 36 |
| Tabla N° 13: Datos técnicos de arandela curva cuadrada .....   | 37 |
| Tabla N° 14: Datos técnicos conductor de cobre desnudo, cableado temple blando de 35 mm <sup>2</sup> ..... | 39 |
| Tabla N° 15: Datos técnicos de arandela cuadrada .....   | 40 |
| Tabla N° 16: Datos técnicos caja de concreto para puesta a tierra .....                                    | 41 |
| Tabla N° 17: Datos técnicos tapa de concreto para puesta a tierra .....                                    | 42 |
| Tabla N° 18: Datos técnicos pararrayo clase distribución .....   | 43 |
| Tabla N° 19: Datos técnicos seccionadores fusible tipo expulsión .....                                     | 44 |
| Tabla N° 20: Datos técnicos transformadores monofásicos 13,2 ± 2x2,5/0,23 kv, un aislador M.T .....        | 46 |
| Tabla N° 21: Datos técnicos transformadores monofásicos .....  | 48 |
| Tabla N° 22: Datos técnicos de conductores de cobre aislado tipo NYY .                                     | 55 |
| Tabla N° 23: Datos técnicos de Interruptor Termomagnetico .....  | 56 |
| Tabla N° 24: Cargas de trabajo vertical .....  | 57 |
| Tabla N° 25: Rotura Nominal Mínima .....   | 57 |
| Tabla N° 26: Datos técnicos de plan de muestreo y aceptación .....   | 58 |



|  |    |
|--|----|
| Tabla N° 27: Datos técnicos de medias lozas de concreto armado .....   | 59 |
| Tabla N° 28: Confiabilidad del Instrumento.....  | 70 |
| Tabla N° 29: ¿Considera que las especificaciones técnicas de un sistema de utilización son importantes?.....                               | 72 |
| Tabla N° 30:¿Con que frecuencia se cumplen todas las especificaciones técnicas?.....   | 73 |
| Tabla N° 31:¿El proyecto inicia cuando ya se tienen todos los componentes detallados en las especificaciones técnicas?.....                | 74 |
| Tabla N° 32: Se debe planificar al detalle las especificaciones de los componentes del sistema de utilización.....                         | 75 |
| Tabla N° 33:¿Considera que se tiene un correcto proceso de implementación de un sistema de utilización?.....                               | 76 |
| Tabla N° 34:¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud?.....  | 77 |
| Tabla N° 35: Existe un control minucioso de las especificaciones técnicas al momento de su llegada en obra.....                            | 78 |
| Tabla N° 36:¿Con que frecuencia se presentan inconvenientes durante la implementación?.....  | 79 |
| Tabla N° 37: ¿Se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación?.....  | 80 |
| Tabla N° 38:¿Se tiene procedimientos de seguridad que son llevados a cabo durante la implementación?.....                                  | 81 |
| Tabla N° 39:¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión?.....  | 82 |
| Tabla N° 40:¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos?.....                                       | 83 |
| Tabla N° 41:¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión?.....                                       | 84 |
| Tabla N° 42: Un sistema de utilización de calidad no genera caídas de tensión que dañan los componentes internos de este.....              | 85 |
| Tabla N° 43: Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es considerada para la implementación de un sistema de utilización?..... | 86 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla N° 44:¿Con que frecuencia se actualiza la máxima demanda del servicio eléctrico? .....   | 87 |
| Tabla N° 45:¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico? .....  | 88 |
| Tabla N° 46:¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad? .....  | 89 |
| Tabla N° 47: ¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico?.....  | 90 |
| Tabla N° 48: ¿Es frecuente las fallas en los equipos eléctricos generados por los sistema de utilización? .....  | 91 |
| Tabla N° 49:¿Considera que las plantas que requieren servicio eléctrico son evaluadas antes de pasar por el proceso productivo correspondiente? ..   | 92 |
| Tabla N° 50:¿Considera que el servicio eléctrico pasa por un ciclo de mejora continua? .....   | 93 |
| Tabla N° 51:¿Cree usted que la mejora continua garantiza la calidad del.....   | 94 |
| Tabla N° 52:¿Con que frecuencia se desarrolla la mejora continua en todo el proceso dela implementación del sistema de utilizacion del servicio eléctrico? .....   | 95 |
| Tabla N° 53:¿Cuándo se resuelve un problema respecto al servicio eléctrico este ya no vuelve a ocurrir?.....   | 96 |
| Tabla N° 54:Coeficiente de correlación y significación entre el sistema de utilización en 13,2 kv tipo Mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estacion base repetidor – Chugay de propiedad de America Movil Peru S.A.C .....                                 | 98 |
| Tabla N° 55: Coeficiente de correlacion y significacion entre las especificaciones tecnicas del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio electrico para la estacion base repetidor – chugay de propiedad de america movil peru s.a.c ..... | 99 |
| Tabla N° 56: Coeficiente de correlacion y significacion entre la   |    |

|   |     |
|---|-----|
| implementación del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – chugay de propiedad de america movil peru s.a.c ..... | 100 |
| Tabla N° 57: <i>Datos técnicos del conductor</i> .....  | 110 |
| Tabla N° 58: <i>Parámetros de conductores resistencia eléctrica</i> .....   | 111 |
| Tabla N° 59: <i>Parámetros de conductores reactancia inductiva y factor de caída de tensión</i> .....   | 111 |
| Tabla N° 60: <i>Características de los postes</i> .....   | 116 |
| Tabla N° 61: <i>Características de los conductores</i> .....  | 116 |
| Tabla N° 62: <i>Datos mínimos de pararrayos</i> .....   | 117 |
| Tabla N° 63: <i>Datos de tipos de equipos</i> .....   | 124 |
| Tabla N° 64: <i>Caída de tensión entre conductores</i> .....  | 128 |
| Tabla N° 65: <i>Cálculos mecánicos del conductor</i> .....  | 129 |
| Tabla N° 66: <i>Cálculos mecánicos de postes</i> .....  | 130 |
| Tabla N° 67: <i>Comparación de capacidad de transporte</i> .....  | 136 |
| Tabla N° 68: <i>Resultados de cimentación</i> .....   | 144 |

---

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura N° 1: Polígono de frecuencia .....   | 68 |
| Figura N° 2: ¿Considera que las especificaciones técnicas de un sistema de utilización son importantes? .....                   | 72 |
| Figura N° 3: ¿ Con que frecuencia se cumplen todas las especificaciones técnicas? .....   | 73 |
| Figura N° 4: El proyecto inicia cuando ya se tienen todos los componentes detallados en las especificaciones técnicas? .....    | 74 |
| Figura N° 5: Se debe planificar al detalle las especificaciones de los componentes del sistema de utilización.....              | 75 |
| Figura N° 6: ¿Considera que se tiene un correcto proceso de implementación de un sistema de utilización? .....                  | 76 |
| Figura N° 7: ¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud? .....                                 | 77 |
| Figura N° 8: Existe un control minucioso de las especificaciones técnicas al momento de su llegada en obra.....                 | 78 |
| Figura N° 9:¿Con que frecuencia se presentan inconvenientes durante la implementación? .....                                    | 79 |
| Figura N° 10:¿Se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación? .....  | 80 |
| Figura N° 11:¿Se tiene procedimientos de seguridad que son llevados a cabo durante la implementación? .....                     | 81 |
| Figura N° 12:¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión? .....   | 82 |
| Figura N° 13: :¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos? .....                        | 83 |
| Figura N° 14:¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión? .....                          | 84 |
| Figura N° 15: Un sistema de utilización de calidad no genera caídas de tensión que dañan los componentes internos de este. .... | 85 |
| Figura N° 16: Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es   |    |

|  |     |
|--|-----|
| considerada para la implementación de un sistema de utilización?.....  | 86  |
| Figura N° 17:¿Con que frecuencia se actualiza la máxima demanda del servicio eléctrico? .....  | 87  |
| Figura N° 18:¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico? .....   | 88  |
| Figura N° 19:¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad? ..... | 89  |
| Figura N° 20:¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico? .....                               | 90  |
| Figura N° 21:¿Es frecuente las fallas en los equipos eléctricos generados por los sistema de utilización? .....  | 91  |
| Figura N° 22¿Considera que las plantas que requieren servicio eléctrico son evaluadas antes de pasar por el proceso productivo correspondiente? .....              | 92  |
| Figura N° 23:¿Considera que el servicio eléctrico pasa por un ciclo de mejora continua? .....  | 93  |
| Figura N° 24:¿Cree usted que la mejora continua garantiza la calidad del.....  | 94  |
| Figura N° 25:¿Con que frecuencia se desarrolla la mejora continua en todo el proceso de la implementación del sistema de utilización del servicio eléctrico? ..... | 95  |
| Figura N° 26:¿:¿Cuándo se resuelve un problema respecto al servicio eléctrico este ya no vuelve a ocurrir?.....  | 96  |
| Figura N° 27: <i>Datos mínimos de pararrayos</i> .....   | 120 |
| Figura N° 28: <i>Datos mínimos de pararrayos</i> .....   | 125 |
| Figura N° 29: <i>Cálculos mecánicos de postes</i> .....  | 131 |
| Figura N° 30: <i>Calculo de pararrayos</i> .....   | 133 |
| Figura N° 31: <i>Cálculos de pararrayos</i> .....  | 134 |
| Figura N° 32: <i>Curva característica de fusible tipo K</i> .....  | 140 |
| Figura N° 33: <i>Curva característica de fusible tipo K</i> .....  | 141 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura N° 34: <i>Cimentación de estructuras</i> ..... | 142 |
| Figura N° 35: <i>Cimentación de estructuras</i> ..... | 143 |
| Figura N° 36: <i>Volúmenes de excavación</i> .....    | 145 |
| Figura N° 37: <i>Volúmenes de excavación</i> .....    | 146 |
| Figura N° 38: <i>Volúmenes de excavación</i> .....    | 147 |
| Figura N° 39: <i>Volúmenes de excavación</i> .....    | 148 |

## RESUMEN

El alcance de la presente investigación comprende la implementación de un sistema de utilización en media tensión en 13,2 kV, el diseño y elaboración de planos, especificaciones técnicas de montaje y suministro, así como todos los trabajos necesarios para dotar de energía eléctrica en forma óptima y segura a la EBC Chugay. El punto de diseño fue identificado y tiene como ubicación las coordenadas UTM WGS 84 18M 189071 E – 9157231 N.

Se otorgó Factibilidad Eléctrica para el predio denominado Las Guagachas, distrito Chugay, Provincia Sánchez Carrión y departamento de La Libertad.

El punto de diseño otorgado mediante el documento de Factibilidad y Punto de diseño, cuyo número es N° GC-8166-2017 fue otorgado en la estructura en M.T. N° TY0389 - A.M.T LLA004 en 22.9 kV (13.2 kV sistema MRT-monofásico)

En el presente Expediente Técnico de Sistema de Utilización en 13,2 kV – EBC Repetidor Chugay, se consideró la Norma Técnica RD018-2002-EM/DGE (Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en zonas de Concesión de Distribución), Código Nacional de Electricidad – Suministro, Norma DGE “Terminología en Electricidad y Símbolos Gráficos en Electricidad”, Sistema Legal de Unidades del Perú, Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas, Decreto Ley N° 25844 (Ley de Concesiones Eléctricas) y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 111-2013-MEM / DM.

## ABSTRACT

The scope of the project includes the implementation of a medium voltage utilization system in 13.2 kV, the study includes the design and preparation of plans, technical specifications of assembly and supply, as well as all the work necessary to provide electrical energy in optimal and safe way to the Chugay EBC. The design point was identified and its location is UTM coordinates WGS 84 18M 189071 E - 9157231 N.

Electric Feasibility was granted for the property named Las Guagachas, Chugay district, Sanchez Carrion province and La Libertad department.

The design point granted through the Feasibility and Design Point document, whose number is N ° GC-8166-2017 was granted in the structure in M.T. No. TY0389 - A.M.T LLA004 in 22.9 kV (13.2 kV MRT-single phase system)

In the present Technical File of Utilization System in 13.2 kV - EBC Repeater Chugay, it was considered the Technical Norm RD018-2002-EM / DGE (Standard of Procedures for the Elaboration of Projects and Execution of Works in Distribution Systems and Systems of Use in Medium Voltage in Distribution Concession areas), National Electricity Code - Supply, Standard DGE "Terminology in Electricity and Graphic Symbols in Electricity", Legal System of Units of Peru, Regulation of Safety and Health in the Workplace of the Electric Activities, Decree Law No. 25844 (Electric Concessions Law) and its Regulations approved by Supreme Decree No. 111-2013-MEM / DM.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación presenta las condiciones bajo las cuales se realizó los trabajos para dotar de energía eléctrica en media tensión en 13,2 kV tipo MRT a la EBC Repetidor Chugay, con una Subestación de Transformación Aérea Monoposte de 15 kVA, de propiedad de AMÉRICA MOVIL PERÚ S.A.C.

Se utilizó un transformador mixto, para sistema M.R.T. de 13.2/0.23 Kv, 1/5 A, 60Hz, 4000 m.s.n.m., con potencia de bobinado de tensión 1x25 VA, C.P 0.2, bobinado de corriente 1x15VA, clase de precisión 0.2S, con refrigerante dieléctrico Envirotemp FR3, conexiones en el lado de BT, grado de protección de la tapa de conexiones IP-55, la polaridad deberá ser K-L en alto relieve y pintada con color diferente a la cuba. Un transformador monofásico para sistema M.R.T. de 15 kVA, 13,2/0,23 kV, postes C.A.C., palomillas de C.A. de 1,0/100 ; 2,080 km conductor de aleación de aluminio AAAC de 35 mm<sup>2</sup>, pararrayos poliméricos tipo óxido metal de 27 kV y 10 kA, dos seccionadores tipo cut out de 27 kV, 170 kV BIL, incluido fusible de expulsión tipo k, aisladores poliméricos: tipo pin y de suspensión de 27kV cada uno, se instalaron retenidas inclinadas, puestas a tierra tipo PAT-02 Y tipo PAT-0 además de un tablero de distribución con medidor polifásico electrónico según IEC 62053-22:2003, 4 hilos, C.P 0.2S, energía activa en KW-H, energía reactiva en KVAR-H, máxima demanda en kW y kVAR, fuente trifásica, memoria de 256 Kv como mínimo, LCD de 06 dígitos programables, valores instantáneos de corriente, tensión, factor de potencia, con puerto óptico, pantalla CD bidireccional con perfil de carga de hasta 8 canales, perfil de instrumentación de 16 canales, 1(10A), 120-480V, 60Hz, IP54 y con tarjeta de comunicaciones con puerto de comunicación RS-232 y RS 485 el cual contenga como mínimo un modem 3G.

Todo ello segregado en 9 capítulos tal como sigue:

En el capítulo I se presenta el análisis de la problemática, la formulación y los objetivos de la investigación.

Capítulo II expone el marco teórico que da confiabilidad al trabajo y que guarda relación directa con el objetivo y la hipótesis, asimismo se presenta los antecedentes del estudio y la definición de términos.

El capítulo III se presenta la formulación de las hipótesis y la definición y operacionalización de las variables.

El capítulo IV abarca la metodología con el tipo y diseño de la investigación, la determinación de la población y muestra de estudio usada para recolectar datos con las técnicas e instrumentos presentadas, además se exhibe la validez del instrumento y los métodos de análisis de datos.

En el capítulo V se presenta los resultados de la investigación con sus respectivas tablas, figuras e interpretaciones.

El capítulo VI contrasta las hipótesis, así como también compara los resultados hallados con los de otros estudios similares

En el capítulo VII se indican las conclusiones llegadas con la investigación

Para finalizar en el capítulo VIII y IX se expone las recomendaciones y las referencias bibliográficas.

## CAPITULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Actualmente en el mundo los sistemas de utilización para dotar de energía eléctrica en media tensión en 13,2 Kv tipo MRT se han vuelto cada vez más útiles cuando se trata brindar un servicio de energía eléctrica de calidad. Estas permiten una optimización de la red eléctrica considerando la máxima demanda y las caídas de tensión de la energía eléctrica.

En el Perú los sistemas de utilización en media tensión en 13,2 Kv no son los más habituales sin embargo son usados para estaciones o subestaciones, las cuales usan transformadores mixtos para el sistema MRT de 13,2/0,23 Kv, con potencia de bobinado de tensión 1x25 VA. Con la finalidad de optimizar lo máximo posible el uso de energía eléctrica sin tener pérdidas, brindando calidad total del servicio de energía eléctrica.

Se busca determinar las condiciones bajo las cuales se realizarán todos los procesos necesarios para dotar de energía eléctrica en media tensión 13,2 Kv tipo MRT a la EBC Repetidor Chugay, con una subestación de transformación aérea Monoposte de 15 Kva de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.

Se utilizará un transformador mixto, para sistema M.R.T. de 13.2/0.23 Kv, 1/5 A, 60Hz, 4000 m.s.n.m., con potencia de bobinado de tensión 1x25 VA, C.P 0.2, bobinado de corriente 1x15VA, clase de precisión 0.2S, con refrigerante dieléctrico Envirottemp FR3, conexiones en el lado de BT, grado de protección de la tapa de conexiones IP-55, la polaridad deberá ser K-L en alto relieve y pintada con color diferente a la cuba. Un transformador monofásico para sistema M.R.T. de 15 kVA, 13,2/0,23 kV, postes C.A.C., palomillas de C.A. de 1,0/100 ; 2,080 km conductor de aleación de aluminio AAAC de 35 mm<sup>2</sup>, pararrayos poliméricos tipo óxido metal de 27 kV y 10 kA, dos seccionadores tipo cut out de 27 kV, 170 kV BIL, incluido fusible de expulsión tipo k, aisladores poliméricos: tipo pin y de suspensión de 27kV cada uno, se instalarán retenidas inclinadas,

puestas a tierra tipo PAT-02 Y tipo PAT-0 además de un tablero de distribución con medidor polifásico electrónico según IEC 62053-22:2003, 4 hilos, C.P 0.2S, energía activa en KW-H, energía reactiva en KVAR-H, máxima demanda en kW y kVAR, fuente trifásica, memoria de 256 Kv como mínimo, LCD de 06 dígitos programables, valores instantáneos de corriente, tensión, factor de potencia, con puerto óptico, pantalla CD bidireccional con perfil de carga de hasta 8 canales, perfil de instrumentación de 16 canales, 1(10A), 120-480V, 60Hz, IP54 y con tarjeta de comunicaciones con puerto de comunicación RS-232 y RS 485 el cual contenga como mínimo un modem 3G.

## 1.2. Formulación del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿De qué manera el Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019?

### 1.2.2 Problemas Específicos

1. ¿De qué manera las especificaciones técnicas del sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019?
2. ¿De qué manera la implementación de un sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019?

## 1.3. Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo General

Determinar de qué manera el Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019

### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar de qué manera las especificaciones técnicas del sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019
2. Determinar de qué manera la implementación de un sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019

### 1.4. Justificación

En el desarrollo del presente trabajo de tesis, podremos analizar las funcionalidades y adecuaciones al diseñar el sistema de utilización en 13,2 Kv tipo monofásico con retorno por tierra, lo que logrará beneficios a futuro debido a la calidad del servicio energético que se entregará a la EBC Repetidor Chugay, con una Subestación de Transformación Aérea Monoposte de 15 kVA, de propiedad de AMÉRICA MOVIL PERÚ S.A.C. Asimismo ampliara el conocimiento existente lo que servirá como base y guía olo para futuras investigaciones

## CAPITULO II : MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

(Richard A., 1999), realizo una investigación titulada Proyectos de sistemas de utilización en 10 Kv e instalaciones eléctricas telefónicas y sistemas auxiliares de un hotel de cuatro estrellas y 135 habitaciones, la cual tuvo como objetivo el planteamiento de la mejor alternativa para la elaboración y aprobación de Proyectos de Sistemas de Utilización en 10 kV e instalaciones Eléctricas Telefónicas Y Sistemas Auxiliares de un Hotel de Cuatro Estrellas y 135 habitaciones a nivel de ejecución de obras. En el estudio se concluyó que la automatización del sistema eléctrico para la transferencia de energía a través del grupo electrógeno se hará con transferencia automática (ITA-01), el cual tomará toda la carga del sistema. La instalación y mantenimiento de los equipos de automatización quedará a cargo de la empresa proveedora de equipos, se consiguió aminorar los costos por energía eléctrica en el uso de esta, en el sentido de que en sectores del hotel se ha empleado lámparas ahorradoras. Así como también se ha previsto una optimización de materiales que se usaran en la construcción.

(Montero Juarez, 2015), realizo una investigación titulada sistema de utilización en 22.9 Kv, 30 para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos, la cual tuvo por objetivo proponer nuevas técnicas para el envaramiento de embarcaciones pesqueras considerando ley de concesiones eléctricas D.L. N° 25844, el Código Nacional suministro 2011 y las Normas técnicas de la dirección general de electricidad del ministerio de energía y minas. Se concluyó que las plantas transforman la energía con alto voltaje en energía con medio voltaje por medio de subestaciones, después pasan a los transformadores y la transforman en energía de bajo voltaje para que llegue a los locales. En el camino se va perdiendo energía debido a varios factores. En las casas se utilizan watts por comodidad para realizar los pagos en la CFE, ya que se mide la

cantidad de transferencia de energía en un determinado tiempo, ya que el volt se refiere únicamente a la circulación de la corriente sin especificar el tiempo en que ocurre, por lo que es más difícil cobrar. A cada casa le corresponde un determinado voltaje (constante), aunque no se utilice todo, ya que los watts que consumen los aparatos eléctricos varía. Así mismo existen varias opciones tarifarias que la distribuidora da a conocer la elección. Un circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, inductancias, condensadores y fuentes, o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.

(Bravo Revilla, 2018), realizo una investigación titulada Diseño del sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9 Kv y subestación tipo caseta de 1000Kva para la empresa congelados Gutiérrez, la cual tuvo como objetivo diseñar un sistema de utilización a nivel de 22.9KV y subestación eléctrica tipo caseta de 1000KVA (1MVA) con Interruptor automático SF6 como sistema de protección, destinado para suministrar energía eléctrica a la planta industrial productora de hielo en bloques (80 Ton/día) para la empresa 'CONGELADOS GUTIERRES' ubicada en la Asociación de Pequeños Artesanales de Mollendo, provincia de Islay y departamento de Arequipa. Se concluyó que el diseño de un sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9KV y subestación tipo caseta compuesto por transformador de potencia 1000KVA (1MVA) 22.9/0.44-0.23KV de marca Epli S.A.C con equipos de control de temperatura y gases que exige la norma DGE, y protección mediante celda de seccionamiento automática SM6 DM1-A y celda de remonte para entrada de cables GAM-2 de marca Schneider, que satisfacen las necesidades y demanda de energía de la empresa "Congelados Gutiérrez S.A", además Se determinó la información técnica requerida de los materiales y/o equipo eléctrico donde se detalla las dimensiones físicas y características eléctricas de cada uno, como también de su montaje electromecánico que se utilizaron en el presente proyecto de

tesis. La información técnica fue recolectada de catálogos de los fabricantes como también de las actuales normas DGE y CNE.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Sistema de utilización

Según (Juárez Cervantes, 1995), las redes de distribución forman una parte muy importante de los sistemas de potencia porque toda la potencia que se genera se tiene que distribuir entre los usuarios y éstos se encuentran dispersos en grandes territorios. Así pues, la generación se realiza en grandes bloques concentrados en plantas de gran capacidad y la distribución en grandes territorios con cargas de diversas magnitudes. Por esta razón el sistema de distribución resulta todavía más complejo que el sistema de potencia. El sistema eléctrico de potencia (SEP) es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión y sistemas de distribución que operan como un todo. En operación normal todas las máquinas del sistema operan en paralelo y la frecuencia en todo el SEP es constante.

Según (Ramírez Castaño, 2004), un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos

En la presente investigación se desarrolla, de acuerdo a la legislación vigente, el diseño y cálculos a nivel definitivo y ejecución del Sistema de Utilización  $1\Phi$ -M.R.T. 13,2 kV, para asegurar la dotación de suministro eléctrico para la Estación de Base Celular "Repetidor Chugay", la cual pertenece a la empresa América Móvil Perú SAC.

El punto de diseño tiene las siguientes características:

- Sistema: Aéreo/Trifásico en 22.9 kV (13.2 kV sistema MRT-



monofásico)

- Punto Diseño: La estructura de MT N° TY0389 que forma parte del AMT LLA004 en 22.9 kV (13.2 kV sistema MRT-monofásico)
- Potencia de Cortocircuito : 50 MVA
- Caída de Tensión : 3,90% (en punto de Diseño)
- Ubicación: Las Gaugashas S/N, Distrito de Chugay, Provincia Sánchez Carrión y Departamento La Libertad.

Las Coordenadas UTM Zona 18M WGS 84 de los puntos que definen la ubicación de la Subestación son las siguientes:

- **Instalación:** SAM para EBC REP-CHUGAY
- **Norte:** 9155689,06
- **Este:** 187984,98
- **Altitud:** 4000 msnm

#### 2.2.1.2 Especificaciones técnicas

A continuación, se menciona las especificaciones técnicas necesarias para el sistema de utilización:

##### A. Suministro de materiales

###### POSTES

Se fabricará con concreto armado centrifugado.

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS           | UNID. | VALOR PROPUESTO |
|------|---------------------------|-------|-----------------|
|      | POSTES DE CONCRETO ARMADO |       |                 |
| 1    | País de Procedencia       |       |                 |
| 2    | Fabricante                |       |                 |
| 3    | Proceso de fabricación    |       | NTP 339.027     |

|    |  |                           |  |
|----|--|---------------------------|--|
| 4  | Longitud del poste   | m                         | 13   |
| 5  | Resistencia mínima a la compresión del concreto a los 28 días.   | MPa                       | 28   |
| 6  | Carga de trabajo   | daN                       | 400  |
| 7  | Coefficiente de seguridad (CS)   |                           | 2 ó 3 (Ver Nota 1)   |
| 8  | Diámetro en la punta   | mm                        | 165  |
| 9  | Diámetro en la base  | mm                        | 360  |
| 10 | Volumen de concreto por poste  | m <sup>3</sup>            | (indicar)  |
| 11 | Peso total de cada poste   | Kg                        | 1300   |
| 12 | Tipo de Cemento  |                           | Pórtland Tipo V  |
| 13 | Unión de varillas longitudinales y transversales   |                           | Mediante ataduras de alambre   |
|    |  |                           | Mediante ataduras de alambre y soldadas  |
| 14 | Aditivo inhibidor de corrosión   |                           |  |
|    | Se usará aditivo inhibidor de corrosión  |                           | Sí ó No (Ver Nota 2)   |
|    | Tipo de Aditivo Inhibidor de corrosión   |                           | Compuesto químico de base orgánica que se adiciona durante el mezclado del concreto para proteger al acero de refuerzo de la corrosión |
|    | Presentar las Especificaciones Técnicas del aditivo inhibidor a utilizar, emitidos por su fabricante, y toda la información requerida en el punto 4.3. |                           | Sí.  |
|    | Marca de aditivo inhibidor propuesto   |                           | (indicar)  |
|    | Dosis de aditivo garantizada, según indicaciones del fabricante para ambiente agresivo   | litros/<br>m <sup>3</sup> | (indicar)  |

|    |   |  |                                     |
|----|---|--|-------------------------------------|
| 15 | Con perilla de concreto.  |  | Sí ó No (Ver Nota 5)                |
| 16 | Detalle de huecos   |  | Ver planos adjunto y Nota 3         |
| 17 | Rotulado  |  | Bajo relieve, según planos adjuntos |
| 18 | Presentar plano a escala con el detalle de la armadura de los postes. |  | Sí (Ver Nota 4)                     |

Tabla N° 1: Datos técnicos para postes de concreto armado 12/400/cs/165/360

Fuente: Elaboración propia

Por defecto el CS=2; el usuario podrá seleccionar un C. S=3 en función a sus necesidades.

Por defecto los postes deberán ser fabricados con aditivo inhibidor de corrosión, sin embargo, el usuario puede retirar este requerimiento en las Tablas de Datos Técnicos, en función a las características de la zona donde se instalarán los postes. Cuando se requiera aditivo inhibidor la dosis garantizada deberá ser la formulada para ambientes agresivos en las Especificaciones Técnicas del fabricante del Aditivo Inhibidor.

Los planos mostrados, solo son referenciales, debiendo el usuario definir los detalles de agujeros en función al uso del poste y a las distancias mínimas de seguridad.

El plano a presentar deberá indicar claramente la cantidad de varillas de acero longitudinales y transversales, sus diámetros nominales y sus longitudes, para todos los tramos de refuerzo considerados.

Por defecto los postes no llevarán perilla de concreto, sin embargo, el usuario puede incluir como requerimiento en las Tablas de Datos Técnicos, la colocación de una perilla de concreto de las dimensiones adecuadas, para prevenir el acumulamiento de agua y/o sustancias extrañas que

puedan dañar el extremo superior del poste.

Los postes deberán consignar obligatoriamente todos los valores garantizados.

### PALOMILLAS DE CONCRETO SIMPLE

Carga de trabajo vertical (V) : — 100 kg

Longitud Nominal (Ln) : — 1,00 m

Serán de concreto armado vibrado, con pretensado parcial, superficie lisa y de color cemento, con las siguientes dimensiones y características:

Longitud : 1,00 m

Peso : 60 kg

Diámetro de embone : 250 mm.

Peso mínimo que soporta : 60 kg

Factor de seguridad : 2,0

| ITEM | CARACTERÍSTICAS                | UND. | VALOR PROPUESTO             |
|------|--------------------------------|------|-----------------------------|
|      | PALOMILLAS DE CONCRETO SIMPLE  |      |                             |
| 1    | País de Procedencia            |      |                             |
| 2    | Fabricante                     |      |                             |
| 3    | Proceso de fabricación         |      | NTP 339.027 en lo aplicable |
| 4    | Aditivo inhibidor de corrosión |      | NTP 334.088 TIPO C          |
| 5    | Armadura                       |      | NTP 341.031                 |
| 6    | Factor de seguridad            |      | 2                           |
| 7    | Dimensiones                    |      | Ver planos adjuntos y       |

|    |                     |  |   |
|----|---------------------|--|---|
| 8  | Carga de trabajo    |  | Ver Nota 1                                |
| 9  | Detalle de agujeros |  | Ver planos adjuntos<br>y Nota 2           |
| 10 | Rotulado            |  | Bajo relieve, según<br>planos<br>adjuntos |

Tabla N° 2: Datos técnicos palomillas de concreto armado

Fuente: Elaboración propia

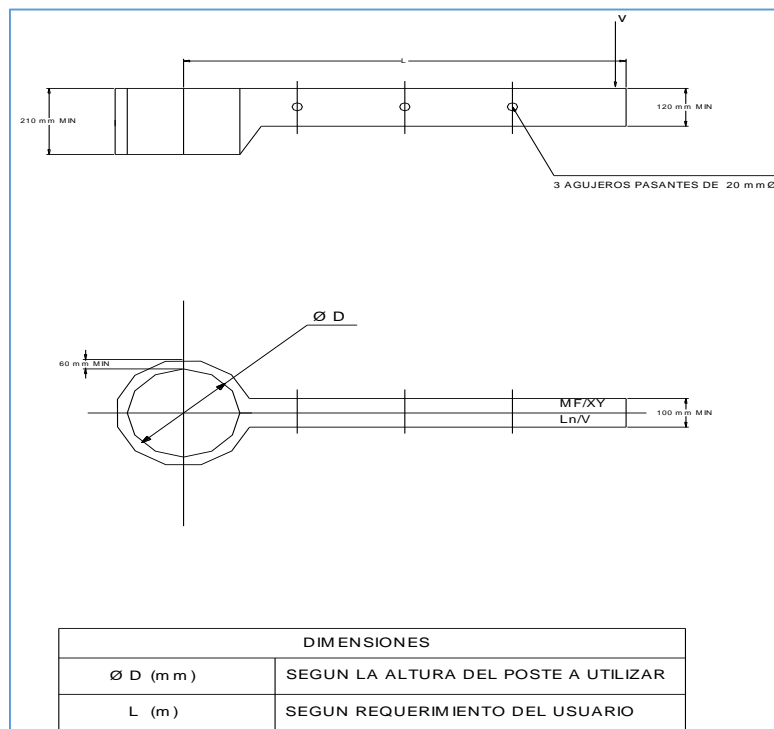


Tabla N° 3: Palomillas de concreto armado

Fuente: Elaboración propia

## CONDUCTOR AAAC

El conductor de aleación de aluminio es fabricado con alambres de aleación de aluminio- magnesio-silicio.

Está compuesto de alambres cableados concéntricamente y de único alambre central.

Los alambres de la capa exterior serán cableados a la mano derecha. Las capas interiores se cablearán en sentido contrario entre sí.

| ITEM | DESCRIPCIÓN                    | UNIDAD              | VALOR PROPUESTO                       |
|------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 1    | País de procedencia            |                     |                                       |
| 2    | Fabricante                     |                     |                                       |
| 3    | Normas                         |                     | ASTM B398M,<br>ASTM B399M             |
| 4    | Material del conductor         |                     | Aleación de<br>Aluminio 6201<br>– T81 |
| 5    | Conductividad                  | %IACS               | 52,5                                  |
| 6    | Sección nominal                | mm <sup>2</sup>     | 35                                    |
| 7    | Densidad a 20 ° C              | kg / m <sup>3</sup> | 2 690                                 |
| 8    | Resistividad eléctrica a 20 °C | mm <sup>2</sup> /m  | 0,032 841                             |
| 9    | Número de alambres             | N°                  | 7                                     |

|    |   |    |       |
|----|---|----|-------|
| 10 | Diámetro de los alambres                      | mm | 2,52  |
| 11 | Máxima variación del diámetro de los alambres | Mm | ±0,03 |
| 12 | Carga de rotura mínima                        | kN | 11,06 |

Tabla N° 4: Datos técnicos AAAC de 35 mm<sup>2</sup> sin grasa

Fuente: Elaboración propia

### AISLADORES

| ITEM | CARACTERISTICAS   | UNIDAD | VALOR PROPUESTO                     |
|------|---|--------|-------------------------------------|
| 1    | País de procedencia                                     |        |                                     |
| 2    | Fabricante  |        |                                     |
| 3    | Normas  |        | Según punto 2.                      |
| 4    | Características de Fabricación                          |        |                                     |
|      | Material del núcleo (core)                              |        | Fibra de vidrio, porcelana o resina |
|      | Material aislante de recubrimiento (housing and sheds): |        | Goma silicona                       |
|      | -Elongación a la ruptura.                               | %      | 450 (Según norma DIN 53504)         |
|      | -Resistencia al desgarre.                               | N/m    | >20 (Según Norma ASTM D624)         |
|      | -Resistencia al tracking y erosión                      |        | Clase 2A, 4.5 (Según IEC 60587)     |
|      | Material de las piezas de acoplamiento                  |        | Acero forjado galvanizado           |
|      | Galvanización de las piezas de acoplamiento             |        | Según ASTM A153/A153M               |
| 5    | Valores Eléctricos:                                     |        |                                     |
|      | Tensión nominal mínima del aislador                     | kV     | 27                                  |

|    |  |    |                               |
|----|--|----|-------------------------------|
|    | Frecuencia nominal   | Hz | 60                            |
|    | Distancia de fuga mínima   | mm | 760                           |
|    | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial:                             |    |                               |
|    | -Seco  | kV | 124                           |
|    | -Húmedo  | kV | 92                            |
|    | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50us:                                    |    |                               |
|    | -Positivo  | kV | 192                           |
|    | -Negativo  | kV | 208                           |
| 6  | Valores mecánicos:   |    |                               |
|    | Mínima carga mecánica de flexión (cantilever strenght)                           | kN | 8                             |
| 7  | Pruebas de Diseño  |    | Según cláusula 5 de IEC 61109 |
|    | -Duración de prueba de erosión y tracking del material aislante de recubrimiento | h  | 5000                          |
| 8  | Pruebas tipo   |    | Según cláusula 6 de IEC 61109 |
| 9  | Pruebas de muestreo  |    | Según cláusula 7 de IEC 61109 |
| 10 | Pruebas de rutina  |    | Según cláusula 8 de IEC 61109 |
| 11 | Pruebas de resistencia a los rayos UV  |    | Según ASTM G154 y ASTM G155   |

Tabla N° 5: Datos técnicos aislador polimérico tipo pin 27 kV

Fuente: Elaboración propia

| ITEM | CARACTERÍSTICAS   | UNIDAD | VALOR PROPUESTO      |
|------|---|--------|----------------------|
| 1    | País de procedencia                                     |        |                      |
| 2    | Fabricante  |        |                      |
| 3    | Normas  |        | Según punto 2.       |
| 4    | Designación   |        | Según punto 3.4      |
| 5    | Características de Fabricación                          |        |                      |
|      | Material del núcleo (core)                              |        | Fibra de vidrio      |
|      | Material aislante de recubrimiento (housing and sheds): |        | Goma silicona        |
|      | -Elongación a la ruptura.                               | %      | 450 (Según norma DIN |



|    |  |                       |                                 |
|----|--|-----------------------|---------------------------------|
|    |  |                       | 53504)                          |
|    | -Resistencia al desgarre.  | N/m                   | >20 (Según Norma ASTM D624)     |
|    | -Resistencia al tracking y erosión   |                       | Clase 2A, 4.5 (Según IEC 60587) |
|    | Material de los herrajes de acoplamiento   |                       | Según punto 3.3                 |
|    | Galvanización de los herrajes  |                       | Según ASTM A153                 |
|    | Tipos de acoplamiento  |                       | (*)                             |
| 6  | Valores Eléctricos:  |                       |                                 |
|    | Tensión máxima para el aislador $U_m$  | kV <sub>(r.m.s)</sub> | 28                              |
|    | Frecuencia nominal   | Hz                    | 60                              |
|    | Máximo diámetro de la parte aislante   | mm                    | 390                             |
|    | Distancia de fuga mínima   | mm                    | 703                             |
|    | Distancia de arco mínima   | mm                    | 240                             |
|    | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial:                             |                       |                                 |
|    | -Húmedo  | kV                    | 87                              |
|    | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50us:                                    | kV                    | 187                             |
| 7  | Valores mecánicos:   |                       |                                 |
|    | Carga mecánica especificada (SML)  | kN                    | 70                              |
| 8  | Pruebas de Diseño  |                       | Según cláusula 5 de IEC 61109   |
|    | -Duración de prueba de erosión y tracking del material aislante de recubrimiento | h                     | 5 000                           |
| 9  | Pruebas tipo   |                       | Según cláusula 6 de IEC 61109   |
| 10 | Pruebas de muestreo  |                       | Según cláusula 7 de IEC 61109   |
| 11 | Pruebas de rutina  |                       | Según cláusula 8 de IEC 61109   |
| 12 | Pruebas de resistencia a rayos UV  |                       | Según ASTM G154 y ASTM G155     |

Tabla N° 6: Datos técnicos aislador polimericos tipo suspensión de 27 kV

Fuente: Elaboración propia

(\*) A ser seleccionado por el usuario de los tipos indicados:

Los acoplamientos serán según la norma IEC 61466-1 pudiendo ser:

- Ball B, fabricado de acero forjado.
- Socket S, fabricado de acero forjado ó de hierro fundido maleable o dúctil.
- Tongue T, fabricado de acero forjado.
- Clevis C, fabricado de acero forjado ó de hierro fundido maleable o dúctil.
- Eye E, fabricado de acero forjado.
- Y-Clevis Y, fabricado de acero forjado ó de hierro fundido maleable o dúctil.

## B. ACCESORIOS DEL CONDUCTOR

### GRAPA DE ANCLAJE

Es del tipo conductor pasante, y fabricado con aleación de aluminio de primera fusión, resistente a la corrosión comprobada, tales como Al-Mg, Al-Si, Al-Mg-Si.

El fabricante señalo los torques de apriete que deben aplicarse.

La carga de rotura mínima de la grapa de anclaje será de 70 kN.

Para anclaje de conductores en armados de fin de línea, de características:

- Tipo : Pistola
- Material : Aluminio

- Diámetro del conductor : 5-15 mm
- Elementos adicionales : 2 pernos.

#### CONECTOR DE DOBLE VIA

Son de aluminio y está provista de 2 pernos de ajuste. Garantiza que la resistencia eléctrica del conjunto grapa-conductor no será superior al 75% de la correspondiente a una longitud igual de conductor, por tanto, no producirá calentamientos superiores a los del conductor.

No emitirá efluvios y perturbaciones radioeléctricas por encima de valores fijados. Estos son para conductor de 35 mm<sup>2</sup>.

#### VARILLA DE ARMAR

La varilla de armar es de aleación de aluminio o de acero recubierto de aluminio, del tipo premoldeado, adecuada para conductor de aleación de aluminio de 35 mm<sup>2</sup>.

Tienen por objeto proteger el punto de sujeción del conductor con el aislador tipo pin o grapa angular, de los efectos abrasivos, así como de las descargas entre conductor y tierra que se podrían producir.

Son simples y dobles y de longitudes adecuadas para cada sección de conductor.

#### ALAMBRE DE AMARRE

El alambre de amarre es de aluminio de temple blando de 16 mm<sup>2</sup>.

#### TERMINALES CADMIADOS

Terminales cadmiados de un orificio, barril estándar con ventana para cable de 35 mm<sup>2</sup> y 16 mm<sup>2</sup>, orificio para perno de 1/2" y 3/8".

## C. ACCESORIOS METÁLICOS PARA POSTES Y PALOMILLAS

### PERNOS MAQUINADOS

Son de acero forjado galvanizado en caliente. Las cabezas de estos pernos son cuadrados y están de acuerdo con la norma IEEE 135.1

| ÍTEM     | CARACTERÍSTICAS                                  | UNID. | VALOR PROPUESTO                     |
|----------|--|-------|-------------------------------------|
| <b>1</b> | <b>PERNO MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA</b> |       |                                     |
| 1.1      | País de procedencia                              |       |                                     |
| 1.2      | Fabricante                                       |       |                                     |
| 1.3      | Norma de fabricación y pruebas                   |       | IEEE 135.1                          |
| 1.4      | Clase de galvanizado                             |       | ASTM<br>A153/A153M<br>TIPO C        |
| 1.5      | Material de fabricación                          |       | Acero forjado<br>SAE 1020           |
|          | Norma del acero                                  |       | SAE AMS5046                         |
| 1.6      | Espesor mínimo del galvanizado                   | um    | 100                                 |
| 1.7      | Tipo de tuercas                                  |       | Cuadradas                           |
| 1.8      | Tipo de contratuercas                            |       | Cuadradas de<br>doble<br>concauidad |
| 1.9      | Forma de la cabeza del perno                     |       | Cuadrada                            |

Tabla N° 7: *Datos técnicos pernos maquinados*

Fuente: Elaboración propia

| <b>Diámetro( ØD)</b> | <b>Longitud (L)</b> | <b>Roscado ( R )</b> | <b>Carga Rotura</b> |
|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| <b>pulg (mm)</b>     | <b>Pulg (mm)</b>    | <b>(mm)</b>          | <b>Mínima (kN)</b>  |
| 5/8 (16)             | 10 (254)            | 152                  | 55                  |
| 5/8 (16)             | 18 (457)            | 152                  | 55                  |
| 5/8 (16)             | 20 (508)            | 152                  | 55                  |

Tabla N° 8: *Dimensiones de pernos maquinados*

Fuente: Elaboración propia

PERNO OJO:

Es de acero forjado, galvanizado en caliente de 254 mm de longitud y 16 mm de diámetro con 152 mm de roscado respectivamente.

En uno de los extremos es un ojal ovalado, y roscado en el otro extremo.

La carga de rotura mínima es de 55,29 kN. El suministro incluye una tuerca cuadrada y una contratuerca.

| <b>ÍTEM</b> | <b>CARACTERÍSTICAS</b>                                    | <b>UNID</b> | <b>VALOR PROPUESTO</b> |
|-------------|---|-------------|------------------------|
| 1           | <b>PERNO OJO A°G° CON TUERCA, ARANDELA Y CONTRATUERCA</b> |             |                        |
| 1.1         | País de procedencia                                       |             |                        |
| 1.2         | Fabricante  |             |                        |
| 1.3         | Norma de fabricación                                      |             | ANSI C135.4            |
| 1.4         | Clase de galvanizado                                      |             | ASTM A153/A153         |

|     |                                |    |                               |
|-----|--------------------------------|----|-------------------------------|
|     |                                |    | M TIPO C                      |
| 1.5 | Material de fabricación        |    | Acero forjado SAE 1020        |
|     | Norma del acero                |    | SAE AMS5046                   |
| 1.6 | Espesor mínimo del galvanizado | um | 100                           |
| 1.7 | Tipo de tuercas                |    | Cuadradas                     |
| 1.8 | Tipo de contratuercas          |    | Cuadradas de doble concavidad |
| 1.9 | Dimensiones                    |    | Ver tabla y diseño adjunto    |

Tabla N° 9: Datos técnicos de perno ojo

Fuente: Elaboración propia

| <b>Diámetro</b>  | <b>Longitud</b>  | <b>Roscado</b> | <b>Carga Rotura</b> |
|------------------|------------------|----------------|---------------------|
| <b>pulg (mm)</b> | <b>Pulg (mm)</b> | <b>(mm)</b>    | <b>Mínima (kN)</b>  |
| 5/8 (16)         | 10 (254)         | 152            | 55                  |

Tabla N° 10: Dimensiones de perno ojo

Fuente: Elaboración propia

## ARANDELAS

Serán fabricadas de acero y tendrán las características siguientes:

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS                | UNID. | VALOR PROPUESTO               |  |
|------|--------------------------------|-------|-------------------------------|--|
| 1    | <b>ARANDELAS CUADRADAS</b>     |       |                               |  |
| 1.1  | País de procedencia            |       |                               |  |
| 1.2  | Fabricante                     |       |                               |  |
| 1.3  | Norma de fabricación           |       | ASTM<br>F436M                 |  |
| 1.4  | Clase de galvanizado           |       | ASTM<br>A153/A153 M<br>TIPO C |  |
| 1.5  | Material de fabricación        |       | Acero<br>forjado SAE<br>1020  |  |
|      | Norma del acero                |       | SAE<br>AMS5046                |  |
| 1.6  | Espesor mínimo del galvanizado | um    | 100                           |  |

Tabla N° 11: Datos técnicos de arandelas

Fuente: Elaboración propia

| Arandela cuadrada | Lado (L)<br>pulg (mm) | Espesor (E)<br>Pulg (mm) | Diámetro Hueco (ØD)<br>Pulg (mm) | Carga Rotura Mínima a Esfuerzo Cortante (kN) |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|--|
| plana             | 2 1/4 (57)            | 3/16 (5)                 | 11/16 (18)                       | 41   |

Tabla N° 12: Dimensiones de arandelas cuadradas

Fuente: Elaboración propia

#### PLANCHA DE COBRE TIPO "J"

Se utiliza para conectar el conductor de puesta a tierra con los accesorios metálicos de fijación de los aisladores; se fabrica con plancha de cobre de 3 mm de espesor.

#### ARANDELA CURVA CUADRADA

De acero galvanizado, para distribuir esfuerzos de contacto entre pernos, varillas y poste, de 57x57x5 mm, con agujero central de 18 mm diámetro.

| ITEM | DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD | VALOR PROPUESTO |
|------|-----------------------------------|--------|-----------------|
| 1    | <b>ARANDELA CURVA</b>             |        |                 |
| 1.1  | Fabricante                        |        |                 |
| 1.2  | Material                          |        | Acero Forjado   |
| 1.3  | Clase de Galvanización según ASTM |        | B               |
| 1.4  | Dimensiones                       |        |                 |



|     |   |    |               |
|-----|---|----|---------------|
|     | . Lado                                    | mm | 57            |
|     | . Espesor                                 | mm | 5             |
|     | . Diámetro de agujero central             | mm | 18            |
| 1.5 | Carga de Rotura mínima a Tracción o Corte | kN | 55            |
| 1.6 | Masa por Unidad                           | kg |               |
| 1.7 | Norma para Inspección y Prueba            |    | UNE 21-158-90 |

Tabla N° 13: Datos técnicos de arandela curva cuadrada

Fuente: Elaboración propia

### MORDAZA PREFORMADA

La mordaza preformada será de acero galvanizado y adecuado para el cable de acero grado SIEMENS-MARTIN O ALTA RESISTENCIA de 10 mm de diámetro.

### D. ACCESORIOS DE PUESTA A TIERRA

#### ELECTRODO DE COBRE

Varilla de Cobre de 16 mm diámetro x 2 400 mm longitud, de buena conductividad para disipar sobre tensiones de origen atmosférico o de origen industrial, ya sea por maniobra o por pérdida de aislamiento.

| ITEM | CARACTERÍSTICAS            | UNIDAD | VALOR PROPUESTO |
|------|----------------------------|--------|-----------------|
| 1    | <b>País de Procedencia</b> |        |                 |
| 2    | <b>Fabricante</b>          |        |                 |

|   |                                 |     |                                  |
|---|---------------------------------|-----|----------------------------------|
| 3 | <b>Norma de Fabricación</b>     |     | ASTMB /187/ 187B<br>CFE-56100-16 |
| 4 | Material                        |     | Cobre 99.9%                      |
| 5 | Proceso de fabricación          |     | Electrolítico                    |
| 6 | Diámetro                        | mm. | 19                               |
| 7 | Longitud                        | m.  | 2,4                              |
| 8 | Espesor mínimo de capa de cobre | mm. | 0,254                            |

Datos técnicos electrodo de cobre

Fuente: Elaboración propia

### CONDUCTOR DE COBRE

El conductor para unir las partes sin tensión eléctrica de las estructuras con tierra, será de cobre desnudo, cableado y recocido de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

| ITEM | CARACTERÍSTICAS        | UNIDAD | VALOR PROPUESTO                 |
|------|------------------------|--------|---------------------------------|
| 1    | País de procedencia    |        |                                 |
| 2    | Fabricante             |        |                                 |
| 3    | Norma de fabricación   |        | N.T.P 370.042 /<br>ASTM B8      |
| 4    | Material del conductor |        | Cobre electrolítico<br>recocido |
| 5    | Pureza                 | %      | 99,90                           |

|    |                                     |                        |           |
|----|-------------------------------------|------------------------|-----------|
| 6  | Sección nominal                     | mm <sup>2</sup>        | 35        |
| 7  | Número de alambres                  |                        | 7         |
| 8  | Densidad a 20 °C                    | gr/cm <sup>3</sup>     | 8,89      |
| 9  | Resistividad eléctrica a 20 °C      | Ohm-mm <sup>2</sup> /m | 0,017 241 |
| 10 | Resistencia eléctrica en CC a 20 °C | Ohm/km                 | 0,524     |

Tabla N° 14: Datos técnicos conductor de cobre desnudo, cableado temple blando de 35 mm<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

#### CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO (SPLIT-BOLT)

Son de cobre y servirá para conectar conductores de cobre de 35 mm<sup>2</sup> entre sí.

#### TIERRA NEGRA

Tierra negra agrícola cernida para reducir la resistencia óhmica de los pozos a tierra.

#### CONECTOR TIPO AB

Es de cobre y servirá para conectar la Arandela Cuadrada Plana y la varilla de cobre entre sí.

#### ARANDELA CUADRADA

Son de Cobre y tienen 152 mm de lado y 6,35 mm de espesor.

Está provista de un agujero central de 18 mm de diámetro. Fueron diseñadas y fabricada para soportar los esfuerzos de corte por presión de la tuerca de 71 kN.

| ITEM | DESCRIPCIÓN                    | UNIDAD | VALOR PROPUESTO   |
|------|--------------------------------|--------|-------------------|
| 1    | ARANDELA CUADRADA PARA ANCLAJE |        |                   |
| 1.1  | Fabricante                     |        |                   |
| 1.2  | Material                       |        | Acero Galvanizado |
| 1.3  | Dimensiones                    |        |                   |
|      | . Lado                         | mm     | 152               |
|      | . Espesor                      | mm     | 6,35              |
|      | . Diámetro de agujero central  | mm     | 18                |
| 1.4  | Carga Máxima de Corte          | kN     | 71                |
| 1.5  | Masa por Unidad                | kg     |                   |
| 1.6  | Norma para Inspección y Prueba |        | UNE 21-158-90     |

Tabla N° 15: Datos técnicos de arandela cuadrada

Fuente: Elaboración propia

### CAJA Y TAPA DE CONCRETO

Son de Concreto Armado con las siguientes especificaciones técnicas:

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS                  | UNID. | VALOR PROPUESTO                  |
|------|----------------------------------|-------|----------------------------------|
|      | CAJA DE CONCRETO                 |       |                                  |
| 1    | País de Procedencia              |       |                                  |
| 2    | Fabricante                       |       |                                  |
| 3    | Norma                            |       | NTP 334.081                      |
| 4    | Materiales                       |       | Según numeral 4.1 de NTP 334.081 |
| 5    | Fabricación                      |       | Según numeral 4.2 de NTP 334.081 |
| 6    | Requisitos de acabado            |       | Según numeral 5.1 de NTP 334.081 |
| 7    | Resistencia del concreto         |       | Según numeral 5.3 de NTP 334.081 |
| 8    | Dimensiones: (Ver plano adjunto) |       |                                  |
|      | Diámetro exterior                | mm    | 396 ± 2                          |
|      | Espesor de la pared              | mm    | 53 ± 2                           |
|      | Altura total                     | mm    | 300 ± 2                          |
|      | Radio de abertura para           | mm    | 173                              |

|   |  |    |    |
|---|--|----|----|
|   | Diámetro de abertura para paso del conductor | mm | 30 |
| 9 | Rotulado                                     |    | Si |

Tabla N° 16: Datos técnicos caja de concreto para puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS  | UNID.             | VALOR PROPUESTO   |
|------|--|-------------------|---|
|      | TAPA DE CONCRETO   |                   |   |
| 1    | País de Procedencia  |                   |   |
| 2    | Fabricante   |                   |   |
| 3    | Norma  |                   | NTP 350.085 en lo   |
| 4    | Materiales   |                   | Según numeral 4.1.1 de  |
| 5    | Condiciones generales  |                   | Según numerales 3.1, 3.1.1, 3.1.3, 3.1.4, 3.5, 3.6 de NTP 350.085   |
| 6    | Requisitos de acabado  |                   | Textura adecuada, sin rajaduras, cangrejas, grietas, porosidades, esquinas o bordes rotos o despostillados. |
| 7    | Unión de la armadura   |                   | Por puntos de soldadura, según NTP 350.002  |
| 8    | Proporción de cemento mínima con respecto al volumen de hormigón | kg/m <sup>3</sup> | 380   |
| 9    | Resistencia a la flexión en el centro de la tapa                 | kN                | 20  |
| 10   | Marco de la tapa:  |                   |   |
|      | Material   |                   | Fierro Fundido, núcleo gris, grano fino y uniforme.   |
|      | Dimensiones  |                   | Platina de 1/16" (1.58 mm)  |
|      | Norma  |                   | ISO 1083  |
| 11   | Dimensiones:   |                   |   |
|      | Diámetro exterior  | mm                | 340 ± 3   |

|    |               |    |                                 |
|----|---------------|----|---------------------------------|
|    | Espesor total | mm | 25 ± 3                          |
|    | Huelgo        | mm | 3 ± 1                           |
| 12 | Rotulado      |    | Según punto 4,1 y plano adjunto |

Tabla N° 17: Datos técnicos tapa de concreto para puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

## E. EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS                         | UNID.  | VALOR PROPUESTO |
|------|---|--------|-----------------|
| 1    | PARARRAYOS                              |        |                 |
| 1.1  | País de Procedencia                     |        |                 |
| 1.2  | Fabricante                              |        |                 |
| 1.3  | Modelo                                  |        |                 |
| 1.4  | Normas                                  |        | IEC 60099       |
| 1.5  | Tipo de pararrayo                       |        | Óxido de zinc   |
| 1.6  | Clase de descarga                       |        | Clase 2         |
| 1.7  | Instalación                             |        | Exterior        |
| 1.8  | Montaje                                 |        | Vertical        |
| 1.9  | Tensión nominal del pararrayo (Ur)      | kV     | 21              |
| 1.10 | Tensión continua de operación fase-     | kV     | 17              |
| 1.11 | Corriente nominal de descarga a 8/20    | kA     | 10              |
| 1.12 | Temperatura de operación                | °C     | - 40 a + 40     |
| 1.13 | Frecuencia nominal                      | Hz     | 60              |
| 1.14 | Línea de fuga unitaria                  | mm/kV  | 25              |
| 1.15 | Tensiones residuales Pico (Veces Ur)    |        |                 |
|      | - Frente de onda de 1 µs (steep)        | kVp/Ur | [ 2,6 – 3,7 ]   |
|      | - Frente de onda de 8/20 µs (lightning) | kVp/Ur | [ 2,3 – 3,3 ]   |
|      | - Frente de onda de 30/60 µs            | kVp/Ur | [ 2,0 – 2,6 ]   |
| 2    | ENVOLVENTE AISLANTE                     |        |                 |
| 2.1  | Material                                |        | Goma silicona   |
| 2.3  | Nivel de Aislamiento Pico (Veces Ur)    |        |                 |
|      | - Tensión de sostenimiento a frecuencia | kVp/Ur | [ 2,120 –       |
|      | - Tensión de sostenimiento al impulso   | kVp/Ur | [ 2,990 –       |

Tabla N° 18: Datos técnicos pararrayo clase distribución

Fuente: Elaboración propia

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS   | UNIDAD | VALOR PROPUESTO              |
|------|---|--------|------------------------------|
| 1    | SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSIÓN  |        |                              |
| 1.1  | País de Procedencia   |        |                              |
| 1.2  | Fabricante  |        |                              |
| 1.3  | Modelo  |        |                              |
| 1.4  | Norma   |        | ANSI C-37.40/41/42           |
| 1.5  | Corriente Nominal   | A      | 100                          |
| 1.6  | Tensión Nominal   | kV     | 27                           |
| 1.7  | Corriente de Cortocircuito Simétrica  | kA     | 5                            |
| 1.8  | Nivel de aislamiento:   |        |                              |
|      | - Tensión de sostenimiento a la onda de impulso (BIL), entre fase y tierra y entre fases.   | kV     | 170                          |
|      | - Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial entre fases, en seco, 1 min.          | kV     | 42                           |
|      | - Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial entre fase y tierra, en húmedo, 10 s. | kV     | 36                           |
| 1.9  | Material aislante del cuerpo del seccionador.   |        | Porcelana                    |
| 1.10 | Longitud de línea de fuga mínima (Fase-Tierra)  | mm/kV  | 25                           |
| 1.11 | Material de Contactos   |        | Cobre electrolítico plateado |
| 1.12 | Material de Bornes  |        | Cobre estañado               |
| 1.13 | Rango de conductor (Diámetro)   | mm     | 4,11-11,35                   |
| 2    | ACCESORIOS  |        |                              |
| 2.1  | Fusible   |        |                              |

|     |  |                    |                                       |
|-----|--|--------------------|---------------------------------------|
|     | - País de procedencia                  |                    |                                       |
|     | - Fabricante                           |                    |                                       |
|     | - Norma                                |                    | ANSI C-37.40/41/42                    |
|     | - Tipo                                 |                    | K                                     |
|     | - Corriente nominal                    | A                  | (*) A ser seleccionada por el usuario |
| 2.2 | Tubo porta fusible                     |                    |                                       |
|     | - País de procedencia                  |                    |                                       |
|     | - Fabricante                           |                    |                                       |
|     | - Norma                                |                    | ANSI C-37.40/41/42                    |
|     | - Tensión nominal                      | kV                 | 27                                    |
|     | - Corriente nominal                    | A                  | 100                                   |
|     | - Corriente de cortocircuito simétrica | kA                 | 8                                     |
| 2.3 | Accesorios de fijación                 |                    |                                       |
|     | - País de procedencia                  |                    |                                       |
|     | - Fabricante                           |                    |                                       |
|     | - Tipo de fijación                     |                    | B                                     |
|     | - Material                             |                    | Acero                                 |
|     | - Norma de material                    |                    | ASTM A575                             |
|     | - Norma de Galvanizado                 |                    | ASTM A153                             |
|     | - Espesor de galvanización mín.        | gr/cm <sup>2</sup> | 600                                   |

Tabla N° 19: Datos técnicos seccionadores fusible tipo expulsión

Fuente: Elaboración propia



## F. SUB ESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN: TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

Son del tipo de inmersión en aceite y refrigeración natural, con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, para montaje exterior en poste.

| ÍTE<br>M | CARACTERÍSTICAS                                       | UNID. | VALOR<br>PROPUESTO                        |
|----------|---|-------|---|
| <b>1</b> | <b>Generales</b>                                      |       |   |
|          | País de Procedencia                                   |       |   |
|          | Fabricante  |       |   |
|          | Normas  |       | N.T.P. 370.002,<br>IEC 60076              |
|          | Tipo  |       | Monof. con<br>Retorno por tierra<br>(MRT) |
|          | Potencia en cualquier posición del tap(ONAN)          | kVA   | 15 kVA                                    |
|          | Numero de arrollamientos                              |       | 2   |
|          | Frecuencia nominal                                    | Hz    | 60  |
|          | Alta tensión nominal primaria en vacío                | kV    | 13,2 ± 2x2,5%                             |
|          | Baja tensión nominal secundaria en vacío              | kV    | 0,230                                     |
|          | Número de bornes primario                             |       | 1   |
|          | Numero de bornes secundario                           |       | 2   |
|          | Número de taps en el primario                         |       | 5   |
|          | Regulación de tensión en vacío neutro                 |       | Manual                                    |
|          | Tipo de montaje                                       |       | Exterior                                  |
|          | Tipo de enfriamiento                                  |       | ONAN                                      |
| <b>2</b> | <b>Nivel de aislamiento en el primario</b>            |       |   |
|          | Tensión máxima de la red                              | kV    | 24  |
|          | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50 Us         | kVp   | 125                                       |
|          | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial   | kV    | 50  |
| <b>3</b> | <b>Nivel de aislamiento en el secundario y neutro</b> |       |   |
|          | Tensión máxima de la red                              | kV    | 1,1                                       |
|          | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50            | kVp   | -   |

|            |   |    |                                     |
|------------|---|----|-------------------------------------|
|            | Us  |    |                                     |
|            | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial         | kV | 3                                   |
| <b>4</b>   | <b>Grupo de conexión</b>                                    |    | li0                                 |
| <b>5</b>   | <b>Sobre elevación de temperatura con potencia nominal</b>  |    |                                     |
|            | Del aceite en la parte superior del tanque                  | °C | Según IEC 60076                     |
|            | Promedio del devanado (medido por variación de resistencia) | °C | Según IEC 60076                     |
| <b>6</b>   | <b>Tensión de corto circuito a 75 °C</b>                    | %  | 4                                   |
| <b>7</b>   | <b>Perdidas</b>   |    |                                     |
|            | En vacío con tensión y frecuencia nominal (fierro)          | kW | 0,335                               |
|            | En cortocircuito con corriente nominal a 75°C (cobre)       | kW | 1,905                               |
|            | Pérdidas totales  | kW | 2,240                               |
| <b>8</b>   | <b>Características constructivas</b>                        |    |                                     |
| <b>8.1</b> | <b>Núcleo magnético</b>                                     |    |                                     |
|            | Laminas   |    | Acero al silicio de grano orientado |
|            | Laminado  |    | En hornos de recocido               |

Tabla N° 20: Datos técnicos transformadores monofásicos 13,2 ± 2x2,5/0,23 kv, un aislador M.T

Fuente: Elaboración Propia

| ÍTEM       | CARACTERÍSTICAS            | UNID. | VALOR PROPUESTO                   |
|------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|
| <b>8.2</b> | Formación                  |       | Enrollado de las láminas de acero |
|            | <b>Bobinas</b>             |       |                                   |
|            | Material                   |       | Cobre electrolítico               |
|            | Norma                      |       | ASTM B 187                        |
|            | Material aislante primario |       | Clase A                           |

|            |   |           |   |
|------------|---|-----------|---|
|            | Material aislante secundario                        |           | Clase A   |
| <b>8.3</b> | <b>Tanque</b>                                       |           |   |
|            | Material  |           | Acero laminado  |
|            | Tratamiento superficial                             |           | Según punto 4,3   |
|            | Unión tapa y tanque                                 |           | Con pernos arandelas de presión y tuercas de hierro galvanizado |
| <b>8.4</b> | <b>Aceite</b>                                       |           |   |
|            | Material  |           | Mineral refinado  |
|            | Norma   |           | IEC 60296, IEC 60156  |
|            | Rigidez dieléctrica                                 | KV/2, 5mm | >50   |
| <b>8.5</b> | <b>Aisladores pasatapas</b>                         |           |   |
|            | Material  |           | Porcelana   |
|            | Norma   |           | IEC 60137   |
|            | Línea de fuga (según norma IEC 60815)               | mm/kV     | 25  |
|            | <b>Nivel de aislamiento en el primario</b>          |           |   |
|            | Tensión máxima de la red                            | kV        | 15-17.5/38/125  |
|            | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50 Us       | kVp       | 125   |
|            | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial | kV        | 38  |
|            | <b>Nivel de aislamiento en el secundario</b>        |           |   |
|            | Tensión máxima de la red                            | kV        | 1,1   |

|            |   |     |                            |
|------------|---|-----|----------------------------|
| <b>8.6</b> | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50 Us                                 | kVp | -                          |
|            | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial                           | kV  | 3                          |
|            | <b>Accesorios</b>   |     |                            |
|            | Placa de características  |     | SI                         |
|            | Ganchos para izamiento  |     | SI                         |
|            | Válvula de vaciado y toma de muestras de aceite de apertura gradual           |     | SI                         |
|            | Válvula de purga de gases acumulados  |     | SI                         |
|            | Accesorios de maniobra enclavamiento o seguridad de las válvulas y conmutador |     | SI                         |
|            | Conmutador de tomas en vacío.   |     | SI                         |
|            | Válvula de sobrepresión.  |     | SI                         |
|            | Borne para conexión del tanque a tierra.                                      |     | SI                         |
|            | Accesorios para fijar el transformador al poste.                              |     | SI (SOPORTE DE ABRAZADERA) |

Tabla N° 21: Datos técnicos transformadores monofásicos

Fuente: Elaboración propia

Pruebas a las que será sometido el transformador de distribución:

- Medida de la resistencia de aislamiento.
- Medida de la relación de transformación, verificación de la polaridad y grupo.
- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Medida de la rigidez dieléctrica del aceite.

- Prueba de vacío y de corto circuito.
- Tensión aplicada e inducida.

#### G. PMI: TRANSFORMADOR MIXTO

Se establece las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los transformadores mixtos de medición en cuanto a diseño, materia prima, fabricación, pruebas, transporte y operación, que se utilizarán en la concesión Hidrandina S.A.

#### Normas a cumplir

El suministro cumplirá con la última versión de las siguientes normas:

- IEC 60044-1: Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad.
- IEC 60044-2: Transformadores de medida - Parte 2: Transformadores de tensión inductivos.
- IEC 60137: Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V.
- IEC 60354: Loading guide for oil-immersed power transformers.
- IEC 60296: Specification for unused mineral insulating oils for transformers and switchgear.
- IEC 60156: Líquidos aislantes. Determinación de la tensión de ruptura dieléctrica a frecuencia industrial. Método de ensayo.
- ASTM D 624: Standard test method for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers
- DIN 53504: Determination of tensile stress/strain properties of rubber
- IEC 60587: Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions.
- ASTM G 154: Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials.
- ASTM G 155: Standard practice for operating xenon arc light

apparatus for exposure of non-metallic materials.

El transformador de medida, son para el montaje Exterior monofásico, con refrigerante dieléctrico Envirottemp FR3, con caja de conexiones en el lado de BT, la polaridad debe ser K-L en alto relieve y pintada con un color diferente al de la cuba, ventilación natural (ONAN), compuesto de una bobina de tensión y una bobina de corriente dentro de la misma cuba. Son del tipo combinado (TRAFOMIX). Este trabajara a una altura de 3 500 msnm.

Bobinado de tensión:

- Potencia : 1x30 VA
- Relación de transformación : 13,2 kV/0,23 kV
- Clase de precisión : 0,2
- N° de bobinas : 1
- Conexión : li0

Bobinado de corriente:

- Potencia : 1x15 VA
- Relación de transformación : 1 / 5
- Clase de precisión : 0,2 S
- N° de bobinas : 1
- Conexión : li0
- Aislamiento externo 17,5/38/125 kV, BIL 170 kV
- Bobina antiferroresonante.

Accesorios:

- Placa de características con esquema de conexión
- Orejas de izado
- Borne para conexión a tierra
- Grifo de vaciado de aceite
- Pozo termométrico
- Indicador de nivel de aceite
- Tablero de conexión con fusibles DZ para la

- Protección de los circuitos de tensión.
- Borneras tipo RITZ
- Grado de protección de la tapa de conexiones IP-55.

Pruebas a las que será sometido el transformador de medida (Trafomix):

- Medida de la resistencia de aislamiento.
- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Clase de precisión de los transformadores de potencial y corriente.
- Medida de la rigidez dieléctrica del aceite.
- Tensión aplicada e inducida.

H. TABLERO DE MEDICIÓN, MEDIDOR Y ELEMENTOS DE CONEXIONADO

Alcances.

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de las cajas metálicas, medidor y elementos de conexionado integrantes del tablero de baja tensión de los Puntos de Medición, que se utilizarán en el presente proyecto.

Normas Aplicables.

Los materiales y equipos, objeto de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

NMP-006-97 Para Medidores de energía: Aprobación de Modelo Equivalente a la IEC 521

NMP-007-97 Para Medidores de energía: Pruebas de Rutina, Aferición y Ensayos de aceptación. Equivalente a la IEC 514.

Condiciones Ambientales.

Los tableros de Medición se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar hasta 3000 m
- Humedad relativa 10%
- Temperatura ambiental entre 6° y 14°C

Características Técnicas.

Caja Porta Medidor Tipo LTM.

Será fabricado íntegramente con planchas de fierro LAF, con las dimensiones necesarias para alojar al Medidor Multifunción y será de las siguientes dimensiones 520x245x200 mm. El techo del tablero tendrá una pendiente de 5° y terminará con un volado de 10 cm.

El gabinete tendrá puerta frontal de una (01) hojas, aseguradas con dos orejas soldadas perpendicularmente a cada una de las puertas, donde se deberá de instalar un candado forte o similar. Contará con una empaquetadura de neopreno instalada en todo el perímetro correspondiente a la puerta que permita la obtención de alto grado de hermeticidad.

Deberá de tener un visor transparente herméticamente sellado a fin de visualizar las lecturas que se registran.

Deberá contar con agujeros necesarios para el ingreso de 04 conductores tipo NLT de 4x14 AWG.

Cada agujero deberá estar equipado con los accesorios necesarios para su hermetización una vez colocados los conductores, a fin de evitar el ingreso de humedad, polvo e insectos al interior del tablero.

Al interior del gabinete del tablero de medición, entre la puerta y los equipos, deberá implementarse una lámina separadora de acero de 2 mm de espesor. Esta lámina separadora, deberá ser fijada mediante pernos manualmente extraíbles e impedirán el fácil acceso hacia los bornes de conexión. Deberán implementarse los agujeros necesarios para la operación, inspección y medición del medidor electrónico de energía.

El gabinete del tablero de medición y la plancha separadora recibirán un tratamiento de arenado y luego se protegerá con 2 capas de pintura anticorrosivo a base de cromato de zinc de la mejor calidad, seguido de 2 capas de acabado con esmalte de color gris. El espesor de las capas de



recubrimiento deberá quedar en el rango de 2 a 3 milésimas de pulgada con película seca. También se aceptará otro tipo de tratamiento y acabado de calidad superior al solicitado, el cual estará debidamente sustentado y aprobado por los estándares correspondientes.

#### I. MEDIDOR ELECTRÓNICO MULTIFUNCIÓN

Los medidores de energía cumplirán con las prescripciones de las Normas INDECOPI del numeral 2 y la reglamentación vigente para los medidores de energía a ser comercializados en el Perú.

Medidor polifásico electrónico según IEC 62053-22:2003, 4 hilos, C.P 0.2S, energía activa en KW-H, energía reactiva en KVAR-H, máxima demanda en kW y kVAR, fuente trifásica, memoria de 256 Kv como mínimo, LCD de 06 dígitos programables, valores instantáneos de corriente, tensión, factor de potencia, con puerto óptico, pantalla CD bidireccional con perfil de carga de hasta 8 canales, perfil de instrumentación de 16 canales, 1(10A), 120-480V, 60Hz, IP54 y con tarjeta de comunicaciones con puerto de comunicación RS-232 y RS 485 el cual contenga como mínimo un modem 3G.

#### J. Cable de conexión tipo NLT

El cable tipo NLT, se usara para la conexión entre el lado de Baja del Trafomix y el Medidor electrónico multifunción y estará compuesto de un conductor de cobre electrolítico recocido y cableado con 99,9% de pureza.

El aislamiento será de cloruro de polivinilo (PVC) y cubierta exterior en conformación paralelo.

La tensión del cable será 1 kV y la temperatura de operación 80°C.

Para la fabricación y pruebas se aplicarán las siguientes normas: ASTM B-3 y B-8 para los conductores e IEC 20-14 para el aislamiento

#### K. CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DE CONDUCTORES DE COBRE

## AISLADO TIPO NY Y

El cable NY Y, para usarse en la conexión entre el lado secundario del transformador y el tablero de distribución, estará compuesto de conductor de cobre electrolítico recocido de cableado concéntrico.

El aislamiento será de cloruro de polivinilo (PVC) y cubierta exterior con una chaqueta de PVC, color negro, en conformación paralelo.

La tensión del cable será 1 kV y la temperatura de operación 80°C.

Para la fabricación y pruebas se aplicarán las siguientes normas: ASTM B-3 y B-8 para los conductores e IEC 20-14 para el aislamiento

| ITEM     | DESCRIPCIÓN                                       | UNIDAD             | VALOR PROPUESTO                  |
|----------|---|--------------------|----------------------------------|
| <b>1</b> | <b>GENERAL</b>                                    |                    |                                  |
|          | Fabricante  |                    |                                  |
|          | País de fabricación                               |                    |                                  |
|          | Norma   |                    | N.T.P.<br>370.050                |
| <b>2</b> | <b>DESIGNACION NY Y</b>                           |                    | 2 - 1 x 16mm <sup>2</sup>        |
|          | Tensión Nominal E <sub>0</sub> /E                 | kV                 | 0,6/1                            |
|          | Temperatura máxima a condiciones normales         | °C                 | 80                               |
|          | Temperatura máxima en cortocircuito (5 s. Máximo) | °C                 | 160                              |
| <b>3</b> | <b>CONDUCTOR DE FASE</b>                          |                    |                                  |
|          | Norma   |                    | N.T.P.<br>370.042                |
|          | Material  |                    | Cobre recocido sin recubrimiento |
|          | Pureza  | %                  | 99,9                             |
|          | Sección nominal                                   | mm <sup>2</sup>    | 16                               |
|          | Clase   |                    | 2                                |
|          | Número de alambres mínimo                         | N°                 | 7                                |
|          | Densidad a 20 °C                                  | gr/cm <sup>3</sup> | 8,89                             |
|          | Resistividad eléctrica a 20 °C                    | mm <sup>2</sup> /m | 0,017 241                        |
|          | Resistencia eléctrica máxima en CC a 20°C         | Ohm/km             | 0,727                            |
|          | <b>Aislamiento</b>                                |                    |                                  |
|          | Material  |                    | PVC - A                          |
|          | Color   |                    | natural o                        |

|  |   |    |                      |
|--|---|----|----------------------|
|  |   |    | blanco               |
|  | Espesor nominal promedio                        | mm | 1,2                  |
|  | <b>Cubierta externa</b>                         |    |                      |
|  | Tipo  |    | individual           |
|  | Material  |    | PVC – Tipo CT5       |
|  | Color   |    | blanco, negro y rojo |
|  | Espesor   | mm | Según N.T.P. 370.050 |
|  | <b>Pruebas</b>                                  |    |                      |
|  | Tensión de ensayo de Continuidad de aislamiento | kV | 3,5                  |

Tabla N° 22: Datos técnicos de conductores de cobre aislado tipo NYY

Fuente: Elaboración propia

## L. INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

Los interruptores termo magnéticos a los cuales se haga referencia en la presente especificación deberán cumplir los requerimientos, valores y procedimientos de prueba descritos en la última revisión de las siguientes normas internacionales, y todas aquellas a las cuales se haga referencia en éstas:

- IEC 60898-1: Circuit breakers for overcurrent protection for household and similar installation. Part 1: Circuit breakers for a.c. operation.
- IEC 60898-2: Circuit breakers for overcurrent protection for household and similar installation. Part 2: Circuit breakers for a.c. and d.c. operation.
- IEC 60947-1: Low-voltage switchgear and controlgear. Part 1. General rules
- IEC 60947-2: Low-voltage switchgear and controlgear. Part 2. Circuit-breakers
- IEC 60410: Sampling plans and procedures for inspection by attributes

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS                             | UNIDAD | VALOR REQUERIDO | VALOR GARANTIZADO |
|------|---|--------|-----------------|-------------------|
| 6    | <b><u>INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS</u></b> |        |                 |                   |
| 6.1  | - Norma de fabricación y pruebas            | -----  | IEC 60947-2     |                   |
| 6.2  | - N° de polos                               | -----  | 2               |                   |
| 6.3  | - Frecuencia                                | hz     | 60              |                   |
| 6.4  | - Tensión nominal                           | V      | 220             |                   |
| 6.5  | - Tensión de aislamiento                    | V      | ≥ 500           |                   |
| 6.6  | - Grado de protección según IEC 60529.      | IP     | ≥ 20            |                   |
| 6.7  | - Temperatura de funcionamiento             | °C     | -10 a 40        |                   |

Tabla N° 23: Datos técnicos de Interruptor Termomagnetico

Fuente: Elaboración propia

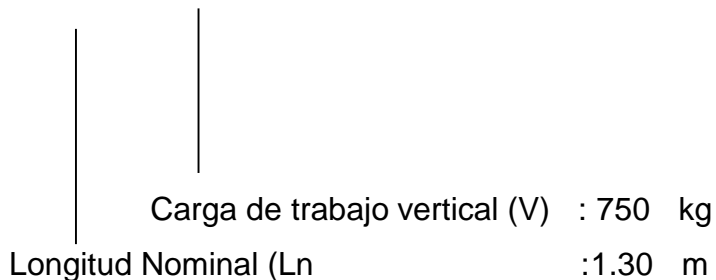
#### M. MEDIA LOZA DE CONCRETO ARMADO

##### Denominacion

Una media loza se denominará de la siguiente manera:

Ejemplo:

**MEDIA LOZA DE C.A. 1.30 / 750**



## CARGAS

### **De Trabajo**

| DENOMINACIÓN                   | LONGITUD NOMINAL (Ln) | CARGA DE TRABAJO (kg) |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                |                       | V                     |
| MEDIA LOZA DE C.A.<br>1.10/750 | 1.10                  | 750                   |
| MEDIA LOZA DE C.A.<br>1.30/750 | 1.30                  | 750                   |

Tabla N° 24: Cargas de trabajo vertical

Fuente: Elaboración propia

V : Carga de Trabajo Vertical

### **De Rotura Nominal Mínima**

| DENOMINACIÓN                   | LONGITUD NOMINAL (Ln) | CARGA DE ROTURA NOMINAL MINIMA (kg) |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
|                                |                       | V                                   |
| MEDIA LOZA DE C.A.<br>1.10/750 | 1.10                  | 2250                                |
| MEDIA LOZA DE C.A.<br>1.30/750 | 1.30                  | 2250                                |

Tabla N° 25: Rotura Nominal Mínima

Fuente: Elaboración propia

## PLAN DE MUESTREO Y ACEPTACIÓN

| TAMAÑO DEL LOTE DE MEDIAS LOZAS |  | NRO. DE MEDIAS LOZAS DEFECTUOSAS |
|---------------------------------|--|----------------------------------|
|                                 |  |                                  |

|     |        | <b>NRO. MEDIAS<br/>LOZAS<br/>EXTRAER</b> | <b>A<br/>TOLERADOS EN LA<br/>MUESTRA</b> |
|-----|--------|--|--|
| 1   | - 11   | 0  | 0  |
| 12  | - 40   | 2  | 0  |
| 41  | - 60   | 3  | 0  |
| 61  | - 80   | 4  | 1  |
| 81  | - 100  | 5  | 1  |
| 101 | - 150  | 6  | 1  |
| 151 | - 200  | 7  | 1  |
| 201 | - 250  | 8  | 2  |
| 251 | - 300  | 9  | 2  |
| 301 | - 350  | 10                                       | 2  |
| 351 | - 400  | 11                                       | 2  |
| 401 | - 450  | 12                                       | 3  |
| 451 | - 500  | 13                                       | 3  |
| 501 | - 600  | 14                                       | 3  |
| 601 | - 700  | 15                                       | 3  |
| 701 | - 800  | 16                                       | 4  |
| 801 | - 900  | 17                                       | 4  |
| 901 | - 1000 | 18                                       | 4  |

Tabla N° 26: Datos técnicos de plan de muestreo y aceptación

Fuente: Elaboración propia

| <b>ÍTEM</b> | <b>CARACTERÍSTICAS</b> | <b>UNI<br/>D.</b> | <b>VALOR<br/>REQUERIDO</b> | <b>VALOR<br/>GARANTIZAD<br/>O</b> |
|-------------|------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|             | MEDIA LOZA DE          |                   |                            |                                   |
| 1           | País de Procedencia    |                   |                            |                                   |
| 2           | Fabricante             |                   |                            |                                   |

|    |                                     |    |                                   |                    |
|----|-------------------------------------|----|-----------------------------------|--------------------|
| 3  | Denominación                        |    |                                   |                    |
| 4  | Normas:                             |    |                                   |                    |
|    |                                     |    |                                   | NTP 339.027 en lo  |
|    |                                     |    |                                   | NTP 334.088 TIPO C |
|    |                                     |    |                                   | NTP 341.031        |
| 4  | Carga de trabajo                    | kg | 750                               |                    |
| 5  | Factor de seguridad                 |    | 3                                 |                    |
| 6  | Carga de rotura                     | kg | 2250                              |                    |
| 7  | Recubrimiento mínimo de la armadura | mm | 20                                |                    |
| 8  | Forma de bordes                     |    | redondeados                       |                    |
| 9  | Longitud nominal (Ln)               |    | Ver plano adjunto y Nota 1        |                    |
| 10 | Carga de trabajo                    |    | Ver Nota 1                        |                    |
| 11 | Detalle de agujeros                 |    | Ver plano adjunto y Nota 2        |                    |
| 12 | Rotulado                            |    | Bajo relieve, según plano adjunto |                    |

Tabla N° 27: Datos técnicos de medias lozas de concreto armado

Fuente: Elaboración propia

NOTAS:

El usuario seleccionará este requerimiento en función a sus necesidades, para lo cual se tendrá en cuenta los valores indicados en el punto B.

En los planos mostrados, el usuario indicará el diámetro del agujero para montaje, de acuerdo al diámetro del poste a usar y ubicación de las medias

lozas en el poste.

### 2.2.2 Calidad de servicio energético

Según (Instituto tecnológico de Canarias S.A., 2008), la energía eléctrica es un recurso importante en nuestra vida diaria, su uso, hace posible la automatización de la producción que aumenta la productividad y mejora las condiciones de vida. Ahorrar energía no es solo apagar las luces que están encendidas porque no las estamos utilizando, es poner en práctica diversas acciones que permitan el ahorro de energía eléctrica.

Según (Duart Belloque, 2007), el suministro de energía se está convirtiendo en uno de los mayores problemas de nuestro mundo. La demanda aumenta en un entorno de crecimiento económico continuado, con países emergentes cuyas economías están dando un salto fundamental desde una situación de subdesarrollo industrial a otra caracterizada por la urgente adopción de maquinarias, procesos industriales modernos y patrones de consumo cada vez más similares a los de las economías más avanzadas

#### 2.2.2.1 Caída de Tensión

Como menciona (Camarillo Montero, Cruz Capitaine, Morales Martínez, & Aldana Franco, 2017), “La caída de tensión o bajo voltaje es uno de los problemas de calidad de energía más comunes en México y tiene repercusiones graves en el funcionamiento de todos los equipos y maquinaria conectada a una línea eléctrica. La caída de voltaje se define como un decremento del voltaje RMS de una línea eléctrica a menos del 90% de su valor nominal por un periodo mayor a 1 minuto.

Un bajo voltaje puede causar en muchas ocasiones daños parciales o totales de maquinaria y tiene un costo económico importante para empresas, comercios y hogares debido a la necesidad de reparar o adquirir equipos nuevos.”



Según indica (Ras Oliva, 2004), “La caída de tensión se entiende como la pérdida de potencial en la conducción de corriente eléctrica en un conductor, originada por la distancia en la conducción de corriente eléctrica en un conductor, originada por la distancia o la sección transversal del mismo, y que se refleja como aumento de corriente y disminución de voltaje.”.

Es la diferencia del potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico, recorrido por una corriente, entre los cuales no existan generadores de fuerza electromotriz. Por consiguiente, si  $V_A$  y  $V_B$  son los potenciales eléctricos de dos puntos A y B del circuito, la diferencia  $V_A - V_B$  es la caída de tensión entre A y B.

Por lo que se acaba de decir, se puede medir una caída de tensión si a lo largo del circuito existen elementos pasivos. Conociendo la impedancia  $Z$  de dichos elementos y la intensidad de corriente  $I$  que atraviesa el circuito, se puede calcular la caída de tensión  $V$  con la consiguiente fórmula:  $V = ZI$ .

La caída de tensión medida en los extremos de una resistencia se denomina óhmica; la medida de los extremos de una reactancia se denomina reactiva y, con más precisión, inductiva o capacitiva si se ha medido en los extremos, respectivamente, de una inductancia o de un condensador.

#### 2.2.2.2 Máxima Demanda

Según (G. Fink, Wayne Beaty, & M. Carroll, 2006), “La medición de la demanda puede efectuarse con contadores y registradores con diversos principios de funcionamiento y con diversos sistemas de registro o indicación de la demanda. Con una carga constante de suficiente duración, los contadores y registradores de demanda precisos, de cualquiera clasificación, darán el mismo valor de la demanda máxima dentro de los

límites de tolerancia establecidos. Con cargas variables, los valores dados por los contadores y registradores precisos de diferentes tipos pueden diferir debido a los distintos principios de funcionamiento de los mismos. En la práctica comercial, la demanda de una instalación o sistema viene dada, con precisión aceptable, mediante el registro o indicación de cualquier contador o registrador de demanda de tipo corriente.”

Como menciona (Enríquez Harper, 2004), “Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo, intervalos de 1 hora), expresada en Kw o Kva a un factor de potencia determinado.”

La demanda eléctrica de un sistema es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe su carga para funcionar. Ese lapso se denomina intervalo de demanda, y su indicación es obligatoria a efecto de interpretar un determinado valor de demanda.

Los intervalos de demanda, son típicamente de 15, 30 o 60 minutos. Los lapsos de 15 o 30 minutos se aplican comúnmente en facturación, selección de la capacidad de equipos, estudios de balanceo y transferencia de carga. El intervalo de 60 minutos, permite construir “Perfiles de Carga Diarios” para el análisis de consumo de energía, determinar el rendimiento de dispositivos, y también para elaborar un completo plan de expansión del sistema de distribución de energía eléctrica. No obstante, en la selección de fusibles y el ajuste de protecciones también es importante conocer las demandas máximas instantáneas

#### 2.2.2.3 Procesos productivos

Como menciona (Escobar, Arestegui, Moreno, & Snachez, 2013), “Los procesos productivos, generalmente requieren distintas formas de energía por cuanto en la cadena de valor de un producto, se contempla la

transformación mediante distintos procedimientos tales como limpieza, lavado, selección, cocción, molienda entre otros, los cuales requieren de la utilización de maquinaria y equipos que a su vez necesitan de alguna forma de energía para su funcionamiento.”

Según (Raigozo Suarez, 2013), “Un proceso productivo engloba un conjunto de actividades por las que las materias sufren un proceso de transformación para, finalmente, convertirse en productos destinados a la venta y consumo por parte del consumidor final. No obstante, así como existen múltiples tipos de empresas en diversos sectores, así existirán también varios tipos de procesos productivos. Porque no será igual el proceso productivo de una empresa de servicios que de una empresa industrial.”

El proceso productivo es el conjunto de fases o etapas organizadas, por las cuales se modifica las características de los materiales, estos materiales que son utilizados como insumos se les modifica en forma, tamaño, textura, composición interna; esto se realiza con el objetivo de lograr un producto tecnológico. Este proceso productivo pasa por un minucioso control de calidad debido a que esto garantiza que los recursos usados estén en las mejores condiciones según menciona las especificaciones técnicas del sistema de utilización.

#### 2.2.2.4 Ciclos de mejora continua

Como menciona (Correa Díaz, 2016), “Mejora continua es un enfoque para la mejora de procesos operativos que se basa en la necesidad de revisar continuamente las operaciones de los problemas, la reducción de costos oportunidad, la racionalización, y otros factores que en conjunto permiten la optimización.”

Según (ElectroPuno S.A., 2014), “La Mejora Continua no solo tiene sentido para una empresa de producción masiva, sino que también en empresas

que prestan servicios es perfectamente válida y ventajosa principalmente porque si tienes un sistema de Mejora Continua (al ser un sistema, quiere decir que es algo establecido y conocido por todos en la empresa”

La mejora continua en el proceso de implementación de un sistema de utilización comprende 3 factores importantes, los cuales son:

- Calidad de ejecución, esto hace referencia al personal de supervisión con conocimiento de la actividad y toma de decisiones oportunas, a supervisar la obra eléctrica para que se realiza de acuerdo a las normativas y especificaciones técnicas previstas, a verificar que se cumpla con la calidad en los materiales utilizados, maquinaria, equipo y herramienta adecuada y a permanecer en sitio durante el tiempo de ejecución de la obra, para asegurarse que el proceso de construcción se cumpla de acuerdo a lo programado y que la mano de obra sea de calidad.
- Calidad de obra, esto hace referencia a que se cumpla con el fin que fue diseñado el circuito eléctrico, que no exista modificación en los elementos que pongan en riesgo al confiabilidad y seguridad de instalación eléctrica, que cumpla de acuerdo al entorno, medio ambiente, seguridad y condición operativa con perfiles y parámetros eléctricos de calidad, que cumpla con el propósito y rentabilidad para lo cual fue diseñado y que cumpla con el tiempo de vida útil esperado.
- Plan rector de distribución, esto hace referencia a la integración de los planes, programas y proyectos del sistema eléctrico de distribución alineado a una visión de largo plazo que propicie la expansión ordenada y oportuna mediante la programación y ejecución de inversiones que soporten la competitividad organizacional.

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Sistema:**  
Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí.
- **Calidad:**  
Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor
- **Servicio:**  
Conjunto de actividades que buscan satisfacer las necesidades de un cliente. Trabajo, especialmente cuando se hace para otra persona.
- **Especificaciones técnicas**  
**S**on los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos.

## CAPITULO III : VARIABLES E HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

El Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019

#### 3.1.2 Hipótesis específicos

1. Las especificaciones técnicas del sistema de utilización Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019
2. La implementación del sistema de utilización El Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019

### 3.2 Definición conceptual de variables

a) Variable Independiente : Y

Sistema de Utilización en 13.2 Kv Tipo MRT

b) Variable Dependiente: X

Calidad de servicio de energía

### 3.3 Operacionalización de variables

En este proyecto de utilización en media tensión en 13,2 kV tipo MRT se realizó con un ingeniero especialista indicando todos los equipos que se utilizaran para la Estación Base Repetidor – Chugay de propiedad de América Móvil Perú S.A.C

La implementación se realizó con las dimensiones de la variable Y para mejorar la variable X.

| <b>VARIABLE</b>                | <b>DIMENSIONES</b>  | <b>INDICADORES</b>                            | <b>ESCALA</b> |
|--------------------------------|---|---|---------------|
| Sistema de Utilización         | Especificaciones<br>Técnicas<br>Implementación  | Aspectos económicos<br>Propiedades especiales | Ordinal       |
| Calidad de servicio de energía | Caída de Tensión<br>Máxima Demanda<br>Procesos productivos<br>Ciclos de mejora continua | Cálculos matemáticos<br>Factores productivos  | Ordinal       |

Las variables que definen el modelo de la presente investigación quedan definidas en los siguientes términos.

Tabla N° 1: Cuadro de operacionalización de variable

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO IV: METODOLOGÍA

### 4.1 Tipo de investigación

La investigación tiene los siguientes tipos de investigación inmersos:

- Descriptiva
- Explicativa
- Correlacional

### 4.2 Diseño de investigación.

El diseño usado en la investigación es no experimental, al no manipular las variables y de corte transversal, ya que, según Ñaupas Paitán “en vez de hacer un seguimiento de una variable, durante 5 o más años, se estudia esa variable simultáneamente en un solo año” (pág. 343).

### 4.3 Población y muestra.

#### 4.3.1 Población

La población está constituida por 50 trabajadores de la Estación Base Repetidor – Chugay de propiedad de América Móvil Perú S.A.C

#### 4.3.2 Muestra

Nivel de confianza

$$1 - \alpha = 0,95 \Rightarrow Z = 1,96$$

ERROR RELATIVO:  $e = 0,05$

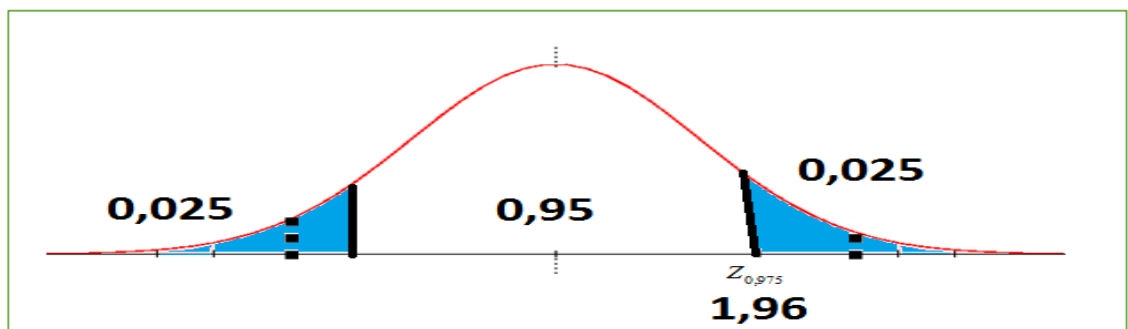


Figura N° 1: Polígono de frecuencia

Para la muestra se utilizó la siguiente.



$$n_0 = \frac{NZ^2 pq}{e^2 [N-1] + Z^2 pq}$$

$$n_0 = \frac{50(1,881)^2 0,9 * 0,1}{0.06^2 [49] + (1,881)^2 0,9 * 0,1} = 32,1733411$$

*REGLA*

$$\frac{n_0}{N} = \frac{32,1733411}{50} = 0,64346682 > 0,05$$

$$\Rightarrow n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = \frac{32,1733411}{1 + \frac{32,1733411}{50}} = 20$$

Como no existe un trabajo de investigación como antecedente nacional de estudio hallamos el valor de p y q mediante una prueba piloto, tal que el % de trabajadores, el 90% manifestaron que era un cambio en la gestión para la mejora del servicio

Por lo tanto, el tamaño de muestra es de 20 trabajadores

#### 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.

##### 4.4.1 Técnica

La técnica usada fue la encuesta que consistió en obtener datos de la muestra mediante preguntas que midieron los indicadores que se han determinado en la operacionalización de las variables.

##### 4.4.2 Instrumento

Como instrumento se aplicó un cuestionario de escala ordinal con un total de 25 preguntas que divididas en dos segmentos, cada pregunta con 5 alternativas. La recolección de datos se ha realizado mediante una entrevista personal a cada uno de los trabajadores considerados a

través del cuestionario, solicitando su consentimiento y honestidad para obtener datos los más reales posible.

#### 4.4.3 Confiabilidad del instrumento

Se midió la confiabilidad a través de la aplicación del Alfa de Cronbach el cual mide la consistencia interna de la prueba

Se realizó con la siguiente fórmula

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^K S_i^2}{S_T^2} \right]$$

K : Número de preguntas  
S : Varianza  
St= Varianza del total

Al reemplazar:

$$\alpha = \frac{15}{14} \left[ 1 - \frac{29,2900}{87,04} \right] = 0,71088$$

| ALFA DE CRONBACH | NÚMERO DE ELEMENTOS |
|------------------|---------------------|
| 0,710880055      | 500                 |

Tabla N° 28: Confiabilidad del Instrumento

Fuente: Elaboración Propia

El resultado 0,710880055 es mayor que 0,7, índice mínimo aceptable, que nos indica que el instrumento es considerado confiable, con una alta correlacional entre las preguntas y respuestas dadas por los usuarios

#### 4.5 Procesamiento estadístico y Análisis de datos.

El proceso analítico y estadístico de los datos obtenidos de las encuestas se realizó usando los programas Microsoft Office Excel 2016

y SPSS. Todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza estadística del 95%.

## CAPITULO V : RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados descriptivos de la encuesta aplicada a los trabajadores de la Estación Base Repetidor – Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C

|              | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|------------|
| Nunca        | 1          | 5,0        |
| Casi nunca   | 7          | 35,0       |
| A veces      | 4          | 20,0       |
| Casi siempre | 4          | 20,0       |
| Siempre      | 4          | 20,0       |
| Total        | 20         | 100,0      |

Tabla N° 29: ¿Considera que las especificaciones técnicas de un sistema de utilización son importantes?

Fuente (2019) Autoría Propia



Figura N° 2: ¿Considera que las especificaciones técnicas de un sistema de utilización son importantes?

Fuente (2019) Autoría Propia

Como se observa en la tabla N° 29 es habitual considerar las

especificaciones técnicas como las más importantes al momento de implementar un sistema de utilización y eso se evidencia con un 40% que cree que casi siempre y siempre lo es, mientras que solo un 5% le resta importancia.

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 2            | 10,0       |
| Casi nunca   | 2            | 10,0       |
| A veces      | 5            | 25,0       |
| Casi siempre | 8            | 40,0       |
| Siempre      | 3            | 15,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 30: ¿Con que frecuencia se cumplen todas las especificaciones técnicas?

Fuente (2019) Autoría Propia

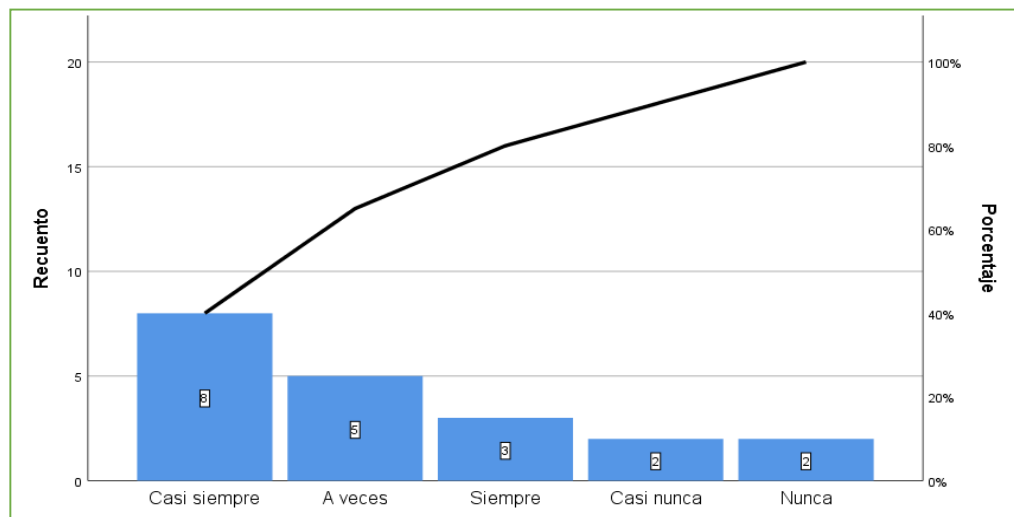


Figura N° 3: ¿ Con que frecuencia se cumplen todas las especificaciones técnicas?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 30 podemos observar los trabajadores opinan, en un 40 %, que casi siempre se cumplen las especificaciones técnicas planteadas

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 2            | 10,0       |
| Casi nunca   | 5            | 25,0       |
| A veces      | 4            | 20,0       |
| Casi siempre | 7            | 35,0       |
| Siempre      | 2            | 10,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 31: ¿El proyecto inicia cuando ya se tienen todos los componentes detallados en las especificaciones técnicas?

Fuente (2019) Autoría Propia

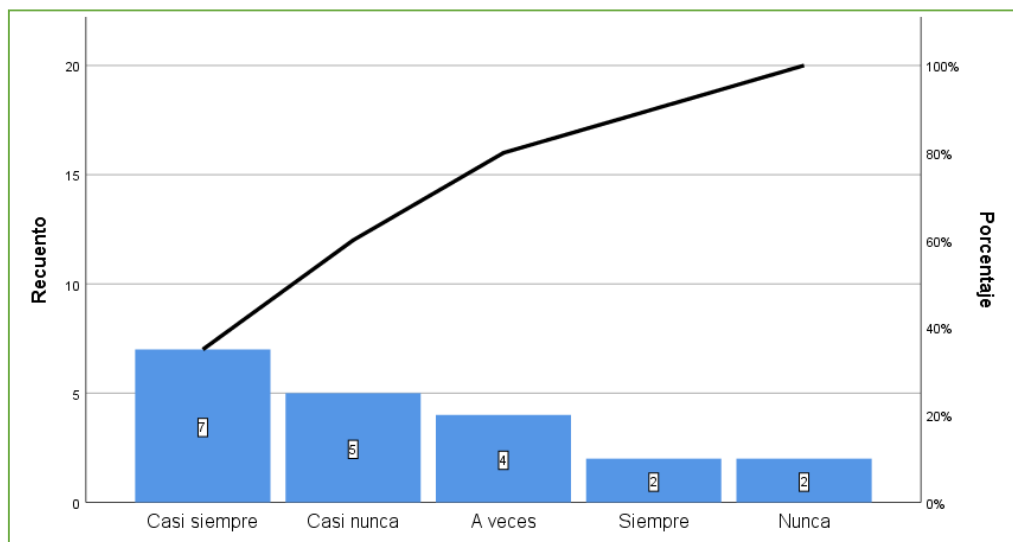


Figura N° 4: El proyecto inicia cuando ya se tienen todos los componentes detallados en las especificaciones técnicas?

Fuente (2019) Autoría Propia

Como se observa en la tabla N° 31 los empleados manifiestan en un 45%, que para que inicie el proyecto necesitan las especificaciones técnicas en la obra

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 1            | 5,0        |
| Casi nunca   | 10           | 50,0       |
| A veces      | 4            | 20,0       |
| Casi siempre | 1            | 5,0        |
| Siempre      | 4            | 20,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 32: Se debe planificar al detalle las especificaciones de los componentes del sistema de utilización

Fuente (2019) Autoría Propia

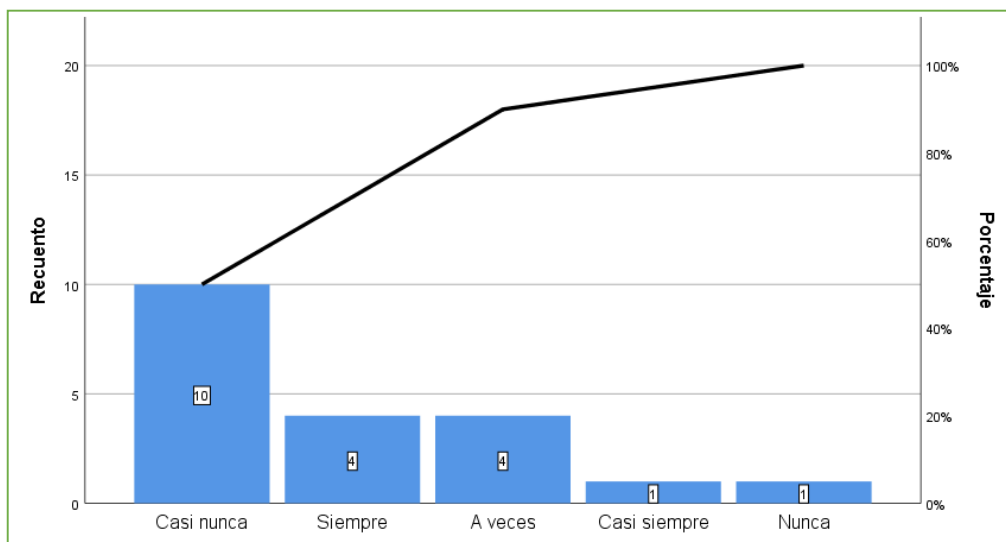


Figura N° 5: Se debe planificar al detalle las especificaciones de los componentes del sistema de utilización

Fuente (2019) Autoría Propia

Como se muestra en la tabla N° 32 los trabajadores opinan en un 25% que es necesaria la planificación detallada de las especificaciones de los componentes necesarios para la implementación del sistema de utilización,

mientras que un 5% indica que no es necesario.

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 4            | 20,0       |
| Casi nunca   | 1            | 5,0        |
| A veces      | 8            | 40,0       |
| Casi siempre | 1            | 5,0        |
| Siempre      | 6            | 30,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 33: ¿Considera que se tiene un correcto proceso de implementación de un sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

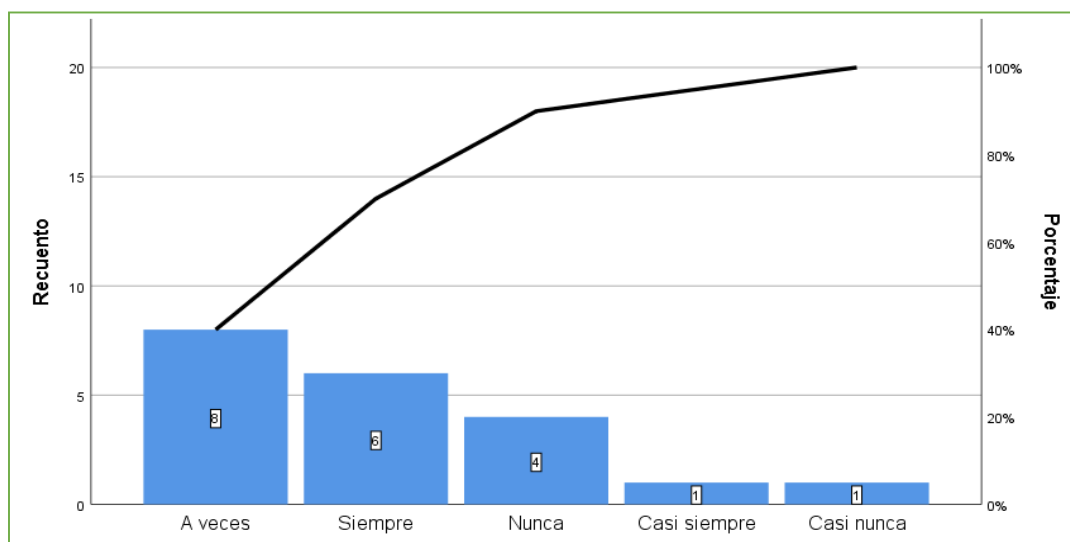


Figura N° 6: ¿Considera que se tiene un correcto proceso de implementación de un sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

Cómo se observa en la tabla N° 33 un 35% de los trabajadores indican que existe un proceso de implementación del sistema de utilización adecuado mientras que un 20% cree que no lo es del todo



|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 6            | 30,0       |
| Casi nunca   | 2            | 10,0       |
| A veces      | 5            | 25,0       |
| Casi siempre | 6            | 30,0       |
| Siempre      | 1            | 5,0        |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 34: ¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud?

Fuente (2019) Autoría Propia

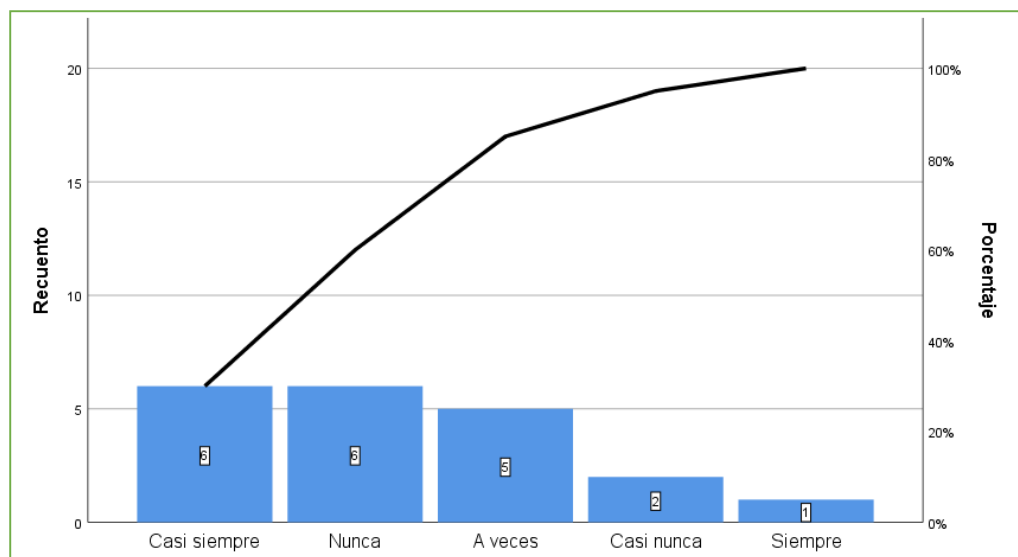


Figura N° 7: ¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud?

Fuente (2019) Autoría Propia

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Casi nunca   | 4            | 20,0       |
| A veces      | 6            | 30,0       |
| Casi siempre | 6            | 30,0       |

|         |    |       |
|---------|----|-------|
| Siempre | 4  | 20,0  |
| Total   | 20 | 100,0 |

Tabla N° 35: Existe un control minucioso de las especificaciones técnicas al momento de su llegada en obra

Fuente (2019) Autoría Propia

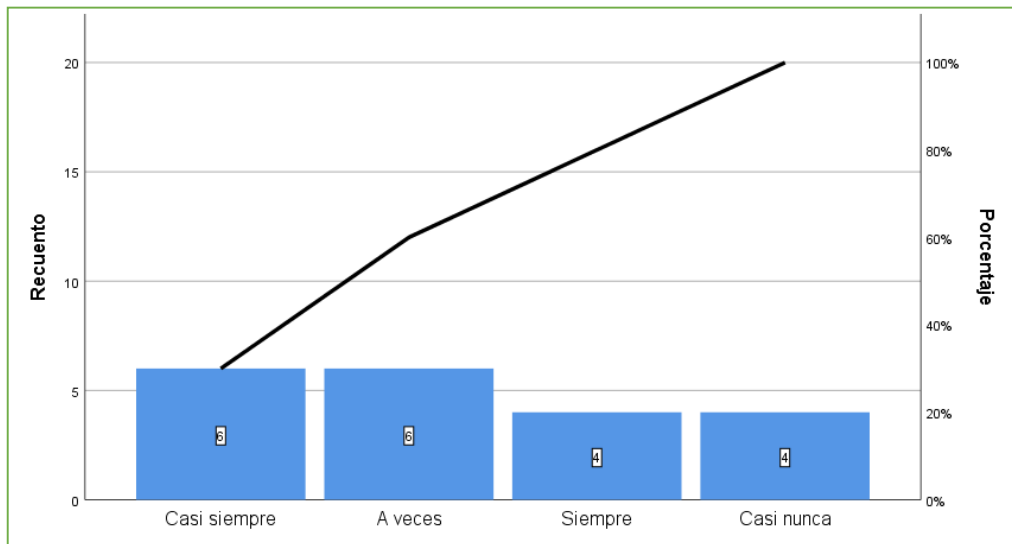


Figura N° 8: Existe un control minucioso de las especificaciones técnicas al momento de su llegada en obra

Fuente (2019) Autoría Propia

Podemos apreciar que siempre o casi siempre existe el control minucioso sobre el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los componentes dem sistema de utilización a su llegada en obra ,tal como lo afirma un 50% de los trabajadores, sin embargo un 20% opina que casi nunca se realiza de ese modo.

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 1            | 5,0        |
| Casi nunca   | 9            | 45,0       |
| A veces      | 5            | 25,0       |
| Casi siempre | 1            | 5,0        |

|         |    |       |
|---------|----|-------|
| Siempre | 4  | 20,0  |
| Total   | 20 | 100,0 |

Tabla N° 36: ¿Con que frecuencia se presentan inconvenientes durante la implementación?

Fuente (2019) Autoría Propia

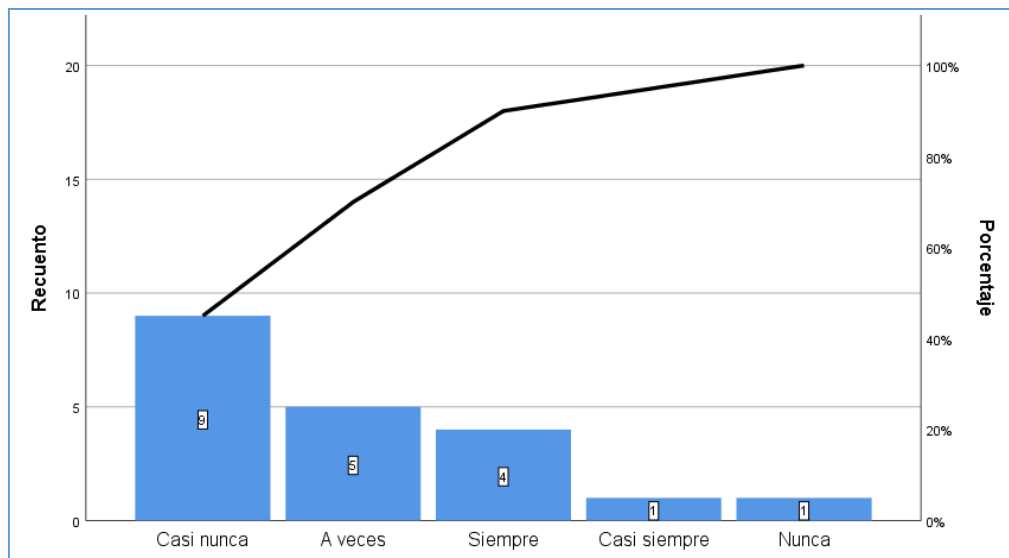


Figura N° 9: ¿Con que frecuencia se presentan inconvenientes durante la implementación?

Fuente (2019) Autoría Propia

Podemos observar que casi nunca incluso nunca habido inconvenientes durante la implementación según el 50% de los trabajadores sin embargo existe un 25% que indica que casi siempre y siempre existen inconvenientes

|            | Trabajadores | Porcentaje |
|------------|--------------|------------|
| Nunca      | 1            | 5,0        |
| Casi nunca | 4            | 20,0       |
| A veces    | 6            | 30,0       |

|              |    |       |
|--------------|----|-------|
| Casi siempre | 7  | 35,0  |
| Siempre      | 2  | 10,0  |
| Total        | 20 | 100,0 |

¿Se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación?

Fuente (2019) Autoría Propia

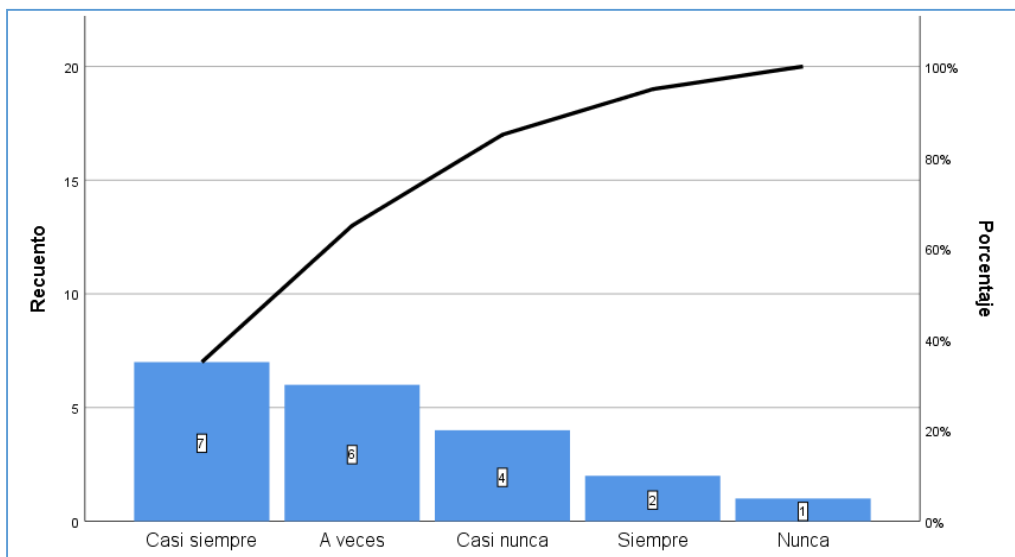


Figura N° 10: ¿Se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 37 se observa que siempre y casi siempre se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación del sistema utilización en un 45% y sólo 5% indica que los riesgos no son tomados en cuenta

|            | Trabajadores | Porcentaje |
|------------|--------------|------------|
| Nunca      | 4            | 20,0       |
| Casi nunca | 5            | 25,0       |

|              |    |       |
|--------------|----|-------|
| A veces      | 7  | 35,0  |
| Casi siempre | 2  | 10,0  |
| Siempre      | 2  | 10,0  |
| Total        | 20 | 100,0 |

¿Se tiene procedimientos de seguridad que son llevados a la implementación?

) Autoría Propia

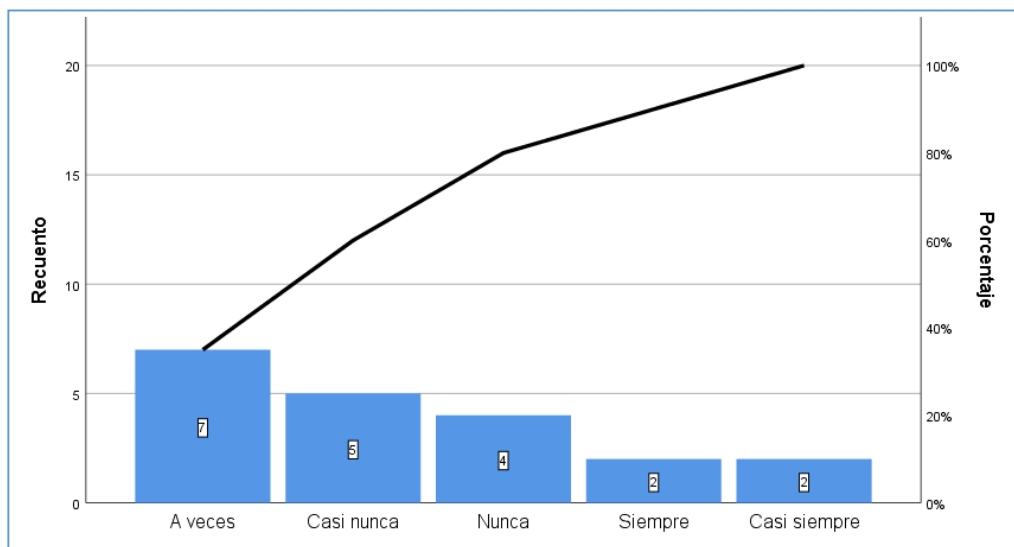


Figura N° 11: ¿Se tiene procedimientos de seguridad que son llevados a cabo durante la implementación?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 38 podemos observar qué se tienen procedimientos de seguridad durante la implementación en un 20% 35% indica que sólo a veces y con menos frecuencia un 55% durante la implementación del sistema de utilización

Variable Dependiente-Calidad del Servicio Eléctrico

|       | Trabajadores | Porcentaje |
|-------|--------------|------------|
| Nunca | 6            | 30,0       |

|              |    |       |
|--------------|----|-------|
| Casi nunca   | 3  | 15,0  |
| A veces      | 5  | 25,0  |
| Casi siempre | 3  | 15,0  |
| Siempre      | 3  | 15,0  |
| Total        | 20 | 100,0 |

¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión?

) Autoría Propia

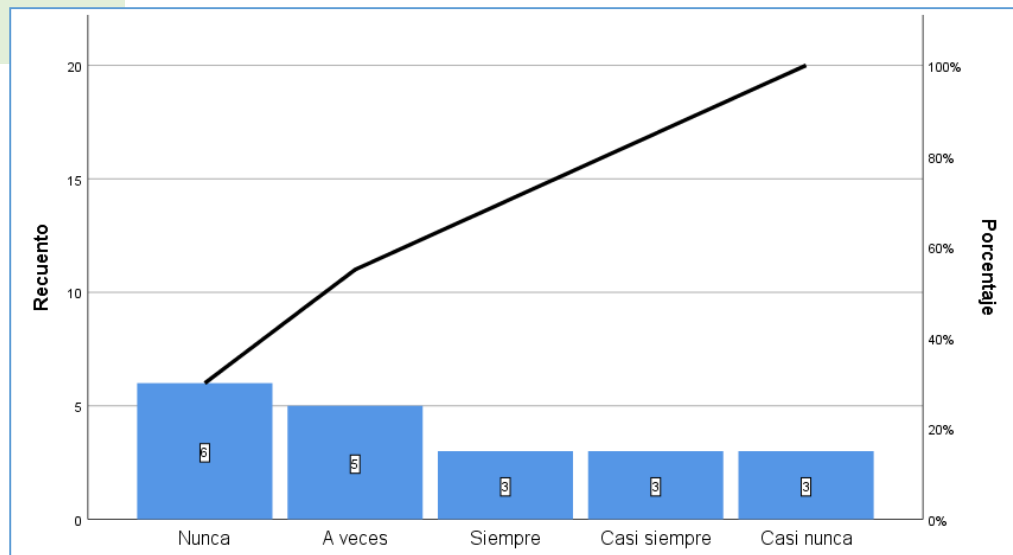


Figura N° 12: ¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la Tabla N° 39 observamos que es poco frecuente las caídas de tensión luego de haber implementado el sistema de utilización según un 45% de los trabajadores y sólo un 15% indica que han notado caídas de tensión

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 5            | 25,0       |
| Casi nunca   | 2            | 10,0       |
| A veces      | 6            | 30,0       |
| Casi siempre | 5            | 25,0       |
| Siempre      | 2            | 10,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 40: ¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos?

Fuente (2019) Autoría Propia

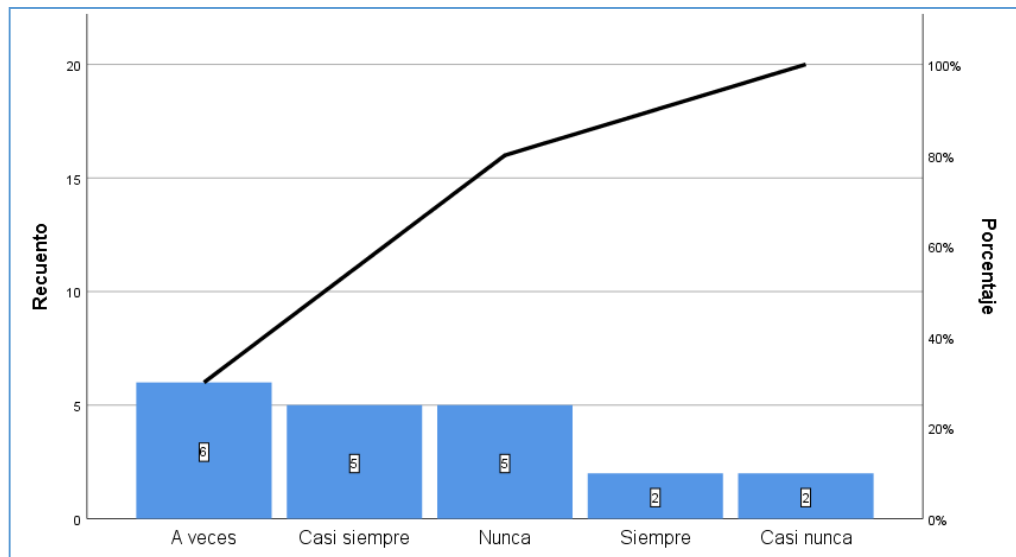


Figura N° 13: ¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos?

Fuente (2019) Autoría Propia

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 2            | 10,0       |
| Casi nunca   | 7            | 35,0       |
| A veces      | 2            | 10,0       |
| Casi siempre | 4            | 20,0       |
| Siempre      | 5            | 25,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 41: ¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión?

Fuente (2019) Autoría Propia

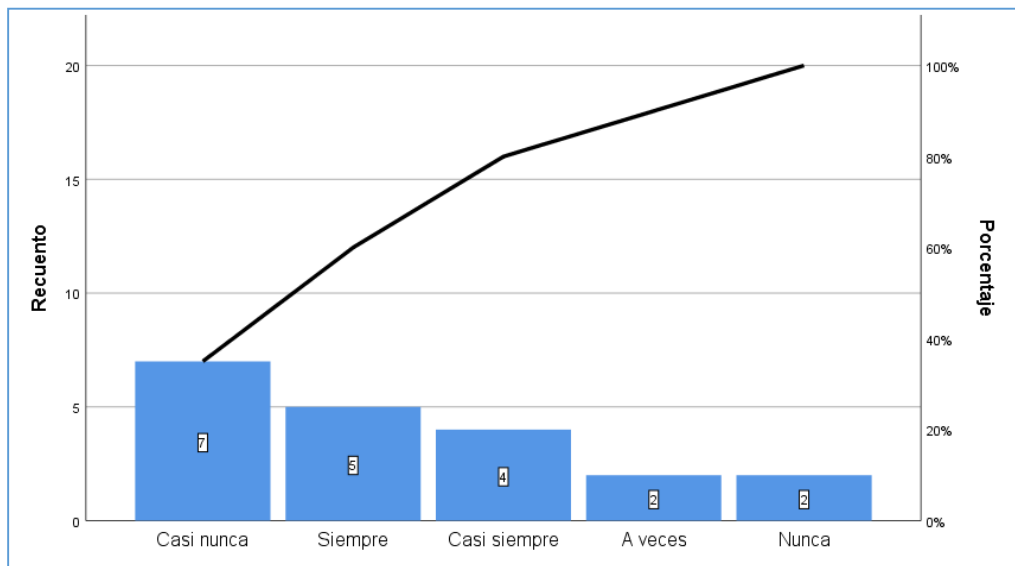


Figura N° 14: ¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 41 se observa que el 65 % trabajadores creen que las caídas de tensión al menos a veces ocasionan problemas en los en las labores normales de la empresa así como en su maquinaria y equipos



|            | Trabajadores | Porcentaje |
|------------|--------------|------------|
| Nunca      | 6            | 30,0       |
| Casi nunca | 4            | 20,0       |
| A veces    | 3            | 15,0       |
| Siempre    | 7            | 35,0       |
| Total      | 20           | 100,0      |

Tabla N° 42: Un sistema de utilización de calidad no genera caídas de tensión que dañan los componentes internos de este

Fuente (2019) Autoría Propia

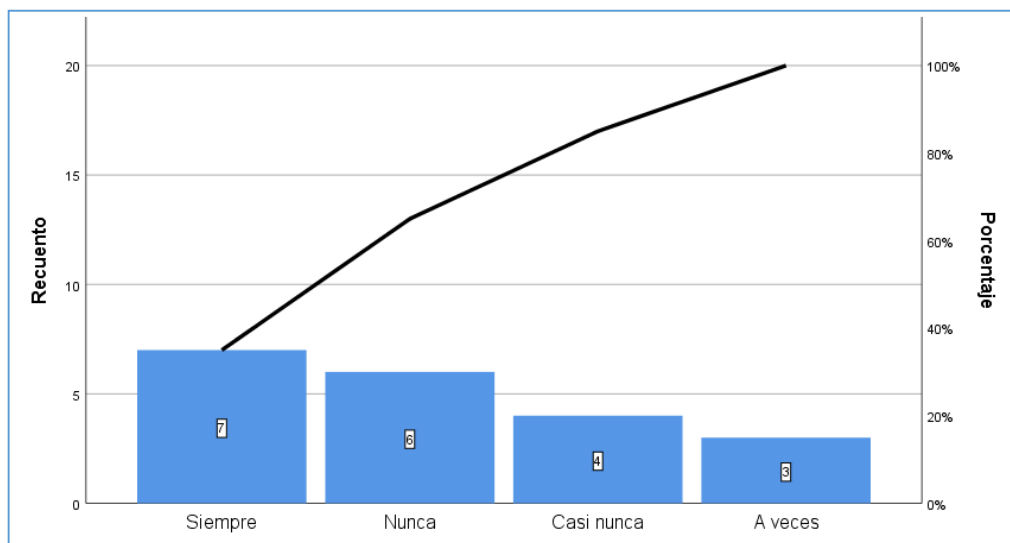


Figura N° 15: Un sistema de utilización de calidad no genera caídas de tensión que dañan los componentes internos de este.

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla 42 observamos que para los trabajadores en un 45% dañan los componentes internos del sistema utilización generando grandes pérdidas de dinero

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 2            | 10,0       |
| Casi nunca   | 4            | 20,0       |
| A veces      | 2            | 10,0       |
| Casi siempre | 4            | 20,0       |
| Siempre      | 8            | 40,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 43: Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es considerada para la implementación de un sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

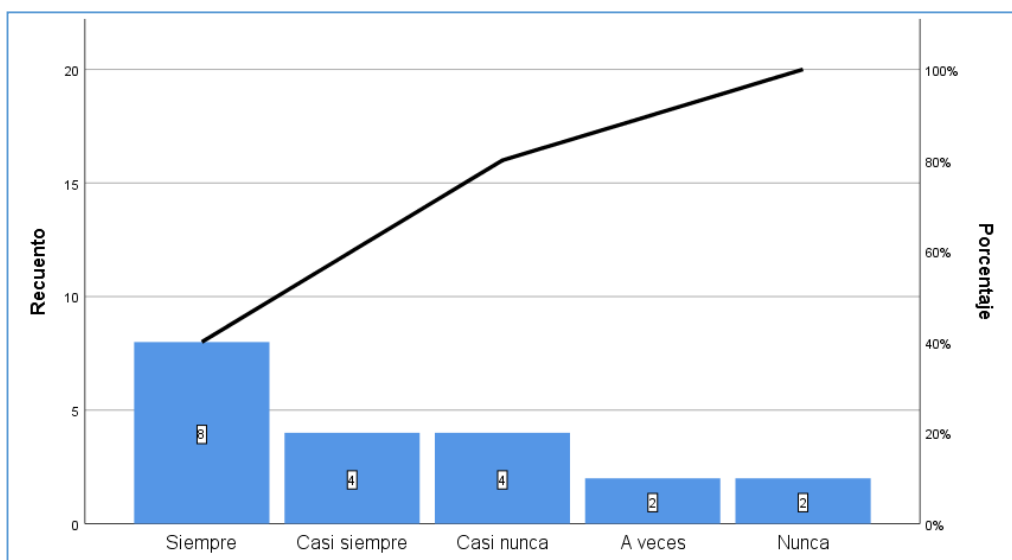


Figura N° 16: Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es considerada para la implementación de un sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 43 se observa que siempre es considerada la máxima demanda energía eléctrica para la implementación de un sistema utilización

En la tabla N° 16 se observa que un 40% siempre se actualiza el N° de

máxima demanda del servicio eléctrico mientras que en un 10% se cree que no es analizado

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 2            | 10,0       |
| Casi nunca   | 4            | 20,0       |
| A veces      | 2            | 10,0       |
| Casi siempre | 4            | 20,0       |
| Siempre      | 8            | 40,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 44:¿Con que frecuencia se actualiza la máxima demanda del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

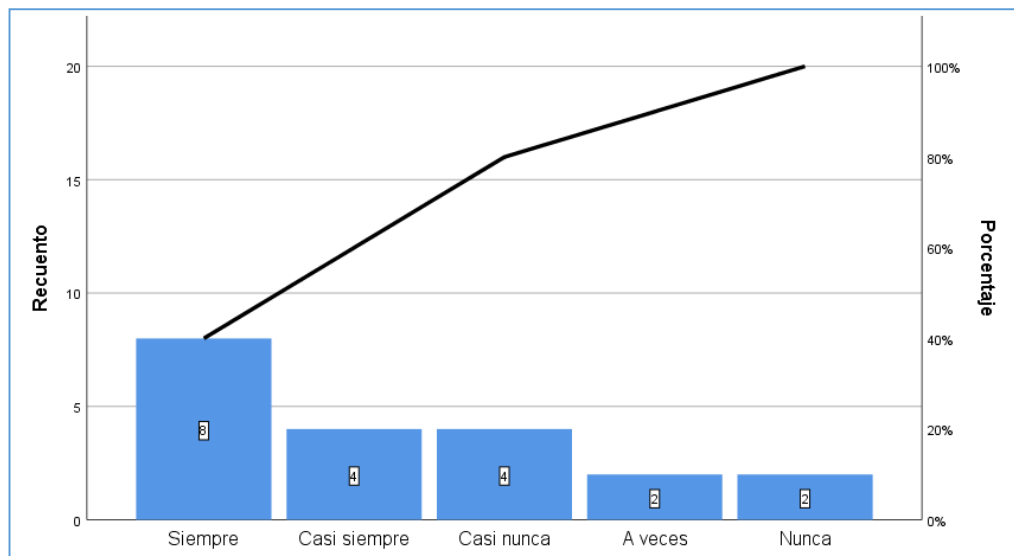


Figura N° 17:¿Con que frecuencia se actualiza la máxima demanda del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 44 se observa que un 40% siempre se actualiza el número de máxima demanda del servicio eléctrico mientras que en un 10% se

cree que no es analizado

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 5            | 25,0       |
| Casi nunca   | 4            | 20,0       |
| A veces      | 4            | 20,0       |
| Casi siempre | 3            | 15,0       |
| Siempre      | 4            | 20,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 45: ¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

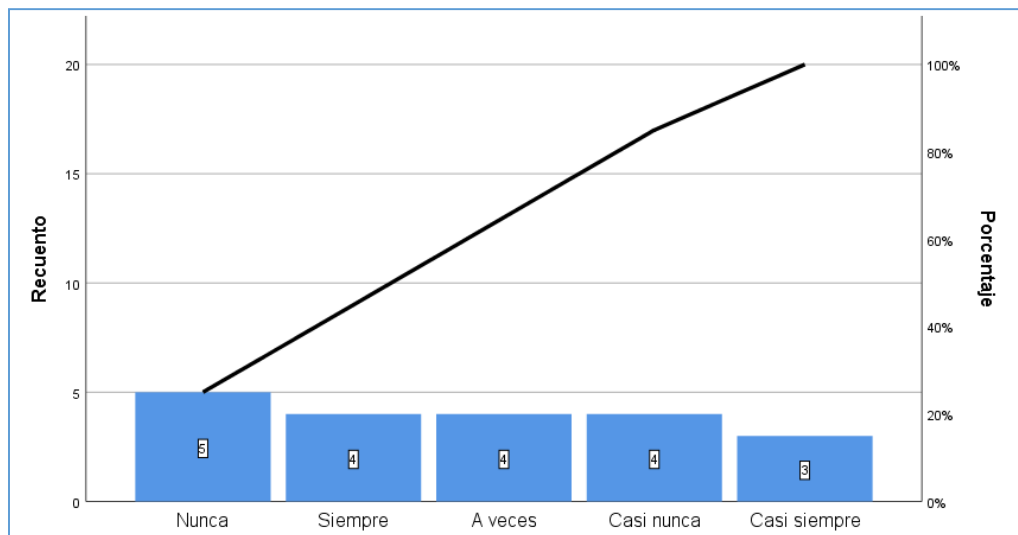


Figura N° 18: ¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

La tabla N° 45 se presenta que un 35% evalúa el pico de demanda eléctrica con el fin de brindar calidad de servicio energía en el sistema de utilización

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 1            | 5,0        |
| Casi nunca   | 5            | 25,0       |
| A veces      | 5            | 25,0       |
| Casi siempre | 3            | 15,0       |
| Siempre      | 6            | 30,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 46: ¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad?

Fuente (2019) Autoría Propia

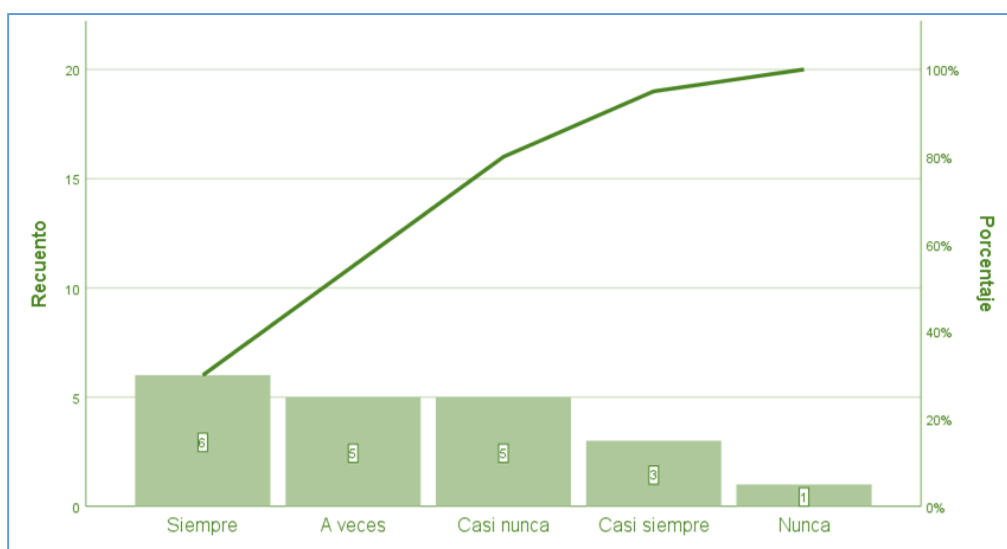


Figura N° 19: ¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° de 18 se observa que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados en el sistema de utilización son de

calidad según un 45% de trabajadores y sólo un 5% indica que nunca tienen calidad

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 5            | 25,0       |
| Casi nunca   | 5            | 25,0       |
| A veces      | 5            | 25,0       |
| Casi siempre | 1            | 5,0        |
| Siempre      | 4            | 20,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 47: ¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

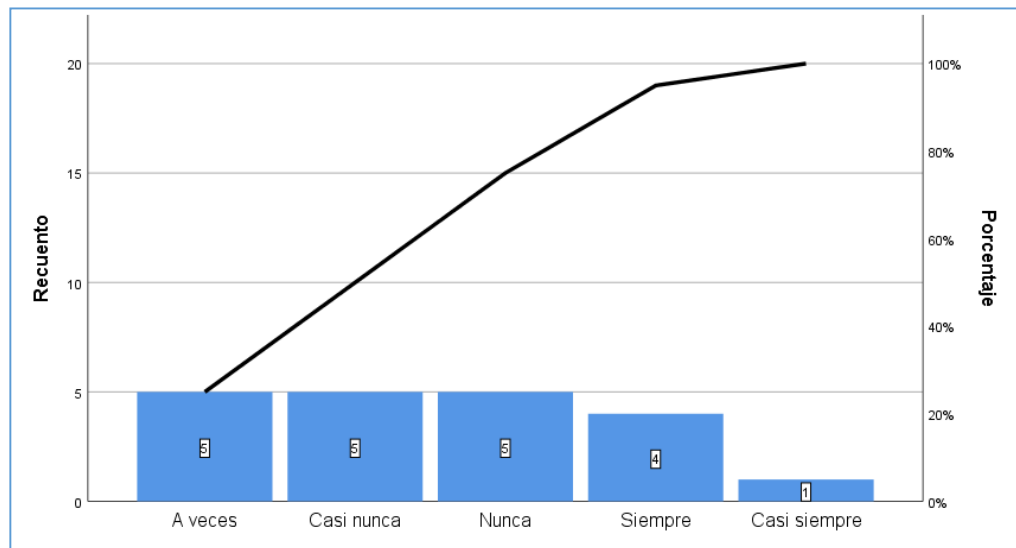


Figura N° 20: ¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla 19 observa en un 25% siempre y casi siempre es necesario el control de procesos procesos productivos de los componentes del sistema

utilización con el fin de garantizar la calidad del servicio eléctrico un 25% cree que no es vital este procedimiento

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 8            | 40,0       |
| Casi nunca   | 3            | 15,0       |
| A veces      | 3            | 15,0       |
| Casi siempre | 3            | 15,0       |
| Siempre      | 3            | 15,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 48: ¿Es frecuente las fallas en los equipos eléctricos generados por los sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

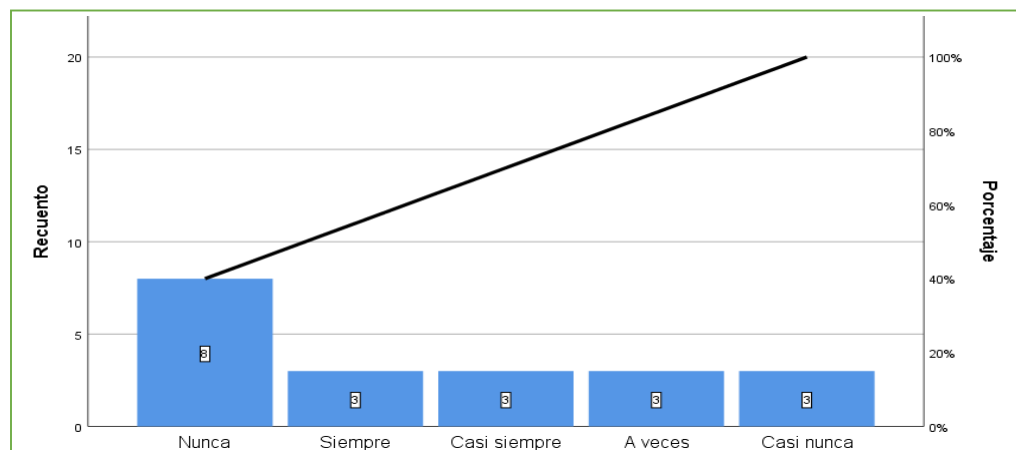


Figura N° 21: ¿Es frecuente las fallas en los equipos eléctricos generados por los sistema de utilización?

Fuente (2019) Autoría Propia

|       | Trabajadores | Porcentaje |
|-------|--------------|------------|
| Nunca | 1            | 5,0        |

|              |    |       |
|--------------|----|-------|
| Casi nunca   | 8  | 40,0  |
| A veces      | 3  | 15,0  |
| Casi siempre | 7  | 35,0  |
| Siempre      | 1  | 5,0   |
| Total        | 20 | 100,0 |

¿Considera que las plantas que requieren servicio eléctrico son evaluadas antes de pasar por el proceso productivo correspondiente?

) Autoría Propia

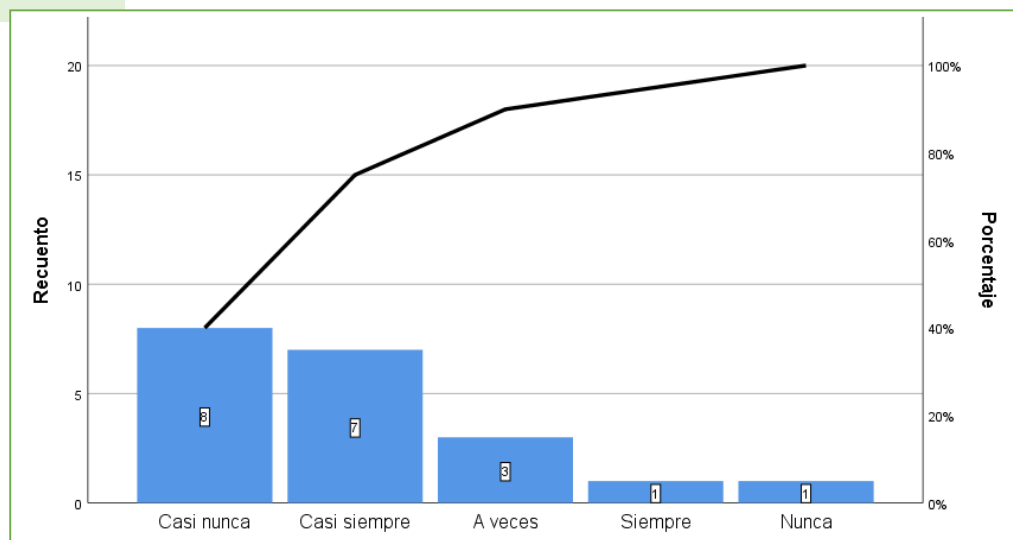


Figura N° 22 ¿Considera que las plantas que requieren servicio eléctrico son evaluadas antes de pasar por el proceso productivo correspondiente?

Fuente (2019) Autoría Propia

La tabla N° 49 ,según 40% de trabajadores las plantas eléctricas donde se fabrica los componentes del sistema utilización pasan por un proceso productivo qué es verificado trabajadores...

|            | Trabajadores | Porcentaje |
|------------|--------------|------------|
| Nunca      | 3            | 15,0       |
| Casi nunca | 2            | 10,0       |
| A veces    | 6            | 30,0       |



|              |    |       |
|--------------|----|-------|
| Casi siempre | 4  | 20,0  |
| Siempre      | 5  | 25,0  |
| Total        | 20 | 100,0 |

¿Considera que el servicio eléctrico pasa por un ciclo de mejora continua?

Fuente (2019) Autoría Propia

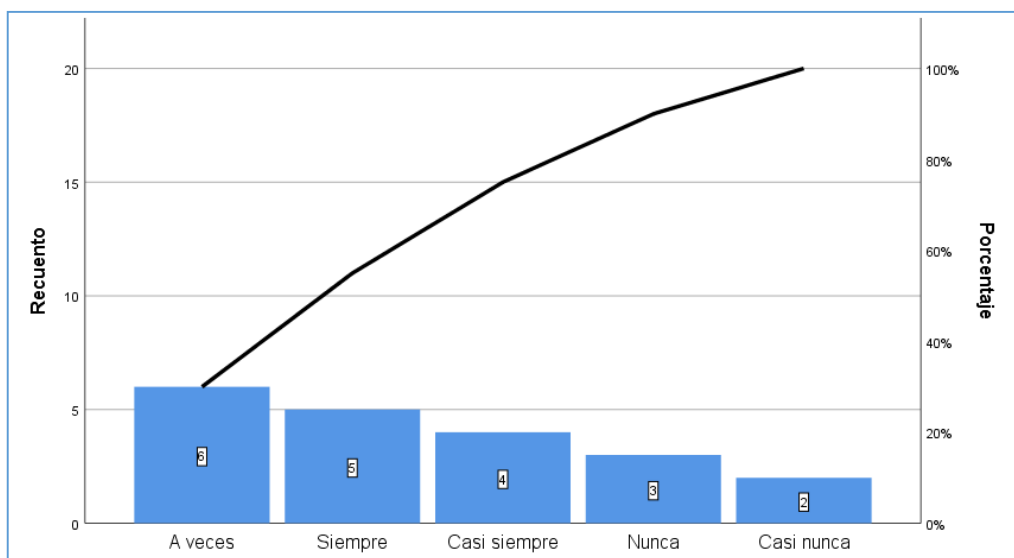


Figura N° 23: ¿Considera que el servicio eléctrico pasa por un ciclo de mejora continua?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 50 los procedimientos necesarios al momento de realizar la implementación del sistema de utilización pasan por un ciclo de mejora continua según el 45% de los trabajadores mientras que un 15% niega esta premisa

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 7            | 35,0       |
| Casi nunca   | 4            | 20,0       |
| A veces      | 2            | 10,0       |
| Casi siempre | 2            | 10,0       |
| Siempre      | 5            | 25,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 51: ¿Cree usted que la mejora continua garantiza la calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

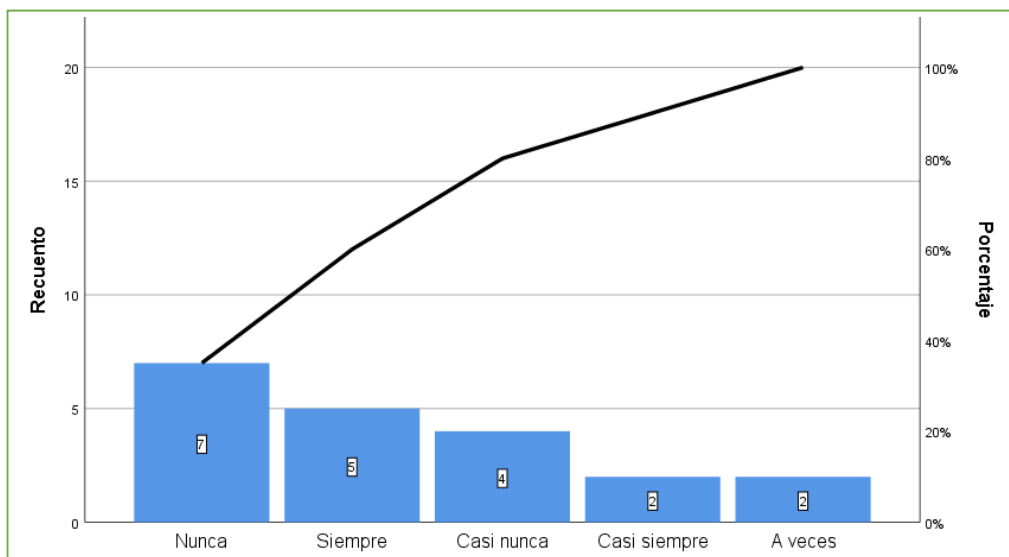


Figura N° 24: ¿Cree usted que la mejora continua garantiza la calidad del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 51 se observa que los trabajadores en un 35% consideran de vital importancia la mejora continua para garantizar la calidad del servicio eléctrico, sin embargo otro 35% cree que hay otros factores que garantizan la calidad buscada

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 3            | 15,0       |
| Casi nunca   | 6            | 30,0       |
| A veces      | 1            | 5,0        |
| Casi siempre | 6            | 30,0       |
| Siempre      | 4            | 20,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 52: ¿Con que frecuencia se desarrolla la mejora continua en todo el proceso de la implementación del sistema de utilización del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

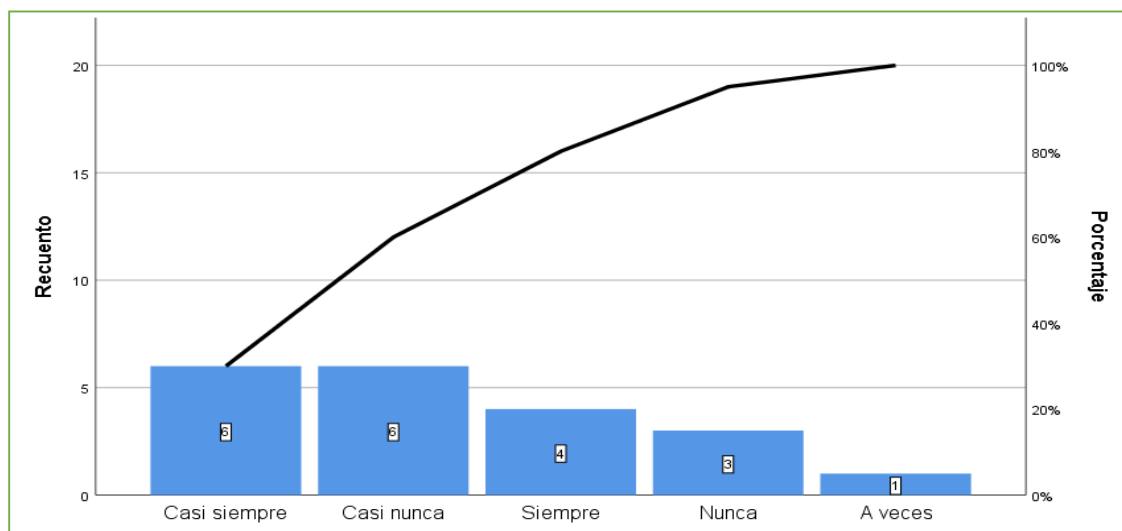


Figura N° 25: ¿Con que frecuencia se desarrolla la mejora continua en todo el proceso de la implementación del sistema de utilización del servicio eléctrico?

Fuente (2019) Autoría Propia

La tabla N° 52 se observa que es frecuente el desarrollo de la mejora continua en pleno proceso de implementación del sistema de utilización con un 50% de trabajadores que opinan de esta manera

|              | Trabajadores | Porcentaje |
|--------------|--------------|------------|
| Nunca        | 3            | 15,0       |
| Casi nunca   | 6            | 30,0       |
| A veces      | 3            | 15,0       |
| Casi siempre | 4            | 20,0       |
| Siempre      | 4            | 20,0       |
| Total        | 20           | 100,0      |

Tabla N° 53:¿Cuándo se resuelve un problema respecto al servicio eléctrico este ya no vuelve a ocurrir?

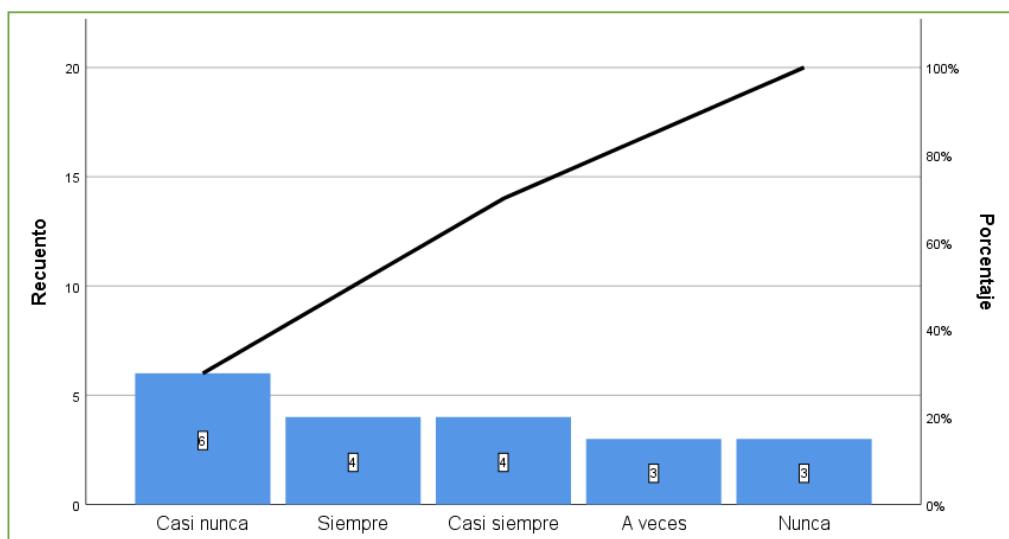


Figura N° 26:¿¿Cuándo se resuelve un problema respecto al servicio eléctrico este ya no vuelve a ocurrir?

Fuente (2019) Autoría Propia

En la tabla N° 53 se observa que un 40% de trabajadores resuelven problemas que no vuelvan a ocurrir y un 15% cree que el problema puede volver arrepentirse en un tiempo próximo

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

Se concluye que:

- Si existe relación significativa entre el sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.
- El desarrollo de la investigación, ha permitido identificar aspectos de las redes en MT que evidencian que esta tecnología debe ser considerada como una alternativa importante
- El sistema de utilización en 13,2 Kv tipo MRT influye en evitar caídas de tensión inesperadas lo que lo convierte en un sistema de distribución eléctrica de calidad.
- El estudio de la máxima demanda previo a la implementación permite que el sistema de utilización no tenga caídas de tensión.
- El proceso productivo por el cual pasa cada uno de los materiales que se usaran durante la implementación del sistema de utilización en 13,2 Kv tipo MRT fue minucioso y con un control de calidad por lo que cumplió con cada una de las especificaciones técnicas.
- El sistema de utilización en 13,2 Kv tipo MRT garantiza un servicio eléctrico de calidad siempre y cuando se sigue un proceso adecuado y existe un proceso de realimentación que nos lleva a un ciclo de mejora continua en el cual el sistema de utilización se adapta a los cambios que puede haber en la estación base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.
- Este tipo de sistema de utilización tiene la ventaja de que al llevar un solo conductor reduce la longitud de conductores requeridas.
- El costo de este sistema de utilización en 13,2 Kv tipo MRT es menor a otros tipos comúnmente usados.

## CAPITULO VII DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

#### Hipótesis general

##### **Correlaciones**

|                 |    |                            | VI     | VD     |
|-----------------|----|----------------------------|--------|--------|
| Rho de Spearman | VI | Coeficiente de correlación | 1,000  | ,961** |
|                 |    | Sig. (bilateral)           | .      | ,000   |
|                 |    | N                          | 20     | 20     |
|                 | VD | Coeficiente de correlación | ,961** | 1,000  |
|                 |    | Sig. (bilateral)           | ,000   | .      |
|                 |    | N                          | 20     | 20     |

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Tabla N° 54: Coeficiente de correlación y significación entre el sistema de utilización en 13,2 kv tipo Mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – Chugay de propiedad de America Movil Peru S.A.C

Fuente: Resultado de correlación de variables

De los resultados se aprecian en la TABLA N° 26 , el grado de relación entre las variables determinadas por el coeficiente Rho de Spearman = ,961 lo cual significa que existe una relación positiva y alta entre las variables, y cuyo p-valor calculado es > 0.05, permite rechazar la hipótesis nula.

Por lo tanto:

Si existe relación significativa entre el sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.

### **Hipótesis Especifica 1:**

Tabla N° 55: Coeficiente de correlacion y significacion entre las especificaciones tecnicas del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio electrico para la estacion base repetidor – chugay de propiedad de america movil peru s.a.c

### **Correlaciones**

|                 |          |                            | VD        | ESPE_TEC |
|-----------------|----------|----------------------------|-----------|----------|
| Rho<br>Spearman | de VD    | Coeficiente de correlación | de 1,000  | ,951**   |
|                 |          | Sig. (bilateral)           | .         | ,000     |
|                 |          | N                          | 20        | 20       |
|                 | ESPE_TEC | Coeficiente de correlación | de ,951** | 1,000    |
|                 |          | Sig. (bilateral)           | ,000      | .        |
|                 |          | N                          | 20        | 20       |

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Resultado de correlación de variables

De los resultados se aprecian en la tabla N° 55, el grado de relación entre las variables determinadas por el coeficiente Rho de Spearman = ,951 lo cual significa que existe una relación positiva y alta entre las variables, y cuyo p-valor calculado es > 0.05, permite rechazar la hipótesis nula.

Por lo tanto:

Si existe relación significativa entre las especificaciones técnicas del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.

### **Hipótesis Específica 2:**

Tabla N° 56: Coeficiente de correlación y significación entre la implementación del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – chugay de propiedad de america movil peru s.a.c

|                 |       |                            | VD     | IMPLE  |
|-----------------|-------|----------------------------|--------|--------|
| Rho de Spearman | VD    | Coeficiente de correlación | 1,000  | ,945** |
|                 |       | Sig. (bilateral)           | .      | ,000   |
|                 |       | N                          | 20     | 20     |
|                 | IMPLE | Coeficiente de correlación | ,945** | 1,000  |
|                 |       | Sig. (bilateral)           | ,000   | .      |
|                 |       | N                          | 20     | 20     |

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Resultado de correlación de variables

De los resultados se aprecian en la tabla N° 56, el grado de relación entre las variables determinadas por el coeficiente Rho de Spearman = ,945 lo cual significa que existe una relación positiva y alta entre las variables, y cuyo p-valor calculado es  $> 0.05$ , permite rechazar la hipótesis nula.

Por lo tanto:

Si existe relación significativa entre la implementación del sistema de utilización en 13,2 kv tipo mrt con la calidad del servicio eléctrico para la estación base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.



## 7.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares.

- En las investigaciones previas realizadas se puede ver que no tienen una sección de resultados debido a que las tesis fueron tratadas como proyecto de inversión en el cual se especifican y detallan todo lo necesario para que el sistema de utilización que implementaran se desarrolle de manera correcta, definiendo a detalle las especificaciones técnicas, normativas, fórmulas para cálculo del proceso productivo por el que pasan por materiales y requerimientos que el proyecto a merita.
- Según lo descrito por Soto Evangelista, Richard realizó un proyecto el cual tenía por objetivo plantear la elaboración y aprobación de un sistema de utilización en 10 Kv e Instalaciones eléctricas telefónicas-
- Así mismo vemos el estudio realizado por Montero Juarez, Ebert el cual tenía por objetivo la electrificación para un sistema de utilización en media tensión 22.9 Kv para el varadero para embarcaciones pesqueras, por otro lado tenemos el estudio realizado por Bravo Revilla, Victor el cual tenía como objetivo el diseñar un sistema de utilización a nivel de 22.9 Kv para suministrar energía eléctrica a planta industrial productora de hielo en bloques, por lo cual son similares al estudio que hemos realizado donde se detallan los materiales y especificaciones técnicas de los mismos y adicional a ello se ve la influencia del mismo en la calidad de servicio eléctrico que se brindara.

## CAPITULO VIII : RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar cada uno de los cálculos de los transformadores y que se den revisiones de estos ya que esto garantiza el éxito de la implementación del sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT para la base repetidor – CHUGAY de propiedad de AMERICA MOVIL PERU S.A.C.
- Se recomienda realizar investigación sobre los diferentes tipos de sistema de utilización y medir los beneficios y problemas que cada uno de ellos ofrece para conocer el mejor en cuanto a costo, valor y calidad.
- Se recomienda estudiar el proceso productivo por el cual se trata cada uno de los materiales para conocer los beneficios de esto y la calidad que debe tener para que la implementación de un sistema de utilización se lleve a cabo de la mejor manera posible.
- Se recomienda llevar a cabo el estudio de la demanda máxima de energía eléctrica para evitar problemas de caída de tensión.
- Se recomienda conocer los pros y contras del sistema de utilización a implementar para poder crear un manual de procedimientos a seguir en cada uno de los casos que se puedan presentar.
- El sistema de utilización de tipo MRT se promueve como seguro debido al aislamiento de la tierra tanto desde el generador y el usuario. La mayoría de los otros sistemas eléctricos utilizan un metálico neutro conectado directamente al generador o una planta compartida.
- Un sistema de utilización de tipo MRT bien diseñado puede ser mejorado sustancialmente ya que la demanda crece sin nuevos polos. El primer paso puede ser la de sustituir el alambre de acero con más caro de alambre revestido de cobre o acero de aluminio revestido

## CAPITULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo Revilla, V. (2018). Diseño del sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9 Kv y subestación tipo caseta de 1000Kva para la empresa congelados gutiérrez. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista*. Arequipa, Peru: Universidad Católica de Santa María.
- Camarillo Montero, J., Cruz Capitaine, R., Morales Martínez, M., & Aldana Franco, R. (2017). *CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN Manual de Uso del Software*. Veracruz: UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA REGIÓN XALAPA.
- Correa Díaz, A. (2016). Propuesta para la implementación de un sistema de gestión integral de la energía en la planta de Colombates S.A. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Duart Belloque, V. (2007). Eficiencia y ahorro energético: contribución del sector de las tecnologías de la información. *Universia Business Review*, 116-127.
- ElectroPuno S.A. (2014). Manual de Calidad del Servicio Electrico. Puno, Peru.
- Enríquez Harper, G. (2004). *El ABD del alumbrado y las intalaciones Eléctricas en baja tensión*. Balderas: Editorial LIMUSA S.A.
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., & Snachez, L. (2013). *El uso de la energía en los procesos productivos en el area rural*. Lima: Ilata SAC.
- G. Fink, D., Wayne Beaty, H., & M. Carroll, J. (2006). *Manual práctico de electricidad para ingenieros*. Barcelona: McGraw-Hill, Inc.
- Instituto tecnológico de Canarias S.A. (2008). *Guía de ahorro y eficiencia energética en Canarias*. Canarias: Consejería de Empleo, Industria y Comercio del Gobierno de Canarias.

- Juárez Cervantes, J. (1995). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Montero Juarez, E. (2015). Sistema de utilización en 22.9 Kv, 30 para el varadero de embarcaciones artesanales en el distrito de los órganos. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero electricista*. Lima, Callao, Peru: Universidad Nacional del Callao.
- Raigozo Suarez, J. (7 de Febrero de 2013). *Electricidad industrial 2013*. Obtenido de <http://electricidadindustrial2013.blogspot.com/2013/02/etapas-del-proceso-productivo.html>
- Ramirez Castaño, S. (2004). *Redes de distribución de Energía*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES.
- Ras Oliva, E. (2004). *Transformadores de potencia de medida y de protección 7a edición*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Richard A., S. (1999). Pproyectos de sistemas de utilización en 10Kv e Instalaciones Eléctricas telefónicas y sistemas auxiliares de un hotel de cuatro estrellas y 135 habitaciones. *Proyecto de Tesis*. Lima, Callao, Peru: Universidad Nacional del Callao.

#### NORMAS:

- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844. y su Reglamento.
- Código Nacional de suministro 2011.
- Normas: MEM/DEP -311, MEM/DEP -312, MEM/DEP -501, MEM/DEP -411, MEM/DEP -412, MEM/DEP -502.
- Otras Normas Técnicas vigentes aprobadas por la Dirección General del
- Ministerio de Energía y Minas.
- Reglamento Nacional de Construcciones Nacional de suministro 2011.

- Reglamento Nacional de Construcciones.
- Sistema Eléctrico de Distribución- Yebra Moron, Juan Carlos- Edición
- 2009

CAPITULO X : ANEXOS  
ANEXO 1: Matriz de Consistencia

| SISTEMAS DE UTILIZACIÓN EN 13,2 KV TIPO MRT PARA LA ESTACIÓN BASE REPETIDOR – CHUGAY DE PROPIEDAD DE AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C  |   |   |                                       |                           |                      |                        |
|--|---|---|---------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| PROBLEMA PRINCIPAL   | OBJETIVO GENERAL  | HIPÓTESIS GENERAL   | VARIABLES                             | DIMENSIONES               | INDICADORES          | ESCALA DE INDICADORES  |
| ¿De qué manera el Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019?                                 | Determinar de qué manera el Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019                                 | El Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019  | VI:<br>Sistema de Utilización         | Especificaciones Técnicas |                      | De Razón               |
|  |   |   |                                       | Implementación            |                      | De Razón               |
| SECUNDARIOS  | SECUNDARIOS   | SECUNDARIOS   | VARIABLES                             | DIMENSIONES               | INDICADORES          | ESCALA DE INDICADORES  |
| ¿De qué manera las especificaciones técnicas del Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019? | Determinar de qué manera las especificaciones técnicas del Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019 | Las especificaciones técnicas del Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019            | VD:<br>Calidad de Servicio de Energía | Caída de Tensión          | Aspectos económicos  | De Razón               |
|  |   |   |                                       | Máxima Demanda            |                      | Propiedades especiales |
| ¿De qué manera la implementación del Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019?             | Determinar de qué manera la implementación del Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019             | La implementación del Sistema de utilización Sistema de utilización en 13,2 Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019 |                                       | Procesos productivos      | Cálculos matemáticos | De Razón               |
|  |   |   |                                       | Ciclos de mejora continua | Factores productivos |                        |

## ANEXO 2: Cálculos para el proyecto

### A. DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE CONDUCTORES

#### **Distancia horizontal mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano:**

$$D \geq 0,0076 (U) (FC) + 0,65 \sqrt{f}$$

Dónde:

U = Tensión nominal entre fases (kV)

FC = Factor de corrección por altitud

f = Flecha del conductor a la temperatura máxima prevista (m)

#### **Notas:**

1- Cuando se trate de conductores de flechas diferentes, sea por tener distintas secciones o haberse partido de esfuerzos EDS diferentes, se tomará la mayor de las flechas para la determinación de la distancia horizontal mínima.

2. Además de las distancias en estado de reposo, se deberá verificar, también, que bajo una diferencia del 40% entre las presiones dinámicas de viento sobre los conductores más cercanos, la distancia D no sea menor que 0,20 m.

#### **Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano:**

- Para vanos hasta 100 m : 0,70 m
- Para vanos entre 101 y 350 m : 1,00 m
- Para vanos entre 350 y 600 m : 1,20 m
- Para vanos mayores a 600 m : 2,00 m

En estructuras con disposición triangular de conductores, donde dos de éstos estén ubicados en un plano horizontal, sólo se tomará en cuenta la separación horizontal de conductores si es que el conductor superior central se encuentra a una distancia vertical de 1,00 m o 1,20 m (Según la longitud de los vanos) respecto a los otros 2 conductores: En líneas con conductor neutro, deberá verificarse, adicionalmente, la

distancia vertical entre el conductor de fase y el neutro para la condición sin viento y máxima temperatura en el conductor de fase, y temperatura EDS en el conductor neutro. En esta situación la distancia vertical entre estos dos conductores no deberá ser inferior a 0,50 m. Esta verificación deberá efectuarse, también, cuando exista una transición de disposición horizontal a disposición vertical de conductores con presencia de conductor neutro.

**Distancias verticales de seguridad de conductores sobre el nivel del piso, camino.**

La distancia vertical entre fases de acuerdo al código Nacional de Electricidad (suministros 2011) **tabla 232-1** que fue determinada de acuerdo a la formula  $Dv = 0,8 + 0,01(kV-11)$

Cuando los conductores cuando cruzan o sobresalen:

- Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones:

7,0 m

- Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones:

6,5 m

- Calzadas, zonas de parqueo y callejones:

6,5 m

-Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.:

6,5 m

- Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos:

5,0 m

- Calles y caminos en zonas rurales

6,5 m

Cuando los conductores recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos, pero no sobresalen del camino.

- Carreteras y avenidas:

6,5 m

- Caminos calles o callejones:



6,0 m

- Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos:

5,0 m

- Calles y caminos en zonas rurales:

5,0 m

#### **Distancia de seguridad de los conductores a edificaciones.**

##### **a. Horizontal**

- A paredes, proyecciones, balcones y áreas fácilmente accesibles:

2,5 m

##### **b. Vertical**

- Sobre techos o proyecciones no fácilmente accesibles a peatones:

4,0 m

- Sobre balcones y techos fácilmente accesibles a peatones: 4,0 m

#### **Distancia de seguridad de los conductores a letreros, chimeneas, carteles, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios y puentes.**

**a. Horizontal:** 2,5 m

**b. Vertical:** 4,0 m

- Sobre pasillos y otras superficies por donde transita el personal.
- Sobre otras partes de dichas instalaciones no accesibles a peatones. 3,5 m

### **CÁLCULOS ELÉCTRICOS**

#### **B. CÁLCULOS DE PARÁMETROS DEL SISTEMA**

##### **Características del Sistema**

Para los efectos del diseño eléctrico del sistema de utilización se tendrán en cuenta las siguientes características.

- Tensión nominal de la red :13,2 kV.
- Frecuencia nominal :60 Hz
- Factor de potencia :0,90 (atraso)

|   |                     |
|---|---------------------|
| SECCION(mm <sup>2</sup> )                 | 35                  |
| MATERIAL                                  | AAAC                |
| DIÁMETRO(mm)                              | 6,30                |
| ESFUERZO DE ROTURA(kN)                    | 10,81               |
| RESISTENCIA ELECTRICA A 20°C (Ω/km.)      | 0,965 1             |
| COEFICIENTE TERMICO DE RESISTENCIA (1°/C) | 23x10 <sup>-6</sup> |

Tabla N° 57: Datos técnicos del conductor

Fuente: Elaboración propia

**Resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calculará mediante la siguiente fórmula.**

- $R_1 = R_{20} [1 + 0,0036 (t - 20^\circ)]$
- $R_{20}$  = Resistencia del conductor en c.c. a 20°C, en ohm/km
- $t$  = Temperatura máxima de operación, en °C.(40°C)

Según la tabla se consignan los valores de resistencia de los conductores a 20 °C y 40 °C.

**Reactancia inductiva equivalente para sistemas Trifásicos equilibrados.**

- Las fórmulas a emplearse serán las siguientes:
- $X_L = 377 (0,5 + 4,6 \text{ Log. DMG}) \times 10^{-4}$ , en ohm/km (r)
- $DMG = 2,2 \text{ m}$
- $r$  = radio del conductor, en m

Los valores calculados se muestran en el Cuadro N° 3.2

| Sección mm <sup>2</sup> | Número de Alambres | Diámetro Exterior (mm) | Diámetro de cada alambre (mm) | Resist. Eléctrica a 20°C (Ohm/km) | Resist. Eléctrica a 40°C (Ohm/km) |
|-------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 35                      | 7                  | 6,30                   | 2,52                          | 1,350                             | 1,470                             |

Tabla N° 58: *Parámetros de conductores resistencia eléctrica*

*Fuente: Elaboración propia*

| SECCION | X2<br>(ohm/km) | K2<br>(x 10 <sup>-4</sup> ) |
|---------|----------------|-----------------------------|
| 35      | 0,49           | 3,268                       |

Tabla N° 59: *Parámetros de conductores reactancia inductiva y factor de caída de tensión*

*Fuente: Elaboración propia*

### C. CÁLCULOS DE CAÍDA DE TENSIÓN

**Para sistemas Monofásicos a la tensión entre fases.**

$$\Delta V \% = \frac{PL (r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi)}{10V_f^2}$$

$$\Delta V \% = K_2 PL \quad ; \quad K_2 = \frac{r_1 + X_2 \operatorname{tg} \phi}{10 V_f^2}$$

#### **Simbología:**

- $\Delta V \%$  = Caída porcentual de tensión.
- P = Potencia, en kW.
- L = Longitud del tramo de línea, en km.
- $V_f$  = Tensión de fase - neutro, en kV.
- $r_1$  = Resistencia del conductor, en ohm / km.
- $X_2$  = Reactancia inductiva para sistemas monofásicos, a la tensión entre fases ohm/km.
- $\phi$  = Angulo de factor de potencia.
- $K_2$  = Factor de caída de tensión.

### D. PERDIDAS DE POTENCIA Y ENERGIA POR EFECTO JOULE

Las pérdidas de potencia y energía se calcularán utilizando las

siguientes fórmulas:

- a) Pérdidas de potencia en circuitos monofásico a la tensión entre fases:

$$P_J = \frac{2 P^2 (r_1) L}{1000 V_L^2 (\cos^2 \phi)}, \text{ En kW}$$

- b) Pérdidas anuales de energía activa:

$$E_J = 8760 (P_J) (FP), \text{ en kW-h}$$
$$FP = 0,15 FC + 0,85 FC^2$$

Dónde:

- P = Demanda de potencia, en kW
- r<sub>1</sub> = Resistencia del conductor a la temperatura de operación, en Ohm/km
- L = Longitud del circuito o tramo del circuito, en km
- V<sub>L</sub> = Tensión entre fase, en kV
- φ = Angulo de factor de potencia
- FP = Factor de pérdidas
- FC = Factor de carga

#### E. CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCTOR

Estos cálculos tienen el objetivo de determinar las siguientes magnitudes relativas a los conductores del sistema de utilización en todas las hipótesis de trabajo:

- Esfuerzo horizontal del conductor
- Esfuerzo tangencial del conductor en los apoyos
- Flecha del conductor
- Parámetros del conductor
- Coordenadas de plantillas de flecha máxima (sólo en hipótesis de máxima temperatura)

- Ángulos de salida del conductor respecto a la línea horizontal, en los apoyos.
- Vano - peso de los apoyos
- Vano - medio de los apoyos

### **Características de los Conductores Normalizados**

#### **Material de los Conductores**

Los conductores para el sistema de utilización aérea serán de aleación de aluminio (AAAC), fabricados según las prescripciones de las normas ASTM B398, ASTM B99 o IEC 1089.

#### **Características Mecánicas de los Conductores de Aleación de Aluminio Normalizados.**

- Sección (mm<sup>2</sup>) = 35
- Nº de Alambres = 7
- Diámetro exterior (mm) = 6,3
- Diámetro alambres (mm) = 2,09
- Masa total (kg/m) = 0,065 7
- Coef. de expansión Térmica (1/°C) = 2,3 x 10 -6
- Módulo de Elasticidad Final (N/mm<sup>2</sup>) = 60 760
- Esfuerzo en rotura (Kg.) = 740
- Esfuerzos máximos en el Conductor

#### **Esfuerzos del Conductor en la Condición EDS**

Las Normas Internacionales y las Instituciones vinculadas a la investigación respecto al comportamiento de los conductores, recomiendan que en líneas con conductores de aleación de aluminio sin protección antivibrante, los esfuerzos horizontales que se tomarán de modo referencial, serán los siguientes:

- a. En la condición EDS inicial 18% del esfuerzo de rotura del conductor (UTS)
- b. En la condición EDS final 16% del esfuerzo de rotura del conductor

(UTS)

Sin embargo, cuando la relación desnivel/vano sea muy alta (mayor que 0,2) y se trate de conductores de reducidas secciones, los esfuerzos máximos que se presenten con el conductor superarán, fácilmente, el máximo permisible.

En tal sentido, el esfuerzo EDS será determinado sobre la base de las consideraciones señaladas y su valor estará comprendido entre 44 N/mm<sup>2</sup> y 52,9 N/mm<sup>2</sup>. En casos especiales, cuando la sobrecarga en los conductores sea muy grande, como la producida por la presencia de hielo, podrán aplicarse esfuerzos EDS menores a los consignados.

Para conductores de sección igual o menor que 95 mm<sup>2</sup> se considera un esfuerzo de rotura promedio de 300 N/mm<sup>2</sup>

### **Esfuerzos máximos en el Conductor**

Los esfuerzos máximos en el conductor son los esfuerzos tangenciales que se producen en los puntos más elevados de la catenaria. Para los conductores de aleación de aluminio no deben sobrepasar el 40% del esfuerzo de rotura, es decir: 120 N/mm<sup>2</sup>

- Hipótesis de Estado

Las hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor se definen sobre la base de los siguientes factores:

- Velocidad de viento
- Temperatura
- Carga de hielo

Sobre la base de la zonificación y las cargas definidas por el Código Nacional de Electricidad Suministro, se considerarán las siguientes hipótesis:

### **HIPOTESIS Nº 1: Condición de mayor duración (EDS inicial)**

- Temperatura : 12 °C
- Velocidad de viento: nula
- Sobrecarga de hielo: nula

### **HIPOTESIS Nº 2: Mínima Temperatura**

- Temperatura : 2 °C
- Velocidad de viento: nula
- Sobrecarga de hielo: nula

#### **HIPOTESIS Nº 3: Máxima Velocidad el viento**

- Temperatura: 12 °C
- Velocidad de viento: 72 km/h
- Sobrecarga de hielo: nula

#### **HIPOTESIS Nº 4: Máxima Temperatura**

- Temperatura : 32 °C
- Velocidad de viento: nula
- Sobrecarga de hielo: nula

### **F. CÁLCULOS MECÁNICOS DE POSTES**

#### **Objeto**

Estos Cálculos tienen por objeto determinar las cargas mecánicas en postes, cables de retenida y sus accesorios, de tal manera que, en las condiciones más críticas, no se superara los esfuerzos máximos previstos en el Código Nacional de Electricidad Suministro y complementariamente en las Normas Internacionales.

#### **Factores de Seguridad**

Los factores de seguridad mínimas respecto a las cargas de rotura serán las siguientes:

En condiciones normales

- Poste de Concreto 2
- Palomilla de Concreto 1,3

#### **Características de los postes**

| <b>Características</b>   | <b>12 m</b> |
|--|-------------|
| - Diámetro en la Punta (mm)  | 165         |
| - Diámetro de Empotramiento (mm)   | 360         |
| - Longitud de Empotramiento (m)  | 1,20        |
| - Longitud Libre del Poste (m)   | 10,8        |
| - Carga de Rotura (Kg)   | 300         |
| - Distancia de la punta del poste al punto de aplicación de la fuerza resultante (m) | 0,40        |
| - Peso Aproximado (Kg)   | 1 500       |

Tabla N° 60: *Características de los postes*

Fuente: *Elaboración propia*

### **Características de los Conductores**

| <b>Sección(mm<sup>2</sup>)</b> | <b>35</b>   |
|--------------------------------|-------------|
| Material                       | <b>AAAC</b> |
| N° de alambres                 | 7           |
| Diámetro (mm)                  | 6,30        |
| Esfuerzo de rotura (Kg)        | 740         |
| Masa total (Kg/m)              | 0,065 7     |

Tabla N° 61: *Características de los conductores*

Fuente: *Elaboración propia*

### **G. CÁLCULO DE PARARRAYOS**

#### **Características técnicas de los equipos**

Estas características técnicas cubren los datos técnicos mínimos necesarios, para desarrollar la revisión, selección de los pararrayos y la coordinación de aislamiento.



## PROTECTIVE CHARACTERISTICS

VariSTAR distribution class arresters provide excellent overvoltage

protection for electrical equipment throughout distribution systems. The protective characteristics of the VariSTAR arrester family are shown in Tables 5, 6, and 7.

BLE 5  
Protective Characteristics – VariSTAR Normal Duty (UNS)

| Arrester Rating (kV rms) | MCOV (kV rms) | Front-of-wave Protective Level* (kV crest) | Maximum Discharge Voltage (kV crest) 8/20 $\mu$ s Current Wave |      |      |       |       |       |
|--------------------------|---------------|--|--|------|------|-------|-------|-------|
|                          |               |  | 1.5 kA   | 3 kA | 5 kA | 10 kA | 20 kA | 40 kA |
| 3                        | 2.55          | 11.0                                       | 9.00   | 9.70 | 10.4 | 11.4  | 13.0  | 15.1  |
| 6                        | 5.10          | 22.0                                       | 17.9   | 19.4 | 20.8 | 22.7  | 26.0  | 30.2  |
| 9                        | 7.65          | 31.7                                       | 25.8   | 28.0 | 30.0 | 32.8  | 37.4  | 43.5  |
| 10                       | 8.40          | 33.0                                       | 26.9   | 29.1 | 31.2 | 34.1  | 38.9  | 45.3  |
| 12                       | 10.2          | 41.5                                       | 33.8   | 36.6 | 39.2 | 42.9  | 48.9  | 56.9  |
| 15                       | 12.7          | 51.8                                       | 42.2   | 45.7 | 49.0 | 53.6  | 61.1  | 71.1  |
| 18                       | 15.3          | 62.2                                       | 50.6   | 54.9 | 58.8 | 64.3  | 73.4  | 85.3  |
| 21                       | 17.0          | 66.0                                       | 53.7   | 58.2 | 62.4 | 68.2  | 77.9  | 90.6  |
| 24                       | 19.5          | 77.0                                       | 62.7   | 67.9 | 72.8 | 79.6  | 90.8  | 106   |
| 27                       | 22.0          | 87.2                                       | 71.0   | 76.9 | 82.4 | 90.1  | 103   | 120   |
| 30                       | 24.4          | 97.1                                       | 79.1   | 85.7 | 91.8 | 100   | 115   | 133   |
| 33                       | 27.0          | 108  | 87.8   | 95.1 | 102  | 112   | 127   | 148   |
| 36                       | 29.0          | 116  | 94.7   | 103  | 110  | 120   | 137   | 160   |

\*Based on 5 kA current impulse that results in a discharge voltage cresting in 0.5  $\mu$ s.

Tabla N° 62: Datos mínimos de pararrayos

Fuente: VariSTAR

### b) Procedimientos para la selección de pararrayos y coordinación de aislamiento

En el presente informe, los pasos requeridos para la selección de pararrayos y la coordinación de aislamiento son los siguientes:

#### b.1 Seleccionar el pararrayo.

1. MCOV  $\geq$  Tensión máxima fase-tierra del sistema (ver C.3.1)
2. Capacidad TOV  $\geq$  TOV del sistema (ver C.3.2)
3. Determinar clase del pararrayo

#### b.2 Determinar características de protección del pararrayos (ver C.4).

4. Nivel de protección al impulso de rayo, LPL
5. Nivel de protección al frente de onda, FOW
6. Nivel de protección al impulso de maniobra, SPL

#### b.3 Seleccionar o determinar la sostenibilidad del aislamiento del equipo, BIL, BLS y CWW (ver C.5).

#### b.4 Evaluar la coordinación del aislamiento, los ratios de protección contra rayos (PRL1 y PRL2) y sobretensiones de maniobra (PRS),

además verificar la coordinación gráficamente (ver C.6).

b.5 Evaluar alternativas de corrección. Si no puede alcanzarse una coordinación aceptable, evaluar medidas de corrección (ver C.7).

Cabe precisar, que, siendo la evaluación de la coordinación de asilamiento en sistemas de distribución, no se tomara en cuenta todo lo referido a sobretensiones por maniobra (según la Norma IEEE Std. C62.22-1997).

### **c) Selección del Pararrayo**

La selección de un pararrayo apropiado involucra consideraciones de máxima tensión de operación continua; características de protección (a impulsos de maniobra y rayos); duración (sobretensiones temporales y de maniobra), condiciones de servicio, etc.

Las consideraciones de durabilidad y nivel de protección determinarán la clase del pararrayo seleccionado: estación, intermedio ó ocasionalmente distribución.

Los pararrayos tipo estación están diseñados para aplicaciones pesadas. Tienen el mayor rango de tipos, las características de protección más bajas y la mayor duración.

Los pararrayos tipo distribución son usados para proteger transformadores de baja tensión y líneas donde el trabajo impuesto del sistema es mínimo y hay necesidad de un diseño económico.

#### **c.1 Tensión máxima de operación continua (MCOV)**

Para cada selección del pararrayo, el MCOV del pararrayo debe ser igual o exceder el MCOV del sistema. Una aplicación apropiada requiere que la configuración del sistema (monofásico, delta, estrella) y la conexión del pararrayo (fase-tierra, fase-fase, fase-neutro) sean evaluadas. Por ejemplo, en sistemas eléctricos de alta tensión el pararrayo esta típicamente conectada fase a tierra, y por ello está expuesto a tensiones

fase-tierra. Por otro lado, conectado a un sistema en delta con una falla en una fase, está expuesto a una tensión fase-fase.

Por lo tanto, para que los pararrayos se ajusten a los requerimientos de la red, deben cumplirse dos condiciones en la selección del MCOV:

- MCOV debe ser mayor que la sobretensión continua a frecuencia industrial en los bornes del pararrayos.
- $T \times \text{MCOV}$  debe ser mayor que la sobretensión temporal esperada en los bornes del pararrayos. Según la figura 12, T (solicitud de las sobretensiones temporales) viene determinado por la duración "t" de la sobretensión temporal. Así, para determinar T debe tenerse en cuenta "t".

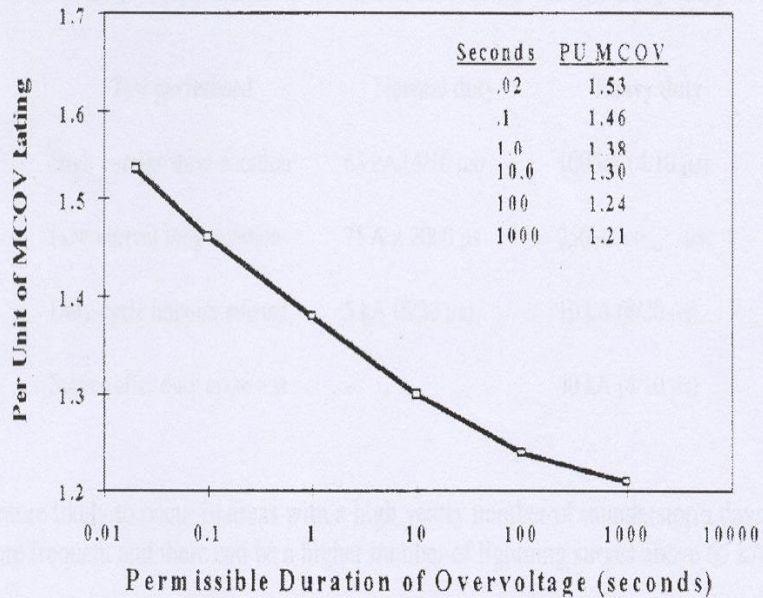


Figure 12—Minimum expected TOV capability of gapless distribution class MOSAs, no prior duty-arrester preheated to 60 °C (North American Manufacturers, May 1995)

Figura N° 27: Datos mínimos de pararrayos

Fuente: IEEE

### c.2 Capacidad de sobretensión temporal (TOV)

Además de las consideraciones que afectan la selección del MCOV del pararrayo, el especialista debe seleccionar un pararrayos que soporte sobretensiones temporales del sistema en la ubicación de él. El requisito básico es que la tensión a la frecuencia de la potencia versus la característica de tiempo del pararrayo, debería ser mayor que la sobretensión temporal (TOV) versus la característica de duración del sistema por todo el tiempo de falla.

La figura 12 es una curva TOV típica para pararrayos clase distribución, la cual es usada en estos cálculos. Durante la ejecución de la obra, estos valores deber ser verificados, con datos de TOV obtenidos de los fabricantes.

El pararrayo seleccionado debe tener la capacidad de sobretensión temporal y MCOV apropiado para el sistema en operación. Algunas veces el MCOV es decisivo y otras veces el TOV es decisivo.

Un cambio en el seteo de los relés, o el uso de interruptores rápidos podría algunas veces permitir usar pararrayos basados en el MCOV cuando el TOV podría haber sido decisivo.

#### c.2.1 Condiciones de falla

##### 1. Consideraciones de amplitud de sobretensión

La fuente de TOV más común es la elevación de tensión sobre las fases sin falla durante una falla línea-tierra. Los valores siguientes pueden ser usados para determinar rápidamente sobretensiones temporales durante condiciones de falla.

$$\text{TOV} \geq \text{Fat} * (\text{Vmáx})$$

Dónde:

- Fat :Factor de aterramiento.
- 0,72 para sistemas de 4 hilos multiterrados (1,25 de Vfase)
- 0,81 para sistemas 3 hilos sólidamente puesto a tierra, baja impedancia (1,4 de Vfase)
- 1,00 para sistemas de 3 hilos, estrella o delta aislado, alta impedancia (1,73 de Vfase)
- Vmáx :Es la tensión máxima entre fases del sistema en kV rms.

##### 2. Consideraciones de duración de sobretensiones

La duración de la sobretensión en fallas línea-tierra depende de la protección de los relés de sobrecorriente. Al faltar información pueden

usarse los valores típicos:

- Sistemas con neutro aterrado: Duración de TOV
  - Protección de línea: 0,2 s
  - Protección de respaldo: 1 s
  
- Sistemas con neutro aislado:
  - Sin despeje de falla a tierra: 3 h
  - Con despeje de falla a tierra: 4 s

### c.3 Selección de la clase del Pararrayos

La clase del pararrayo debería ser seleccionado en base al nivel de protección requerido y lo siguiente:

- Ratings de tensión disponible.
- Las características de durabilidad deben ser adecuadas para requerimientos del sistema.

La clase del pararrayo seleccionado debería ser influenciado por la importancia de la subestación o equipamiento a ser protegido. Por ejemplo, los pararrayos clase estación deben ser usados en grandes subestaciones. Pararrayos clase intermedios podrían ser usados en subestaciones más pequeñas, y en líneas de subtransmisión hasta 161 kV. Los pararrayos clase distribución podrían ser usados en pequeñas subestaciones de distribución.

### c.4 Características de protección del Pararrayos

#### c.4.1 Determinación de los niveles de protección

Los niveles de protección están determinados por tensiones de caída de rayos ó tensiones de descarga del pararrayo bajo consideraciones, basado en el procedimiento de medición subrayado en las sub cláusulas 8.3 y 8.4 de la norma IEEE Std C62.11.1993.

Los siguientes niveles de protección deben ser considerados:

1. FOW: El valor más alto de la descarga del frente de onda FOW o la tensión cresta de descarga en 0,5 us a la corriente clasificada.
2. LPL: El valor más alto de la descarga al impulso del rayo 1,2/50 o la tensión de descarga del pararrayo que resulta de una onda de corriente 8/20 La magnitud de corriente apropiada está determinada por la tensión del sistema, mencionada en la tabla.
3. SLP: El valor más alto de la descarga al impulso de maniobra o la tensión de descarga del pararrayo que resulta de una onda de corriente con un tiempo a la cresta actual de 45 us a 60 us.

c.5 Seleccionar o determinar la sostenibilidad del aislamiento del equipo, BIL, BLS y CWW

Las tensiones BIL, BSL y CWW pueden ser obtenidos de los estándares de equipamientos. Sin embargo, BLS y CWW no existen para todos los niveles de tensión de los equipos. Referirse a IEEE Std C57.12.00-1993, IEEE Std C57.13-1993, IEEE Std C57.21-1990, y IEEE Std C37.04-1979. El BLS para varios tipos de equipos es presentado en la tabla 5. La prueba opcional de onda frontal para algunos transformadores y

IEEE  
Std C62.22-1997

IEEE GUIDE FOR THE APPLICATION OF METAL-OXIDE SURGE

**Table 5—Factors for estimating the withstand voltages of mineral-oil-immersed equipment**

| Type of equipment                       | Impulse duration                     | Withstand voltage  |
|---|--------------------------------------|--------------------|
| Transformers and reactors               | Front of wave (0.5 μs)               | 1.30 to 1.50 × BIL |
| Breakers 15.5 kV and above <sup>a</sup> | Chopped wave (2 μs) <sup>b</sup>     | 1.29 × BIL         |
| Transformers and reactors <sup>a</sup>  | Chopped wave (3 μs) <sup>b</sup>     | 1.10 to 1.15 × BIL |
| Breakers 15.5 kV and above              | Chopped wave (3 μs) <sup>b</sup>     | 1.15 × BIL         |
| Transformer and reactor windings        | Full wave (1.2/50 μs)                | 1.00 × BIL         |
| Transformer and reactor windings        | Switching surge—250/2500 μs wave     | 0.83 × BIL         |
| Bushings                                | Switching surge—250/2500 μs wave     | 0.63 to 0.69 × BIL |
| Breakers 362–800 kV <sup>a</sup>        | Switching surge—250/2500 μs wave BSL | 0.63 to 0.69 × BIL |

<sup>a</sup> Includes air blast and SF<sub>6</sub> circuit breakers; the BIL given in the table is for the circuit breaker in the closed position. The BIL across the open contacts of the circuit breakers in the opened position is 9–10% greater.

<sup>b</sup>Time to chop.

reactores también se listan, pero no es usado en esta guía para propósitos de coordinación de aislamiento.

Tabla N° 63: *Datos de tipos de equipos*

Fuente: *IEEE*

c.6 Evaluación de la coordinación del aislamiento (item C.2, (d))

La coordinación del aislamiento es evaluada en base al margen entre la sostenibilidad del aislamiento del equipo (interno) y la tensión de descarga en los terminales del equipo.

En general, hay dos métodos de retratar la coordinación del aislamiento, como se indica a continuación:

- a) Calcular los márgenes o ratios de protección; y
- b) Representación gráfica de la coordinación.

Indiferentemente del método, se aplican los mismos márgenes y ratios de protección. La representación gráfica se muestra en la figura 9. Debe reconocerse que el dato de las cuatro (por lo menos) pruebas de aislamiento generalmente disponibles pueden ser usados para desarrollar una curva aproximada de aislamiento voltios-tiempo. Una curva ploteada según la figura 9 es una interpretación gráfica de los resultados de la prueba, que está presentado como una ayuda a la coordinación de aislamiento. No es una verdadera curva tensión – tiempo para el transformador. Similarmente, la curva del pararrayo es simplemente una representación de los tres niveles de protección.



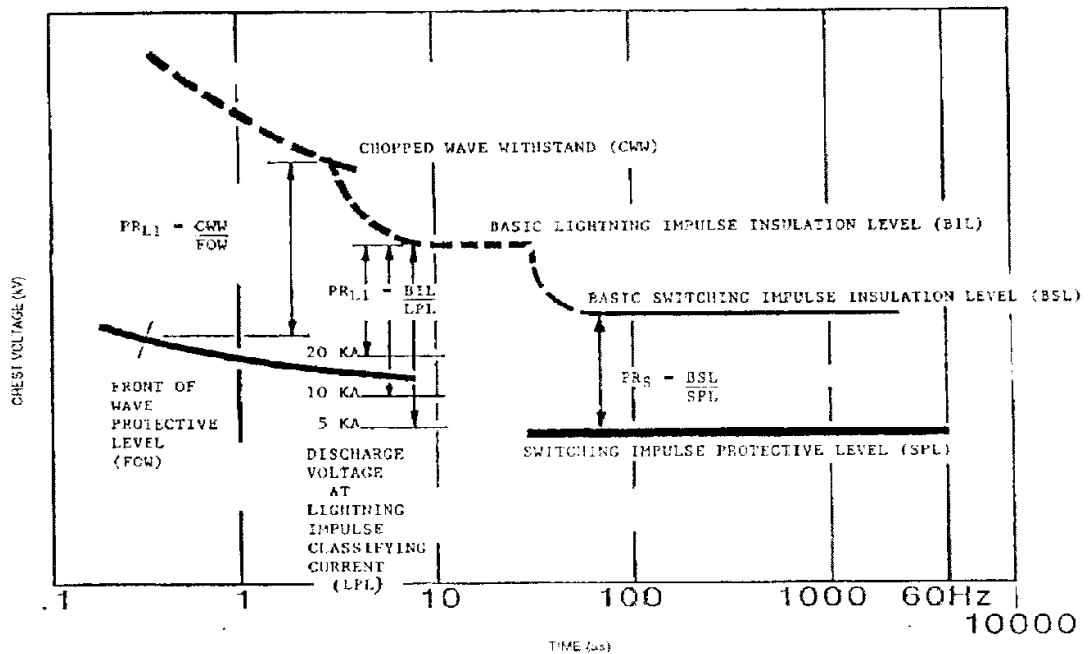


Figura N° 28: Datos mínimos de pararrayos

Fuente: IEEE

Nota: El proceso de coordinación del aislamiento del pararrayo - transformador actualmente está bajo revisión para grandes transformadores de potencia (123 kV para arriba). Una nueva característica para la coordinación del aislamiento de los transformadores, que ha sido tentativamente recomendada por el comité de transformadores de la IEEE, reemplazará al mostrado en la figura 9 y será usado para calcular los márgenes del pararrayo. Los pararrayos que satisfagan estos márgenes de protección serán considerados aceptables.

#### d) Evaluación de alternativas

Si no puede alcanzarse una coordinación aceptable, las siguientes medidas podrían ser evaluadas:

- a) Incrementar el BIL y BLS
- b) Disminuir la distancia de separación pararrayo – transformador

- c) Añadir pararrayos adicionales
- d) Usar pararrayos con características de protección más bajas

#### H. CÁLCULO DE AISLAMIENTO

Condiciones geográficas y climáticas de la Zona

- Altitud Promedio : 3000 m.s.n.m.
- Contaminación ambiental : Media
- Descargas Atmosféricas : Se ha estimado en 60 días de tormenta al año

### **CONSIDERACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO**

- a) Efecto de la Altitud

Según la publicación IEC N° 721, el factor de corrección de incremento de la tensión de diseño de los equipos, es de 1,25% por cada 100 metros de exceso a partir de los 1 000 m.s.n.m.

Considerando que la subestación está ubicada a una altitud de 4 500 m.s.n.m., el factor de corrección por altura será:

$$F_c = 1 + 1,25 (H - 1000) \times 10^{-4}$$

Para la altura del área del proyecto y una temperatura de 19° C máx.

- b) Efecto de la contaminación ambiental

Debido al bajo grado de contaminación y a las lluvias existentes en la zona del proyecto, se ha considerado que las columnas aislantes de los equipos tengan una distancia de fuga mínima de 25 mm/kV, de acuerdo a la publicación IEC N° 815.

- c) Efecto de las descargas atmosféricas

En la zona del proyecto, se tiene un nivel isocerámico estimado de 40

días de tormenta al año, el cual es confirmado por el Mapa Isocerámico del ISE-CIER de 1 970, datos que justifican la utilización de pararrayos. (Ver figura 01 de Cálculo de Aislamiento de Subestación)

d) Puesta a Tierra del sistema Eléctrico

En el proyecto se tiene como equipamiento proyectado un transformador de potencia de 15 kVA con el neutro efectivamente conectado a tierra.

### **DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO INTERNO Y EXTERNO**

El aislamiento interno es muy importante sobre todo para los transformadores de potencia, ya que una reducción de dicho aislamiento, trae consigo una reducción en el costo del transformador.

a) Determinación del aislamiento interno por sobretensión a frecuencia industrial

Las sobretensiones temporales de corta duración a frecuencia industrial, son del orden del 25 % a mayores que la tensión máxima del equipo.

$$UF = 1,25 \times UM \times FC$$

DONDE:

- UF = sobretensión a frecuencia industrial
- UM = tensión máxima del equipo
- FC = factor de corrección que tiene en cuenta la densidad relativa del aire, humedad y lluvia (1,036 5)

- CAIDA DE TENSION ENTRE CONDUCTORES

| CUADRO DE CAIDAS DE TENSION |   |                 |                    |                    |                   |                    |              |               |               |                |         |            |               |           |         |
|-----------------------------|---|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|---------|------------|---------------|-----------|---------|
| Sistema                     | SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY |                 |                    |                    |                   | Alimentador        |              | F.C. (C.E)    | 1             |                |         |            |               |           |         |
| Nivel de Tension            | 13.2  | 13.2            | Kv                 |                    |                   | Max ΔV             | 0.0792 %     | F.C. (S.P)    | 1             |                |         |            |               |           |         |
| Cos φ                       | 0.9   | 0.9             |                    |                    |                   | Pérdidas           | 0.013 kW     | Pérdidas      | 0.11 %        |                |         |            |               |           |         |
|                             |   |                 |                    |                    |                   | Longitud total(km) |              | 2.09          |               |                |         |            |               |           |         |
| Nodo                        | Carga (kVA)   | Carga S.P (kVA) | Carga Espec. (kVA) | Carga Espec. (kVA) | Sistema Eléctrico | POT. RAMAL (kVA)   | ΣCarga (kVA) | Longitud (km) | Sección (mm²) | Tipo Conductor | I (Amp) | ΔV (volts) | Σ(ΔV) (volts) | Σ(ΔV) (%) | ΔP (kW) |
| 0                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.005         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.006      | 0.006         | 0.000     | 0.0000  |
| 1                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.027         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.031      | 0.037         | 0.000     | 0.0002  |
| 2                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.111         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.126      | 0.163         | 0.001     | 0.0007  |
| 3                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.330         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.374      | 0.537         | 0.004     | 0.0020  |
| 4                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.100         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.113      | 0.650         | 0.005     | 0.0006  |
| 5                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.104         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.118      | 0.768         | 0.006     | 0.0006  |
| 6                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.084         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.095      | 0.863         | 0.007     | 0.0005  |
| 7                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.094         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.68       | 1.54          | 0.012     | 0.00    |
| 8                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.111         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.80       | 2.34          | 0.018     | 0.00    |
| 9                           | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.056         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.40       | 2.75          | 0.021     | 0.00    |
| 10                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.110         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.80       | 3.55          | 0.027     | 0.00    |
| 11                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.118         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.85       | 4.40          | 0.033     | 0.00    |
| 12                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.123         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.89       | 5.29          | 0.040     | 0.00    |
| 13                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.097         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.70       | 5.99          | 0.045     | 0.00    |
| 14                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.073         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.53       | 6.52          | 0.049     | 0.00    |
| 15                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.107         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.78       | 7.30          | 0.055     | 0.00    |
| 16                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.080         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.58       | 7.88          | 0.060     | 0.00    |
| 17                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.180         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 1.31       | 9.19          | 0.070     | 0.00    |
| 18                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.078         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.57       | 9.75          | 0.074     | 0.00    |
| 19                          | 0.00  | 0.00            |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.061         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.44       | 10.19         | 0.077     | 0.00    |
| 20                          | 11.00   | 11.00           |                    |                    | 1                 |                    | 11.00        | 0.037         | 35.00         | AAAC           | 0.83    | 0.27       | 10.46         | 0.079     | 0.00    |

Tabla N° 64: Caída de tensión entre conductores

Fuente: *Elaboración Propia*

Para el cálculo de la caída de tensión se ha considerado red con cargas inductivas y factor de potencia 0,90; Máxima Caída de tensión según el C.N.E para alimentador rural = 7%.

La caída de tensión máxima calculada para la red es de 0,0792 %.

## I. CÁLCULOS MECÁNICOS DE CONDUCTOR

| "SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2kV PARA EBC REPETIDOR MACULLIDA       |          |                      |        |               |              |                      |       |               |             |                  |              |        |       |
|--|----------|----------------------|--------|---------------|--------------|----------------------|-------|---------------|-------------|------------------|--------------|--------|-------|
| CUADRO N° 02   |          |                      |        |               |              |                      |       |               |             |                  |              |        |       |
| CALCULO MECANICO DE CONDUCTORES de 35 mm <sup>2</sup> AAAC - EDS 18% |          |                      |        |               |              |                      |       |               |             |                  |              |        |       |
| Conductor:   |          | : AAAC               |        |               |              |                      |       | Temp.         | Vel. Viento | % Tiro de Rotura | Hielo        |        |       |
| Sección:   |          | : 35 mm <sup>2</sup> |        | Hipótesis I   |              | : EDS inicial        |       | 12°C          | S/V         | 0.18             |              |        |       |
| Peso Unitario  |          | : 0,92 N/m           |        | Hipótesis II  |              | : Temp. Mínima       |       | 2°C           | S/V         | 0.6              |              |        |       |
| Tiro de Rotura   |          | : 10081,00 N         |        | Hipótesis III |              | : Máxima Velocidad d |       | 12°C          | 72 km/h     | 0.6              |              |        |       |
| EDS (% TR)   |          | : 18%                |        | Hipótesis IV  |              | : Máxima Temperatur  |       | 32°C          | S/V         | 0.6              |              |        |       |
| Vano   | Desnivel | HIPOTESIS I          |        |               | HIPOTESIS II |                      |       | HIPOTESIS III |             |                  | HIPOTESIS IV |        |       |
| [m]  | [m]      | H (N)                | T (N)  | F (m)         | H (N)        | T (N)                | F (m) | H (N)         | T (N)       | F (m)            | H (N)        | T (N)  | F (m) |
| 20   | 0.8      | 1960.0               | 1962.0 | 0.02          | 2399.9       | 2402.2               | 0.02  | 1980.8        | 1983.2      | 0.05             | 1091.3       | 1092.6 | 0.04  |
| 40   | 1.6      | 1960.0               | 1962.4 | 0.09          | 2393.0       | 2395.7               | 0.08  | 2037.1        | 2040.5      | 0.18             | 1132.2       | 1133.9 | 0.16  |
| 60   | 2.4      | 1960.0               | 1962.9 | 0.21          | 2381.7       | 2384.9               | 0.17  | 2116.0        | 2120.7      | 0.39             | 1185.9       | 1188.3 | 0.35  |
| 80   | 3.2      | 1960.0               | 1963.4 | 0.38          | 2366.7       | 2370.3               | 0.31  | 2206.1        | 2212.1      | 0.67             | 1243.7       | 1246.7 | 0.59  |
| 100  | 4.0      | 1960.0               | 1964.0 | 0.59          | 2348.5       | 2352.7               | 0.49  | 2299.7        | 2307.1      | 1.01             | 1300.6       | 1304.3 | 0.89  |
| 120  | 4.8      | 1960.0               | 1964.6 | 0.85          | 2328.1       | 2332.8               | 0.71  | 2392.6        | 2401.5      | 1.39             | 1354.5       | 1358.9 | 1.23  |
| 140  | 5.6      | 1960.0               | 1965.3 | 1.15          | 2306.0       | 2311.3               | 0.98  | 2482.3        | 2492.8      | 1.83             | 1404.4       | 1409.6 | 1.61  |
| 160  | 6.4      | 1960.0               | 1966.0 | 1.51          | 2283.1       | 2289.1               | 1.29  | 2567.8        | 2580.0      | 2.31             | 1450.2       | 1456.2 | 2.04  |
| 180  | 7.2      | 1960.0               | 1966.7 | 1.91          | 2260.1       | 2266.7               | 1.65  | 2648.6        | 2662.6      | 2.83             | 1492.0       | 1498.8 | 2.51  |
| 200  | 8.0      | 1960.0               | 1967.5 | 2.35          | 2237.5       | 2244.9               | 2.06  | 2724.5        | 2740.3      | 3.40             | 1529.8       | 1537.5 | 3.02  |
| 220  | 8.8      | 1960.0               | 1968.3 | 2.85          | 2215.9       | 2224.0               | 2.52  | 2795.6        | 2813.3      | 4.01             | 1564.2       | 1572.8 | 3.57  |
| 240  | 9.6      | 1960.0               | 1969.2 | 3.39          | 2195.4       | 2204.4               | 3.03  | 2862.0        | 2881.7      | 4.66             | 1595.2       | 1604.8 | 4.17  |
| 260  | 10.4     | 1960.0               | 1970.1 | 3.98          | 2176.3       | 2186.1               | 3.58  | 2923.9        | 2945.8      | 5.35             | 1623.4       | 1633.9 | 4.81  |
| 280  | 11.2     | 1960.0               | 1971.0 | 4.62          | 2158.7       | 2169.4               | 4.19  | 2981.7        | 3005.7      | 6.08             | 1648.8       | 1660.4 | 5.49  |
| 300  | 12.0     | 1960.0               | 1972.0 | 5.30          | 2142.5       | 2154.2               | 4.85  | 3035.6        | 3061.8      | 6.86             | 1671.9       | 1684.5 | 6.21  |
| 320  | 12.8     | 1960.0               | 1973.1 | 6.03          | 2127.8       | 2140.5               | 5.55  | 3085.8        | 3114.2      | 7.68             | 1692.9       | 1706.5 | 6.98  |
| 340  | 13.6     | 1960.0               | 1974.2 | 6.81          | 2114.4       | 2128.2               | 6.31  | 3132.5        | 3163.4      | 8.54             | 1711.9       | 1726.7 | 7.80  |

Tabla N° 65: Cálculos mecánicos del conductor

Fuente: Elaboración Propia

Según norma el esfuerzo horizontal y tangencial del conductor debe ser menor que el 60% del tiro de rotura del conductor en este caso  $10081NX0.6=6048.6N$ .

El vano más largo es de 329m como podemos ver el esfuerzo horizontal H(N) y el esfuerzo tangencial T(N) no sobrepasan los 6048.6N.

Para el vano más largo de 329m la máxima flecha es de 8.54m y como se puede ver en el plano de perfil y planimetría se cumple con la distancia vertical hacia el terreno.

## J. CÁLCULOS MECÁNICOS DE POSTES

CUADRO N° 03

CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO PARA REDES PRIMARIAS - AAAC 35 mm<sup>2</sup>  
POSTE DE CONCRETO ARMADO 13m

| Datos del Poste     |         | Viento   |        | Datos del Conductor   |       | Datos del Aislador           |              | Datos de la Retenida          |        |
|---------------------|---------|--|--------|-----------------------|-------|------------------------------|--------------|-------------------------------|--------|
| Long. del poste m   | 13.0    | Presion Viento Pv Pa                                 | 233.09 | Secc. mm <sup>2</sup> | 35    | Tipo                         | Suspen. 28KV | $\alpha$ °                    | 37     |
| Long. de empot. m   | 1.3     | Area del poste expuesta al viento APV m <sup>2</sup> | 2.96   | Diám. mm              | 6.42  | Long. mm                     | 703          | Alt. m                        | 10.45  |
| Altura útil poste m | 11.7    | Punto de aplicación de Fvp Z m                       | 5.17   | Peso unit. N/m        | 2.61  | Ø mm                         | 390          | Ø <sub>ex</sub> mm            | 10.00  |
| Diám. en punta cm   | 16.50   | FVP N  | 689.30 | Alt. Cond. 1 m        | 11.60 | Peso N                       | 42.183       | Rotura N                      | 30,915 |
| Diám. en base cm    | 36.00   |  |        | Alt. Cond. 2 m        | 10.60 | F.Vie/Ais N                  | 0.03         |                               |        |
| Diám. Empotram. cm  | 34.05   |  |        | Alt. Cond. 3 m        | 9.60  | <b>Datos Generales</b>       |              |                               |        |
| Factor de Seguridad | 2.00    |  |        |                       |       | Peso <sub>mensaj</sub> N     | 248.00       | Dist. Apl. respecto a Punta m | 0.10   |
| Carga Trabajo N     | 3,000   |  |        |                       |       | Peso <sub>opera</sub> N      | 1,000.00     |                               |        |
| Carga Rotura N      | 6000.00 |  |        |                       |       | Peso <sub>accesorios</sub> N | 1,000.00     |                               |        |

| Vano Viento (m)                            | To N Condición Max. Esf. | TC N Tracción de los conduct. | FVC N Fuerza del viento en conduct. | MTC N-m Momento carga sob. conduct. | MVC N-m Momento viento sob. conduct. | MC N-m Momento Total conduct. | MCWN-m Momento cargas verticales | MVP N-m Momento Viento sob. Estructura | MRN N-m Momento total Estructura | Feq-N Fuerza Equiv. Punta | F.S Factor de seguridad | Requer. de Reten. | Número de Reten. |
|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| <b>Estructura PMI, SAM-0F (Anclaje 01)</b> |                          |                               |                                     |                                     |                                      |                               |                                  |  |                                  |                           |                         |                   |                  |
| <b>Ángulo: 0 °</b>                         |                          |                               |                                     |                                     |                                      |                               |                                  |  |                                  |                           |                         |                   |                  |
| 20   | 2402.22                  | 0                             | 37.41                               | 0.00                                | 1,189.68                             | 1,189.68                      | 2,326.30                         | 3,565.73                               | 7081.7                           | 610                       | 4.91                    | NO                |                  |
| 40   | 2395.67                  | 0                             | 67.34                               | 0.00                                | 2,141.43                             | 2,141.43                      | 2,378.50                         | 3,565.73                               | 8085.7                           | 697                       | 4.30                    | NO                |                  |
| 60   | 2384.87                  | 0                             | 97.27                               | 0.00                                | 3,093.18                             | 3,093.18                      | 2,430.70                         | 3,565.73                               | 9089.6                           | 784                       | 3.83                    | NO                |                  |
| 80   | 2370.34                  | 0                             | 127.20                              | 0.00                                | 4,044.93                             | 4,044.93                      | 2,482.90                         | 3,565.73                               | 10093.6                          | 870                       | 3.45                    | NO                |                  |
| 100  | 2352.72                  | 0                             | 157.13                              | 0.00                                | 4,996.68                             | 4,996.68                      | 2,535.10                         | 3,565.73                               | 11097.5                          | 957                       | 3.14                    | NO                |                  |
| 120  | 2332.78                  | 0                             | 187.06                              | 0.00                                | 5,948.42                             | 5,948.42                      | 2,587.30                         | 3,565.73                               | 12101.5                          | 1043                      | 2.88                    | NO                |                  |
| 140  | 2311.31                  | 0                             | 216.99                              | 0.00                                | 6,900.17                             | 6,900.17                      | 2,639.50                         | 3,565.73                               | 13105.4                          | 1130                      | 2.66                    | NO                |                  |
| 160  | 2289.06                  | 0                             | 246.92                              | 0.00                                | 7,851.92                             | 7,851.92                      | 2,678.65                         | 3,565.73                               | 14096.3                          | 1215                      | 2.47                    | NO                |                  |
| <b>Ángulo: 5 °</b>                         |                          |                               |                                     |                                     |                                      |                               |                                  |  |                                  |                           |                         |                   |                  |
| 20   | 2402.22                  | 210                           | 37.38                               | 6,664.22                            | 1,188.55                             | 7,852.77                      | 2,326.30                         | 3,565.73                               | 13744.8                          | 1185                      | 2.53                    | NO                |                  |
| 40   | 2395.67                  | 209                           | 67.28                               | 6,646.05                            | 2,139.39                             | 8,785.45                      | 2,378.50                         | 3,565.73                               | 14729.7                          | 1270                      | 2.36                    | NO                |                  |
| 60   | 2384.87                  | 208                           | 97.18                               | 6,616.09                            | 3,090.24                             | 9,706.33                      | 2,430.70                         | 3,565.73                               | 15702.8                          | 1354                      | 2.22                    | NO                |                  |
| 80   | 2370.34                  | 207                           | 127.08                              | 6,575.78                            | 4,041.08                             | 10,616.86                     | 2,482.90                         | 3,565.73                               | 16665.5                          | 1437                      | 2.09                    | NO                |                  |
| 100  | 2352.72                  | 205                           | 156.98                              | 6,526.90                            | 4,991.92                             | 11,518.82                     | 2,535.10                         | 3,565.73                               | 17619.7                          | 1519                      | 1.98                    | SI                | 1.0              |
| 120  | 2332.78                  | 204                           | 186.88                              | 6,471.58                            | 5,942.76                             | 12,414.34                     | 2,587.30                         | 3,565.73                               | 18567.4                          | 1601                      | 1.87                    | SI                | 1.0              |
| 140  | 2311.31                  | 202                           | 216.78                              | 6,412.02                            | 6,893.60                             | 13,305.62                     | 2,639.50                         | 3,565.73                               | 19510.9                          | 1682                      | 1.78                    | SI                | 1.0              |
| 160  | 2289.06                  | 200                           | 246.68                              | 6,350.29                            | 7,844.45                             | 14,194.74                     | 2,678.65                         | 3,565.73                               | 20439.1                          | 1762                      | 1.70                    | SI                | 1.0              |
| <b>Ángulo: 10 °</b>                        |                          |                               |                                     |                                     |                                      |                               |                                  |  |                                  |                           |                         |                   |                  |
| 20   | 2402.22                  | 419                           | 37.27                               | 13,315.76                           | 1,185.16                             | 14,500.92                     | 2,326.30                         | 3,565.73                               | 20392.9                          | 1758                      | 1.71                    | SI                | 1.0              |
| 40   | 2395.67                  | 418                           | 67.08                               | 13,279.45                           | 2,133.28                             | 15,412.73                     | 2,378.50                         | 3,565.73                               | 21357.0                          | 1841                      | 1.63                    | SI                | 1.0              |
| 60   | 2384.87                  | 416                           | 96.90                               | 13,219.59                           | 3,081.41                             | 16,300.99                     | 2,430.70                         | 3,565.73                               | 22297.4                          | 1922                      | 1.56                    | SI                | 1.0              |
| 80   | 2370.34                  | 413                           | 126.71                              | 13,139.04                           | 4,029.54                             | 17,168.58                     | 2,482.90                         | 3,565.73                               | 23217.2                          | 2001                      | 1.50                    | SI                | 1.0              |
| 100  | 2352.72                  | 410                           | 156.53                              | 13,041.37                           | 4,977.66                             | 18,019.04                     | 2,535.10                         | 3,565.73                               | 24119.9                          | 2079                      | 1.44                    | SI                | 1.0              |
| 120  | 2332.78                  | 407                           | 186.35                              | 12,930.85                           | 5,925.79                             | 18,856.63                     | 2,587.30                         | 3,565.73                               | 25009.7                          | 2156                      | 1.39                    | SI                | 1.0              |
| 140  | 2311.31                  | 403                           | 216.16                              | 12,811.83                           | 6,873.91                             | 19,685.75                     | 2,639.50                         | 3,565.73                               | 25891.0                          | 2232                      | 1.34                    | SI                | 1.0              |
| 160  | 2289.06                  | 399                           | 245.98                              | 12,688.50                           | 7,822.04                             | 20,510.54                     | 2,678.65                         | 3,565.73                               | 26754.9                          | 2306                      | 1.30                    | SI                | 1.0              |

Tabla N° 66: Cálculos mecánicos de postes

Fuente: *Elaboración Propia*

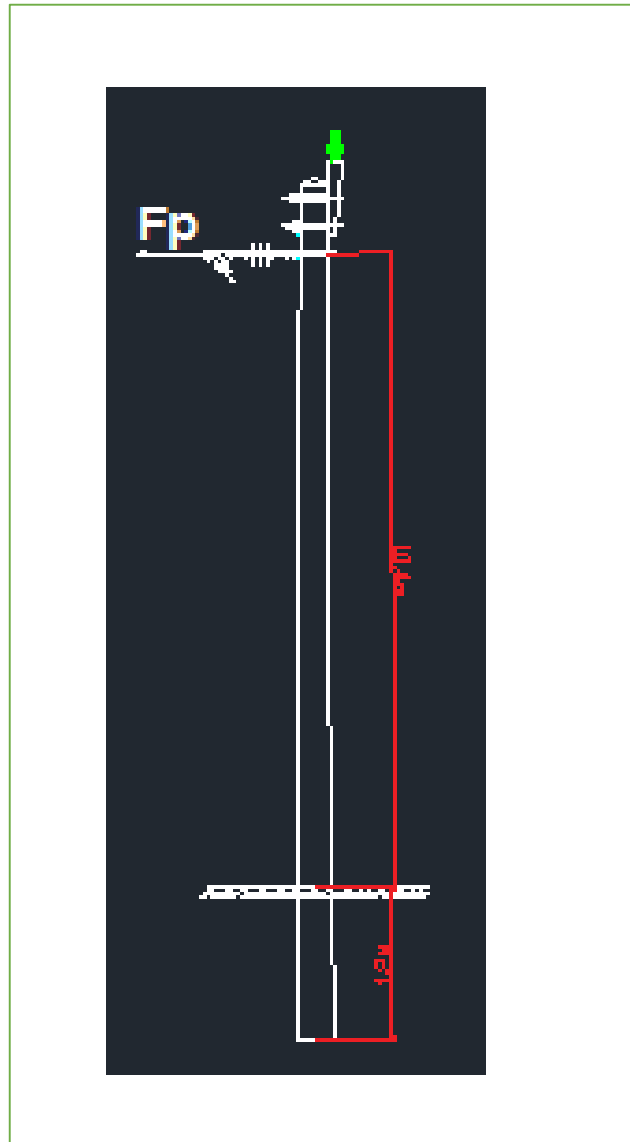


Figura N° 29: Cálculos mecánicos de postes

Fuente: *Elaboración Propia*

## K. CÁLCULO DE PARARRAYOS

**CUADRO N° 4**  
**DIMENSIONAMIENTO DE PARARRAYOS**

**1.- Parámetros Ambientales y Eléctricos del Sistema.**

| Descripción                        | Nivel 22.9 kV |          |
|------------------------------------|---------------|----------|
|                                    | Valor         | Unidad   |
| Tension Nominal del Sistema        | 22.9          | kV       |
| Tension Maxima del Sistema         | 24.05         | kV       |
| Tension Maxima Asignada al Equipo  | 24            | kV       |
| Tension Maxima de Diseño de Equipo | 145           | kV       |
| Altura de Instalacion del Equipo   | 4500          | m.s.n.m. |

**2.- Calculando la Maxima Tension de Operacion Continua (MCOV o Uc)**  
MCOV es el maximo valor eficaz de la tension alterna admisible que puede aplicarse continuamente entre los terminales de un pararrayo.

Tipo de Aterramiento del Neutro:

$$MCOV \geq k_m \times \frac{1.05 \times U_s}{\sqrt{3}}$$

**MCOV = 14.58**

**3.- Calculando la Sobre tension Temporal (TOV)**

$$TOV \geq k_e \times \frac{1.05 \times U_s}{\sqrt{3}}$$

**TOV = 19.44**

**4.- Calculando el Rating del Pararrayos (Ur)**  
La tension nominal de pararrayos Ur es la mayor entre Ur1 y Ur2  
Utilizando la Tension de Operacion Continua (Uc).

$$U_{r1} = \frac{1}{k_v} \times U_c$$

**Ur1 = 18.23**

$$U_{r2} = \frac{1}{k_t} \times TOV$$

**Ur2 = 13.89**

**Ur = 18.23**

Se selecciona la tension nominal del pararrayos Ur normalizado al inmediato superior del determinado inicialmente.

| Nivel de Tension (kV) | Tension Nominal Ur - Clase 2 |              | Nivel de Tension (kV) | Tension Nominal Ur - Clase 3 |              |
|-----------------------|------------------------------|--------------|-----------------------|------------------------------|--------------|
|                       | Calculado                    | Seleccionado |                       | Calculado                    | Seleccionado |
| 22.9                  | 21                           | 21           | 22.9                  | 21                           | 21           |

**5.- Cálculo de la Capacidad de Absorción de Energía y Selección de Clase de Descarga**  
Ures es el valor cresta de la tension que aparece entre los bornes de un pararrayos al paso de la corriente de descarga asignada de 10 kA.

| Clase | Ur seleccionado | Ures | Clase | Ur seleccionado | Ures |
|-------|-----------------|------|-------|-----------------|------|
| 2     | 21              | 55.4 | 3     | 21              | 51.8 |

Los parámetros de la Tabla siguiente muestran el incremento de la clase de descarga del pararrayos conforme se incrementa la corriente de descarga, teniendo proporción entre la tensión residual de impulso por maniobra y la tensión nominal.

**Table 4 – Parameters for the line discharge test on 20 000 A and 10 000 A arresters**

| Arrester classification | Line discharge class | Surge impedance of the line Z<br>Ω | Virtual duration of peak T<br>μs | Charging voltage U <sub>L</sub><br>kV d.c. |
|-------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|
| 10 000 A                | 1                    | 4,9 U <sub>r</sub>                 | 2 000                            | 3,2 U <sub>r</sub>                         |
| 10 000 A                | 2                    | 2,4 U <sub>r</sub>                 | 2 000                            | 3,2 U <sub>r</sub>                         |
| 10 000 A                | 3                    | 1,3 U <sub>r</sub>                 | 2 400                            | 2,8 U <sub>r</sub>                         |
| 20 000 A                | 4                    | 0,8 U <sub>r</sub>                 | 2 800                            | 2,6 U <sub>r</sub>                         |
| 20 000 A                | 5                    | 0,5 U <sub>r</sub>                 | 3 200                            | 2,4 U <sub>r</sub>                         |

| Clase | W'-Clase 2 | Ures/Ur-Clase 2 | Clase | W'-Clase 3 | Ures/Ur-Clase 3 |
|-------|------------|-----------------|-------|------------|-----------------|
| 2     | 1.24       | 2.64            | 3     | 1.52       | 2.47            |

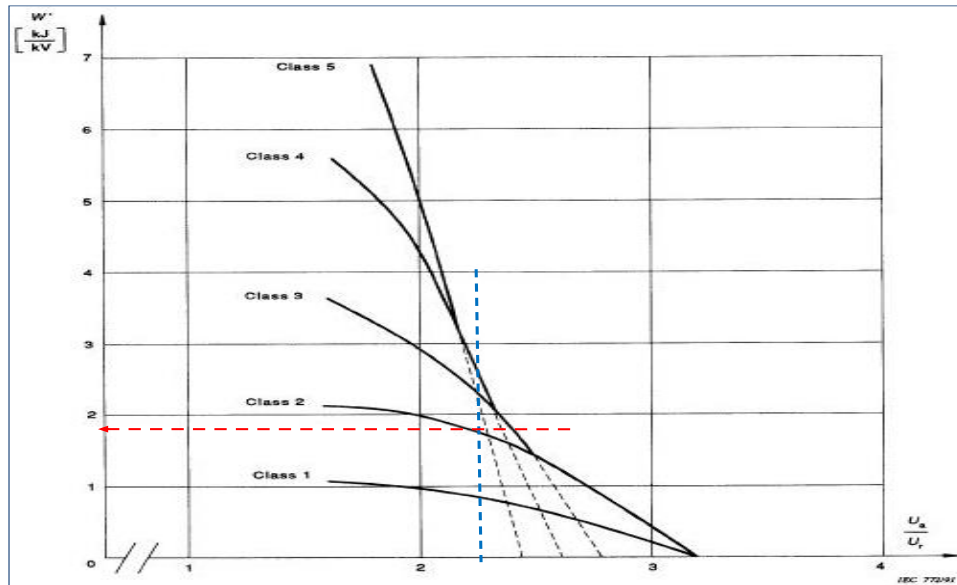
Figura N° 1: *Calculo de pararrayos*

Fuente: *Elaboración Propia*



\* Dada la tabla determinar la clase a la cual pertenece:

Clase 2



La Capacidad de Absorción Especifica esta dado por:

$$W = U_{res} \cdot (U_L - U_{res}) \cdot 1/Z \cdot T$$

$$W = 25.94 \text{ kJ}$$

#### 6.- Características de Protección de los Pararrayos (FOW, LPL y SPL)

| Parametros   | Nivel de Tensión<br>22.9 kV |
|--------------|-----------------------------|
| FOW          | 58.9                        |
| LPL (10 kA)  | 55.4                        |
| SPL (0.5 kA) | 43.4                        |

-----> Valor mas alto de descarga a 0.5 us.

#### 7.- Cálculo de la resistencia de aislamiento del equipo (BIL, BLS, CWW)

| Parametros      | Nivel de Tensión<br>22.9 kV |
|-----------------|-----------------------------|
| BIL             | 170                         |
| BSL<br>0.83xBIL | 141.1                       |
| CWW<br>1.10xBIL | 187                         |

-----> Nivel de Aislamiento a Impulso Tipo Rayo.

#### 8.- Evaluación de Coordinación de Aislamiento.

La coordinación de aislamiento es evaluada en base al margen entre la resistencia del aislamiento del equipo (interno) y la tensión de descarga en los terminales del equipo.

Los siguientes margenes son **ratios de protección para sobretensiones del tipo rayo (PRI1 y PRI2) y para sobretensiones por maniobra (PRs)**, los cuales deben cumplir los siguientes lineamientos:

| Parametros | Nivel de Tensión<br>22.9 kV |           |
|------------|-----------------------------|-----------|
| PRL1       | 3.17                        | Si Cumple |
| PRL2       | 3.07                        | Si Cumple |
| PRS        | 3.25                        | Si Cumple |

$$PR_{L1} = \frac{CWW}{FOW} \geq 1.20, PR_{L2} = \frac{BIL}{LPL} \geq 1.20, PR_S = \frac{BSL}{SPL} \geq 1.15$$

#### 9.- Conclusión. Los Pararrayos a ser Instalados deberán tener las siguientes Características Técnicas.

|   |          |    |
|---|----------|----|
| Rating Ur del Pararrayo   | 21 kV    | ok |
| Tensión Maxima de Operación Continua (MCOV)                       | 14.58 kV | ok |
| Tensión Soportada de Corta Duracion a Frecuencia Industrial (TOV) | 19.44 kV | ok |
| Tensión Soportada a Impulso Tipo Rayo 10 kA (8/20 us)             | 55.4 kV  | ok |
| Corriente de Descarga   | 10 kA    | ok |
| Capacidad min de Disipación de Energía                            | 1 kJ/kV  | ok |
| Clase de Descarga   | 2        | ok |

Figura N° 30: Cálculo de pararrayos

Fuente: *Elaboración Propia*

## L. CÁLCULO DE AISLAMIENTO

CUADRO N° 05  
SELECCION DEL NIVEL DE AISLAMIENTO Y DE AISLADORES PARA  
LINEAS Y REDES PRIMARIAS 22.9 [kV]

| CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO |             |                 |
|--|-------------|-----------------|
| Tensión nominal de servicio entre fases        | [kV]        | 22.9            |
| Tensión máxima de servicio entre fases         | [kV]        | 24              |
| Punto más alto de la zona de Proyecto          | [m.s.n.m.]  | 3500            |
| Temperatura media                              | [°C]        | 9               |
| Nivel de contaminación ambiental               | [Nivel]     | MEDIO           |
| Tipo de Conexión del Neutro                    | [Tipo]      | Neutro Aterrado |
| Nivel Cerámico                                 | [Form./Año] | 60              |

### 1. SELECCION DEL NIVEL DE AISLAMIENTO

| NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO NORMALIZADO A NIVEL DEL MAR                   |  |                    |   |                     |
|---|--|--------------------|---|---------------------|
| TENSION NOMINAL TRIFASICO DEL SISTEMA O EQ. TRIFASICO DEL SISTEMA [kVrms] | MAXIMA TENSION TRIFASICA DEL EQUIPO EQ. TRIFASICO DEL EQUIPO [kVrms] | ALTITUD [m.s.n.m.] | NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO REFERIDO AL NIVEL DEL MAR |                     |
|   |  |                    | A FRECUENCIA DE SERVICIO [kVrms]                      | AL IMPULSO [kVpico] |
| 22.9  | 24   | 0 - 1000           | 50  | 125                 |

| FACTORES DE CORRECCION |                  |   |                 |                                 |
|------------------------|------------------|---|-----------------|---------------------------------|
| ZONA                   | ALTITUD m.s.n.m. | FACTORES DE CORRECCION Según C.N.E. Tomo IV-Norma IEC 137 |                 | FACTOR DE CORRECCION RESULTANTE |
|                        |                  | POR ALTITUD   | POR TEMPERATURA |                                 |
| I                      | 0000 - 1000      | 1.0000  | 1.00            | 1.00                            |
| II                     | 2100 - 3300      | 1.3261  | 1.00            | 1.33                            |
| III                    | 3300 - 4000      | 1.4450  | 1.00            | 1.44                            |
| IV                     | 4100 - 4400      | 1.5177  | 1.00            | 1.52                            |

### 2. CRITERIOS PARA LA SELECCION DE AISLADORES

#### A). SOBRETENSIONES EXTERNAS (NORMA I.E.C. 71-1)

| ZONA | ALTITUD m.s.n.m. | NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO         |                     | AISLADORES TIPO PIN |                     | AISLADORES TIPO SUSPENSION |                     |
|------|------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
|      |                  | A FRECUENCIA DE SERVICIO [kVeficaz] | AL IMPULSO [kVpico] | POSITIVO [kVpico]   | POLIMERICO [kVpico] | POSITIVO [kVpico]          | POLIMERICO [kVpico] |
|      |                  | I                                   | 0000 - 1000         | 50                  | 125                 | 170                        | POLIM_28kV          |
| II   | 2100 - 3300      | 66.0000                             | 166                 | 170.00              | POLIM_28kV          | 225.00                     | POLIM_28kV          |
| III  | 3300 - 4000      | 72                                  | 181                 | 170                 | NO CUMPLE           | 225                        | POLIM_28kV          |
| IV   | 4100 - 4400      | 76                                  | 190                 | 170                 | NO CUMPLE           | 225                        | POLIM_28kV          |

#### B). SOBRETENSIONES INTERNAS (NORMA ALEMANA VDE)

| ZONA | ALTITUD m.s.n.m. | VDE TENSION DISRUPITIVA BAJO LLUVIA A 60 Hz CALCULADO [kVeficaz] | AISLADORES TIPO PIN |                     | AISLADORES TIPO SUSPENSION |                     |            |
|------|------------------|--|---------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------|
|      |                  |  | POSITIVO [kVeficaz] | POLIMERICO [kVpico] | POSITIVO [kVpico]          | POLIMERICO [kVpico] |            |
|      |                  |  | I                   | 0000 - 1000         | 59                         | 90                  | 90         |
| II   | 2100 - 3300      | 74.0000  | 90.00               | 90.00               | POLIM_28kV                 | 225.00              | POLIM_28kV |
| III  | 3300 - 4000      | 80   | 90                  | 90                  | POLIM_28kV                 | 225                 | POLIM_28kV |
| IV   | 4100 - 4400      | 83   | 90                  | 90                  | POLIM_28kV                 | 225                 | POLIM_28kV |

NOTA: La Tensión Disruptiva Bajo Lluvia a Frecuencia de Servicio que debe tener un aislador, no deberá ser menor a :  $U_C = 2.1(U^*F_C + 5) \dots$  [kV]

POLIM\_28kV

POLIM\_28kV

#### C). CONTAMINACION AMBIENTAL (NORMA I.E.C. 815)

Minima Distancia de Fuga Especifica Nominal: MEDIO 20 [mm/kV]

| ZONA | ALTITUD m.s.n.m. | LONGITUD DE LINEA DE FUGA POR CONTAMINACION AMBIENTAL CALCULADO [Il. Medium] |             | AISLADORES TIPO PIN |                 | AISLADORES TIPO SUSPENSION |                 |
|------|------------------|--|-------------|---------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
|      |                  | [mm/kV]  | [mm]        | LINEA DE FUGA [mm]  | POLIMERICO [mm] | LINEA DE FUGA [mm]         | POLIMERICO [mm] |
|      |                  | I  | 0000 - 1000 | 20                  | 474             | 750                        | POLIM_28kV      |
| II   | 2100 - 3300      | 20   | 548         | 750                 | POLIM_28kV      | 620                        | POLIM_28kV      |
| III  | 3300 - 4000      | 20   | 547         | 750                 | POLIM_28kV      | 620                        | POLIM_28kV      |
| IV   | 4100 - 4400      | 20   | 587         | 750                 | POLIM_28kV      | 620                        | POLIM_28kV      |

NOTA: En la zona de proyecto, se tiene un nivel de contaminación del tipo I. Según la Tabla II, de la Norma IEC-815 al cual le corresponde una mínima distancia de fuga específica nominal de: 20 [mm/kV]

Figura N° 31: Cálculos de pararrayos

Fuente: Elaboración Propia

## M. CÁLCULOS POR CAPACIDAD DE CORRIENTE Y DETERMINACION DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Los diseños y cálculo representan las disposiciones prescritas en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, de las Normas del CEI y los objetivos del proyecto.

### **CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE CORRIENTE**

La red es aérea con conductor de aluminio de 35mm<sup>2</sup> a una tensión en línea de 22,9 kv.

Para los cálculos eléctricos de la línea se ha tenido en cuenta las características de los conductores y las condiciones de operación.

#### **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

- Tensión nominal : 22,9 kV
- Tensión fase : 13,2 kV
- Factor de potencia : 0,90
- Caída de tensión máxima : 5 %
- Máxima Temp. De trabajo : 50°C
- Disposición espacial de conductores : aéreo

#### **CÁLCULO DE CORRIENTE DE CARGA MONOFASICO (MRT)**

Potencia a transmitir = 9,9 KW / 0,9 = 11,00 KVA

Potencia Nominal = 15 KVA

Máxima demanda de potencia a contratar = 9,9 kW

Potencia Normalizada del transformador = 15 KVA

$$I = \frac{P \text{ (KVA)}}{V \text{ (KV)}}$$

$$I = \frac{15}{13,2} = 1,14 \text{ A}$$

Para el caso del cable aéreo AAAC 35mm<sup>2</sup>, circula una corriente con capacidad de 145 Amperios es suficiente para la carga proyectado en el tramo proyectado.

**Tabla 5: Comparación de capacidad de transporte de los conductores seleccionados<sup>3</sup>**

| ACSR                  | Capacidad de transporte [A] | AAAC [mm <sup>2</sup> ] | Capacidad de transporte [A] | AAC [mm <sup>2</sup> ] | Capacidad de transporte [A] | Cobre [mm <sup>2</sup> ] | Capacidad de transporte [A] |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 4 AWG - Swan          | 140                         | 25                      | 145                         | 25                     | 145                         | 16                       | 150                         |
| 2 AWG - Sparrow       | 184                         | 50                      | 216                         | 50                     | 225                         | 25                       | 187                         |
| 1/0 AWG - Raven       | 242                         | 70                      | 268                         | 70                     | 270                         | 35                       | 227                         |
| 4/0 AWG - Penguin     | 357                         | 120                     | 385                         | 120                    | 333                         | 70                       | 356                         |
| 266,8 MCM - Partridge | 475                         | 240                     | 602                         | 240                    | 625                         | 95                       | 438                         |

Tabla N° 67: Comparación de capacidad de transporte

Fuente: *Elaboración Propia*

## INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

### EN EL LADO DE MEDIA EN EL PUNTO DE DISEÑO 1

Determinamos el valor de la intensidad de cortocircuito en el lado de alta, según la expresión:

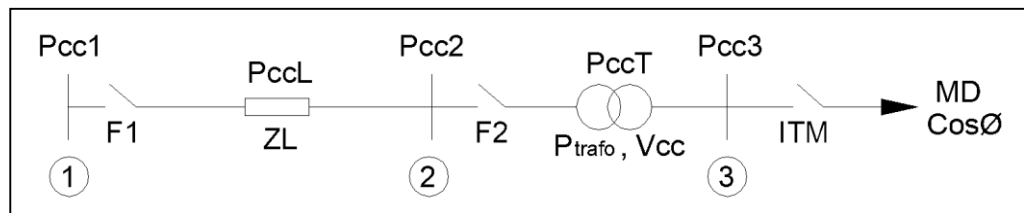


Figura N° 2: *Calculo de pararrayos*

Fuente: *Elaboración Propia*

$$I_{cc1} = \frac{P_{cc1}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{113,00}{\sqrt{3} \times 22,9} = 2,85kA$$

Dónde:

- **I<sub>cc1</sub>** = Intensidad de cortocircuito punto 1, en kA.
- **P<sub>cc1</sub>** = Potencia de cortocircuito de la red punto 1, en MVA.
- **V** = Tensión nominal en el lado de alta, en kV.

La tensión de alimentación al centro de transformación es de 22,9 kV, y la potencia de cortocircuito, según la concesionaria, es de 113.00 MVA, por lo que, en caso de cortocircuito, circulará una intensidad de 2,85 kA.

## EN EL LADO DE MEDIA EN EL PUNTO 2

Determinamos el valor de la intensidad de cortocircuito en el lado de alta en el punto 2, según las expresiones:

$$P_{ccL} = \frac{V^2}{ZL} = \frac{22.9^2}{2.25} = 218,69MVA$$

$$P_{cc2} = \frac{P_{cc1} \times P_{ccL}}{(P_{cc1} + P_{ccL})} = \frac{113 \times 2098,98}{(113 + 2098,98)} = 74,50MVA$$

$$I_{cc1} = \frac{P_{cc2}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{74,50}{\sqrt{3} \times 22,9} = 1,88kA$$

Dónde:

- $I_{cc2}$  = Intensidad de cortocircuito punto 2, en kA.
- $P_{ccL}$  = Potencia de cortocircuito de la Línea, en MVA.
- $P_{cc2}$  = Potencia de cortocircuito de la red punto 2, en MVA.
- $ZL$  = Impedancia de la línea, en Ohm.
- $V$  = Tensión nominal en el lado de alta punto 2, en kV.

## EN EL LADO DE BAJA

La intensidad de cortocircuito en el secundario de un transformador trifásico viene de terminada por la siguiente expresión:

$$P_{ccT} = \frac{S_{trafo}}{Z1cc} = \frac{15}{0,04} = 0,375MVA$$

Dónde:

- $S_{trafo}$  = Potencia nominal del transformador, en kVA.
- $P_{ccT}$  = Potencia de cortocircuito del transformador, en MVA.
- $Z1cc$  = Tensión de cortocircuito del transformador.

$$P_{cc3_{barra0,23}} = \frac{P_{ccT} \times P_{cc1}}{P_{ccT} + P_{cc1}} = \frac{0,375 \times 113,00}{0,375 + 113,00} = 0,373MVA$$

$$I_{cc3\phi_{barra 0,23}} = \frac{P_{cc3}}{\sqrt{3} \times V} = \frac{0,373}{\sqrt{3} \times 0,23} = 0,94kA$$

Dónde:

- $I_{cc3}$  = Intensidad de cortocircuito punto 3, en kA.
- $P_{cc3}$  = Potencia de cortocircuito en el Punto 3, en MVA.

### **A) SELECCIÓN DEL FUSIBLE DEL TRANSFORMADOR (F2)**

Para la selección del fusible del seccionador se tomó en cuenta la Potencia Nominal de la Estación Base Celular para un sistema Monofásico MRT.

$$S_n = 15 \text{ kVA}$$

$$I_n = S_n / V_n$$

$$V_f = 13,2 \text{ kV}$$

$$I_n = 1,14 \text{ A}$$

I: capacidad de corriente del fusible

$$I = 1,14 * 1,20 = 1,37 \text{ A}$$

El Fusible tipo K del Transformador (F2) será de 2ª

### **B) SELECCIÓN DEL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EN LADO DE BT (ITM)**

Para la selección del Interruptor termomagnético se tomó en cuenta la Demanda Máxima de la Estación Base Celular para un sistema Monofásico MRT.

$$DM = 11 \text{ kVA}$$

$$I_n = DM / V_n$$

$$V_n = 0,23 \text{ kV}$$

$$I_n = 47,83 \text{ A}$$

I: capacidad de corriente del Termomagnético.

$$I = 47,83 \cdot 1,25 = 59,78 \text{ A}$$

El termomagnético será de 63 A

### **C) SELECCIÓN DEL FUSIBLE DE LINEA (F1)**

Corriente de Cortocircuito en el Punto 2 I<sub>cc2</sub>=1 878,4  
A

Fusible de Transformador (F2) F2=2 A

-Con I<sub>cc2</sub> y F2 en la curva de fusión total (Figura 1), se determina el tiempo de Actuación del Fusible (F2):

Tiempo de Actuación del Fusible (F2)

$$TF2 = 0,0135 \text{ Seg.}$$

### Curva característica de fusible tipo K Tiempo de Fusión Total

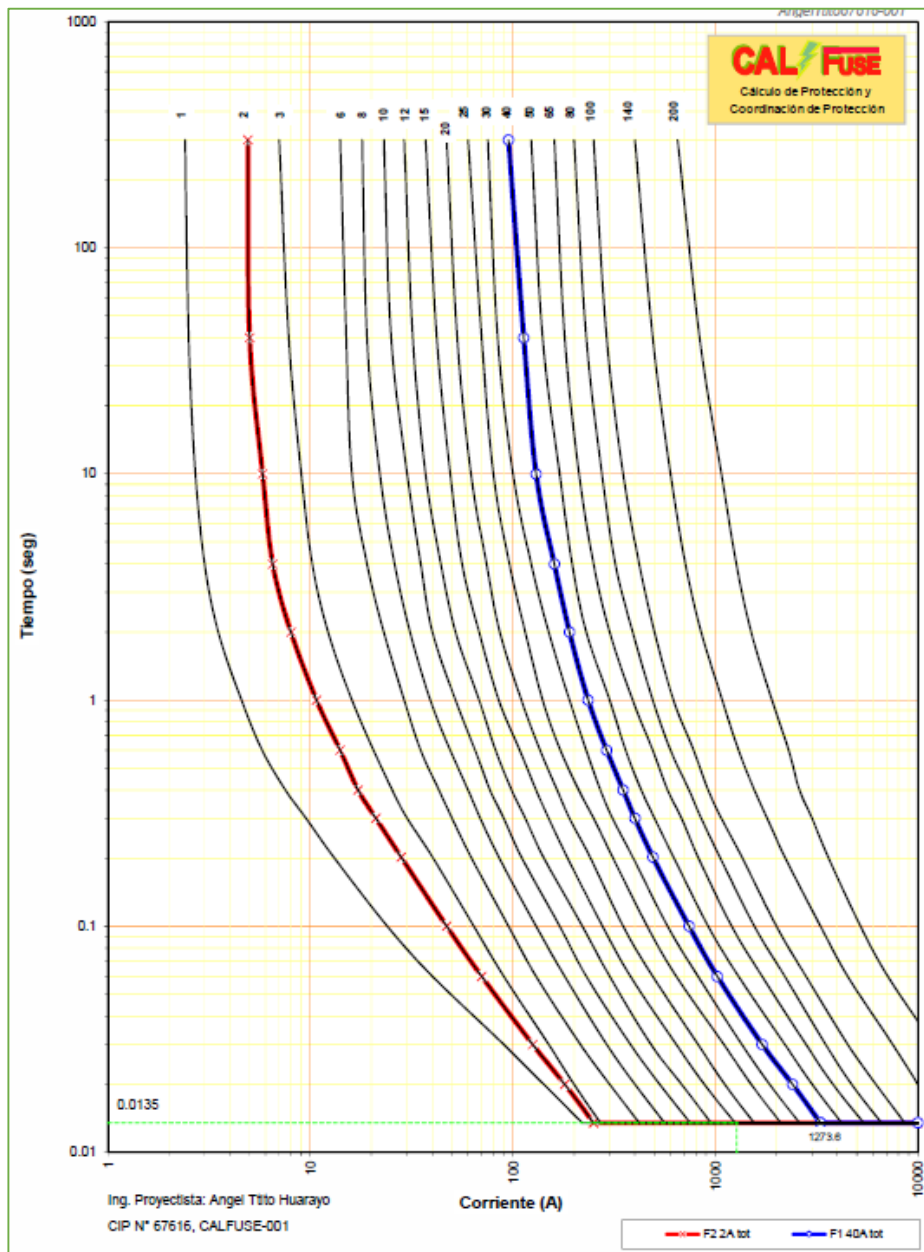


Figura N° 32:: Curva característica de fusible tipo K

Fuente: *Elaboración Propia*

-Tiempo Mínimo de Actuación del Fusible de Línea (T F1):

Para una coordinación segura, el Tiempo de Fusión Mínima del Fusible de Línea (F1) debe ser al menos un 33% mayor que el Tiempo Total de Fusión del Fusible del Transformador (F2):

$$T F1 = 1,33 \times T F2.$$



Reemplazando del Fusible (F2):

$TF_2 = 0,0180$  Seg.

-Con  $I_{cc2}$  y  $T F_1$  en la curva de Fusión Mínima (figura 2), se selecciona el Fusible de Línea (F1):

### Curva característica de fusible tipo K Tiempo de Fusión Mínima

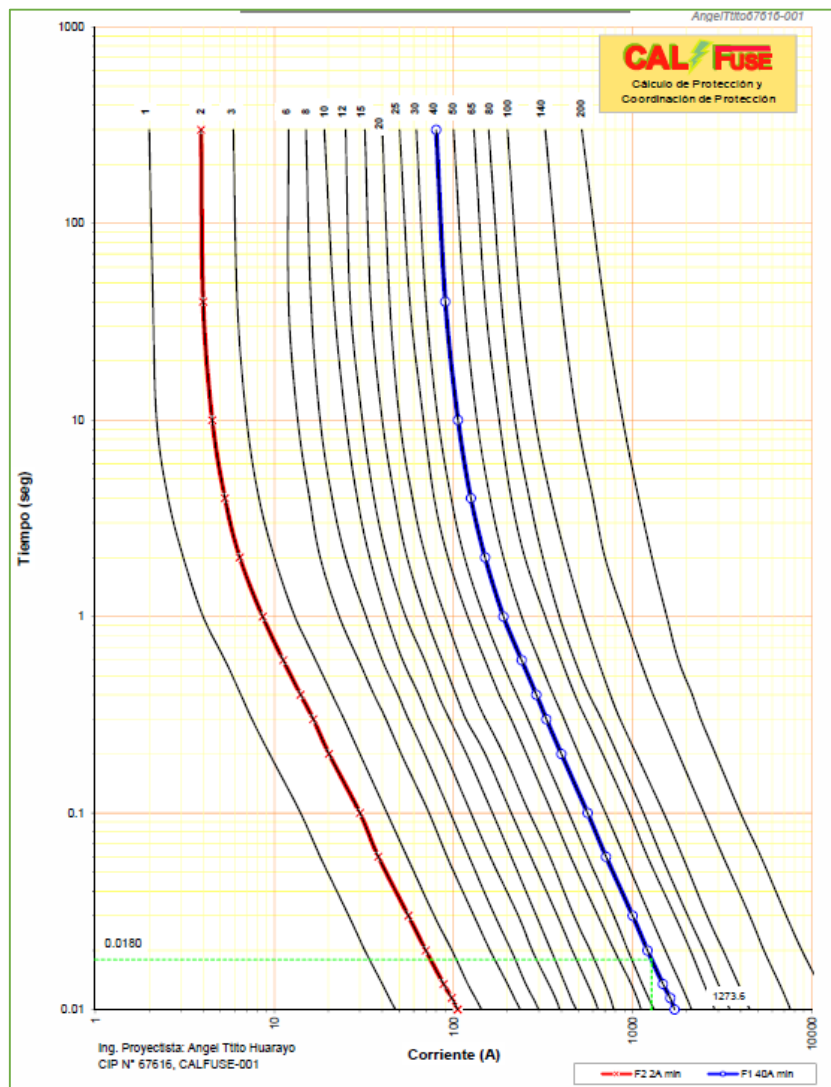


Figura N° 33: Curva característica de fusible tipo K

Fuente: *Elaboración Propia*

Por lo tanto, se selecciona Fusible tipo K de 40 A

## N. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE CIMENTACION DE

## ESTRUCTURAS

### SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY

#### CIMENTACION DE ESTRUCTURAS

CUADRO N° 6.1

| Naturaleza del terreno                 | Peso específico aparente y $\text{Kg/m}^3$ | Presión admisible $\sigma \text{ Kg/cm}^2$ | Indice de compresibilidad $C \text{ Kg/cm}^3$ (1) | Angulo de la tierra gravante $\beta^\circ$ (2) |        | Ángulo de Fricción interna | Coeficiente de la fricción entre terreno y concreto $\mu$ |           |
|--|--|--|---|--|--------|----------------------------|---|-----------|
|  |  |  |   | Vegetable                                      | movido |                            | Liso  | Escabroso |
| 1 A Laguna, aguazal, terreno pantanoso | 650  | hasta 0,5                                  | 0.75  | 5  | 3      | ---                        | 0.05  | 0.1       |
| 2 Terrenos muy blandos                 | 1700                                       | hasta 0,8                                  | 1.5   | 5  | 3      | 20°                        | 0.2   | 0.2       |
| 3 Arena fina humeda                    | 1700                                       |  | 1.5   | 5  | 3      | 30°                        | 0.5   | 0.5       |
| 4 Arcilla blanda                       | 1700                                       |  | 3   | 5  | 3      | 25°                        | 0.3   | 0.4       |
| 5 C Arcilla mediodura seca             | 1700                                       | hasta 1,8                                  | 6.5   | 8  | 6      | 25°                        | 0.4   | 0.5       |
| 6 Arcilla fina seca                    | 1700                                       |  | 7.5   | 8  | 6      | 30°                        | 0.6   | 0.7       |
| 7 Arcilla rígida                       | 1700                                       | hasta 3,0                                  | 10  | 12   | 10     | 25°                        | 0.4   | 0.5       |
| 8 D Arena gruesa y pedregullo          | 1700                                       |  | 12  | 12   | 10     | 35°                        | 0.4   | 0.5       |
| 9 E Arcilla gruesa dura                | 1700                                       | hasta 4,0                                  | 14.5  | 15   | 12     | 37°                        | 0.4   | 0.5       |
| 10 F Rígido pedregullo y cantorodado   | 1700                                       | hasta 5,0                                  |   | 20   | 20     | 40°                        | 0.4   | 0.5       |

para la roca  $\gamma=2400 \text{ kg/m}^3$  y la presión admisible para roca debilitada por efectos geológicos se acepta igual a  $10 \text{ kg/cm}^2$ ; para rocas sanas hasta  $23 \text{ kg/cm}^2$

(1) el índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de 2m; para el fondo de excavación "Cb" se puede aumentar hasta 1.2C para las paredes

(2) para las categorías B hasta F y terrenos con buena cohesión se puede aumentar  $\beta$  por  $5^\circ$

Fuente:

Sociedad de estudios y proyectos de electrificación SEPE

Ing. Tadeo Maciejewski AMIEE

Figura N° 34: *Cimentación de estructuras*

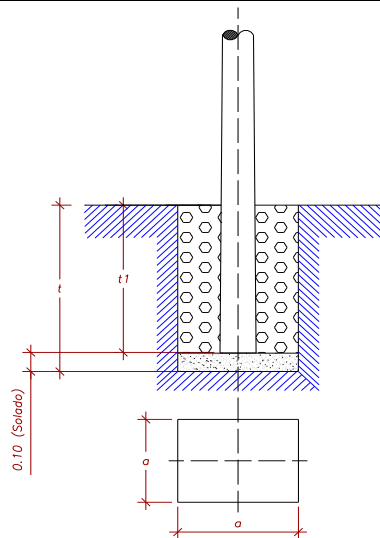
Fuente: *Elaboración Propia*

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY**  
**CIMENTACION DE ESTRUCTURAS - METODO SULZBERGER**

**CUADRO N° 6.2**

**Datos Preliminares**

| Tipo de Cimentación  | Tipo I                 | Tipo II              | Tipo III          | Tipo IV        | Und                |
|--|------------------------|----------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| <b>Características de Estructuras</b>  |                        |                      |                   |                |                    |
| Longitud total   | 13.00                  | 13.00                | 13.00             | 13.00          | m                  |
| Ø base   | 0.360                  | 0.360                | 0.360             | 0.360          | m                  |
| Ø punta  | 0.165                  | 0.165                | 0.165             | 0.165          | m                  |
| Carga de Trabajo   | 400.00                 | 400.00               | 400.00            | 400.00         | Kg                 |
| Longitud libre expuesta al viento  | 11.70                  | 10.80                | 10.80             | 10.80          | m                  |
| <b>Dimensiones iniciales de cimentación</b>  |                        |                      |                   |                |                    |
| Lado a   | 0.80                   | 0.80                 | 0.80              | 0.80           | m                  |
| Profundidad t  | 1.40                   | 1.40                 | 1.40              | 1.40           | m                  |
| Empotramiento de Poste t <sub>1</sub>  | 1.30                   | 1.30                 | 1.30              | 1.30           | m                  |
| Ø empotramiento  | 0.34                   | 0.34                 | 0.34              | 0.34           | m                  |
| <b>Características del Terreno</b>   |                        |                      |                   |                |                    |
|  | <b>5</b>               | <b>2</b>             | <b>3</b>          | <b>4</b>       |                    |
| Naturaleza del terreno   | Arcilla mediodura seca | Terrenos muy blandos | Arena fina húmeda | Arcilla blanda |                    |
| Peso específico aparente $\gamma$  | 1700                   | 1700                 | 1900              | 1700           | Kg/m <sup>3</sup>  |
| Índice de compresibilidad C  | 6.5                    | 4                    | 3.5               | 3              | Kg/cm <sup>3</sup> |
| Coefficiente de la fricción entre terreno y concreto $\mu$                             | 0.5                    | 0.2                  | 0.5               | 0.4            | m                  |
| Angulo de la tierra gravante $\beta^\circ$   | 8                      | 5                    | 5                 | 5              | °                  |
| <b>Datos complementarios</b>   |                        |                      |                   |                |                    |
| Peso Unitario Concreto simple  | 2300                   | 2300                 | 2300              | 2300           | Kg/m <sup>3</sup>  |
| Peso Unitario del concreto armado  | 2000                   | 2000                 | 2000              | 2000           | Kg/m <sup>3</sup>  |
| Volumen de Poste CAC   | 0.74                   | 0.74                 | 0.74              | 0.74           | m <sup>3</sup>     |
| Peso del Poste CAC   | 1472                   | 1472                 | 1472              | 1472           | Kg                 |
| Peso de Crucetas y/o mensulas, conductores y accesorios                                | 300                    | 300                  | 300               | 300            | Kg                 |
| $\tan \alpha$  | 0.01                   | 0.01                 | 0.01              | 0.01           |                    |
| Es el máximo giro permissible para llegar a las reacciones estabilizadoras del terreno |                        |                      |                   |                |                    |



Figura° 35: Cimentación de estructuras

Fuente: *Elaboración Propia*

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY**

**CUADRO N° 6.3 - CALCULOS Y RESULTADOS DE CIMENTACIÓN POSTE CAC**

**METODO SUJLZBERGER**

**Cálculo de Profundidad:**

| Cimentación<br><i>n</i> | $G_{estructura}$<br>(N) | $G_{bloque\ concreto}$<br>(N) | $G_{terreno}$<br>(N) | $G$<br>(N) | $M$<br>(N-m) | $M_b$<br>(N-m) | $M_s$<br>(N-m) | $C_t$<br>(N/m <sup>3</sup> ) | $t$<br>(m) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|------------|--------------|----------------|----------------|------------------------------|------------|
| I                       | 17381                   | 17545.50                      | 16524.70             | 51451.53   | 50133.33     | 13994.82       | 36138.52       | 44635500                     | 1.60       |
| IV                      | 17381                   | 17545.50                      | 13011.99             | 47938.82   | 46533.33     | 13039.36       | 33493.98       | 20601000                     | 2.00       |

**Cálculo de Estabilidad**

| Cimentación<br><i>n</i> | $G_{bloque\ concreto}$<br>(N) | $G_t$<br>(N) | $G$<br>(N) | $C_t$<br>(N/m <sup>3</sup> ) | $C_b$<br>(N/m <sup>3</sup> ) | $\tan \alpha_1$ | $\tan \alpha_2$ | $M_s$<br>(N-m) | $M_b$<br>(N-m) |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| I                       | 20433.56                      | 19368.55     | 57183.44   | 51012000                     | 51012000                     | 0.0016          | 0.0044          | 46432.256      | 12812.82       |
| IV                      | 26209.69                      | 17815.03     | 61406.05   | 29430000                     | 29430000                     | 0.0016          | 0.0082          | 52320          | 9823.20        |

| Cimentación<br><i>n</i> | $M_s + M_b$<br>(N-m) | $M_s/M_b$ | $s$ | $M$<br>(N-m) | $M_s + M_b \geq sM$       |
|-------------------------|----------------------|-----------|-----|--------------|---------------------------|
| I                       | 59245.07             | 3.62      | 1   | 50666.67     | Cumple los requerimientos |
| IV                      | 62143.20             | 5.33      | 1   | 48133.33     | Cumple los requerimientos |

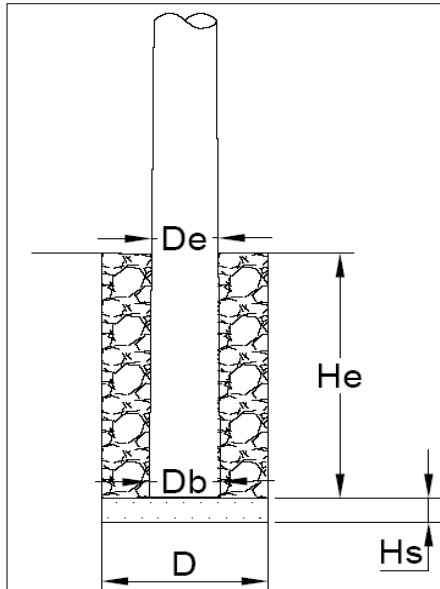
Tabla N° 68: Resultados de cimentación

Fuente: Elaboración Propia

**O. DETERMINACION DE VOLUMENES DE EXCAVACION**

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY**  
**CUADRO N° 7.1**

**DETERMINACION DE VOLUMENES DE EXCAVACION Y CIMENTACION DE POSTES**



**VOLUMEN DE EXCAVACION:**  
 $V_e = (\pi \times D \times D) \times (H_e + H_s) / 4$

**VOLUMEN DE CIMENTACION:**  
 $V_c = V_e - V_p$

**VOLUMEN DE POSTE EMPOTRADO**  
 $V_p = \pi \times H_e (D_e \times D_e + D_e \times D_b + D_b \times D_b) / 12$

**DIAMETRO DE EMPOTRAMIENTO**  
 $D_e = D_b - (D_b - D_p) \times H_e / H$

- DONDE:  
 D : Diámetro de Excavación (m)  
 De : Diámetro de Poste en la Línea de Empotramiento (m)  
 Db : Diámetro de Poste en la Base (m)  
 Dp : Diámetro de Poste en la Punta (m)  
 He : Altura de Empotramiento (m)  
 Hs : Altura de Solado (m)  
 H : Altura del Poste  
 \* He + 0,60m : Altura de Empotramiento para postes directamente enterrados (m)

**CARACTERISTICAS DE LOS POSTES DE CONCRETO**

|                 | POSTE DE MT   |        |        |        |               |                            |
|-----------------|---------------|--------|--------|--------|---------------|----------------------------|
|                 | 12/300-12/400 | 15/400 | 15/500 | 13/500 | 13/400-13/300 | Empotrado<br>13/400-13/300 |
| H               | 12            | 15     | 15     | 13     | 13            | 13                         |
| D               | 0.800         | 0.800  | 0.800  | 0.800  | 0.800         | 0.800                      |
| De              | 0.327         | 0.428  | 0.428  | 0.341  | 0.341         | 0.332                      |
| Db              | 0.345         | 0.450  | 0.450  | 0.360  | 0.360         | 0.360                      |
| Dp              | 0.165         | 0.225  | 0.225  | 0.165  | 0.165         | 0.165                      |
| He              | 1.200         | 1.500  | 1.500  | 1.300  | 1.300         | 1.900                      |
| Hs              | 0.100         | 0.100  | 0.100  | 0.100  | 0.100         |                            |
| <b>Ve</b>       | 0.653         | 0.804  | 0.804  | 0.704  | 0.704         | 0.955                      |
| <b>Vp</b>       | 0.106         | 0.227  | 0.227  | 0.125  | 0.125         | 0.178                      |
| <b>Vc</b>       | 0.547         | 0.577  | 0.577  | 0.578  | 0.578         | 0.777                      |
| <b>V resane</b> | 0.0836        | 0.0716 | 0.0716 | 0.0822 | 0.082         |                            |

**Nota:**

Vc = 30% de piedra y 70% de Concreto  
 De Acuerdo a Diseño de Mezcla, Para un  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$   
 Para 1.00 m<sup>3</sup> de mezcla se requiere 6.00 Bolsas de cemento  
 Por lo tanto, para cada Poste se requiere la siguiente cantidad de cemento

| Blsa. Cemento / Poste | 12 m | 13 m  | 15 m  |
|-----------------------|------|-------|-------|
|                       |      | 2.298 | 2.429 |

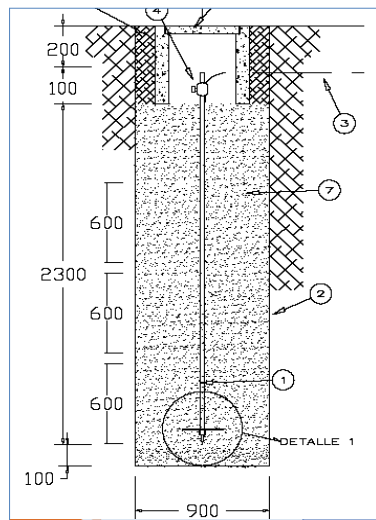
Figura N° 36: Volúmenes de excavación

Fuente: *Elaboración Propia*

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV PARA EBC REPETIDOR CHUGAY  
CUADRO N° 7.2**

**DETERMINACION DE VOLUMENES DE EXCAVACION Y RELLENO DE PUESTAS A TIERRA**

**PUESTAS A TIERRA TIPO PAT-2**



DONDE:  $D = 0.90 \text{ m}$   
 $He = 2.70 \text{ m}$

**VOLUMEN DE CAJA DE REGISTRO**

$$V_c = 0.40 \times 0.40 \times 0.30 = 0.048 \text{ m}^3$$

El relleno del sector de la Caja de registro se realizará con tierra recuperada.

**VOLUMEN DE TIERRA NEGRA**

$$V_{tn} = V_{rc} = 1.670 \text{ m}^3$$

**VOLUMEN DE EXCAVACION PUESTA  
A TIERRA TIPO PAT-2:**

$$V_e = 2(\pi \times D \times D) \times (He) / 4$$

$$V_e = 3.435 \text{ m}^3$$

**VOLUMEN DE RELLENO Y  
COMPACTACION DE PUESTA A  
TIERRA PAT-2:**

$$V_{rc} = V_e - V_c$$

$$V_{rc} = 1.718 - 0.048 = 3.339 \text{ m}^3$$

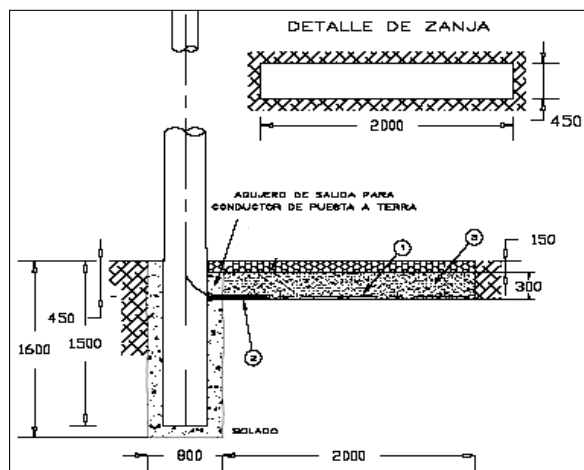
Figura N° 37: Volúmenes de excavación

Fuente: *Elaboración Propia*

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC REPETIDOR CHUGAY**  
**CUADRO N° 7.3**

**DETERMINACION DE VOLUMENES DE EXCAVACION Y RELLENO DE PUESTAS A TIERRA**

PUESTAS A TIERRA TIPO PAT-0



DONDE:

$L = 0.45 \text{ m}$   
 $He = 2.0 \text{ m}$

**VOLUMEN DE EXCAVACION PUESTA A TIERRA TIPO PAT-0:**

$$Ve = L \times L \times He$$

$$Ve = 0.405 \text{ m}^3$$

**VOLUMEN DE TIERRA NEGRA**

$$Vtn = Ve = 0.405 \text{ m}^3$$

**VOLUMEN DE RELLENO Y COMPACTACION DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-0:**

$$Vrc = Ve$$

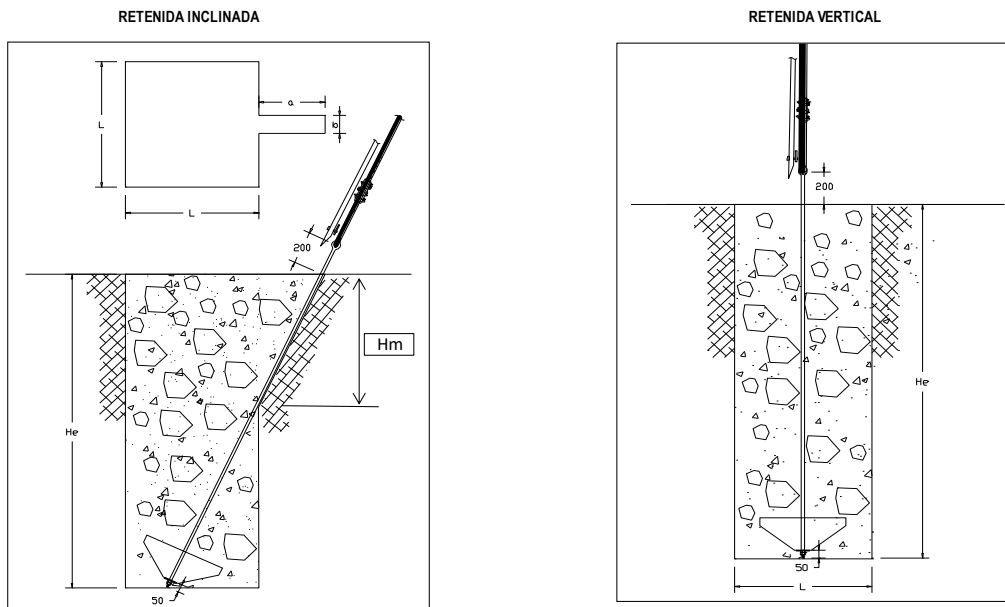
$$Vrc = 0.405 \text{ m}^3$$

Figura N° 38: Volúmenes de excavación

Fuente: *Elaboración Propia*

**SISTEMA DE UTILIZACION EN 13.2KV TIPO MRT PARA EBC SAN GREGORIO**  
**CUADRO N° 7.4**

**DETERMINACION DE VOLUMENES DE EXCAVACION Y RELLENO DE RETENIDAS**



**VOLUMEN DE EXCAVACION DE RETENIDA INCLINADA:**  
 $V_e = (L \times L \times H_e + a \times b \times H_m / 2)$

DONDE :  
 Hm = 1.1 m  
 a = 0.7 m  
 b = 0.3 m

**VOLUMEN DE EXCAVACION DE RETENIDA VERTICAL:**  
 $V_e = L \times L \times H_e$

**VOLUMEN DE BLOQUE DE CONCRETO DE M.T.**  
 $V_b = l \times l \times H_b = 0.05 \text{ m}^3$

**VOLUMEN DE BLOQUE DE CONCRETO DE M.T.**  
 $V_b = l \times l \times H_b = 0.05 \text{ m}^3$

|         | RETENIDA EN MT |       |    |
|---------|----------------|-------|----|
|         | R1             | R2    |    |
| L       | 0.800          | 0.800 |    |
| He      | 2.000          | 2.200 |    |
| Vexc.   | 1.396          | 1.408 | m3 |
| Vbloque | 0.050          | 0.050 | m3 |
| Vcomp.  | 1.346          | 1.358 | m3 |

**Nota:** El Volumen de la Varilla de anclaje y demas accesorios son despreciables.

Figura N° 39: Volúmenes de excavación

Fuente: *Elaboración Propia*

**P. CÁLCULO DE CORRIENTE PRIMARIA DE LA BOBINA DE CORRIENTE DEL TRAFOMIX**



La tensión en el lado primario es 13,2kv la potencia del transformador es de 15KVA.

$$S=15KVA$$

$$V=13,2KV$$

$$I=\frac{S}{V}=\frac{15}{13,2}=1.13A$$

Como podemos ver la corriente en el lado primario de la bobina del trafomix es de 1.13A, por lo tanto escogemos el trafomix con relación 1/5A, porque según norma IEC 60044-1 menciona que el rango de trabajo del equipo es del 1% hasta el 120% en este caso el 1% $\times$ 1=0.01A, el 120% $\times$ 1=1.2A el rango de trabajo es de 0.01A hasta 1.2A y la corriente es de 1.13A y se encuentra dentro del rango.

### ANEXO 3: Instrumento de recolección de datos

#### INSTRUMENTO DE CAPTACIÓN DE DATOS

#### **“SISTEMAS DE UTILIZACIÓN EN 13,2 KV TIPO MRT PARA LA ESTACIÓN BASE REPETIDOR – CHUGAY DE PROPIEDAD DE AMÉRICA MÓVIL PERÚ S.A.C”**

Estimados estudiantes, lo saludan Juan Carlos Merino Huamán y Kevin Jhony Leva Saavedra somos egresados de la Universidad Nacional del Callao, estamos un estudio de investigación con el fin de obtener información acerca de qué manera manera el Sistema de utilización en 13,2Kv Tipo MRT influye en la calidad de servicio de energía para la estación Base Repetidor, Chugay de Propiedad de América Móvil Perú S.A.C, 2019, agradezco me permita unos minutos de su valioso tiempo, colaboración y sinceridad para responder esta encuesta que es voluntaria y confidencial.

#### **RESPUESTAS:**

| N° | ALTERNATIVA           | PUNTAJE |
|----|-----------------------|---------|
| 1  | TOTALMENTE DESACUERDO | 1       |
| 2  | EN DESACUERDO         | 2       |
| 3  | INDIFERENTE           | 3       |
| 4  | DE ACUERDO            | 4       |
| 5  | TOTALMENTE DE ACUERDO | 5       |

#### SISTEMA DE UTILIZACIÓN

| ASPECTOS  |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. ¿Considera que las especificaciones técnicas de un sistema de utilización son importantes?   |   |   |   |   |   |
| 2. ¿Con que frecuencia se cumplen todas las especificaciones técnicas?  |   |   |   |   |   |
| 3. ¿El proyecto inicia cuando ya se tienen todos los componentes detallados en las especificaciones técnicas?                             |   |   |   |   |   |
| 4. ¿Considera que el desarrollo de las especificaciones técnicas para el sistema de utilización es vital para el desarrollo del proyecto? |   |   |   |   |   |
| 5. ¿Con que frecuencia se dan cambios en las especificaciones técnicas después de iniciado el proyecto?                                   |   |   |   |   |   |
| 6. ¿Considera que se tiene un correcto proceso de implementación de un sistema de utilización?  |   |   |   |   |   |
| 7. ¿Se detallan las especificaciones técnicas para cada implementación de un sistema de utilización?                                      |   |   |   |   |   |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| 8. ¿Con que frecuencia se presentan inconvenientes durante la implementación?                |  |  |  |  |  |
| 9. ¿Se consideran todos los riesgos que acarrea la implementación?                           |  |  |  |  |  |
| 10. ¿Se tiene procedimientos de seguridad que son llevados a cabo durante la implementación? |  |  |  |  |  |

### CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO

| ASPECTOS   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. ¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión?  |   |   |   |   |   |
| 2. ¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos?   |   |   |   |   |   |
| 3. ¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión?   |   |   |   |   |   |
| 4. ¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud?  |   |   |   |   |   |
| 5. ¿Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es considerada para la implementación de un servicio eléctrico?                           |   |   |   |   |   |
| 6. ¿Con que frecuencia se evalúa la máxima demanda del servicio eléctrico?   |   |   |   |   |   |
| 7. ¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico?   |   |   |   |   |   |
| 8. ¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad? |   |   |   |   |   |
| 9. ¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico?                               |   |   |   |   |   |
| 10. ¿Se consideran los equipos eléctricos en los sistema de utilización a fin de brindar un servicio eléctrico de calidad?                         |   |   |   |   |   |
| 11. ¿Considera que las plantas que requieren servicio eléctrico son evaluadas antes de pasar por el proceso productivo correspondiente?            |   |   |   |   |   |
| 12. ¿Considera que el servicio eléctrico pasa por un ciclo de mejora continua?   |   |   |   |   |   |
| 13. ¿Cree usted que la mejora continua garantiza la calidad del servicio eléctrico?  |   |   |   |   |   |
| 14. ¿Con que frecuencia se desarrolla la mejora continua del servicio eléctrico?   |   |   |   |   |   |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| 15. ¿Cuándo se resuelve un problema respecto al servicio eléctrico este ya no vuelve a ocurrir?   |  |  |  |  |  |
| 16. ¿Con que frecuencia se tienen caídas de tensión?  |  |  |  |  |  |
| 17. ¿Considera que las caídas de tensión ocasionan problemas en los equipos eléctricos?   |  |  |  |  |  |
| 18. ¿Considera que son idóneas las medidas de seguridad frente a las caídas de tensión?   |  |  |  |  |  |
| 19. ¿Considera que las caídas de tensión pueden ocasionar problemas en la salud?  |  |  |  |  |  |
| 20. ¿Considera que la máxima demanda de energía eléctrica es considerada para la implementación de un servicio eléctrico?                           |  |  |  |  |  |
| 21. ¿Con que frecuencia se evalúa la máxima demanda del servicio eléctrico?   |  |  |  |  |  |
| 22. ¿Cree usted que se evalúa el pico de demanda eléctrica para brindar calidad del servicio eléctrico?   |  |  |  |  |  |
| 23. ¿Cree usted que los procesos productivos por los cuales pasan los materiales usados para el servicio eléctrico pasan por un proceso de calidad? |  |  |  |  |  |
| 24. ¿Considera que el control en los procesos productivos es vital para garantizar la calidad del servicio eléctrico?                               |  |  |  |  |  |
| 25. ¿Se consideran los equipos eléctricos en los sistema de utilización a fin de brindar un servicio eléctrico de calidad?                          |  |  |  |  |  |

ANEXO 4: Base de Datos

| Nº | Sistema de Utilización    |    |    |    |    |                |    |    |    |     |
|----|---------------------------|----|----|----|----|----------------|----|----|----|-----|
|    | Especificaciones Tecnicas |    |    |    |    | Implementación |    |    |    |     |
|    | P1                        | P2 | P3 | P4 | P5 | P6             | P7 | P8 | P9 | P10 |
| 1  | 3                         | 5  | 4  | 5  | 1  | 5              | 3  | 5  | 4  | 2   |
| 2  | 5                         | 3  | 5  | 3  | 1  | 2              | 4  | 2  | 4  | 3   |
| 3  | 4                         | 3  | 3  | 5  | 3  | 5              | 4  | 2  | 5  | 2   |
| 4  | 3                         | 4  | 3  | 5  | 5  | 5              | 3  | 5  | 3  | 4   |
| 5  | 2                         | 5  | 2  | 2  | 4  | 5              | 4  | 2  | 3  | 2   |
| 6  | 4                         | 3  | 4  | 3  | 3  | 3              | 2  | 3  | 2  | 5   |
| 7  | 2                         | 4  | 4  | 2  | 5  | 2              | 4  | 3  | 4  | 3   |
| 8  | 2                         | 1  | 2  | 2  | 3  | 1              | 2  | 2  | 2  | 3   |
| 9  | 3                         | 3  | 5  | 5  | 3  | 5              | 3  | 5  | 4  | 3   |
| 10 | 1                         | 2  | 2  | 2  | 3  | 2              | 4  | 1  | 2  | 1   |
| 11 | 4                         | 4  | 3  | 4  | 5  | 5              | 3  | 5  | 3  | 5   |
| 12 | 5                         | 1  | 1  | 1  | 3  | 1              | 4  | 3  | 3  | 1   |
| 13 | 2                         | 4  | 2  | 2  | 5  | 1              | 3  | 3  | 2  | 2   |
| 14 | 4                         | 4  | 4  | 2  | 2  | 2              | 5  | 2  | 4  | 2   |
| 15 | 5                         | 4  | 4  | 3  | 1  | 1              | 5  | 4  | 4  | 3   |
| 16 | 2                         | 4  | 3  | 2  | 5  | 5              | 2  | 2  | 3  | 3   |
| 17 | 2                         | 2  | 4  | 2  | 5  | 1              | 5  | 3  | 5  | 1   |
| 18 | 3                         | 5  | 4  | 3  | 3  | 3              | 5  | 2  | 4  | 4   |
| 19 | 5                         | 4  | 1  | 2  | 3  | 3              | 3  | 2  | 3  | 3   |
| 20 | 2                         | 3  | 2  | 2  | 1  | 1              | 2  | 2  | 1  | 1   |