

**MANUAL DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO - PREDICTIVO -  
CORRECTIVO PARA TRABAJOS CON  
TENSIÓN EN SUBESTACIONES Y  
LÍNEAS CHEC**

**MA-DI-08-002-021**

**10-02-2018 Versión 1.0**



**MACROPROCESO DISTRIBUCIÓN  
PROCESO MANTENIMIENTO  
SUBPROCESO PLANEACION DEL MANTENIMIENTO DE DISTRIBUCIÓN**

<b>VERSIÓN No.</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO</b>	<b>MOTIVO</b>	<b>CAP. Y PÁG. AFECTADA</b>
1.0	10/02/2018	Versión inicial		

	<b>ELABORÓ/MODIFICÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>
CARGO:	Profesional 3 ET Control medida y protección SyL	Profesional 2 ET Mantenimiento Subestaciones	Profesional 1 ET Mantenimiento Subestaciones
NOMBRE:	Juan David Serna Valencia	Jhon Anselmo Devia Horta	Elkin Mario López Patiño
FECHA:	06/02/2018	06/02/2018	10/02/2018

Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>ALCANCE .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>SUBESTACIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>7.1</b>	<b>Tipos de subestaciones .....</b>	<b>35</b>
7.1.1	Subestaciones de transformación: .....	35
7.1.2	Subestaciones elevadoras: .....	35
7.1.3	Subestaciones reductoras: .....	36
<b>7.2</b>	<b>Subestaciones de maniobra .....</b>	<b>37</b>
<b>7.3</b>	<b>Subestaciones de generación .....</b>	<b>37</b>
<b>7.4</b>	<b>Clasificación según su nivel de tensión.....</b>	<b>38</b>
<b>7.5</b>	<b>Configuración de las subestaciones. ....</b>	<b>38</b>
7.5.1	Tipos de configuración tendencia europea .....	38
7.5.2	Tipos de configuración tendencia americana .....	41
<b>7.6</b>	<b>Necesidades técnicas de las subestaciones .....</b>	<b>44</b>
7.6.1	Confiabilidad .....	44
7.6.2	Seguridad .....	44
7.6.3	Flexibilidad.....	44
<b>8</b>	<b>EQUIPOS DE PATIO. ....</b>	<b>45</b>
<b>8.1</b>	<b>Transformador de potencia. ....</b>	<b>45</b>
8.1.1	Parte activa.....	47
8.1.2	Parte pasiva .....	48
8.1.3	Accesorios .....	49
8.1.4	Tipos de transformadores.....	57
8.1.5	Sistemas de enfriamiento para transformadores de potencia.....	59
<b>8.2</b>	<b>Interruptor de potencia.....</b>	<b>63</b>
8.2.1	Tipos de interruptores.....	64
8.2.2	Principio de funcionamiento. ....	68
8.2.3	Características técnicas. ....	71
8.2.4	Condiciones de operación. ....	71
<b>8.3</b>	<b>Seccionador.....</b>	<b>76</b>
8.3.1	Tipos de seccionadores.....	76
8.3.2	Características técnicas: .....	82
8.3.3	Condiciones de operación. ....	83

<b>8.4 Transformador de potencial (PT's) .....</b>	<b>84</b>
8.4.1 Potencia o capacidad nominal.....	85
8.4.2 Tensión nominal primaria. ....	86
8.4.3 Tensión nominal secundaria.....	86
8.4.4 Tipos transformadores de potencial. ....	86
8.4.5 Características técnicas. ....	91
8.4.6 Condiciones de operación. ....	91
<b>8.5 Transformador de corriente (CT's). ....</b>	<b>93</b>
8.5.1 Corriente nominal primaria. ....	94
8.5.2 Corriente nominal secundaria.....	94
8.5.3 Identificación de bornes.....	95
8.5.4 Nivel de aislamiento.....	95
8.5.5 Tipos de transformadores de corriente.....	96
8.5.6 Características técnicas. ....	103
8.5.7 Condiciones de operación. ....	103
<b>8.6 Descargadores de sobretensión “DPS” .....</b>	<b>105</b>
8.6.1 Principio de funcionamiento. ....	106
8.6.2 Sobretensiones.....	106
8.6.3 Clasificación.....	107
8.6.4 Tipos de descargadores de sobretensión. ....	107
8.6.5 Características técnicas. ....	111
8.6.6 Contador de descargas. ....	111
8.6.7 Condiciones de operación. ....	112
<b>9 MANTENIMIENTO .....</b>	<b>112</b>
<b>9.1 Tipos de mantenimiento.....</b>	<b>113</b>
9.1.1 Mantenimiento preventivo .....	113
9.1.2 Mantenimiento predictivo.....	114
9.1.3 Mantenimiento correctivo. ....	114
<b>9.2 Actividades de operación y mantenimiento para trabajos con tensión. ....</b>	<b>114</b>
9.2.1 Procedimientos .....	115
9.2.2 Diagnóstico .....	115
9.2.3 Planeación.....	115
9.2.4 Programación: .....	115
9.2.5 Ejecución .....	116
9.2.6 Supervisión y control .....	117
<b>9.3 Alcance de las actividades de mantenimiento en subestaciones y líneas.....</b>	<b>118</b>
9.3.1 Actividades de mantenimiento predictivo sobre equipos de subestación y líneas, para trabajos con tensión.....	118
9.3.2 Actividades de mantenimiento preventivo sobre equipos de subestaciones y líneas, para trabajo con tensión .....	118
<b>10 TRABAJOS CON TENSIÓN O LÍNEA ENERGIZADA. ....</b>	<b>120</b>
<b>10.1 Métodos de trabajo con tensión.....</b>	<b>121</b>
10.1.1 Método de trabajo a distancia. ....	123
10.1.2 Método de trabajo a contacto.....	127
10.1.3 Método de trabajo a potencial. ....	129
<b>10.2 . Clasificación de los niveles de tensión. ....</b>	<b>131</b>
<b>10.3 Condiciones, requisitos y recomendaciones para trabajos con tensión. ....</b>	<b>132</b>

10.3.1	Condiciones de operación para trabajos en instalaciones eléctricas.....	132
10.3.2	Condiciones de ejecución para trabajos con tensión.....	133
10.3.3	Verificación en sitio (lugar de trabajo).....	136
10.3.4	Procedimientos para trabajos con tensión.....	137
10.3.5	Medidas preventivas para trabajos con tensión.....	138
<b>10.4</b>	<b>Perfil ocupacional del liniero de trabajo con tensión.</b> .....	<b>141</b>
10.4.1	Requisitos.....	141
10.4.2	Conformación del grupo de trabajo .....	142
<b>10.5</b>	<b>Equipos de izaje, elementos de protección personal y colectiva para trabajos con tensión.</b> .....	<b>143</b>
10.5.1	Tipos de materiales .....	144
10.5.2	Clasificación de los equipos de protección para trabajos con tensión. ....	145
10.5.3	Equipos de protección personal y colectiva para trabajos con tensión. ....	146
10.5.4	Pruebas eléctricas a equipos de trabajos con tensión.....	191
<b>11</b>	<b>DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS CON TENSION.....</b>	<b>197</b>
11.1	Distancias de seguridad.....	197
11.2	Distancias de seguridad en subestaciones exteriores.....	197
<b>12</b>	<b>PRUEBAS DE PATIO.....</b>	<b>200</b>
12.1	Recomendaciones generales. ....	201
12.2	Resistencia de contactos.....	202
12.2.1	Aplicaciones. ....	203
12.3	Termografía .....	205
12.3.1	Fundamentación teórica.....	206
12.3.2	Alcance.....	206
<b>13</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>208</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.</b> Esquema gráfico de una subestación de maniobra	37
<b>Figura 25.</b> Indicadores de temperatura, transformador de potencia subestación Armenia. 22/01/2014.	55
<b>Figura 72.</b> Banco de baterías, subestación la Rosa, 23/04/14. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 73.</b> Cargadores de baterías (Rectificador), subestación victoria, 20/08/15. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 74.</b> Planta de emergencia subestación Armenia, 23/04/14. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 75.</b> Sistemas de puesta a tierra interconectados; tomado de RETIE 2013. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 11.</b> Distancias de seguridad para prevenir contactos directos en subestaciones exteriores, tomada de RETIE 2013. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 12.</b> Zona de seguridad para circulación de personal. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 13.</b> Zonas de seguridad. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 85.</b> Conexiones, resistencia	
<b>Figura 1.</b> Esquema de los tipos de subestaciones en un sistema de transmisión de potencia, tomado de la revista de ABB.	35
<b>Figura 2.</b> Esquema gráfico de una subestación de transformación elevadora.	36
<b>Figura 3.</b> Esquema gráfico de una subestación de transformación reductora.	37
<b>Figura 5.</b> Configuración barra sencilla normal, tendencia europea.	39
<b>Figura 6.</b> Configuración barra sencilla con seccionamiento, tendencia europea.	39
<b>Figura 7.</b> Configuración barra sencilla, tendencia europea, disposición "H".	39
<b>Figura 8.</b> Configuración de doble barra, tendencia europea.	40
<b>Figura 9.</b> Configuración barra de transferencia, tendencia europea.	41
<b>Figura 10.</b> Configuración anillo, tendencia americana.	42
<b>Figura 11.</b> Configuración interruptor y medio, tendencia americana.	43
<b>Figura 12.</b> Transformador de potencia. Subestación Armenia. 28/12/2016.	45
<b>Figura 13.</b> Dirección del flujo magnético de un transformador monofásico ideal.	46
<b>Figura 14.</b> Vista interna de un núcleo tipo acorazado de un transformador eléctrico.	47
<b>Figura 15.</b> Vista de un transformador tridevanado.	48
<b>Figura 16.</b> Tanque conservador, transformador de potencia subestación Purnio. 46A14F, 05/02/2015.	49
<b>Figura 17.</b> Esquema gráfico tanque conservador de un transformador de potencia. Fuente operación de subestaciones de energía.	50
<b>Figura 18.</b> Tipos de bujes pasatapas para transformadores de potencia, tomado de revista ABB, junio 28/2014.	50
<b>Figura 19.</b> Tablero general, transformador de potencia subestación Campestre. 01/10/2015.	51
<b>Figura 20.</b> Placa característica, transformador de potencia subestación Armenia. 08/04/2014.	52
<b>Figura 21.</b> Cambiador de tomas de 21 posiciones, transformador de potencia subestación La Dorada. 08/05/2014.	53
<b>Figura 22.</b> Relé Buchholz, transformador de potencia subestación La Dorada. 08/05/2014.	54
<b>Figura 23.</b> Radiadores de un transformador de potencia, subestación La Rosa, 12/07/2014.	56
<b>Figura 24.</b> Deshumectador de sílica gel, libre de mantenimiento.	57
<b>Figura 25.</b> Banco de transformadores de potencia monofásicos, subestación Purnio, 13/06/2014.	57
<b>Figura 26.</b> Transformador de potencia trifásico, subestación Dorada, 20/06/2014.	58
<b>Figura 27.</b> Esquema básico de un transformador de potencia elevador.	58
<b>Figura 28.</b> Esquema básico de un transformador de potencia reductor.	59
<b>Figura 29.</b> Esquema básico de un autotransformador de potencia.	59
<b>Figura 30.</b> Interruptores de potencia Subestación Armenia ARM40T210. 23/04/2014.	63
<b>Figura 31.</b> Interruptor de tanque vivo. C.F. Ramírez, Ingenieros Mejía Villegas S.A., capítulo 8, equipos de patio Libro Subestaciones alta y extra alta tensión.	64

<b>Figura 32.</b> Interruptor en vacío tipo interior. Subestación Marmato, celdas de 13.2 kV. 23/04/2014 .....	65
<b>Figura 33.</b> Interruptor de potencia tipo exterior. Subestación la rosa ENE40B20. 04/03/2014. ....	66
<b>Figura 34.</b> Influencia de la distancia entre los contactos sobre la rigidez dieléctrica.....	67
<b>Figura 35.</b> Interruptor al vacío. Subestación la Hermosa. 30/04/2014. ....	67
<b>Figura 36.</b> Accionamiento de un interruptor tripolar por resorte lineal. ....	68
<b>Figura 37.</b> Diagrama de bloques, principio de funcionamiento de un interruptor de potencia.....	68
<b>Figura 38.</b> Principio de extinción de arco eléctrico en un interruptor, presentación equipos de patio, Siemens.....	69
<b>Figura 39.</b> Desarrollo de interrupción en una falla trifásica, libro Subestaciones alta y extra alta tensión, capítulo 8, equipos de patio.....	70
<b>Figura 40.</b> Placa de características técnicas, interruptor de potencia. Subestación Victoria. VCT40B200. 09/08/2014.....	71
<b>Figura 41.</b> Seccionadores de línea. Subestación Dorada, 01/05/2014.....	76
<b>Figura 42.</b> Seccionadores de barra y de línea. Subestación Chinchiná CHA30L11, 21/03/2014. ..	77
<b>Figura 43.</b> Seccionadores de línea con función de puesta a tierra. Subestación Regivit. REG40T180, 24/04/2014. ....	78
<b>Figura 44.</b> Seccionador de doble apertura central, subestación Irra. IRR40B200 20/03/2012. ....	78
<b>Figura 45.</b> Seccionadores de apertura central. Subestación Armenia, ARM40B200, 23/04/2015. .	79
<b>Figura 46.</b> Seccionadores de cuchilla. Subestación Aguadas, AGU23L12, 06/11/2014. ....	80
<b>Figura 47.</b> Seccionadores de apertura vertical. Subestación Salamina, SLM40L221, 18/08/2011. 80	80
<b>Figura 48.</b> Accionamiento manual de un seccionador. Subestación Norcasia, NSA30L11, 06/05/2014. ....	81
<b>Figura 49.</b> Accionamiento motorizado de seccionadores. Subestación Enea, ENE40L256, 04/03/2014.....	82
<b>Figura 50.</b> Placa característica, seccionador. Subestación la Hermosa, HER30L13, 30/04/2014. .	82
<b>Figura 51.</b> Transformadores de potencial PT's. Subestación Dorada, 08/05/2014.....	84
<b>Figura 52.</b> Transformadores de potencial PT's inductivos, Subestación Victoria, 29/11/2012. ....	89
<b>Figura 53.</b> Transformadores de potencial PT's capacitivos. Subestación Regivit, 22/04/2014.....	90
<b>Figura 54.</b> Placa característica Transformadores de potencial PT's, Subestación La Rosa, 24/04/2014.....	91
<b>Figura 55.</b> Transformadores de corriente. Subestación Enea, 04/03/2014. ....	93
<b>Figura 56.</b> Borneras de un CT's y sus posibles conexiones. ....	95
<b>Figura 57.</b> Transformador de corriente tipo devanado primario. Subestación Enea, ENE40L21, 04/03/2014. ....	97
<b>Figura 58.</b> Transformador de corriente de varios núcleos. Subestación Dorada, 04/03/2014.....	98
<b>Figura 59.</b> CT's de relación múltiple. Subestación Dorada, 08/15/2014. ....	98
<b>Figura 60.</b> Placa característica, Transformadores de corriente CT's. Subestación Dorada, 08/05/2014. ....	103
<b>Figura 61.</b> Descargadores de sobretensión. Subestación Regivit, REG40L19, 22/04/2014. ....	105
<b>Figura 62.</b> Curva de actuación de un descargador de sobretensión de óxido metálico. ....	106
<b>Figura 63.</b> Descargadores de sobretensión de óxido de Zinc. Subestación Viterbo, 30/08/2015. 108	108
<b>Figura 64.</b> Descargadores de sobretensión de carburo de silicio. Subestación Viterbo, 12/03/2014. ....	109
<b>Figura 65.</b> Esquema típico interno de descargadores de óxido metálico con recubrimiento en porcelana. ....	110
<b>Figura 66.</b> Esquema típico de descargadores de sobretensión de carburo de silicio. Con recubrimiento en porcelana. ....	110
<b>Figura 67.</b> Placa característica, descargadores de sobretensión. Subestación Purnio. 05/02/2015. ....	111
<b>Figura 68.</b> Contador de descargas análogo. ....	112
<b>Figura 69.</b> Trabajos con tensión, método a distancia - contacto, grupo TCT SYL, CHEC S.A E.S.P 23/05/2017.....	123

<b>Figura 70.</b> Distancias de seguridad Dpel tomada del real decreto 614/2001. ....	124
<b>Figura 71.</b> Zona de peligro para trabajos en tensión, tomada del real decreto 614/2001 .....	125
<b>Figura 72.</b> Trabajo con tensión, método a contacto, grupo de TCT SYL, CHEC S.A E.S.P. ....	127
<b>Figura 73.</b> Ascenso a zona de trabajo, trabajos con tensión, método a potencial, tomada del real decreto 614/2001. ....	130
<b>Figura 74.</b> Distancias entre puntos de diferente potencial para trabajos con tensión, método a potencial, tomada del real decreto 614/2001. ....	130
<b>Figura 75.</b> Herramientas para trabajos con tensión, grupo TCT SYL, CHEC S.A E.S.P. ....	143
<b>Figura 76.</b> Guantes dieléctricos, tomados del catálogo CATU 2014/2015. ....	146
<b>Figura 77.</b> Guantes dieléctricos bicolores, tomados de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017. ....	148
<b>Figura 78.</b> Marcación de Guantes dieléctricos, tomado de catálogo CATU, 2014-2015. ....	149
<b>Figura 79.</b> Prueba de inflado de guantes, grupo TCT SYL. ....	150
<b>Figura 80.</b> Mangas dieléctricas, tomadas de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017. ....	152
<b>Figura 81.</b> Mangas dieléctricas con accesorios, tomadas del catálogo orion rubber experts.....	154
<b>Figura 82.</b> Inspección de mangas dieléctricas, grupo TCT SYL. ....	155
<b>Figura 83.</b> Conjunto de ropa conductiva, tomado del portal virtual de ingeoquín. ....	157
<b>Figura 84.</b> Zapatos conductivos y sus contactos internos o externos, tomado de herramientas para trabajos con tensión, SETET. ....	158
<b>Figura 85.</b> Mantas dieléctricas, tomadas de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017. ....	163
<b>Figura 86.</b> Mantas dieléctricas con perforaciones para arneses. ....	164
<b>Figura 87.</b> Inspección de mantas dieléctricas, grupo TCT SYL. ....	166
<b>Figura 88.</b> Pinza para mantas aisladas. ....	167
<b>Figura 89.</b> Tipos de cubridores flexibles para trabajos en tensión. ....	168
<b>Figura 90.</b> Equipos de protección rígida para trabajos con tensión. ....	172
<b>Figura 91.</b> Pértigas aisladas para trabajos con tensión. ....	175
<b>Figura 92.</b> Tubos rígidos aislantes, tomada de capacitación para trabajos con tensión, SETET, Mayo 2017. ....	177
<b>Figura 93.</b> Hidroelevador para trabajo con tensión. Grupo TCT SYL, julio 2017....	181
<b>Figura 94.</b> Ensayo inicial, Hidroelevador para trabajos con tensión. ....	183
<b>Figura 95.</b> Andamio aislados para trabajos con tensión, método a contacto. ....	184
<b>Figura 96.</b> Riel y plataforma para apoyo y desplazamiento del andamio aislado, tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017. ....	185
<b>Figura 97.</b> Bases de desplazamiento y apoyo del andamio aislado, tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	186
<b>Figura 98.</b> Varillas tensoras para la estabilidad del andamio. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	186
<b>Figura 99.</b> Travesaños laterales para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	187
<b>Figura 100.</b> Travesaños diagonales para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	187
<b>Figura 101.</b> Modulos para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017. ....	188
<b>Figura 102.</b> Plataforma para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017. ....	189
<b>Figura 103.</b> Soga aislada. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017. ....	189
<b>Figura 104.</b> Pluma de izaje de cargas en andamios aislados, Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	190
<b>Figura 105.</b> Varilla de anclaje para vientos en andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017....	190

<b>Figura 106.</b> Ensayo, medida de resistencia de ropa conductiva. Tomado de presentación de herramientas para trabajos con tensión, SETET, mayo de 2017. ....	191
<b>Figura 107.</b> Puntos de ensayo para medición de resistencia del traje conductorio. Tomado de presentación de herramientas para trabajos con tensión, SETET, mayo de 2017. ....	193
<b>Figura 108.</b> Probador de bastones marca chance, tomado del portal web de altapro. ....	194
<b>Figura 109.</b> Microamperímetro, para monitorear corrientes de fuga en equipos de izaje para trabajos con tensión. ....	196
<b>Figura 110.</b> Distancias de seguridad para prevenir contactos directos en subestaciones exteriores, tomada de RETIE 2013. ....	198
<b>Figura 111.</b> Zona de seguridad para circulación de personal. ....	199
<b>Figura 112.</b> Zonas de seguridad. ....	199
<b>Figura 113.</b> Conexiones, resistencia de contactos, interruptor de potencia en SF6. ....	204
<b>Figura 114.</b> Conexiones, resistencia de contacto, seccionador. ....	205
<b>Figura 114.</b> Conexiones, resistencia de contacto, interruptor de potencia en SF6. ....	204

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de transformador con su respectivo enfriamiento.....	60
<b>Tabla 2.</b> Valores de potencia normalizados según IEC.....	85
<b>Tabla 3.</b> Valores de potencia normalizados según ANSI .....	85
<b>Tabla 4.</b> Tensión nominal primaria de PT's según el tipo de conexión.....	86
<b>Tabla 5.</b> Clase de precisión y error de tensión de los transformadores de potencial PT's de medida. ....	87
<b>Tabla 7.</b> Clase de precisión y error de tensión de los transformadores de potencial PT's de protección. ....	88
<b>Tabla 8.</b> Corriente nominal primaria, transformadores de corriente CT's. ....	94
<b>Tabla 9.</b> Corriente nominal secundaria, transformadores de corriente CT's. ....	95
<b>Tabla 10.</b> Nivel de aislamiento nominal de un CT's. ....	96
<b>Tabla 11.</b> Clase de los transformadores de corriente CT'S, según IEC y ANSI. ....	99
<b>Tabla 12.</b> Límite de error para trasformadores de corriente CT's de medida. ....	100
<b>Tabla 13.</b> % de error de corriente al % de corriente nominal indicado. ....	100
<b>Tabla 14.</b> Burden transformadores de corriente para medida y protección. ....	101
<b>Tabla 15.</b> Clase de precisión transformadores de corriente para protección. ....	102
<b>Tabla 16.</b> Clasificación de los DPS según norma IEEE Std C62.11. ....	107
Tabla 17. Tensiones asignadas a DPS. ....	108
<b>Tabla 18.</b> Límite de aproximación, método a distancia., Trabajo con tensión. ....	125
<b>Tabla 19.</b> Clasificación de los equipos de protección para trabajos con tensión .....	145
<b>Tabla 20.</b> Clasificación de guantes para trabajos con tensión según su clase. ....	147
<b>Tabla 21.</b> Clasificación de guantes para trabajos con tensión según sus propiedades. ....	147
<b>Tabla 22.</b> Grosor máximo de guantes dieléctricos. ....	148
<b>Tabla 23.</b> Ensayo de tensión de prueba y tensión soportada. ....	150
<b>Tabla 24.</b> Ensayos mecánicos a guantes dieléctricos. ....	151
<b>Tabla 25.</b> Clasificación de las mangas para trabajos con tensión según el diseño. ....	153
<b>Tabla 26.</b> Máxima corriente de fuga para mangas dieléctricas. ....	155
<b>Tabla 27.</b> Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas. ....	156
<b>Tabla 28.</b> Composición de la ropa conductiva. ....	160
<b>Tabla 29.</b> Resistencia de ropa conductiva según el nivel de tensión de operación. ....	162
<b>Tabla 30.</b> Ensayos de tipo de material y tipo de prenda, para ropa conductiva. ....	162
<b>Tabla 31.</b> Dimensiones de fabricación de las mantas dieléctricas. ....	164
<b>Tabla 32.</b> Espesor de las mantas dieléctricas. ....	165
<b>Tabla 33.</b> Tensiones de ensayo, prueba de tensión aplicada a mantas dieléctricas .....	166

<b>Tabla 34.</b> Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas .....	167
<b>Tabla 35.</b> Clasificación de los cobertores flexibles .....	169
<b>Tabla 36.</b> Pruebas eléctricas A1, A2 y B en AC, para cubridores flexibles. ....	170
<b>Tabla 37.</b> Pruebas eléctricas A1 y A2 en DC, para cubridores flexibles. ....	170
<b>Tabla 38.</b> Ensayos mecánicos, a cobertores flexibles.....	171
<b>Tabla 39.</b> Tensión máxima de soportabilidad para cobertores rígidos según su clase.....	172
<b>Tabla 40.</b> Clasificación de los cobertores rígidos .....	173
<b>Tabla 41.</b> Ensayos eléctricos a cobertores rígidos. ....	174
<b>Tabla 42.</b> Ensayos mecánicos a cobertores rígidos. ....	174
<b>Tabla 43.</b> Distancia de cuerpos en pétigas aisladas según el nivel de tensión de operación. ....	178
<b>Tabla 44.</b> Ensayos dieléctricos para pétigas y barras aisladas.....	179
<b>Tabla 45.</b> Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas. ....	179
<b>Tabla 46.</b> Ensayo de la corriente de fuga para Hidroelevadores clase A y B. ....	182
<b>Tabla 47.</b> Ensayo corriente de fuga para Hidroelevadores clase C. ....	182
<b>Tabla 48.</b> Análisis de resultados, pruebas de resistencia para ropa conductiva.....	193
<b>Tabla 49.</b> Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica.....	198
<b>Tabla 50.</b> Distancias de seguridad en el aire, para las figuras 70 y 71. Tomada de NTC 2050 ....	200



## **1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer el manual de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para trabajos con tensión en subestaciones y líneas con nivel de tensión II, III y IV de la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC S.A E.S.P.

## **2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Optimizar los tiempos de disponibilidad de los activos de las subestaciones y líneas, mejorando la percepción del servicio en los usuarios finales y reduciendo sanciones por DNA.
- ✓ Describir el principio de funcionamiento de las técnicas (Distancia, contacto y potencial), equipos de prueba, pruebas eléctricas, e implementos de seguridad, necesarios para trabajos con tensión (TCT).
- ✓ Describir el principio de funcionamiento y los equipos que componen una subestación eléctrica de potencia.
- ✓ Dar soporte técnico a las actividades realizadas por los grupos de trabajo con tensión “TCT”.

### **3 ALCANCE**

El propósito de realizar el manual de mantenimiento para trabajos con tensión es brindar a la subgerencia de subestaciones y líneas una herramienta que sirva de soporte técnico y administrativo para la realización de las actividades de mantenimiento que realizará el grupo de TCT a cada uno de los activos que conforman las subestaciones y líneas de CHEC S.A. E.S.P, esto, con el fin de disminuir de manera considerable los riesgos a los que se ven expuestos cada uno de los integrantes del grupo debido a la complejidad de sus labores; también, pretende brindar total claridad sobre las pruebas y procedimientos a realizar durante las labores de mantenimientos con línea energizada, al igual que el funcionamiento de los equipos de patio de las subestaciones eléctricas y las normas de seguridad que se deben tener presente para ejecutar cualquier acción con tensión.

En este orden de ideas, es importante aclarar que los trabajos con tensión “TCT”, también llamados trabajos con línea energizada o línea viva, son todas aquellas maniobras, trabajos o acciones donde personal de mantenimiento eléctrico entra en contacto directo con equipos, líneas, o elementos energizados (con tensión), o cuando con el cuerpo o herramientas se sobrepasan los límites de distancia permisibles por la norma dentro de una subestación eléctrica, entrando en una zona de peligro que pone en riesgo la integridad del personal.

Para la ejecución de este tipo de prácticas existen distintas técnicas de trabajo, trabajo a distancia, trabajo a potencial, y trabajo a contacto; siendo las dos últimas el objeto de estudio durante el desarrollo del manual.

Este manual se limita a describir únicamente los activos, prácticas de mantenimiento, tipos de mantenimiento y los equipos de prueba con los que actualmente CHEC S.A. E.S.P interviene las subestaciones y líneas

En cada uno de los capítulos se muestra un panorama general de lo que se puede encontrar en el sector eléctrico hoy en día, y se profundiza en todo aquello con lo que cuenta CHEC S.A E.S.P.

Por tal motivo su aplicación y uso es particular.

## **4 JUSTIFICACIÓN**

La creación de un manual de mantenimiento para trabajos con tensión en subestaciones y líneas con nivel de tensión III, IV y V, será un aporte fundamental para el crecimiento profesional, técnico y organizacional de la subgerencia de subestaciones y líneas, y a su vez, de la empresa en general, ya que permitirá incursionar en nuevas técnicas de mantenimiento que garantizarán la atención oportuna de algunas de las necesidades que se presentan a diario sobre los diferentes activos que componen las subestaciones CHEC S.A E.S.P, sin tener que interrumpir parcial o completamente el suministro de energía eléctrica a los usuarios finales; aumentando con esto, la disponibilidad de los activos, reduciendo costos por afectaciones en el servicio, y prolongando la vida útil de los equipos.

Este manual de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para trabajos con tensión, permitirá comprender temas relacionados con mantenimiento (Tipos, definiciones, prácticas, rutinas), subestaciones (tipos, características, disposiciones), equipos de patio (Características generales, principio de funcionamiento), técnicas de trabajos con tensión, herramientas y equipos para línea viva, reglas de oro para línea energizada, distancias de seguridad, entre otros. Todo esto, basados en los reglamentos técnicos vigentes en Colombia para el sector eléctrico, y las normas internacionales que apliquen.

Adicionalmente se elaborarán una serie de procedimientos que brindarán al liniero de TCT un soporte técnico que avale cada una las actividades, garantizando con esto la minimización de riegos por medio de la estandarización de las labores.

El desarrollo del manual y los procedimientos se hacen necesarios para dar cumplimiento con lo estipulado en el artículo 24.1, parágrafo b, del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, el cual dice lo siguiente:

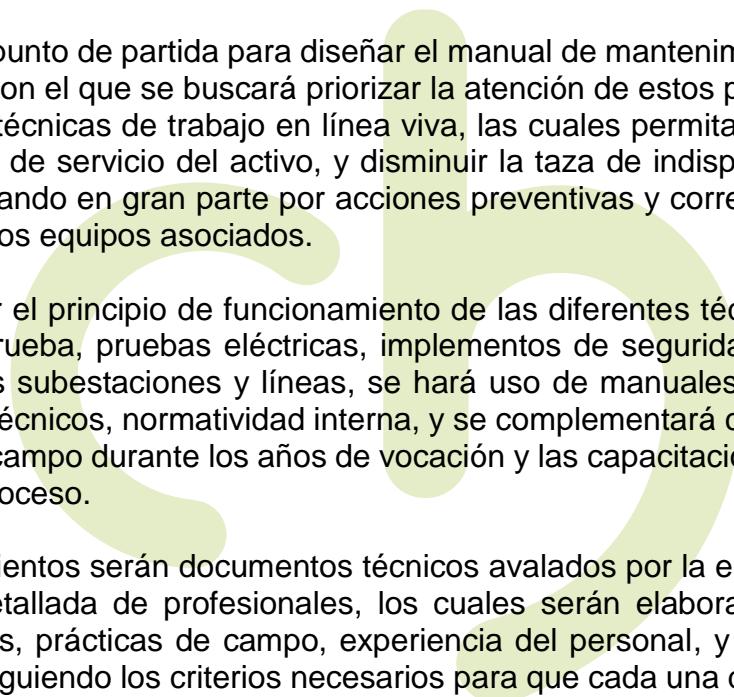
*"La subestación debe estar provista de manuales de operación y mantenimiento, precisos parágrafo b. que no den lugar a equivocaciones"* Artículo 24.1.

De igual manera los cargos por indisponibilidad de activos, remuneraciones por demanda no atendida, y la insatisfacción de los clientes son temas que urge corregir, ya que son utilidades que deja de percibir la empresa. Por tal razón se hace necesaria la implementación de un nuevo proceso dentro de la organización para realizar trabajos con tensión en subestaciones y líneas bajo técnicas calificadas de mantenimiento que ayuden a reducir los factores anteriormente mencionados gracias al alcance que tiene realizar trabajos sobre circuitos, y/o equipos energizados dentro de las subestaciones CHEC.

## **5 METODOLOGÍA**

Para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las subestaciones y líneas de CHEC, se plantea inicialmente determinar cuáles son los activos más críticos dentro del sistema, e identificar aquellos activos de uso que se encuentran penalizados por superar el umbral máximo de indisponibilidad permitido por la ley. Para esto se acudirá a una revisión de los reportes de mantenimiento, indicadores empresariales, y rutinas de inspección, que se llevan a cabo en la empresa con el fin de realizar una depuración de la información que establezca el nivel de criticidad de estos activos.

Éste, será el punto de partida para diseñar el manual de mantenimiento de trabajos con tensión, con el que se buscará priorizar la atención de estos puntos críticos del sistema bajo técnicas de trabajo en línea viva, las cuales permitan disponer de un mayor tiempo de servicio del activo, y disminuir la taza de indisponibilidad que se viene presentando en gran parte por acciones preventivas y correctivas realizadas en frío sobre los equipos asociados.



Para describir el principio de funcionamiento de las diferentes técnicas de trabajo, equipos de prueba, pruebas eléctricas, implementos de seguridad y equipos que componen las subestaciones y líneas, se hará uso de manuales, fichas técnicas, reglamentos técnicos, normatividad interna, y se complementará con la experiencia adquirida en campo durante los años de vocación y las capacitaciones adquiridas a lo largo del proceso.

Los procedimientos serán documentos técnicos avalados por la empresa mediante la revisión detallada de profesionales, los cuales serán elaborados basados en capacitaciones, prácticas de campo, experiencia del personal, y antecedentes de las labores, siguiendo los criterios necesarios para que cada una de las actividades a las que tiene alcance el grupo de TCT, se realicen de manera segura y confiable.

En la construcción del manual de mantenimiento se tendrán en cuenta, bibliografía recopilada, reglamentos técnicos, normas del sector eléctrico, fichas técnicas, experiencia del personal, documentos asociados a las labores de mantenimiento y pruebas eléctricas, folletos, publicaciones, etc. Este documento estará enfocado solo a los equipos, prácticas de mantenimiento, pruebas, y subestaciones con las que cuenta actualmente CHEC S.A E.S.P, y será, al igual que los procedimientos, un documento técnico que brindará al grupo de trabajo con tensión una herramienta útil en sus prácticas diarias.

## 6 DEFINICIONES

**Acople:** Operación mediante la cual se enlazan los barajes constitutivos de una subestación. Nombre que se asigna al campo de conexión de barajes.

**Aislamiento:** Propiedad dieléctrica que tiene un material para no permitir la conducción de corriente eléctrica sobre su superficie.

**Apoyo:** Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructura.

**Arco eléctrico:** Haz luminoso producido por el flujo de corriente eléctrica a través de un medio aislante, que produce radiación y gases calientes.

**Arco eléctrico en interruptores:** Corriente que se desarrolla entre los contactos del interruptor después de estar separados debido a la diferencia de tensión que ioniza el aire.

**ASTM:** American Society for Testing and Materials/Pruebas Americanas para productos en proceso.

**Absorbedor de choque:** Equipo cuya función es disminuir las fuerzas de impacto en el cuerpo del trabajador o en los puntos de anclaje en el momento de una caída.

**Aislador:** dispositivo encargado del aislamiento eléctrico y de la fijación mecánica del equipo o conductores que están sujetos a diferencias de potencial.

**Alta Tensión:** Tensiones mayores o iguales a 57,5 KV y menores o iguales a 230 KV

**Anclaje:** Punto seguro al que pueden conectarse equipos personales de protección contra caídas con resistencia certificada a la rotura y un factor de seguridad, diseñados y certificados en su instalación por un fabricante y/o una persona calificada. Puede ser fijo o móvil según la necesidad.

**Apoyo:** Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructura.

**Arco Eléctrico:** Descarga eléctrica luminosa producida entre dos electrodos.

**Arnés de cuerpo completo:** Equipo de protección personal diseñado para distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída. Es fabricado en

correas cosidas y debidamente aseguradas, e incluye elementos para conectar equipos y asegurarse a un punto de anclaje. Debe ser certificado bajo un estándar nacional o internacionalmente aceptado

**Batería:** Acumulador o conjunto de varios acumuladores de electricidad compuesto por placas positivas y placas negativas que se encuentran sumergidas en un electrolito (ácido sulfúrico y agua líquida o gel en el caso de las baterías secas), en el cual, mediante un proceso electroquímico, se obtiene una diferencia de potencial entre sus electrodos.

**Baraje:** Punto común de conexión de los diferentes circuitos asociados a una subestación (nodo del sistema), encargado de transportar corriente.

**BIL:** Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

**Burden:** Carga instalada en el lado de baja del transformador de medida y que normalmente está dada en VA.

**Baranda:** Barrera que se instala al borde de un lugar para prevenir la posibilidad de caída. Debe garantizar una capacidad de carga y contar con un travesaño de agarre superior, una barrera colocada a nivel del suelo para evitar la caída de objetos y un travesaño intermedio o barrera intermedia que prevenga el paso de personas entre el travesaño superior y la barrera inferior.

**Capacitación:** Para efectos de este manual, es toda actividad realizada en la empresa o institución autorizada, para responder a sus necesidades, con el objetivo de preparar el talento humano mediante un proceso en el cual el participante comprende, asimila, incorpora y aplica conocimientos, habilidades, destrezas que lo hacen competente para ejercer sus labores en el puesto de trabajo.

**Certificación de equipos:** Documento que certifica que un determinado elemento cumple con las exigencias de calidad de un estándar nacional que lo regula y en su ausencia, de un estándar avalado internacionalmente. Este documento es emitido generalmente por el fabricante de los equipos.

**Certificado de competencia laboral:** Es el reconocimiento, por escrito, que hace un organismo certificador a una persona que cumple con los requisitos establecidos en una norma de competencia laboral, corroborándolo mediante evidencias de conocimiento, desempeño y producto.

**Certificado de capacitación:** Documento que se expide al final del proceso en el que se da constancia que una persona cursó y aprobó la capacitación necesaria para desempeñar una actividad laboral. Este certificado no tiene vencimiento.

**Certificación para trabajo seguro en alturas.** Certificación que se obtiene mediante el certificado de capacitación de trabajo seguro en alturas o mediante el certificado en dicha competencia laboral.

**Círcito:** conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, interconectados entre sí, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes, los cableados internos de equipos no se toman como circuitos.

**Círcito bajo consignación:** Cuando un circuito se ha retirado de servicio total o parcialmente, o, posee restricción operativa por trabajos de mantenimiento con línea energizada.

**Círcito eléctrico:** Conjunto de conductores y otros elementos a través de los cuales la energía eléctrica fluye, construyendo un camino completo para su recorrido.

**Conector:** Cualquier equipo que permita unir el arnés del trabajador al punto de anclaje.

**Conductor:** Aquellas partes destinadas, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

**Consignación:** Cuando el equipo, instalación o línea consignada sea retirado de la explotación o servicio, sin posibilidad de ser operado durante el tiempo que dura la consignación. Se observará la programación sugerida

**Consignación de líneas energizadas:** Nombre que da el Centro Nacional de Despacho a la consignación correspondiente a trabajos con líneas energizadas

**Corriente eléctrica:** Flujo o movimiento de electrones a través de un conductor, se mide en amperios (A).

**Corriente de fuga:** Es la corriente eléctrica que fluye a tierra por elemento en contacto con una línea energizada a pesar de ser aislado

**Cable:** Conjunto de alambres sin aislamiento entre sí y entorchado por medio de capas concéntricas

**Cable apantallado:** Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

**Campo de conexión (Bahía, modulo):** Conjunto de equipos de una subestación para la maniobra, protección y medida de un circuito que se conecta a ella.

**Carga:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

**Cargabilidad:** Límite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

**Cargador de baterías:** Convertidor que toma potencia normal de la red de corriente alterna y la convierte en corriente continua, de modo que pueda cargar las baterías y, a su vez, sea la fuente de las cargas de corriente continua.

**Capacidad de cierre:** Capacidad del interruptor de cerrar los contactos en condición de corto circuito, es el valor RMS de la corriente total en su mayor pico inicial.

**Capacidad de apertura simétrica:** Valor RMS de la componente A.C. de la corriente, en el instante de separación de los contactos.

**Capacidad de apertura asimétrica:** Valor RMS de la corriente total (componente A.C. y D.C.), en el instante que se separan los contactos.

**Capacidad de corriente:** Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

**Capacidad nominal:** El conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas. En un sistema la capacidad nominal la determina la capacidad nominal del elemento limitador.

**Capacidad o potencia instalada:** También conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas, previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

**Central o planta de generación:** Conjunto de equipos electromecánicos debidamente instalados y recursos energéticos destinados a producir energía eléctrica, cualquiera que sea el procedimiento empleado o la fuente de energía primaria utilizada.

**Celda:** se define como el área que cubre u trasmisor o una colección de transmisores.

**Circuito eléctrico:** Lazo cerrado formado por un conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, alimentados por la misma fuente de energía y con

las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. No se toman los cableados internos de equipos como circuitos. Pueden ser de modo diferencial (por conductores activos) o de modo común (por conductores activos y de tierra).

**CLD:** Centro Local de despacho

**Compatibilidad electromagnética:** Es la capacidad de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin dejarse afectar ni afectar a otros equipos por energía electromagnética radiada o conducida.

**Condición insegura:** Circunstancia potencialmente riesgosa que está presente en el ambiente de trabajo.

**Conductor activo:** Aquella parte destinada, en su condición de operación normal, a la transmisión de electricidad y por tanto sometidas a una tensión en servicio normal.

**Conductor energizado:** Todo aquel que no está conectado a tierra.

**Conductor neutro:** conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

**Conductor a tierra:** también llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

**Configuración:** Ordenamiento dado a los equipos de maniobra de una subestación que permite definir sus propiedades y características de operación.

**Conexión equipotencial:** conexión eléctrica entre dos o más puntos, de manera que cualquier corriente que pase no genere una diferencia de potencial sensible entre ambos puntos.

**Confiabilidad:** capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dado. Equivale a fiabilidad.

**Consignación:** conjunto de operaciones destinadas a abrir, bloquear y formalizar la intervención sobre un circuito.

**Contacto directo:** es el contacto de personas o animales con conductores activos o partes energizadas de una instalación eléctrica.

**Contacto eléctrico:** acción de unión de dos elementos con el fin de cerrar un circuito. Puede ser de frotamiento, de rodillo, líquido o de presión.

**Contacto indirecto:** es el contacto de personas o animales con elementos o partes conductivas que normalmente no se encuentran energizadas. Pero en condiciones de falla de los aislamientos se puedan energizar.

**Control local:** Consiste en la maniobra y/o control directo sobre un equipo.

**Control remoto:** Es el control de un equipo desde un lugar distante.

**Corriente eléctrica:** es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

**Corriente de contacto:** corriente que circula a través del cuerpo humano, cuando está sometido a una tensión de contacto.

**Corriente de corto tiempo:** Valor RMS de la corriente que se transporta sin peligro de daño, normalmente se expresa en kA por un lapso de 3 segundos y se basa en las limitaciones térmicas del interruptor.

**Cortocircuito:** unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

**Coulómetro:** Equipo utilizado para la determinación del contenido de agua por el método de Karl Fisher.

**CT's:** Transformador de corriente.

**Descarga disruptiva:** falla de un aislamiento bajo un esfuerzo eléctrico, por superarse un nivel de tensión determinado que hace circular una corriente. Se aplica al rompimiento del dieléctrico en sólidos, líquidos o gases y a la combinación de estos.

**Disponibilidad:** certeza de que un equipo o sistema sea operable en un tiempo dado. Cualidad para operar normalmente.

**Distancia a masa:** distancia mínima, bajo condiciones especificadas, entre una parte bajo tensión y toda estructura que tiene el mismo potencial de tierra.

**Distancia al suelo:** distancia mínima, bajo condiciones ya especificadas, entre el conductor bajo tensión y el terreno.

**Distancia de seguridad:** distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

**Distancia mínima en el aire:** Todos aquellos valores que garantizan la soportabilidad dieléctrica de la subestación ante los impulsos de tensión tipo rayo, maniobra o sobretensiones a frecuencia industrial.

**Distribución de energía eléctrica:** transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

**DPS:** Descargador de sobretensiones.

**Disponible:** Probabilidad de que un equipo o sistema sea operable en un tiempo dado.

**Distancia de Caída Libre:** Desplazamiento vertical y súbito del conector para detención de caídas, y va desde el inicio de la caída hasta que ésta se detiene o comienza a activarse el absorbente de choque. Esta distancia excluye la distancia de desaceleración, pero incluye cualquier distancia de activación del detenedor de caídas antes de que se activen las fuerzas de detención de caídas.

**Distancia de detención:** La distancia vertical total requerida para detener una caída, incluyendo la distancia de desaceleración y la distancia de activación.

**Distancia de desaceleración:** La distancia vertical entre el punto donde termina la caída libre y se comienza a activar el absorbente de choque hasta que este último pare por completo.

**Distribución:** Conducción de energía eléctrica desde las subestaciones hasta los usuarios.

**Dispositivo de protección contra caídas de altura:** Es un equipo de protección individual (EPI) que protege a la persona que lo lleva ante el riesgo de caídas en altura. Su finalidad es sostener y frenar el cuerpo del usuario en determinados trabajos u operaciones con riesgo de caída, evitando las consecuencias derivadas de la misma. Este tipo de equipo de protección individual debe utilizarse cuando el riesgo de caída en altura no se pueda evitar con medios técnicos de protección colectiva.

**Electricidad:** el conjunto de disciplinas que estudian los fenómenos eléctricos o una forma de energía obtenida del producto de la potencia eléctrica consumida por el tiempo de servicio.

**Electricidad estática:** una forma de energía eléctrica o el estudio de cargas eléctricas en reposo.

**Eléctrico:** aquello que tiene o funciona con electricidad.

**Electrizar:** producir la electricidad en cuerpo o comunicársela.

**Electrocución:** paso de corriente eléctrica a través del cuerpo humano, cuya consecuencia es la muerte.

**Electrodo:** conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, en este caso un electrolito.

**Electrodo de puesta a tierra:** conductor embebido en la tierra y utilizado para recolectar las corrientes de tierra o disipar corriente hacia la tierra.

**Emergencia:** situación que se presenta por un hecho accidental y que requiere suspender todo trabajo para atenderla.

**Empalme:** conexión eléctrica destinada a unir dos partes de conductores, para garantizar continuidad eléctrica y mecánica.

**Energización / puesta en servicio:** Procedimiento que se realiza para la toma de tensión y la toma de carga de los equipos y sistemas de la subestación y de los circuitos asociados, para disponer en operación comercial la instalación.

**Equipos de patio:** Elementos electromecánicos de alta tensión utilizados para realizar la maniobra, protección y medida de los circuitos y barajes en una subestación.

**Equipotencializar:** es el proceso, práctica o acción de conectar partes conductivas de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

**Especificación técnica:** documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

**Estructura:** todo aquello que puede ser construido o edificado, pueden ser fijas o móviles, pueden estar en el aire, sobre la tierra, bajo tierra o en el agua.

**Factor de riesgo:** condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional.

**Falla:** degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona, para cumplir una función requerida.

**Fase:** designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

**Frecuencia:** número de períodos por segundo de una onda. Se mide en Hertz o ciclos por segundo.

**Frecuencia nominal:** La frecuencia (industrial) nominal es la frecuencia nominal del sistema expresada en Hz, para la cual los equipos están diseñados. Las frecuencias normales son 50 Hz y 60 Hz.

**Frente muerto:** parte de un equipo accesible a las personas y sin partes activas expuestas.

**Fuente de energía:** todo equipo o sistema que suministre energía eléctrica.

**Fuente de respaldo:** uno o más sistemas de suministro de energía (grupos electrógenos, bancos de baterías, ups, circuito de suplencia) cuyo objetivo es proveer energía durante la interrupción del servicio eléctrico normal.

**Generación de energía eléctrica:** proceso mediante el cual se obtiene energía eléctrica a partir de alguna otra forma de energía.

**Grupo electrógeno:** Planta de producción de energía eléctrica, la cual sirve como fuente alternativa de energía en caso de salida de servicio de la fuente principal de corriente alterna.

**Habilitación:** Autorización que la otorga a un técnico para realizar trabajos con tensión, la cual será por períodos de tiempo definidos y no superiores a un año, la cual se renovará si es probada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los cuales fue habilitado

**Hidrómetro:** Es un instrumento desarrollado para el uso de medir la densidad relativa o la gravedad específica de varios líquidos. Mide la densidad relativa en relación a su radio, comparado contra la densidad del agua.

**Hoja de vida para herramientas:** Documentos escritos sobre las características, técnicas, pruebas y mantenimiento que requieran las herramientas, equipos de medida y elementos de protección personal, entre otros.

**Hueco:** Espacio vacío o brecha con una profundidad mínima de 5 cms por debajo de la superficie en donde se camina y/o trabaja.

**Hz:** Unidad de medida de frecuencia, magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno

**Inducción:** fenómeno en el que un cuerpo energizado, transmite por medio de su campo eléctrico o magnético, energía a otro cuerpo, a pesar de estar separados por un dieléctrico.

**Inspección:** conjunto de actividades tales como medir, examinar, ensayar o comparar con requisitos establecidos, una o varias características de un producto o instalación eléctrica, para determinar su conformidad.

**Instalación eléctrica:** conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica. La cual para los efectos del presente reglamento, debe considerarse como un producto terminado.

**Interface:** intervalo entre dos fases sucesivas.

**Interferencia electromagnética:** conjunto de fenómenos asociados a perturbaciones electromagnéticas que pueden producir la degradación en las condiciones y características de operación de un equipo o sistema.

**Interruptor:** Dispositivo de maniobra capaz de interrumpir, establecer y llevar las corrientes normales o asignadas del circuito y las anormales o de cortocircuito, mediante la conexión o desconexión de circuitos.

**Inversor:** Invierte el proceso de los cargadores, es decir, convierte la corriente continua en corriente alterna. Los inversores son utilizados normalmente como respaldo de alimentación para las cargas esenciales de corriente alterna, utilizando las baterías como fuente de alimentación.

**Ir:** Símbolo químico del Iridio

**KOH:** Hidróxido de Potasio

**kV:** Kilovoltios

**Límite de aproximación segura:** es la distancia mínima, desde el punto energizado más accesible del equipo, hasta la cual el personal no calificado puede situarse sin riesgo de exposición al arco eléctrico.

**Límite de aproximación restringida:** es la distancia mínima hasta la cual el profesional competente puede situarse sin llevar los elementos de protección personal certificados contra riesgo por arco eléctrico.

**Límite de aproximación técnica:** es la distancia mínima en la cual solo el profesional competente que lleva elementos de protección personal certificados contra arco eléctrico realiza trabajos en la zona de influencia directa de las partes energizadas de un equipo.

**Línea eléctrica:** conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

**Línea de transmisión:** un sistema de conductores y sus accesorios, para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación.

**Línea muerta:** término aplicado a una línea sin tensión o desenergizada.

**Línea viva:** término aplicado a una línea con tensión o línea energizada.

**Lado Frío:** Lado de la estructura que se encuentra desenergizado.

**Lado Caliente:** Lado de la estructura donde se encuentra el conductor energizado.

**Línea eléctrica:** Conjunto compuesto por conductores, aisladores, estructuras y accesorios destinados al transporte de energía eléctrica.

**Línea de transmisión:** Un sistema de conductores y sus accesorios, para el transporte de energía eléctrica, desde una planta de generación o una subestación a otra subestación, generalmente a 115 kV., o 230 kV.

**Línea de vida:** Elementos de seguridad para proteger al trabajador en caso de caída de alturas.

**Líneas de vida verticales:** Sistemas de cables de acero o cuerdas que debidamente ancladas en un punto superior a la zona de labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical (ascenso/descenso).

**Malla de tierra:** Un sistema de electrodos de tierra horizontales que consisten en un número de conductores desnudos interconectados y enterrados en la tierra, proporcionando una tierra común para dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, usualmente en un lugar específico.

**Maniobra:** conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.

**Mantenimiento:** conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien, a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.

**mg:** miligramos

**Micrómetro:** Equipo de medida utilizado para conocer la resistencia de contactos de un interruptor de potencia. Generalmente la lectura es expresada en [ $\mu\Omega$ ].

**Medio aislante:** Medio extintor del arco eléctrico producido en un interruptor de potencia por la apertura o cierre de un circuito bajo carga, y cuyas propiedades dieléctricas facilitan la extinción de este.

**MEGGER:** Equipo de medida utilizado para determinar el nivel de aislamiento entre dos o más partes activas separadas por un material aislante o entre una o varias partes activas con respecto a tierra.

**Mantenimiento:** Combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluyendo acciones de supervisión, destinadas a mantener o a restaurar un elemento a un estado tal que pueda realizar la función para la cual fue diseñado.

**Mantenimiento Subestaciones:** Equipo de trabajo cuyo objetivo es garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos correspondiente a todas las subestaciones de potencia, con criterios de eficiencia, eficacia, efectividad, responsabilidad ambiental y social aplicando el mejoramiento continuo.

**Mecanismo de anclaje:** Equipos de diferentes diseños y materiales que abrazan una determinada estructura o se instalan en un punto para crear un punto de anclaje. Estos mecanismos cuentan con argollas, que permiten la conexión de los equipos personales de protección contra caídas.

**Medidas de prevención:** Conjunto de acciones individuales o colectivas que se implementan para advertir o evitar la caída de personas y objetos cuando se realizan trabajos en alturas y forman parte de las medidas de control. Entre ellas están: sistemas de ingeniería; programa de protección contra caídas y las medidas colectivas de prevención.

**Medidas de protección:** Conjunto de acciones individuales o colectivas que se implementan para detener la caída de personas y objetos una vez ocurra o para mitigar sus consecuencias.

**Microamperímetro:** Equipo de medida diseñado para medir la corriente de fuga en las herramientas aisladas

**Mosquetón:** Equipo metálico en forma de argolla que permite realizar conexiones directas del arnés a los puntos de anclaje. Otro uso es servir de conexión entre equipos de protección contra caídas o rescate a su punto de anclaje.

**Nivel de aislamiento nominal:** La combinación de valores de tensión que caracteriza el aislamiento de un interruptor con respecto a su capacidad para soportar esfuerzos dieléctricos.

El valor nominal indicado rige para altitudes de  $\leq 1.000$  m sobre el nivel del mar. Para Altitudes más elevadas, se introduce un factor de corrección.

**Nivel de riesgo:** equivale a grado de riesgo. Es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de ocurrencia de los accidentes, de la gravedad de sus efectos y de la vulnerabilidad del medio.

**Nodo:** parte de un circuito en el cual dos o más elementos tienen una conexión Ocomún.

**Nominal:** término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

**Norma de seguridad:** toda acción encaminada a evitar un accidente.

**Norma técnica:** documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

**Norma Técnica Armonizada:** documento aprobado por organismos de normalización de diferentes países, que establece sobre un mismo objeto, la intercambiabilidad de productos, procesos y servicios, o el acuerdo mutuo sobre los resultados de ensayos, o sobre la información suministrada de acuerdo con estas normas.

**Norma Técnica Colombiana (NTC):** norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

**Norma Técnica Extranjera:** norma que se toma en un país como referencia directa o indirecta, pero que fue emitida por otro país.

**Norma Técnica Internacional:** documento emitido por una organización internacional de normalización, que se pone a disposición del público.

**Normalizar:** establecer un orden en una actividad específica.

**Número de neutralización:** Se define como la cantidad de miligramos (mg) de Hidróxido de Potasio (KOH) que son requeridos para neutralizar todos los componentes orgánicos acídicos presentes en un gramo de muestra, por lo cual el resultado se expresa en mgKOH/g de aceite.

**Operador de red:** empresa de servicios públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un sistema de transmisión regional o un sistema de distribución local.

**Pararrayos:** Dispositivo para la protección del sistema de potencia y sus componentes contra las sobretensiones, ya sea producidas por descargas atmosféricas o por maniobras en el sistema durante fallas.

**Patio de conexiones:** Área en donde se instalan los equipos de patio y barrajes con el mismo nivel de tensión.

**Peligro:** condición no controlada que tiene el potencial de causar lesiones a personas, daños a instalaciones o afectaciones al medio ambiente.

**Peligro inminente:** para efectos de interpretación y aplicación del RETIE, alto riesgo será equivalente a peligro inminente; entendido como aquella condición del entorno o práctica irregular, cuya frecuencia esperada y severidad de sus efectos puedan comprometer fisiológicamente el cuerpo humano en forma grave (quemaduras, impactos, paro cardíaco, paro respiratorio, fibrilación o pérdida de funciones); o afectar el entorno de la instalación eléctrica (contaminación, incendio o explosión). En general, se puede presentar por:

**Plano eléctrico:** representación gráfica de las características de diseño y las especificaciones para construcción o montaje de equipos y obras eléctricas.

**Potenciometría:** Es una técnica electroanalítica con la que se puede determinar la concentración de una especie electroactiva en una disolución empleando un electrodo de referencia (un electrodo con un potencial conocido y constante en el tiempo) y un electrodo de trabajo (un electrodo sensible a la especie electroactiva) y un potenciómetro.

**Potenciómetro:** Es un tipo de puente de circuito para medir voltajes.

**PPM:** Partes por millón (mg agua/Kg aceite)

**Proceso de transformación:** proceso en el cual los parámetros de la potencia eléctrica son modificados, por los equipos de una subestación.

**Pruebas:** Conjunto de actividades que se realizan para verificar el diseño, la fabricación, el correcto montaje (pruebas individuales) y la funcionalidad (pruebas funcionales) de los equipos y sistemas de las subestación de acuerdo con las especificaciones técnicas, los diseños de detalle y las condiciones operativas definidas.

**PT's:** Transformadores de potencial.

**Pt:** Símbolo químico del Platino

**Puesta a tierra:** grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**Punto caliente:** punto de conexión que esté trabajando a una temperatura por encima de la normal, generando pérdidas de energía y a veces, riesgo de incendio.

**Punto neutro:** es el nodo o punto común de un sistema eléctrico polifásico conectado en estrella o el punto medio puesto a tierra de un sistema monofásico.

**Purga:** Limpiar o purificar una cosa.

**Permiso de consignar:** Autorización necesaria para retirar u operar total o parcialmente un equipo o circuito eléctrico.

**Pértiga:** Equipo aislado para trabajo a distancia.

**Persona calificada:** Persona que tiene las destrezas y el conocimiento relacionado con la construcción y operación del equipo de las instalaciones eléctricas y ha recibido entrenamiento de seguridad para reconocer y evitar los riesgos relacionados.

**Persona competente:** Persona capaz de identificar peligros, en el sitio en donde se realizan trabajos en alturas, relacionados con el ambiente o condiciones de trabajo y que tiene la autorización para aplicar medidas correctivas, lo más pronto posible, para controlar los riesgos asociados a dichos peligros.

**Persona habilitada:** Persona que está capacitada o ha recibido el reentrenamiento anual para trabajos con tensión y después de los exámenes médicos y psicológicos la empresa lo habilita para efectuar trabajos con tensión en el nivel determinado.

**Posicionamiento de Trabajo:** Conjunto de procedimientos mediante los cuales se mantendrá o sostendrá el trabajador a un lugar específico de trabajo, limitando la caída libre de éste a 2 pies (0.60 m) o menos.

**Punto caliente:** Elevación de la temperatura presentada en una conexión eléctrica por desajuste, falta de limpieza o mantenimiento

**Reentrenamiento:** Proceso anual obligatorio, por el cual se actualizan conocimientos y se entrena habilidades y destrezas en prevención y protección contra caídas. Su contenido y duración depende de los cambios en la norma para protección contra caídas en trabajo en alturas, o del repaso de la misma y de las fallas que en su aplicación que el empleador detecte, ya sea mediante una evaluación a los trabajadores o mediante observación a los mismos por parte del coordinador de trabajo en alturas.

Proceso anual obligatorio donde se hace revisión de las normas de los trabajos con tensión, se analizan nuevos procedimientos y se efectúan trabajos de campo para el afianzamiento de los conocimientos y habilidades del técnico, este reentrenamiento debe incluir una evaluación teórica.

**Rango de corriente:** Corriente máxima que es capaz de conducir sin que se exceda el límite de la temperatura de elevación.

**Rango de operaciones:** Número preestablecido de operaciones a intervalos programados de tiempo, (O-C-OC-CO-OCO-COC). Donde “O” corresponde a apertura (open) y C a cierre (close).

**Rango de voltaje:** Tensión RMS más alto (Mayor que la tensión nominal), es el límite superior de operación para el cual está diseñado el interruptor.

**Rayo:** La descarga eléctrica atmosférica o más comúnmente conocida como rayo, es un fenómeno físico que se caracteriza por una transferencia de carga eléctrica de una nube hacia la tierra, de la tierra hacia la nube, entre dos nubes, al interior de una nube o de la nube hacia la ionosfera.

**Reconectador:** La tarea principal de un reconnectador es discriminar entre una falla temporal y una de carácter permanente, dándole a la primera tiempo para que se aclare sola a través de sucesivas reconexiones; o si la falla es de carácter permanente, sea despejada por el elemento de protección correspondiente instalada aguas abajo de la posición del reconnectador.

**Resistencia de puesta a tierra:** Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir, respecto a una tierra remota y la corriente que fluye entre estos puntos.

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia que establece los requisitos de seguridad que deben guardar las instalaciones eléctricas, atendiendo plenamente el mandato establecido en el parágrafo del artículo 8 de la ley 1264 de 2008.

**Seccionador:** Dispositivo de maniobra utilizado para aislar los interruptores, porciones de la subestación o circuitos, para mantenimiento; en configuraciones de barras son utilizados para seleccionar la forma de conectar los circuitos a los barrajes.

**Seg:** Segundos

**Señalización:** conjunto de actuaciones y medios dispuestos para reflejar las advertencias de seguridad en una instalación.

**SF<sub>6</sub>:** Hexafloruro de azufre. Gas dieléctrico inodoro, incoloro, no inflamable, no tóxico y químicamente inerte.

**Sincronismo:** margen de desviación entre polos de un interruptor dado en [ms] al realizar una operación de cierre o apertura.

**Sistema de comunicaciones:** Conjunto de dispositivos que operan de acuerdo con condiciones preestablecidas que permiten el manejo de señales de comunicación según los requerimientos de operación de los equipos y sistemas de la subestación.

**Sistema de control:** Conjunto de dispositivos que operan siguiendo condiciones preestablecidas y se emplean para realizar el manejo y supervisión de todos los dispositivos y sistemas instalados en la subestación.

**Sistema de potencia aislado (it):** un sistema con el punto neutro aislado de tierra o conectado a ella a través de una impedancia. Cuenta con un transformador y un monitor de aislamiento. Se utiliza especialmente en centros de atención médica, minas, embarcaciones, vehículos, ferrocarriles y plantas eléctricas.

**Sistema de protección:** Conjunto de dispositivos que operan siguiendo condiciones preestablecidas para proteger los circuitos, sistemas y dispositivos instalados de una subestación.

**Sistema de Puesta a Tierra (SPT):** conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

**Sistema de puesta a tierra de protección:** conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

**Sistema de puesta a tierra de servicio:** es la que pertenece al circuito de corriente; sirve tanto para condiciones de funcionamiento normal como de falla.

**Sistema de puesta a tierra temporal:** dispositivo de puesta en cortocircuito y a tierra, para protección del personal que interviene en redes desenergizadas.

**Sistema ininterrumpido de potencia (ups):** sistema diseñado para suministrar electricidad en forma automática, cuando la fuente de potencia normal no provea la electricidad.

**Sistema de servicios auxiliares:** Conjunto de dispositivos que operan con condiciones preestablecidas para realizar el suministro de la potencia necesaria para la operación de los equipos y sistemas instalados en la subestación, tales como: Baterías, cargador de baterías, grupo electrógeno, transformadores, gabinetes de distribución, interruptores de media y baja tensión, cableado, etc.

**Sobrecarga:** funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.

**Sobretensión:** tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

**Solución estándar:** Es una disolución que contiene una concentración conocida de un elemento o sustancia específica, llamada patrón primario que, por su especial estabilidad, se emplea para valorar la concentración de otras soluciones, como las disoluciones valorantes.

**Solución tampón,** buffer, solución amortiguadora o solución reguladora es la mezcla en concentraciones relativamente elevadas de un ácido débil y su base conjugada, es decir hidrolíticamente activas. Tienen la propiedad de mantener estable el pH de una disolución frente a la adición de cantidades relativamente pequeñas de ácidos o bases fuertes.

**Subestación:** conjunto único de instalaciones, equipos eléctricos y obras complementarias, destinado a la transferencia de energía eléctrica, mediante la transformación de potencia.

**Subestación convencional o abierta:** Subestación cuyos componentes se instalan de tal forma que el aislamiento para su nivel de tensión se obtiene a través del aire a presión atmosférica. Son también denominados AIS (Air Insulated Substation), subestaciones aisladas en aire.

**Tensión:** la diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

**Tensiómetro:** Comúnmente se denomina tensiómetro a aquel equipo actuado mediante fuerza mecánica para ejercer tracción o compresión

**Tensión de arco:** Tensión que se desarrolla entre los contactos durante el tiempo de extinción del arco.

**Tensión de contacto:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro. Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

**Tensión de impulso:** máximo nivel de tensión de impulso básico (BIL) que soporta el interruptor.

**Tensión de corta duración a frecuencia industrial:** sobretensión a 60 Hz que soporta el interruptor durante un minuto.

**Tensión de paso:** diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (aproximadamente un metro).

**Tensión interfacial:** La mayor o menor fuerza de cohesión entre la moléculas o iones de una sustancia líquida con otra, es la causa de una propiedad de los líquidos llamada tensión superficial, sin embargo como se ha optado medir esta característica en la interface agua-aceite se le ha denominado tensión interfacial.

**Tensión máxima para un equipo:** tensión máxima para la cual está especificado, sin rebasar el margen de seguridad, en lo que respecta a su aislamiento o a otras características propias del equipo.

**Tensión máxima de un sistema:** valor de tensión máxima en un punto de un sistema eléctrico, durante un tiempo, bajo condiciones de operación normal.

**Tensión nominal:** valor convencional de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases

**Tensión de servicio:** valor de tensión, bajo condiciones normales, en un instante dado y en un nodo del sistema. Puede ser estimado, esperado o medido.

**Tensión transitoria de restablecimiento o recuperación (ttr):** es la tensión transitoria que aparece entre los contactos del interruptor después de la interrupción del arco.

**Termómetro:** instrumento de medición de temperatura.

**Tiempo de apertura:** Tiempo que tarda el interruptor en extinguir la corriente.

**Tierra (ground o earth):** para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” sólo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos y los carros.

**Titulación:** Valoración o titulación es un método de análisis químico cuantitativo en el laboratorio, que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido.

**Transferencia:** Operación mediante la cual se conmuta un circuito desde su campo de conexión hasta el barraje dispuesto en la subestación para dicho propósito. Nombre que se asigna al barraje sobre el cual se conmuta un circuito conectado a la subestación.

**Transformación:** proceso mediante el cual son modificados, los parámetros de tensión y corriente de una red eléctrica, por medio de uno o más transformadores, cuyos secundarios se emplean en la alimentación de otras subestaciones o centros transformación (incluye equipos de protección y seccionamiento).

**Transformadores de instrumentación:** Dispositivos de monitoreo que censan, por medio de un acople inductivo u óptico, el cambio de estado de los parámetros de tensión y corriente del sistema.

**Transmisión:** proceso mediante el cual se hace transferencia de grandes bloques de energía eléctrica, desde las centrales de generación hasta las áreas de consumo.

**Tensión:** Diferencia de potencial entre conductores ó partes energizadas, su unidad es el voltio.

**Transmisión:** Transporte de la energía eléctrica desde las plantas de generación hasta las subestaciones o entre estas últimas.

**VIDAR:** equipo de verificación utilizado en interruptores de potencia para determinar el cumplimiento de la tensión soportada por el equipo.

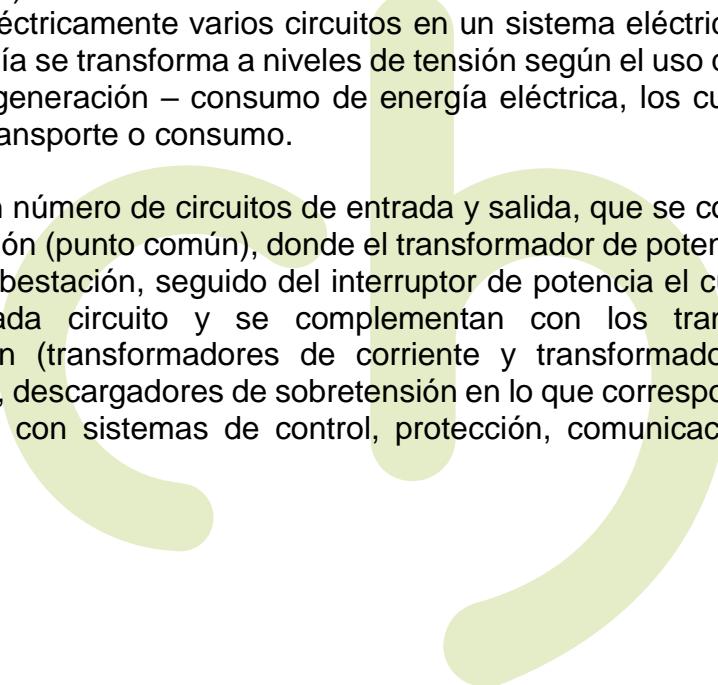
**Vida útil:** tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido.

**VPS:** Voltios por segundo

## 7 DESARROLLO DEL MANUAL: SUBESTACIONES

Una subestación es un conjunto de equipos o dispositivos que controlan el flujo de energía eléctrica y permiten variar las características de ésta (tensión, corriente, frecuencia, etc.) Se visualiza como la exteriorización física de un nodo, ya que permite unir eléctricamente varios circuitos en un sistema eléctrico de potencia en donde la energía se transforma a niveles de tensión según el uso que tengan dentro de la cadena generación – consumo de energía eléctrica, los cuales pueden ser: Distribución, transporte o consumo.

Consiste en un número de circuitos de entrada y salida, que se conectan al barraje de la subestación (punto común), donde el transformador de potencia es el principal activo de la subestación, seguido del interruptor de potencia el cual es el principal equipo de cada circuito y se complementan con los transformadores de instrumentación (transformadores de corriente y transformadores de tensión), seccionadores, descargadores de sobretensión en lo que corresponde a equipos de alta tensión, y con sistemas de control, protección, comunicaciones y servicios auxiliares.



## 7.1 Tipos de subestaciones

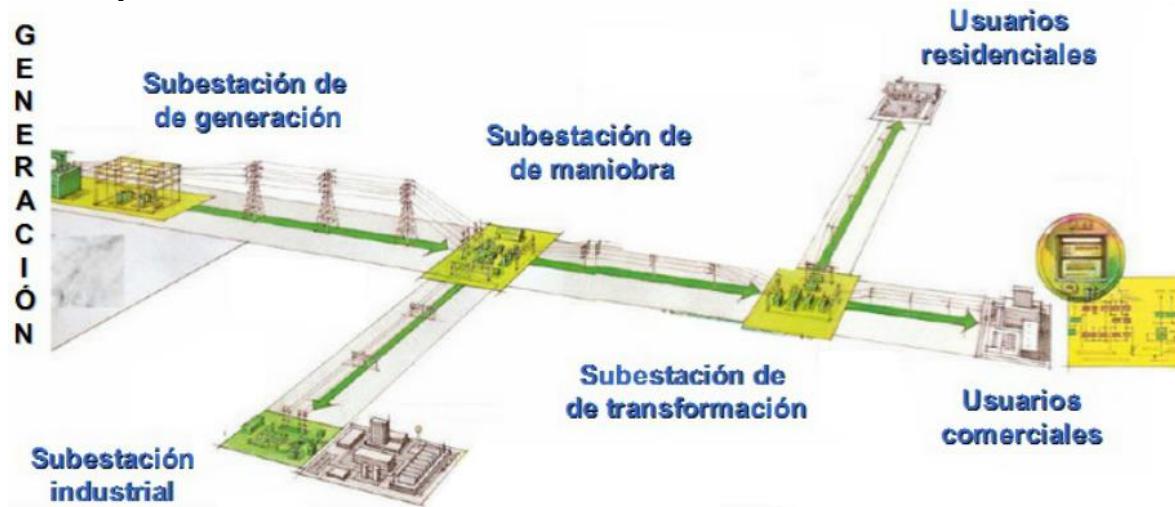


Figura 1. Esquema de los tipos de subestaciones en un sistema de transmisión de potencia, tomado de la revista de ABB.

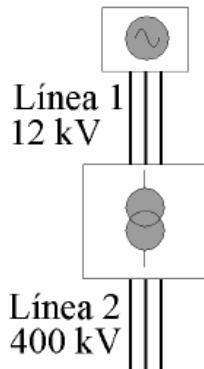
### 7.1.1 Subestaciones de transformación:

Son las encargadas de transformar la energía eléctrica mediante uno o más transformadores suministrando al sistema un nivel de tensión diferente al recibido. Así mismo este tipo de subestaciones puede ser de dos tipos:

### 7.1.2 Subestaciones elevadoras:

Elevan la tensión generada de media a alta o extra alta tensión para facilitar su transporte y su ubicación está dada al lado de las centrales de generación. La necesidad de estas subestaciones es brindar seguridad, la cual debe estar a la altura de la del sistema de más alto nivel de tensión al cual esté conectada.

La tensión primaria de los transformadores suele estar entre 3 y 36 kV, mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de transporte o interconexión.



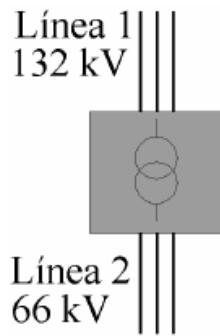
*Figura 2. Esquema gráfico de una subestación de transformación elevadora.*

### 7.1.3 Subestaciones reductoras:

Son las subestaciones cuya función es reducir el nivel de tensión de alta y extra alta tensión a media tensión para su posterior distribución. La necesidad de este tipo de subestación es básicamente la de confiabilidad y seguridad según sea las necesidades del sistema secundario. Es decir, si los transformadores están cargados por debajo de su capacidad nominal, la necesidad en este caso sería la confiabilidad; pero si por el contrario el transformador está cargado con un valor cercano a su capacidad nominal, la necesidad pasa a ser de seguridad.

También podría resultar necesario contar con flexibilidad en estas subestaciones, todo depende del número de circuitos que requieran conectarse a esta.

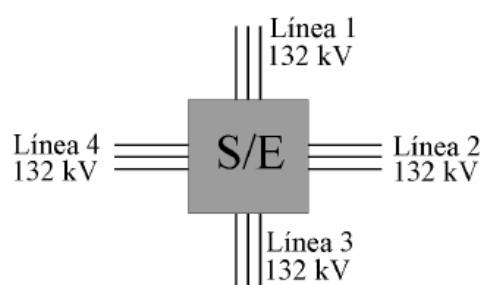
La tensión primaria de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte, mientras que la tensión secundaria está condicionada por la tensión de distribución de la zona.



*Figura 3. Esquema gráfico de una subestación de transformación reductora.*

## 7.2 Subestaciones de maniobra

Son las encargadas de conectar dos o más circuitos con el mismo nivel de tensión y realizar sus respectivas maniobras sin necesidad de transformar el nivel de tensión, aumentando la fiabilidad del sistema permitiendo conformar nudos en una red mallada. La necesidad de este tipo de subestaciones es brindar flexibilidad ya que debe ajustarse a diferentes situaciones, también debe contar con confiabilidad y/o seguridad cuando se presenten fallas en las barras ya que es un punto donde se unen sistemas, o en otro de los casos la generación con la carga.



*Figura 1. Esquema gráfico de una subestación de maniobra*

## 7.3 Subestaciones de generación

Son las encargadas de conectar las centrales generadoras con el sistema interconectado de potencia. Su principal necesidad es la confiabilidad, la seguridad y la flexibilidad ya que la ubicación y la importancia dentro del sistema así lo requiere.

## 7.4 Clasificación según su nivel de tensión.

- ✓ Subestación de transmisión: > 230 kV
- ✓ Subestaciones de subtransmisión: > 115 kV y < 230 kV
- ✓ Subestaciones de distribución primaria: > 23 kV y < 115 kV
- ✓ Subestaciones de distribución secundaria: < 23 kV

## 7.5 Configuración de las subestaciones.

Se denomina configuración al arreglo de los equipos electromecánicos constitutivos de un patio de conexiones, o pertenecientes a un mismo nivel de tensión de una subestación, efectuado de tal forma que su operación permita dar a la subestación diferentes grados de confiabilidad, seguridad y flexibilidad para el manejo, transformación y distribución de la energía. Es por eso que según la configuración que se implemente estos aspectos pueden variar.

Existen dos tendencias generales con respecto a los tipos de configuraciones para las subestaciones de media, alta y extra alta tensión; estas tendencias son la europea o conexión de barras y la americana o conexión de interruptores.

Las configuraciones dependen de los requerimientos de la empresa y del sistema de potencia, mientras que las tendencias se dan por la tradición, uniformidad de operación y mantenimiento.

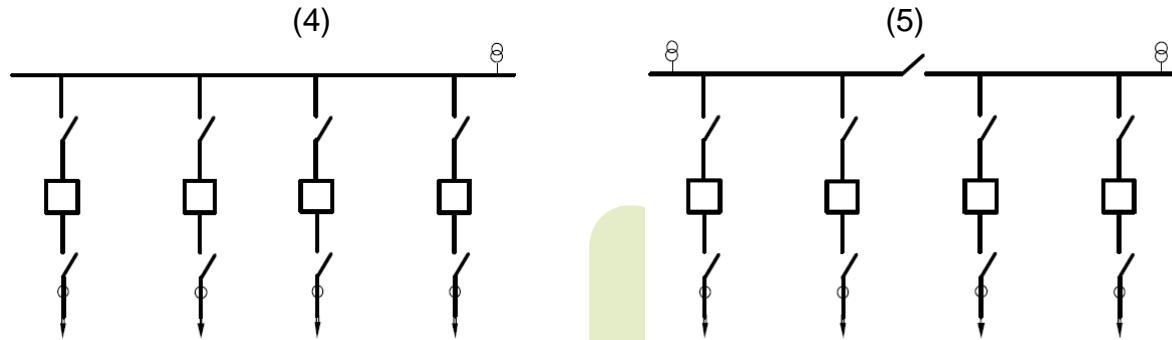
### 7.5.1 Tipos de configuración tendencia europea

Son configuraciones donde cada circuito cuenta con un interruptor, además cuentan con la posibilidad de conectarse a una o más barras por medio de seccionadores.

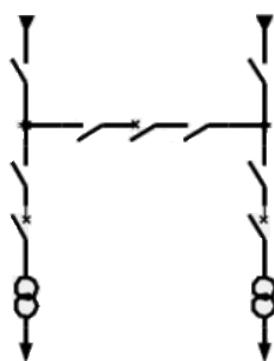
#### 7.5.1.1 Barra sencilla

Cuenta con un solo barraje colector al cual se conectan los circuitos por medio de un interruptor. Su principal desventaja se da cuando se presenta un fallo en la barra o en uno de los interruptores al abrir ya que se deshabilita todo el sistema.

Una de las formas de aportar flexibilidad y confiabilidad a este tipo de configuración es separar en dos partes la barra por medio de un seccionamiento longitudinal, facilitando la operación, reparación y demás trabajos en la subestación.



Cuando dos circuitos alimentan dos transformadores desde una misma subestación se hace común ver la disposición en "H", se debe tener en cuenta en este tipo de disposición, que, cuando los circuitos no vienen de la misma subestación el seccionador no debe comprometer en ningún momento la seguridad de la subestación.



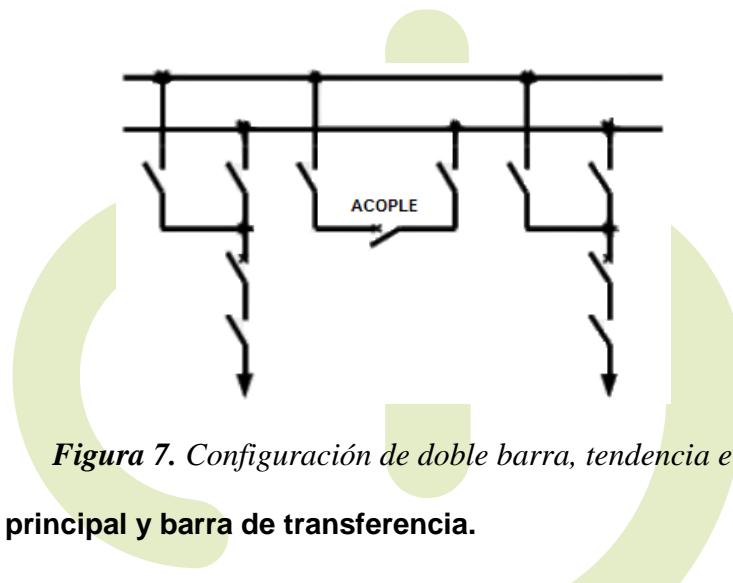
#### 7.5.1.2 Doble barra.

Es una configuración confiable pero no segura cuando se presentan fallas en las barras o en los interruptores; unas de sus ventajas es que permite realizar mantenimiento en barras sin deshabilitar el servicio al igual que separar y conectar

circuitos a las barras en cualquier momento según sean las circunstancias o consignas operativas.

Una de las consideraciones a tener en cuenta es que ambas barras deben tener la misma capacidad la cual debe ser la capacidad de la subestación, al igual que el interruptor de acople.

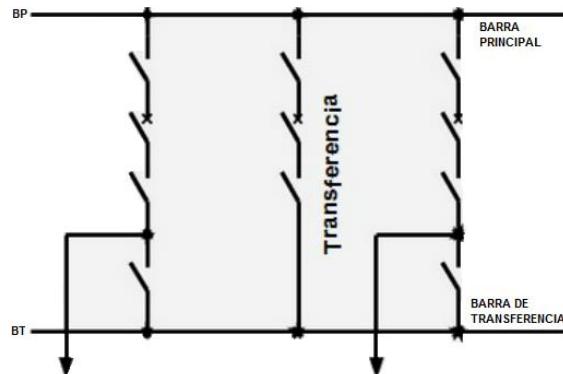
Para aumentar la flexibilidad de este tipo de configuración es necesario utilizar un seccionador de barras que sirva como acople, lo que permite conectar a ambas barras circuitos que provienen de una misma fuente evitando cruces de líneas en la subestación



#### 7.5.1.3 Barra principal y barra de transferencia.

Es una configuración que cuenta con dos barajes, el principal y el de transferencia lo que brinda mayor confiabilidad a la subestación debido a que cada circuito tiene acceso a cada una de las barras por medio de seccionadores, lo que permite fácilmente alimentar cualquiera de estos por medio de la transferencia en caso de que falle o ante una labor de mantenimiento.

La falta de seguridad en esta configuración se da en el caso de presentarse una falla en el baraje o en uno de los interruptores ya que se deshabilita toda la subestación o en su defecto el circuito al cual pertenece el interruptor hasta que la falla pueda ser aislada.



*Figura 8. Configuración barra de transferencia, tendencia europea.*

#### 7.5.1.4 Otras configuraciones

- ✓ Doble barra con seccionador de by – pass o paso directo.
- ✓ Doble barra más seccionador de transferencia.
- ✓ Doble barra más barra de transferencia.
- ✓ Subestación unitaria.

#### 7.5.2 Tipos de configuración tendencia americana

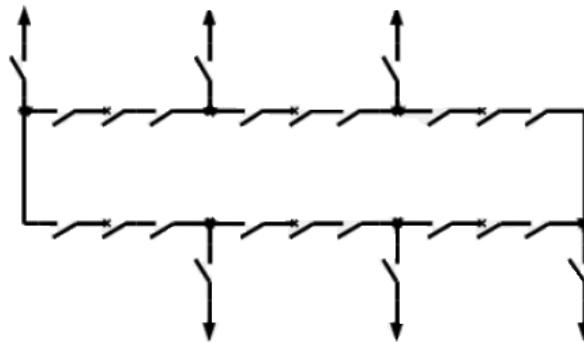
Son configuraciones en donde se conectan por medio de interruptores los circuitos a las barras, o las mismas barras entre sí.

##### 7.5.2.1 Anillo

Configuración en la cual la conexión de los diferentes circuitos se da por medio de un anillo que se conforma por interruptores. Es por eso que no se cuentan en esta disposición con una barra colectora. Es confiable y segura ya que permite dar continuidad al servicio durante falla o mantenimiento del interruptor; pero no es flexible.

Tiene varias limitantes, una de ellas hace referencia al número de salidas, las cuales deben ser máximo 6, otra es que si en el momento de realizar mantenimiento a uno de los circuitos se llega a presentar falla en alguno de los otros, se puede perder la seguridad del sistema ya que el anillo quedaría dividido y presentar falta de servicio en alguna de las partes.

Su operación normal implica tener todos los interruptores en posición cerrado lo que hace que esta configuración sea similar a la de barra sencilla.



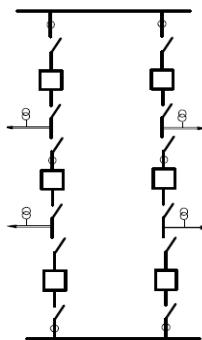
*Figura 9. Configuración anillo, tendencia americana.*

#### 7.5.2.2 Interruptor y medio

Configuración que necesita 3 interruptores conectados entre dos barrajes por cada dos salidas que se tengan; permite realizar mantenimiento sin necesidad de suspender el servicio, al igual que si ocurre una falla en alguno de los barrajes, lo que le brinda a esta disposición confiabilidad y seguridad pero no flexibilidad.

La operación se da normalmente con una de las barras energizadas y los interruptores cerrados. En el momento de deshabilitar un circuito es necesario abrir dos interruptores y en el caso de que uno de los interruptores falle, implica la salida de solo un circuito adicional.

Esta configuración es recomendable cuando el número de circuitos dentro de la subestación obedezca a un número par, con el fin de evitar gastos innecesarios como los dos interruptores para un solo circuito en caso de que el total de circuitos sean impares.



*Figura 10. Configuración interruptor y medio, tendencia americana.*

#### 7.5.2.3 Otras configuraciones

- ✓ Doble barra con doble interruptor.
- ✓ Anillo cruzado.
- ✓ Interruptor y tres cuartos.
- ✓ Malla.
- ✓ Doble transferencia.

#### 7.5.2.4 Tipos de subestaciones y configuraciones en subestaciones CHEC S.A E.S.P

Actualmente en las subestaciones CHEC S.A E.S.P se pueden encontrar los tres tipos de subestaciones:

- ✓ Subestaciones de generación.
- ✓ Subestaciones de maniobra
- ✓ Subestaciones de transformación.

Las cuales cuentan con los siguientes tipos de configuraciones:

- ✓ Subestaciones unitarias.
- ✓ Barra sencilla.
- ✓ Barra principal y barra de transferencia.
- ✓ Barra sencilla seccionada.
- ✓ Barra sencilla disposición en "H".

La elección de cada tipo de configuración va ligado directamente con el oficio que desempeña la subestación en el sistema de potencia, determinado así la confiabilidad, seguridad y flexibilidad que se requiere; entre otras características.

## 7.6 Necesidades técnicas de las subestaciones

### 7.6.1 Confiabilidad

Es la capacidad que tiene la subestación de continuar suministrando energía al sistema durante un tiempo dado, mientras que se presenta un fallo en alguno de sus componentes (interruptor, barra, etc.) Este periodo de tiempo debe dar el espacio suficiente para realizar las labores de reparación del equipo bajo falla o para ejercer labores de mantenimiento.

El suministro continuo de energía se debe garantizar por medio de la realización de maniobras y/o conmutaciones internas que permitan deshabilitar el circuito o la barra que se encuentra en falla y continuar así prestando el servicio de suministro de energía normalmente.

### 7.6.2 Seguridad

Es la propiedad que tiene la subestación de garantizar el suministro de energía sin ningún tipo de interrupción durante fallas en los equipos de potencia (interruptores, barajes, etc.), es por eso que para tener seguridad en una subestación se hace indispensable que esta cuente con confiabilidad, lo que hace necesario que el daño en uno de sus componentes no altere el comportamiento de los demás.

Por lo general la seguridad está dada directamente por el impacto que causa en la estabilidad y el comportamiento del sistema, las pérdidas de potencia en un momento de falla.

### 7.6.3 Flexibilidad

Es la propiedad que tiene la subestación de adaptarse a diferentes condiciones que pueden presentarse cuando se dan cambios operativos en el sistema, contingencias o mantenimiento.

## 8 EQUIPOS DE PATIO.

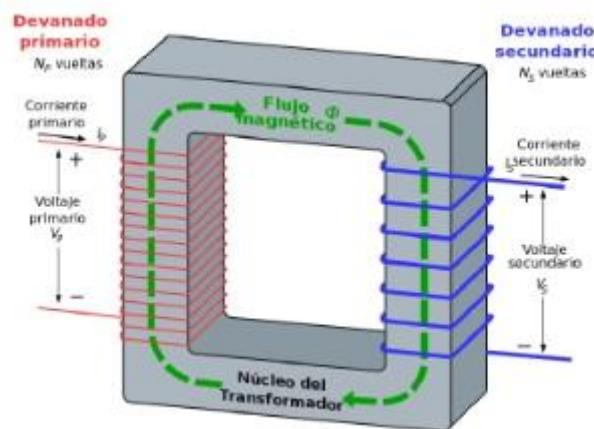
### 8.1 Transformador de potencia.



*Figura 11. Transformador de potencia. Subestación Armenia. 28/12/2016.*

El transformador de potencia es el activo más importante de una subestación eléctrica; se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. Este flujo originará por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.

En los transformadores de potencia existen corrientes llamadas transitorias de magnetización o INRUSH CURRENT que es una corriente cuya magnitud es de varias veces la corriente nominal y se produce al momento de conectar el transformador a la red. El valor puede variar desde 10 hasta 100 veces la corriente nominal en casos particulares.



**Figura 12.** Dirección del flujo magnético de un transformador monofásico ideal.

Los transformadores constan de dos bobinas aisladas entre sí, devanadas sobre el mismo núcleo magnético sumergido en aceite contenido en la cuba del transformador; también existen transformadores tipo seco.

Se conoce como una maquina eléctrica de corriente alterna cuyo objetivo es aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico manteniendo fija la frecuencia. En caso de un transformador ideal (sin pérdidas) la potencia de entrada es igual a la potencia de salida, pero dependiendo del tamaño y el diseño por lo general presenta un pequeño porcentaje de pérdidas.

Las bobinas o devanados se denominan “Primario y secundario” según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso puede existir un devanado terciario de menor tensión que el secundario. Cuando el devanado primario es el de alta tensión, se dice que el transformador es reductor (reduce el nivel de tensión), si por el contrario el devanado primario es el de baja tensión se dice que el transformador es elevador (eleva el nivel de tensión).

Está compuesto por 3 partes principales:

- ✓ Parte activa.
- ✓ Parte pasiva.
- ✓ Accesorios.

### 8.1.1 Parte activa.

#### 8.1.1.1 Núcleo:

Constituye el circuito magnético, que está formado por varias chapas u hojas de metal (generalmente material ferromagnético) que están apiladas una junto a la otra, sin soldar, similar a las hojas de un libro. La función del núcleo es mantener el flujo magnético confinado dentro de él y evitar que este fluya por el aire favoreciendo las perdidas en el núcleo y reduciendo la eficiencia. La configuración por láminas del núcleo laminado se realiza para evitar las corrientes de Foucault, que son corrientes que circulan entre láminas, indeseadas pues favorecen las perdidas.

El núcleo puede ir unido a la tapa y levantarse con ella, o puede ir unido a la pared del tanque, lo cual produce mayor resistencia durante las maniobras mecánicas del transporte.



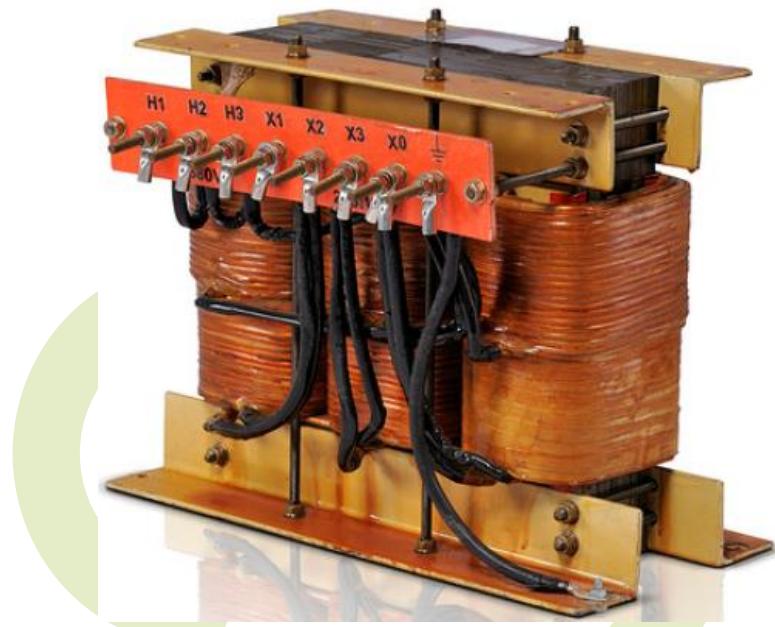
*Figura 13. Vista interna de un núcleo tipo acorazado de un transformador eléctrico.*

#### 8.1.1.2 Devanados:

Constituyen el circuito eléctrico, se fabrican utilizando alambre de cobre o aluminio. Los conductores están formados por material aislante, que puede tener diferentes

características, según la tensión de servicio de la bobina, la temperatura y el medio en que este sumergida.

Los devanados deben tener conductos de enfriamiento radiales y axiales que permitan fluir el aceite y eliminar el calor generado en su interior. Además, deben tener apoyos y sujetaciones suficientes para soportar los esfuerzos mecánicos debidos a su propio peso, y sobre todo los de tipo electromecánico que se producen durante cortocircuitos.



*Figura 14. Vista de un transformador tridevanado.*

### 8.1.2 Parte pasiva

#### 8.1.2.1 Tanque (cuba):

Es aquel donde se aloja la parte activa, cuando ésta va sumergida en líquidos, debe ser hermético, soportar el vacío absoluto sin presentar deformación permanente, proteger eléctrica y mecánicamente el transformador, ofrecer puntos de apoyo para el transporte y la carga del mismo, soportar los radiadores, bombas de aceite, ventiladores y los accesorios especiales.

La base del tanque debe ser lo suficientemente reforzada para soportar las maniobras de levantamiento durante la carga o descarga del mismo. La cuba y los radiadores de un transformador deben tener un área suficiente para disipar las pérdidas de energía desarrolladas dentro del transformador. A medida que la potencia de diseño de un transformador se hace crecer, el tanque y los radiadores, por si solos, no alcanzan a disipar el calor generado, por lo que en diseños de

unidades de alta potencia se hace necesario adicionar radiadores, a través de los cuales se hace circular aceite forzado por bombas, y se sopla aire sobre los radiadores, por medio de ventiladores. A este tipo de eliminación térmica se le llama enfriamiento forzado.

### 8.1.3 Accesorios

Los accesorios de un transformador son un conjunto de partes y dispositivos que auxilian en la operación y facilitan en labores de mantenimiento.

#### 8.1.3.1 Tanque conservador.

Es un tanque extra, montado sobre el tanque principal del transformador, unido a este por medio de tubería, un relé Buchholz y válvulas; su función es soportar la expansión del aceite debido a los cambios de temperatura provocados por los incrementos de la carga. El tanque se mantiene lleno de aceite aproximadamente hasta la mitad. En caso de una elevación de temperatura, el nivel de aceite se eleva comprimiendo el gas contenido en la mitad superior si el tanque es sellado, o expulsando el gas hacia la atmósfera si el tanque tiene respiración.

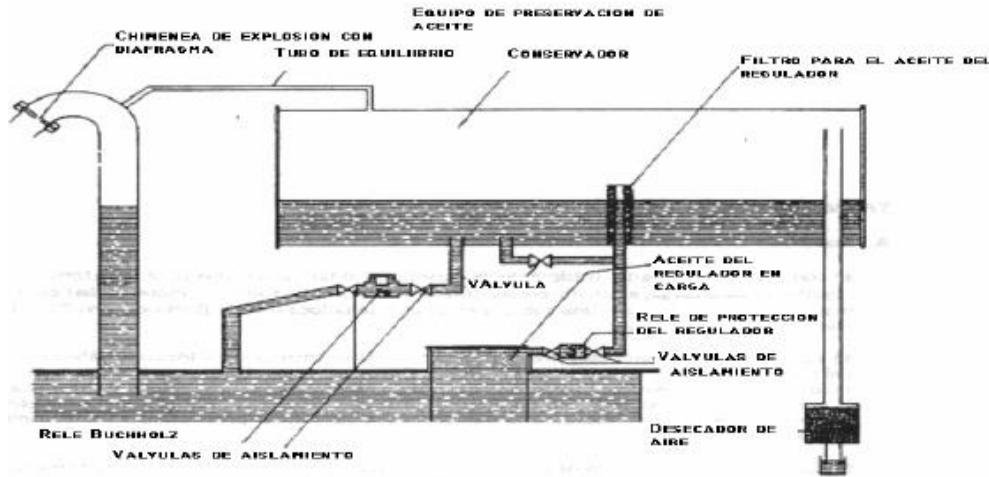
Cuenta con un orificio para permitir su llenado, válvulas para el vaciado y filtración en la parte inferior y con un indicador de nivel.

Sus características principales son básicamente 3:

- ✓ Mantener constante el nivel de aceite en la cuba del transformador.
- ✓ Impedir el envejecimiento del aceite.
- ✓ Impedir la absorción de agua.



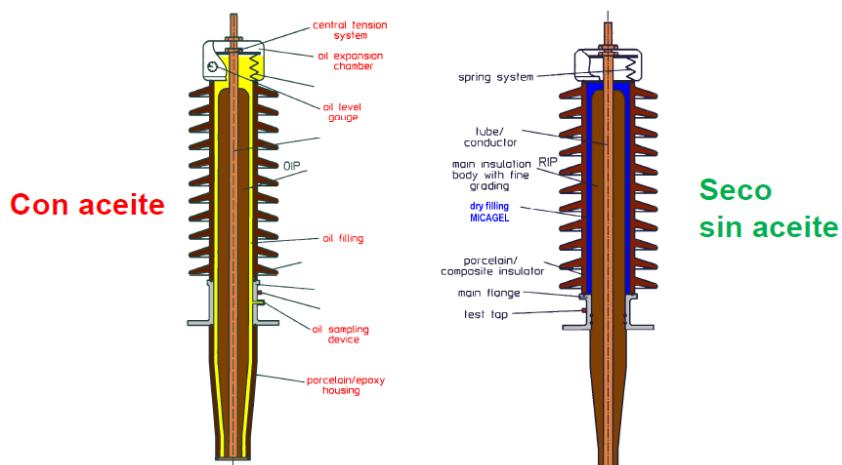
**Figura 15.** Tanque conservador, transformador de potencia subestación Purnio.  
46A14F, 05/02/2015.



**Figura 16.** Esquema gráfico tanque conservador de un transformador de potencia.  
Fuente operación de subestaciones de energía.

#### 8.1.3.2 Bujes o Pasatapas. (Bushing)

Son los aisladores terminales de las bobinas de alta y baja tensión que se utilizan para atravesar el tanque o la tapa del transformador hasta los devanados del equipo. Cuando las tensiones en el transformador son elevadas la porcelana del aislamiento no es suficiente como medio aislante, por lo que se crearon los bujes capacitivos con aceite propio como medio aislante. Se identifican fácilmente porque su altura es superior a la del tanque de conservación.



**Figura 17.** Tipos de bujes pasatapas para transformadores de potencia, tomado de revista ABB, junio 28/2014.

### 8.1.3.3 Tablero general.

Gabinete dentro del cual se encuentran los controles y protecciones de los motores de las bombas de aceite, de los ventiladores, del cambiador de derivaciones bajo carga, etc.



*Figura 18. Tablero general, transformador de potencia subestación Campestre.  
01/10/2015*

### 8.1.3.4 Válvulas.

Conjunto de dispositivos que se utilizan para el llenado, vaciado, mantenimiento y muestreo del aceite del transformador.

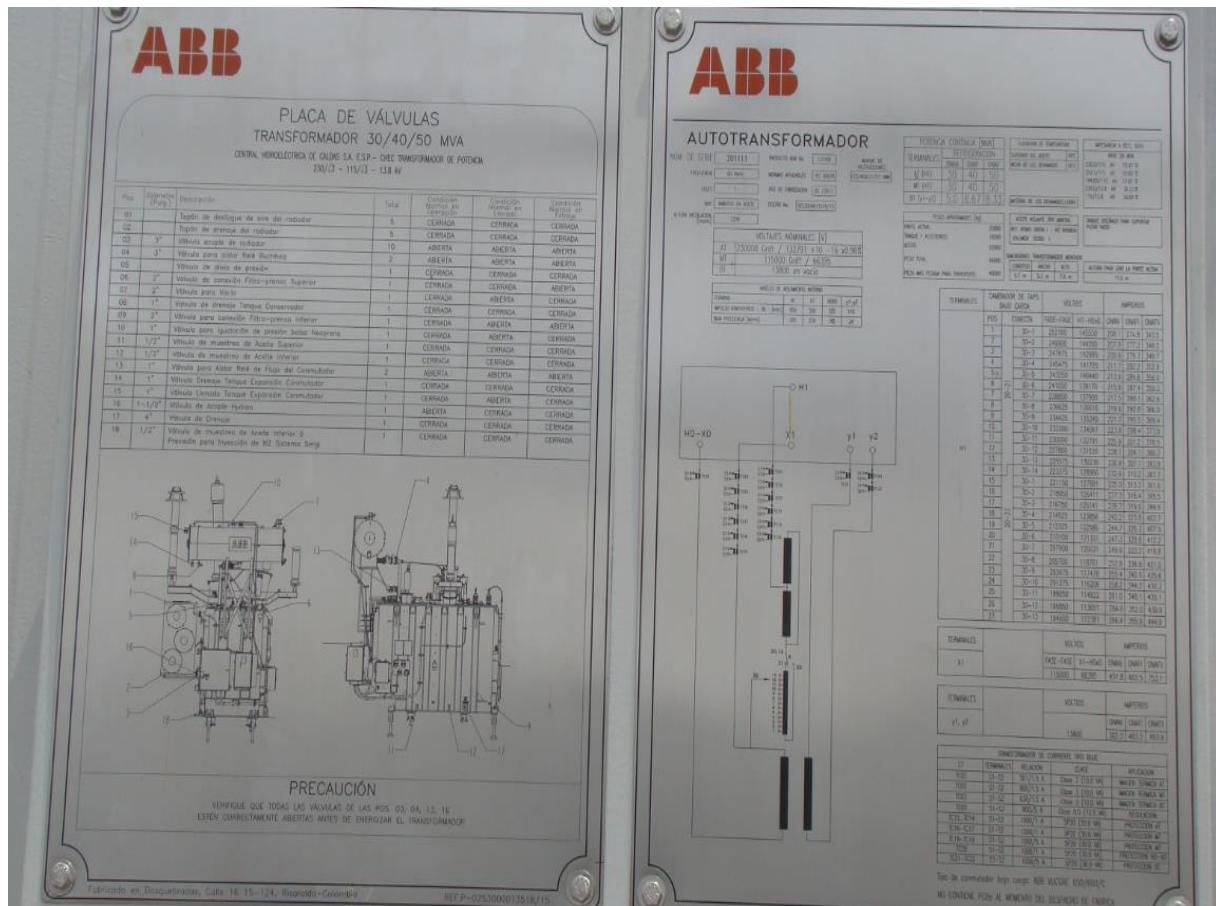
### 8.1.3.5 Conectores a tierra.

Tramos de cobre desnudo que se conectan desde la cuba del transformador hasta un punto soldado directamente a la malla de puesta a tierra de la subestación.

### 8.1.3.6 Placa de características.

La placa de características de un transformador de potencia es uno de los accesorios más importantes debido a la información que suministran. Entre los

datos más relevantes están: Firma del fabricante, frecuencia, numero de fases, tipo de refrigeración, potencia nominal, tensión nominal, relación entre espiras, tensión secundaria, factor de potencia, corriente secundaria, corriente primaria, aumentos permitidos de temperatura, peso, entre otras.



**Figura 19.** Placa característica, transformador de potencia subestación Armenia.  
08/04/2014.

#### 8.1.3.7 Cambiador de derivaciones (TAP)

Mecanismo que permite variar la relación de transformación del transformador. Existen dos tipos de cambiadores, los primeros y los más comunes son los que operan sin carga cuyo objetivo principal es adaptar el devanado de alta a la tensión de la red a la cual está conectado, obteniendo de una tensión secundaria apropiada. Los segundos son los que operan bajo carga y son un poco más complejos que los primeros.



**Figura 20.** Cambiador de tomas de 21 posiciones, transformador de potencia subestación La Dorada. 08/05/2014.

#### 8.1.3.8 Relé Buchholz

Es un dispositivo de protección sensible a los fenómenos que se producen en el interior de un transformador, brindando una protección simple y eficaz. Se emplea en transformadores que cuentan con tanque de conservación. Cuenta con válvulas de entrada y de salida que permiten conectarlo en serie entre el transformador y el tanque de conservación de aceite.

Entra en funcionamiento cuando se presenta alguno de los siguientes fenómenos: Cortocircuitos de duración considerable, desciende el nivel de aceite por debajo del límite, sobrecargas y exceso de aire en la cuba del transformador.



**Figura 21.** Relé Buchholz, transformador de potencia subestación La Dorada.  
08/05/2014.

#### 8.1.3.9 Indicadores.

Sensores encargados de vigilar los diferentes agentes que afectan directamente el comportamiento del transformador como lo son la temperatura, presión, nivel de aceite entre otros. Se ubican en la parte externa en lugares visibles y de fácil acceso.



*Figura 2. Indicadores de temperatura, transformador de potencia subestación Armenia. 22/01/2014.*

#### 8.1.3.10 Radiadores.

Se acoplan a los costados de la cuba del transformador aumentando la superficie de radiación sin necesidad de sobredimensionar el tanque del transformador. Su función principal es la de regular la temperatura del transformador ya que un incremento superior al límite de placa, por periodos de tiempo de larga duración disminuye considerablemente la vida útil del transformador.



*Figura 22. Radiadores de un transformador de potencia, subestación La Rosa,  
12/07/2014.*

#### 8.1.3.11 Deshumectador con sílica gel.

Elemento destinado a extraer la humedad que se genera en el transformador en periodos de poca demanda, por el enfriamiento del aceite, cuenta con sifón para el aceite y un compartimento para el depósito del material deshidratante (sílica). El cambio de color de este material indica la absorción de humedad por lo que es recomendable cambiar si está contaminado en un 75% de la capacidad del recipiente.



*Figura 23. Deshumectador de sílica gel, libre de mantenimiento.*

#### **8.1.3.12 Aislamientos.**

Los aislamientos de un transformador de potencia son los distintos materiales que presentan alta resistencia al flujo de la corriente eléctrica. Su objetivo principal es aislar y proteger las partes vivas del transformador, algunos de estos materiales pueden ser el barniz dieléctrico, las porcelanas de los bujes, la resina epoxica entre otros.

#### **8.1.4 Tipos de transformadores.**

##### **8.1.4.1 Transformadores monofásicos**



*Figura 24. Banco de transformadores de potencia monofásicos, subestación Purnio, 13/06/2014.*

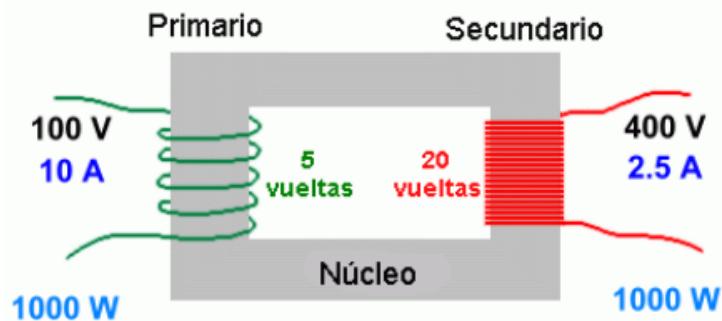
#### 8.1.4.2 Transformadores trifásicos.



*Figura 25. Transformador de potencia trifásico, subestación Dorada, 20/06/2014.*

#### 8.1.4.3 Transformadores eléctricos elevadores:

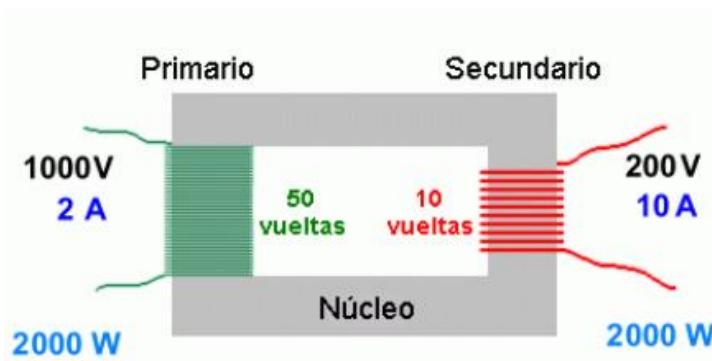
Los transformadores elevadores se usan para transformar energía eléctrica, poca tensión y mucha corriente en energía eléctrica de alta tensión y poca corriente. En estos transformadores el número de espiras del devanado secundario es mayor al del devanado primario. Su objetivo es transportar gran cantidad de energía a bajos costos.



*Figura 26. Esquema básico de un transformador de potencia elevador.*

#### 8.1.4.4 Transformadores eléctricos reductores:

Transformador reductor se usa para transformar alta tensión y poca corriente, en baja tensión y mucha corriente. En estos transformadores el número de espiras en el devanado primario es mayor a del devanado secundario. Su objetivo es distribuir la energía hacia centros de distribución local.

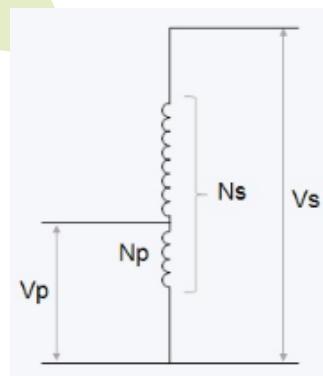


*Figura 27. Esquema básico de un transformador de potencia reductor.*

#### **8.1.4.5 Autotransformadores:**

Se utilizan cuando se necesita cambiar el valor de un voltaje, pero en cantidades muy pequeñas. Consiste en montar las bobinas de manera sumatoria. La tensión en este caso, no se introducirá en el devanado primario para salir por el secundario, sino que entra por un punto intermedio de la única bobina existente.

Esta tensión de entrada ( $V_p$ ) únicamente recorre un determinado número de espiras ( $N_p$ ), mientras que la tensión de salida ( $V_s$ ) tiene que recorrer la totalidad de las espiras ( $N_s$ ).



*Figura 28. Esquema básico de un autotransformador de potencia.*

#### **8.1.5 Sistemas de enfriamiento para transformadores de potencia.**

La operación de un transformador de potencia genera perdida en forma calórica, por tal motivo se hace necesario, el sistema de refrigeración que regule la temperatura en el equipo, manteniéndolo en los niveles aceptables, ya que los excesos de temperatura sobre los aislamientos reducirían de manera considerable

su vida útil. Estas pérdidas pueden variar según la construcción, el diseño, la tensión, corriente y potencia o el tipo de transformador.

Los tipos de refrigeración se clasifican según un acrónimo de 4 letras:

1. Primera letra: Designa el fluido refrigerante primario, que está en contacto con las partes activas del transformador.
  - ✓ Aire (Air): A
  - ✓ Aceite (Oil): O
  - ✓ Agua (Water): W2
2. Segunda letra: Designa el método de circulación del fluido primario.
  - ✓ Natural: N
  - ✓ Forzada: F
  - ✓ Dirigida: D3.
3. Tercera letra: Designa el fluido refrigerante secundario.
4. Cuarta letra: Designa el método de circulación del fluido secundario.

*Tabla 1. Tipos de transformador con su respectivo enfriamiento.*

METODO DE ENFRIAMIENTO	SIMBOLO
Sumergido en aceite, con circulación natural de aire.	OA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con circulación de aire forzado	OA/FA
Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con enfriamiento con aceite forzado - aire forzado	OA/FOA/FOA
Sumergido en aceite con enfriamiento por aceite forzado con enfriadores de aire forzado	FOA
Sumergido en aceite con enfriamiento por aceite forzado con enfriadores de agua forzada	FOW
Tipo seco con enfriamiento propio	AA
Tipo seco con enfriamiento por aire forzado	AFA
Tipo seco con enfriamiento propio y por aire forzado	AA/FA

#### 8.1.5.1 TIPO AA:

Tipo seco, con enfriamiento propio. La característica primordial es que no contienen aceite u otro líquido para efectuar las funciones de aislamiento y enfriamiento, y es el aire el único medio aislante que rodea el núcleo y las bobinas menos de 15kV y hasta 2000 kVA.

### **8.1.5.2 TIPO AFA**

Tipo seco, con enfriamiento por aire forzado. Para aumentar la potencia del transformador AA, se usa el enfriamiento con aire forzado. El diseño comprende un ventilador que empuja el aire en un ducto colocado en la parte inferior del transformador.

### **8.1.5.3 TIPO AA/AFA**

Tipo sedo, con enfriamiento natural con enfriamiento por aire forzado. La denominación de estos transformadores indica que tienen dos régimen, uno por enfriamiento natural y el otro contando con la circulación forzada por medio de ventiladores, cuyo control es automático y opera mediante un relevador térmico.

### **8.1.5.4 TIPO OA**

Sumergido en aceite, con enfriamiento natural. Este es el enfriamiento más comúnmente usado y el que frecuentemente resulta el más económico y adaptable a la generalidad de las aplicaciones. En estos transformadores, el aceite aislante circula por convección natural dentro de un tanque con paredes lisas, corrugadas o bien previstas de enfriadores tubulares o radiadores separables.

### **8.1.5.5 TIPO OA/FA**

Sumergido en aceite con enfriamiento propio y con enfriamiento de aire forzado. Este tipo de transformadores es básicamente una unidad OA a la cual se le han agregado ventiladores para aumentar la disipación del calor en las superficies de enfriamiento y por lo tanto, aumentar los kVA de salida.

### **8.1.5.6 TIPO OA/FOA/FOA**

Sumergido en aceite con enfriamiento propio, con enfriamiento de aceite forzado-aire forzado, con enfriamiento aceite forzado-aire forzado. El régimen del transformador tipo OA, sumergido en aceite puede ser aumentado por el empleo combinado de bombas y ventiladores. En la construcción se usan los radiadores desprendibles normales con la adición de ventiladores montados sobre dichos radiadores y bombas de aceite conectados a los cabezales de los radiadores.

### **8.1.5.7 TIPO FOA**

Sumergidos en aceite, con enfriamiento por aceite forzado con enfriadores de aire forzado. El aceite de estos transformadores es enfriado al hacerlo pasar por cambiadores de calor o radiadores de aire y aceite colocados fuera del tanque. Su

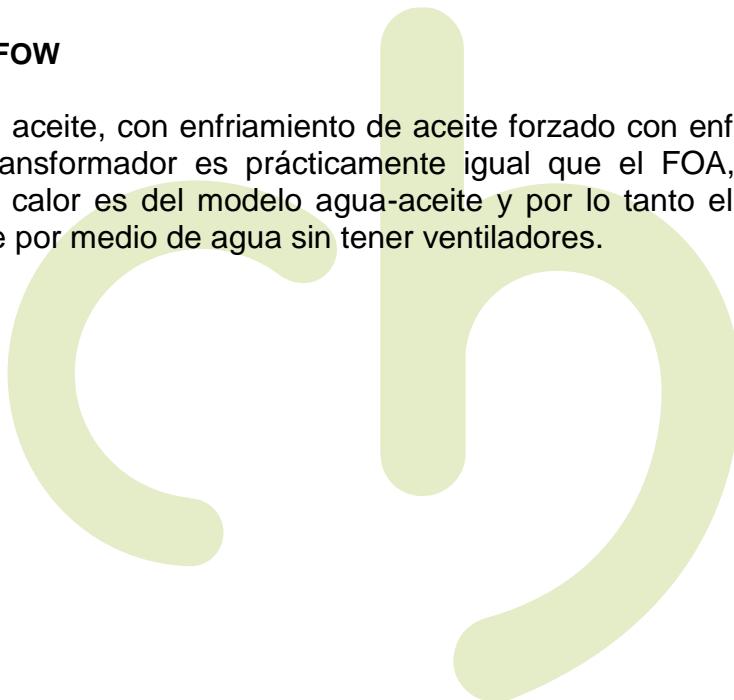
diseño está destinado a usarse únicamente con los ventiladores y las bombas de aceite trabajando continuamente.

#### **8.1.5.8 TIPO OW**

Sumergidos en aceite, con enfriamiento por agua. Este tipo de transformador está equipado con un cambiador de calor tubular colocado fuera del tanque, el agua de enfriamiento circula en el interior de los tubos y se drena por gravedad o por medio de una bomba independiente. El aceite fluye, estando en contacto con la superficie exterior de los tubos.

#### **8.1.5.9 TIPO FOW**

Sumergido en aceite, con enfriamiento de aceite forzado con enfriadores de agua forzada. El transformador es prácticamente igual que el FOA, excepto que el cambiador de calor es del modelo agua-aceite y por lo tanto el enfriamiento del aceite se hace por medio de agua sin tener ventiladores.



## 8.2 Interruptor de potencia.



*Figura 29. Interruptores de potencia Subestación Armenia ARM40T210.  
23/04/2014.*

Los interruptores automáticos son dispositivos mecánicos de interrupción capaces de conducir, interrumpir y establecer corrientes en condiciones normales, así como de conducir durante un tiempo específico, interrumpir y establecer corrientes en condiciones anormales, como son las de cortocircuito.

Su función básica es conectar o desconectar un sistema o circuito energizado líneas de transmisión, transformadores, reactores o barajes.

Es el elemento central de las subestaciones aisladas en aire (AIS) y aisladas en gas (GIS). Es un equipo esencial para los sistemas eléctricos de potencia. Su importancia se debe al rol de protección que lleva a cabo. Por lo tanto es imperativo asegurar su adecuada operación. Esto es sólo es posible aplicando un adecuado mantenimiento.

### 8.2.1 Tipos de interruptores.

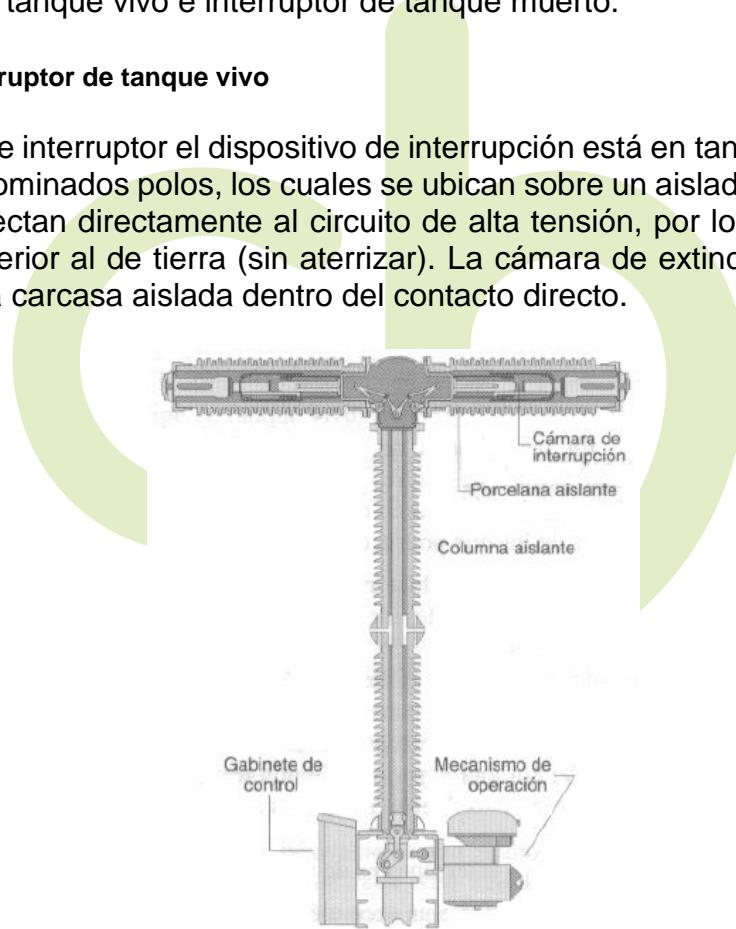
En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P. se cuenta actualmente con diversos tipos de interruptores los cuales varían según su construcción, lugar de instalación, mecanismo de operación o medio de interrupción. A continuación se define a que hace referencia cada uno de estos tipos y se escriben solo aquellos con los que cuentan nuestras subestaciones.

#### 8.2.1.1 Según su construcción:

Interruptor de tanque vivo e interruptor de tanque muerto.

##### 8.2.1.1.1 Interruptor de tanque vivo

En este tipo de interruptor el dispositivo de interrupción está en tanques de diámetro pequeño denominados polos, los cuales se ubican sobre un aislador de soporte; los polos se conectan directamente al circuito de alta tensión, por lo tanto están a un potencial superior al de tierra (sin aterrizar). La cámara de extinción se encuentra dentro de una carcasa aislada dentro del contacto directo.



*Figura 30. Interruptor de tanque vivo. C.F. Ramírez, Ingenieros Mejía Villegas S.A., capítulo 8, equipos de patio Libro Subestaciones alta y extra alta tensión.*

##### 8.2.1.2 Segundo su lugar de instalación:

Interruptor de tipo Interior o tipo intemperie.

#### 8.2.1.2.1 Interruptores de tipo interior

Son diseñados a prueba de agua y se ubican en compartimentos cerrados o dentro de una edificación; operan en los niveles de tensión entre 4,6 kV y 34,5 kV.



*Figura 31. Interruptor en vacío tipo interior. Subestación Marmato, celdas de 13.2 kV. 23/04/2014*

#### 8.2.1.2.2 Interruptores de tipo intemperie

Se ubican en las diferentes bahías de las subestaciones, están sellados en su totalidad evitando que la humedad y el polvo contaminen su interior.



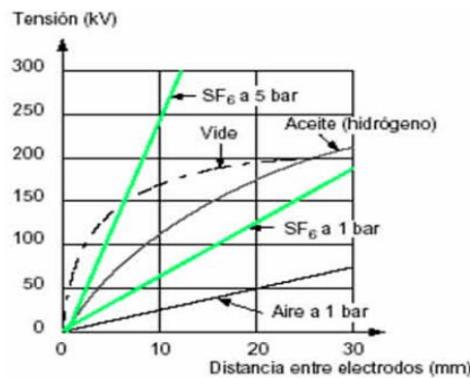
**Figura 32.** Interruptor de potencia tipo exterior. Subestación la rosa ENE40B20.  
04/03/2014.

### 8.2.1.3 Segundo su medio de interrupción:

Aceite, aire comprimido, Hexafloruro de azufre ( $SF_6$ ), vacío.

#### 8.2.1.3.1 Interruptor con medio de extinción ( $SF_6$ ) Hexafloruro de azufre.

Químicamente estable, inodoro, inerte, no inflamable y no tóxico, con alta rigidez dieléctrica y gran capacidad para la extinción del arco. Para algunas aplicaciones en clima muy fríos se debe tener especial cuidado con la temperatura ambiente ya que el gas  $SF_6$  sometido a presión y temperaturas bajas se pueden licuar. (6,1 bares a  $-25^{\circ}C$  o 11,2 bares a  $-5^{\circ}C$ ).



**Figura 33.** Influencia de la distancia entre los contactos sobre la rigidez dieléctrica.

#### 8.2.1.3.2 Interruptor al vacío.

Consiste en dos contactos (fijo y móvil) montados dentro de un tanque aislado y sellado al vacío. Una lámina metálica rodea los contactos y protege el tanque aislado. Para la extinción, los contactos requieren separarse una distancia corta (5 a 10 mm).



**Figura 34.** Interruptor al vacío. Subestación la Hermosa. 30/04/2014.

#### 8.2.1.4 Segundo su mecanismo de operación:

Resorte, neumático e hidráulico.

##### 8.2.1.4.1 Resorte.

En este mecanismo la energía se almacena cargando el resorte, tanto para la apertura como para el cierre del interruptor. La principal ventaja de este tipo de mecanismo es que al efectuarse la operación de cierre del interruptor carga el resorte de apertura, asegurándose así siempre el disparo del interruptor.

El resorte de cierre es cargado mediante un motor o manualmente por medio de una volante que posee el equipo.

En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P se cuenta con interruptores tripolares de auto compresión, para intemperie que emplean el gas SF<sub>6</sub> como medio aislante y de extinción; está equipado con un accionamiento por acumulador de resorte común a las tres fases. También se cuenta con interruptores al vacío en las celdas de 13.2 y 33 kV.



Figura 35. Accionamiento de un interruptor tripolar por resorte lineal.

### 8.2.2 Principio de funcionamiento.

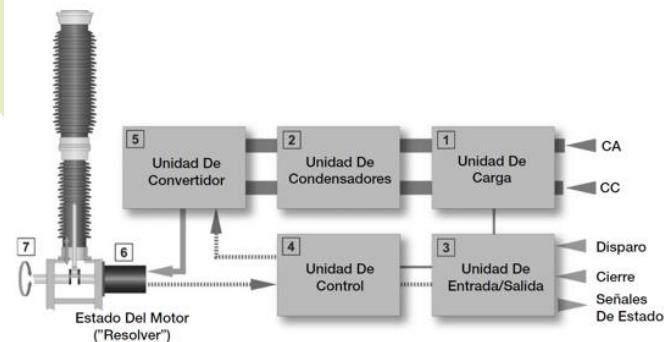
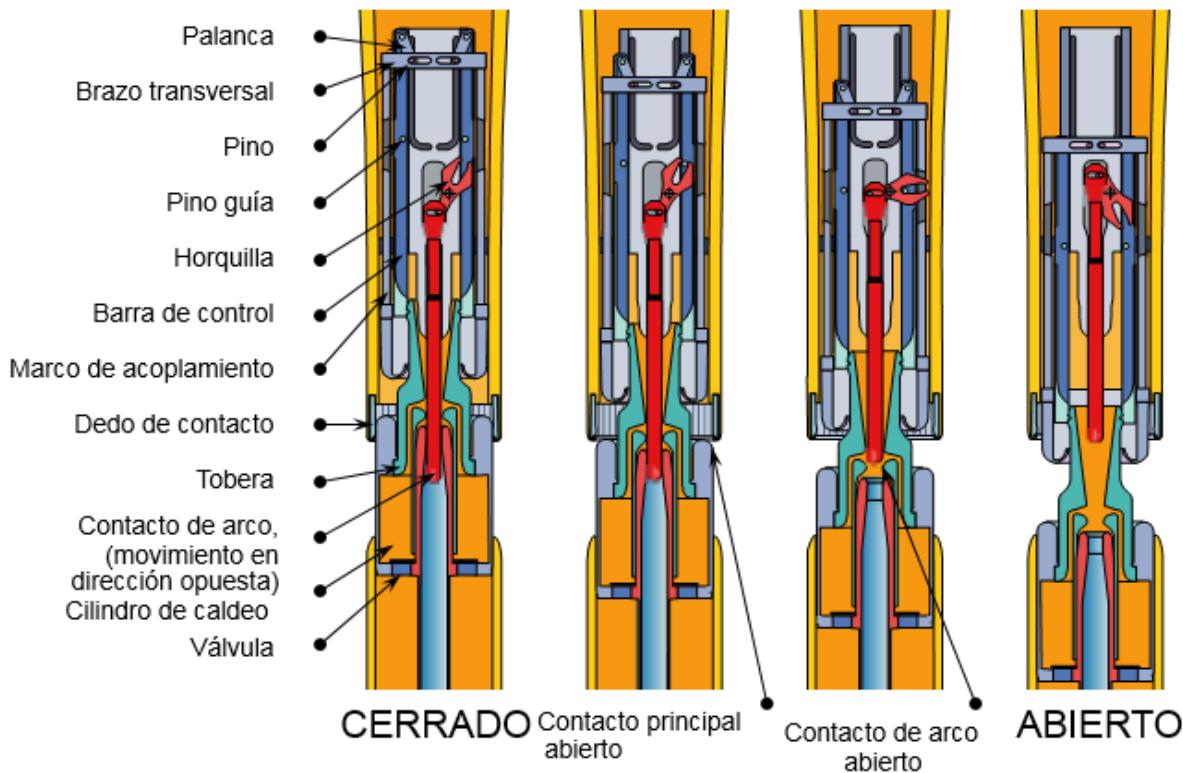


Figura 36. Diagrama de bloques, principio de funcionamiento de un interruptor de potencia.

El principio de funcionamiento de los interruptores de potencia se basa en extinguir el arco eléctrico que se presenta internamente en ellos cuando se da una falla en el sistema gracias a las propiedades dieléctricas presentes en el medio aislante que se encuentra en el compartimiento de la cámara de extinción del interruptor, garantizando así, una interrupción segura de la corriente de falla, y resistiendo la fuerza magnética que esta produce.

Para que esto se dé, los elementos mecánicos deben operar de manera rápida para reducir al máximo la energía que involucra la maniobra, siendo capaz de llevar de manera continua la corriente de carga sin tener un aumento de temperatura considerable.

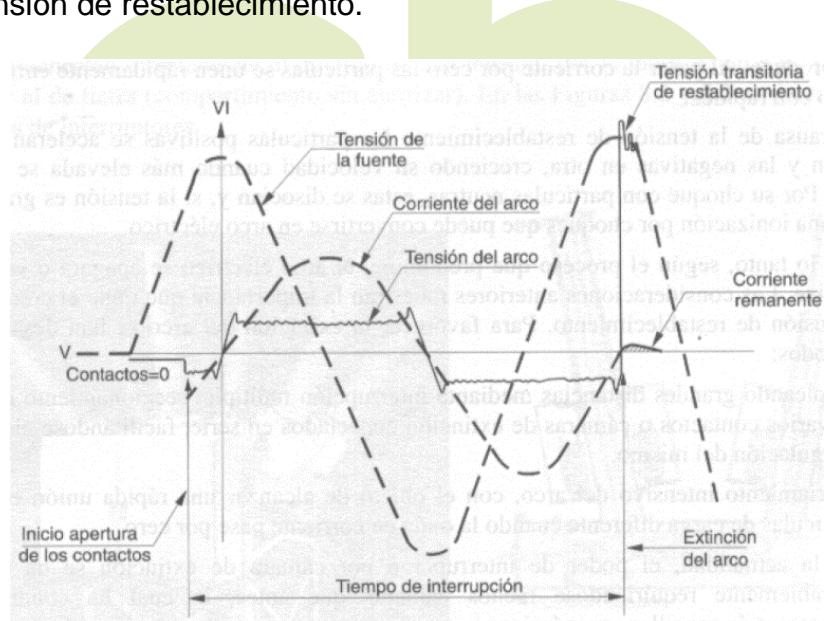


*Figura 37. Principio de extinción de arco eléctrico en un interruptor, presentación equipos de patio, Siemens.*

En su posición normal, los contactos del interruptor están cerrados y la corriente es conducida del portador de corriente superior al inferior, a través de los contactos principales y el cilindro de gas SF<sub>6</sub>. Al abrirse, la parte móvil del contacto principal y los contactos de arco, así como el cilindro y la boquilla, son empujados hacia la posición abierta. Es importante advertir que los contactos móviles, la boquilla y el cilindro forman un conjunto móvil único. Cuando el conjunto móvil es empujado hacia la posición abierta, la válvula de llenado es forzada a la posición cerrada y el gas SF<sub>6</sub> empieza a comprimirse entre el cilindro móvil y el émbolo fijo. Los primeros contactos que se separan son los contactos principales. La separación de los contactos principales mucho antes que los contactos de arco garantizan que el arco formado esté entre los contactos de arco y sea contenido por la boquilla.

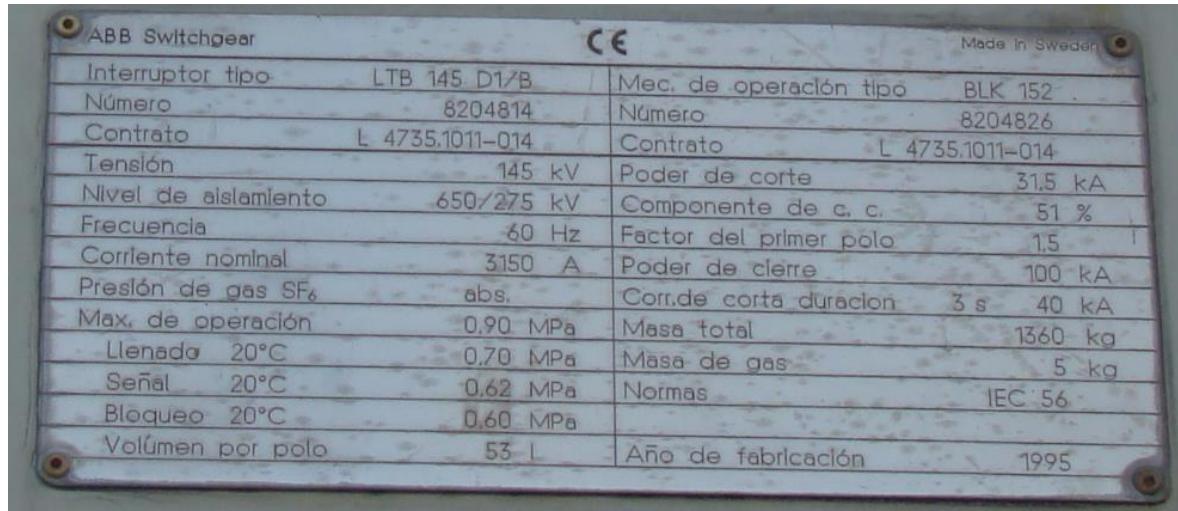
Cuando los contactos de arco se separan, se forma un arco entre el contacto de arco móvil y el contacto de arco fijo. Cuando el arco fluye, bloquea en cierto grado el flujo de gas SF<sub>6</sub> a través de la boquilla. De esa manera, la presión de gas en el cilindro continúa aumentando. Cuando la forma de onda de corriente atraviesa cero, el arco se debilita relativamente. En este momento, el gas SF<sub>6</sub> presurizado emana del cilindro a través de la boquilla, extinguiendo el arco.

En la posición abierta, hay suficiente distancia entre los contactos fijos y móviles para resistir los niveles de dieléctrico nominales. Durante el cierre, la válvula de llenado se abre permitiendo que el gas SF<sub>6</sub> sea aspirado en el cilindro. Adviértase que la presión del gas SF<sub>6</sub> que se requiere para la interrupción es creada de forma mecánica. De ese modo, los interruptores que utilizan cámaras de extinción requieren mecanismos de operación con suficiente energía para superar la presión acumulada en el cilindro, necesaria para interrumpir la corriente nominal de cortocircuito al tiempo que se mantiene la velocidad de contacto necesaria para resistir la tensión de restablecimiento.



**Figura 38.** Desarrollo de interrupción en una falla trifásica, libro Subestaciones alta y extra alta tensión, capítulo 8, equipos de patio.

### 8.2.3 Características técnicas.



**Figura 39. Placa de características técnicas, interruptor de potencia. Subestación Victoria. VCT40B200. 09/08/2014**

- ✓ Corriente asignada en servicio continuo [A].
- ✓ Frecuencia asignada [Hz].
- ✓ Duración asignada del cortocircuito [s].
- ✓ Corriente de corta duración admisible asignada [kA].
- ✓ Valor de cresta de la corriente admisible asignada [kA pico].
- ✓ Elevación de temperatura [°C].
- ✓ Tensión asignada [kV].
- ✓ Tensión soportada asignada al impulso tipo rayo [kV pico].
- ✓ Tensión soportada asignada al impulso tipo maniobra [kV pico].
- ✓ Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial [kV].
- ✓ Línea de fuga [mm].
- ✓ Tensión asignada de alimentación de los dispositivos de apertura y cierre de los circuitos auxiliares.
- ✓ Presión asignada del gas comprimido para operación, interrupción Y llenado.

### 8.2.4 Condiciones de operación.

Son aquellas condiciones mínimas con las que debe contar un equipo antes de ponerlo en funcionamiento, para garantizar su correcto accionar evitando daños irreversibles tanto en el equipo, como en el sistema. Las condiciones de operación de los interruptores de potencia son las siguientes:

### 8.2.4.1 Discrepancia en los contactos

Los interruptores de alta tensión son aparatos trifásicos. Tienen por lo menos un contacto por fase, y en algunos casos, contactos múltiples en serie por fase.

Es crucial para la operación apropiada del interruptor y para la red limitar las discrepancias de tiempo entre los contactos. Las discrepancias se dividen en dos grupos:

#### 8.2.4.1.1 Discrepancia entre polos

La máxima diferencia de tiempos entre las fases es de: 4 [ms] en el cierre y de 3 [ms] en la apertura, tiempo de conexión de la bobina < 85% del valor nominal, tiempo de apertura de la bobina < 70% del valor nominal a 85% de la tensión nominal el motor debe poder tensar el muelle

En la apertura, Una fase se considera abierta cuando el primer contacto del polo está abierto. La mayor discrepancia medida no deberá exceder el valor máximo establecido por el diseñador, el usuario o según el acuerdo entre ellos, si existe una discrepancia, la separación de los contactos de los polos tiene que ser simultánea para evitar los transitorios de la alta tensión, de otra manera se obtendrá el doble del valor nominal de la primera separación del polo. La máxima discrepancia permitida es de 1/6 de un ciclo.

En el cierre, una fase se considera cerrada cuando el último contacto del polo está cerrado. La mayor discrepancia medida no deberá exceder el valor máximo fijado por el diseñador, el usuario o por el acuerdo entre ellos, si existe una discrepancia, la energización abrupta de los circuitos siempre es seguida por un incremento moderado de voltaje, con la excepción de líneas de transmisión largas, sin carga, donde un aumento del voltaje puede ser críticamente peligroso.

Cuando una línea se conecta a una red energizada, una onda de voltaje entra dentro de la línea. Esta onda se refleja al final de una línea abierta, y retorna con el doble de su amplitud.

Se pueden encontrar tensiones más altas cuando la línea tiene una carga antes de ser re-energizada y si el interruptor se cierra en el momento que la polaridad de la red es opuesta a aquella que esté presente en la línea. En este caso, el voltaje puede ser tres veces el voltaje de la red, después de la reflexión de la onda. Esta situación puede producirse con una rápido re-cierre de la línea.

Se pueden encontrar altos voltajes en las líneas trifásicas, cuando los tres polos del interruptor no se cierran simultáneamente.

Una onda en una fase, producirá olas inducidas en las otras fases, y bajo condiciones poco favorables, el voltaje se incrementará en otra fase.

Puede encontrarse mayores aumentos en el voltaje de transición si la discrepancia en el momento del cierre es demasiada alta.

#### 8.2.4.1.2 Discrepancia entre contactos del mismo polo

Si los interruptores tienen múltiples contactos por polo, se instalan capacitores en paralelo por cada contacto para igualar el voltaje cuando se separan los contactos.

En general, los contactos más rápidos tienen arcos de mayor duración y un mayor desgaste por contacto.

En el caso de discrepancias excesivas, los contactos más rápidos en el cierre y los más lentos en la apertura, podrían ocasionar choques de mayores voltajes a los capacitores, y por lo tanto reducen su expectativa de vida y también la de los contactos.

#### 8.2.4.2 Secuencia de maniobra asignada.

Consiste en la serie de operaciones de apertura y cierre, y los tiempos para los que está especificado el interruptor.

Secuencias de operación: O - C - OC - CO - OCO

Donde:

- ✓ O: Apertura (open).
- ✓ C: Cierre (close).

#### 8.2.4.3 Tiempos de operación.

Los tiempos de operación de los interruptores pueden ser de alrededor de 40 o 50 [ms].

Las secuencias de maniobra normalmente son:

- ✓ Apertura = O.
- ✓ Cierra = C.
- ✓ Apertura – Cierre = O – C.
- ✓ Cierre – Apertura = C – O.
- ✓ Apertura – Cierre – Apertura = O – C – O.

#### 8.2.4.3.1 Tiempo de apertura

Para un interruptor disparado por cualquier forma de energía auxiliar, el tiempo de apertura es el intervalo de tiempo entre el instante de energización de la barra de apertura, estando el interruptor en posición cerrada, y el instante en que los contactos del arco se han separado en todos los polos.

##### Notas:

1. El tiempo de apertura puede variar significativamente con la interrupción de la corriente.
2. Para los interruptores con más de una unidad de interrupción por polo, el instante cuando los contactos del arco se han separado en todos los polos es determinado por el instante de la separación de los contactos en la primera unidad del último polo.
3. Tiempo de apertura incluye el tiempo de operación de cualquier equipo auxiliar necesario para la apertura de los interruptores y que forma una parte integral de los interruptores.

#### 8.2.4.3.2 Tiempo de cierre

Es el intervalo de tiempo entre la energización del circuito de cierre, estando el interruptor en posición abierta, y el instante en que los contactos se tocan en todos los polos.

**Nota:** El tiempo de cierre incluye el tiempo de operación de cualquier equipo auxiliar necesario para cerrar el interruptor y que forme una parte integral del interruptor.

#### 8.2.4.3.3 Tiempo de Apertura – Cierre, O – C o tiempo de aislamiento

Es el intervalo de tiempo entre el instante cuando los contactos del arco se han separado en todos los polos y cuando los contactos se tocan en el primer polo durante una operación de recierres.

#### 8.2.4.3.4 Tiempo de Cierre – Apertura, C – O tiempo de cortocircuito

El intervalo de tiempo entre el instante cuando los contactos tocan el primer polo durante una operación de cierre y el instante cuando los contactos de arco se han separado en todos los polos durante la subsecuente operación de apertura.

**Nota:** A menos que se indique lo contrario, se asume que la barra de apertura incorporada en el interruptor se energiza en el instante en que los contactos tocan el primer polo durante el cierre. Esto representa el mínimo tiempo de cierre - apertura.

#### 8.2.4.4 Resistencia de contactos

Para la resistencia de contactos del interruptor se debe tener en cuenta que el rango de los valores de la resistencia en micro ohmios que se pueden encontrar en los interruptores se divide en forma general de acuerdo a la capacidad de transporte del voltaje y de la corriente:

- ✓ 25 kV – 100 [ $\mu\Omega$ ] hasta 350 [ $\mu\Omega$ ]
- ✓ 120 kV – 80 [ $\mu\Omega$ ] hasta 200 [ $\mu\Omega$ ]
- ✓ 120 hasta 330 kV – 100 [ $\mu\Omega$  máx.]
- ✓ 735 kV – 20 hasta 80  $\mu\Omega$ .

#### 8.2.4.5 Presión de llenado de gas SF<sub>6</sub>

La presión del medio aislante SF<sub>6</sub>, debe permanecer estable según el dato de placa del equipo, es por eso que para el llenado se debe considerar el factor de corrección por temperatura según lo siguiente:

Se parte de una temperatura ambiente de 20°C como base; un aumento de cada 10°C implica una corrección de 0.2 bares o 0.02 MPa, y una disminución de 10°C una corrección de -0.3 bar o -0.03 MPa, por ejemplo un llenado de SF<sub>6</sub> con una temperatura ambiente de 40°C requiere una presión de llenado final de 7.4 bar si lo que se desea son 7 bar y si la temperatura ambiente fuese de 10°C, serían necesarios 6.7 bar si lo que se desean son finalmente 7 bares de presión.

### 8.3 Seccionador



*Figura 40. Seccionadores de línea. Subestación Dorada, 01/05/2014.*

Los seccionadores son un equipo de maniobra utilizado para aislar los interruptores, circuitos o porciones de la subestación; en configuración de barras son utilizadas para seleccionar la forma de conectar los circuitos a los barrajes.

Los seccionadores pueden desempeñar en las redes eléctricas diversas funciones, siendo la más común la de seccionamiento de circuitos por necesidades de operación o por necesidad de aislar componentes del sistema (equipos o líneas) para realizar su mantenimiento. En este último caso los seccionadores abiertos que aislan componentes en mantenimiento deben tener una resistencia entre terminales a los esfuerzos dieléctricos de tal forma que el personal de campo pueda ejecutar el servicio de mantenimiento en condiciones adecuadas de seguridad.

#### 8.3.1 Tipos de seccionadores.

En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P. se cuenta actualmente con diversos tipos de seccionadores, los cuales varían según su construcción, función o mecanismos de operación. A continuación se define a que hace referencia cada uno de estos

tipos y se escriben solo aquellos que hacen parte de la subestaciones CHEC S.A. E.S.P.

#### 8.3.1.1 Segundo su función:

Seccionador de maniobra, seccionador de puesta a tierra, seccionador de operación con carga, seccionador de puesta a tierra rápida.

##### 8.3.1.1.1 Seccionador de maniobra:

Se usa para realizar las siguientes maniobras:

- ✓ Hacer by pass o paso directo a equipos como interruptores y capacitores en serie para la ejecución de mantenimiento o por necesidades operativas.
- ✓ Aislarse equipos como interruptores, capacitores, barrajes, transformadores, generadores o líneas para la ejecución de mantenimiento.
- ✓ Maniobrar circuitos, es decir, realizar transferencia de circuitos entre los barrajes de una subestación.



**Figura 41.** Seccionadores de barra y de línea. Subestación Chinchiná CHA30L11, 21/03/2014.

##### 8.3.1.1.2 Seccionadores de puesta a tierra:

Pone a tierra componentes del sistema en mantenimiento: Líneas de transmisión, barrajes o bancos de condensadores. En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P no se posee propiamente un seccionador de puesta a tierra, sino que este es un accesorio adicional en el seccionador de línea que proporciona la opción de aterrizar manualmente un extremo de dicho seccionador.



*Figura 42. Seccionadores de línea con función de puesta a tierra. Subestación Regivit. REG40T180, 24/04/2014.*

### **8.3.1.2 Segundo su construcción**

Seccionador de apertura central, seccionador de doble apertura o rotación central, cuchilla monopolar y tripolar, seccionador tipo pantógrafo y semipantógrafo.

#### **8.3.1.2.1 Seccionador de apertura central**

Cuenta con dos columnas de aislamiento por fase dispuestas horizontalmente. En el momento de la apertura se separan 90° con respecto a la horizontal por lo que requieren buen espacio debido a la maniobra de apertura.



*Figura 43. Seccionador de doble apertura central, subestación Irra. IRR40B200 20/03/2012.*

#### 8.3.1.2.2 Seccionador de doble apertura central o rotación central

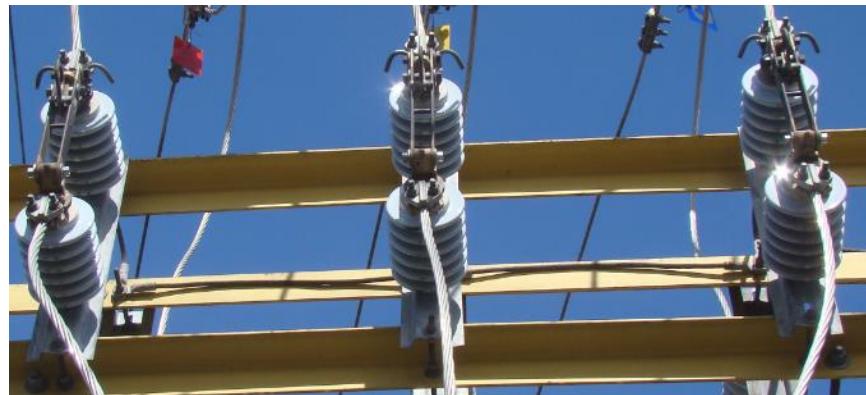
Sus contactos son tipo cuchilla, construidos para tensiones nominales de 36 kV a 245 kV e intensidades de 600 - 2000 A. Cuentan con 3 columnas, de las cuales la del centro esta acoplada al eje del mando lo que permite que sea la encargada de hacer el giro. Brinda una interrupción doble, lo que indica que la distancia de interrupción sea la mitad de la total.



**Figura 44.** Seccionadores de apertura central. Subestación Armenia, ARM40B200, 23/04/2015.

#### 8.3.1.2.3 Seccionador de cuchilla:

Constan de dos aisladores y una cuchilla que gira teniendo como eje un de los aisladores. Deben ser montados horizontalmente con el desplieque de la cuchilla hacia abajo, su operación se realiza manualmente mediante una pértega aislada que se engancha directamente a la cuchilla.



**Figura 45.** Seccionadores de cuchilla. Subestación Aguadas, AGU23L12, 06/11/2014.

#### 8.3.1.2.4 Seccionador de apertura vertical:

El seccionador de apertura vertical consiste en 3 polos. Cada polo se compone de un chasis, un aislador rotativo y dos aisladores soportes, en el cual está montado la cuchilla principal.



**Figura 46.** Seccionadores de apertura vertical. Subestación Salamina, SLM40L221, 18/08/2011.

#### 8.3.1.3 Segundo el mecanismo de operación:

Manual o motorizado.

##### 8.3.1.3.1 Accionamiento manual:

Se da por una vara aislada o por manivela (volante) localizada en la base del seccionador.



*Figura 47. Accionamiento manual de un seccionador. Subestación Norcasia, NSA30L11, 06/05/2014.*

#### 8.3.1.3.2 Accionamiento motorizado:

Mecanismo que a través de un eje, comanda la operación conjunta de los tres polos. Su operación puede ser local o remota.



*Figura 48. Accionamiento motorizado de seccionadores. Subestación Enea, ENE40L256, 04/03/2014.*

### 8.3.2 Características técnicas:



*Figura 49. Placa característica, seccionador. Subestación la Hermosa, HER30L13, 30/04/2014.*

- ✓ Tensión asignada Ur.
- ✓ Niveles de aislamiento asignados.
- ✓ Corriente asignada en servicio continuo.
- ✓ Corriente de corta duración admisible asignada.
- ✓ Valor pico de la corriente admisible asignada.
- ✓ Duración asignada del cortocircuito.
- ✓ Tensión asignada de alimentación de los dispositivos de cierre y de apertura y los circuitos auxiliares.

- ✓ Poder de cierre asignado en corto circuito.

### 8.3.3 Condiciones de operación.

- ✓ Los seccionadores solamente pueden operar cuando hay una variación de tensión insignificante entre sus terminales o en los casos de restablecimiento (cierre) cuando la corriente a través de estos es insignificante, es decir, se debe garantizar la completa apertura del interruptor de potencia para cerrar o abrir un seccionador.
- ✓ El mecanismo de operación debe llevar siempre la cuchilla a una posición de 90° en la apertura con respecto a su posición de cierre y debe garantizar en el cierre, el recorrido justo que permita alinear las cuchillas (en el caso de que el mecanismo de operación sea eléctrico).
- ✓ La cuchilla de puesta a tierra se debe operar manualmente con el fin de garantizar el aterrizamiento del equipo o bahía a intervenir.
- ✓ Los soportes o extremos del seccionador deben estar perfectamente alineados y a nivel, para garantizar que los esfuerzos electromecánicos en los extremos no causen daño del equipo.
- ✓ La resistencia de contactos debe ser inferior o igual a [80 $\mu\Omega$ ]. En caso de tener valores por encima de éste, deberá hacerse la corrección necesaria.

## 8.4 Transformador de potencial (PT's).



*Figura 50. Transformadores de potencial PT's. Subestación Dorada, 08/05/2014.*

Son equipos cuya finalidad es aislar el circuito de baja tensión (secundario) del circuito de alta tensión (primario), procurando que los efectos transitorios y de régimen permanente aplicados al circuito de alta tensión sean reproducidos lo más fielmente posible y de manera proporcional en el lado secundario.

Está destinado a la alimentación de equipos de medición y/o protección con tensiones proporcionales a las de la red en el punto en el cual está conectado.

El lado primario se conecta en paralelo con las líneas de tensión a controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes equipos de medición y de protección que se requiere energizar. Cada transformador de potencial tendrá, por lo tanto, terminales primarios que se conectarán a un par de fases o a una fase y tierra; y terminales secundarios a los cuales se conectarán los equipos.

En estos equipos la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente desfasada.

Los Transformadores de Potencial (PT's) desarrollan dos funciones: La primera de ellas es transformar la tensión de entrada, y la segunda es aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. En esta definición quedan involucrados los transformadores de potencial que contienen un divisor capacitivo "PT's capacitivos" y los que consisten en dos arrollamientos realizados sobre un núcleo magnético "PT's inductivos".

Estos transformadores se fabrican para servicio interior o exterior, y al igual que los de corriente, se fabrican con aislamientos de resinas sintéticas (epoxi) para tensiones bajas o medias de hasta 33 kV, mientras que para altas tensiones se utilizan aislamientos de papel, aceite, porcelana o con gas **SF<sub>6</sub>**.

#### 8.4.1 Potencia o capacidad nominal

Es la potencia aparente [VA] que suministra el transformador en el secundario con la tensión nominal y manteniendo los requerimientos de la clase de exactitud, es decir que no se supere el error dado por el fabricante.

*Tabla 2. Valores de potencia normalizados según IEC.*

Potencia [VA]	FP
10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 400 - 500	0.8

*Tabla 3. Valores de potencia normalizados según ANSI*

Designación	Potencia [VA]
W	12.5
X	25
Y	75
Z	200
ZZ	400
M	35

### 8.4.2 Tensión nominal primaria.

Si los transformadores se conectan fase – fase la tensión nominal es la misma del sistema; para los que se conectan entre línea - tierra es la tensión nominal del sistema dividida por raíz de 3 “ $\sqrt{3}$ ”.

*Tabla 4. Tensión nominal primaria de PT's según el tipo de conexión.*

Conexión	Tensiones nominales en [kV].
Fase - Fase	500 - 230 - 220 - 115 - 36 - 34.5 - 14.4 - 13.2
Fase - Tierra	288.7 - 132.8 - 127 - 66.4 - 20.8 - 19.9 - 8.3 - 7.6

### 8.4.3 Tensión nominal secundaria

La tensión nominal secundaria de un transformador de potencial está directamente ligada a la práctica de los diferentes países y al uso que se le da, a continuación se describen los valores para cada una de las prácticas mencionadas.

- ✓ Práctica de varios grupos europeos: 100 [V] y 110 [V]
- ✓ Práctica de Estados Unidos y Canadá: 120 [V] Distribución; 115 [V] Transporte.

### 8.4.4 Tipos transformadores de potencial.

En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P. se cuenta actualmente con transformadores de potencial inductivo y capacitivo de dos o más núcleos, los cuales se utilizan para medida o protección según la necesidad.

#### 8.4.4.1 Segundo su aplicación:

Existen transformadores de potencial PT's para medida, protección y de ambos usos.

##### 8.4.4.1.1 Transformadores de potencial de medida

Son los concebidos para alimentar equipos de medida. Una de sus características fundamentales es que deben ser exactos en las condiciones normales de servicio. El grado de exactitud de un transformador de medida se mide por su **clase o precisión**, tabla (5), la cual nos indica en tanto por ciento el máximo error que se comete en la medida.

✓ **Clase de precisión.**

Es la desviación entre el valor que entrega el PT's y el valor que debería dar, se designa por un número (índice de clase) igual al límite superior del error de intensidad o de tensión admisible, expresado en tanto por ciento, que el transformador de potencia puede introducir en la medición de potencia operando con su tensión nominal primaria y la frecuencia nominal. La precisión de un transformador se debe poder garantizar para los valores entre 80 y 110% de la tensión nominal.

En la tabla (5) están consignadas las clases de precisión de los PT's.

✓ **Límite de error.**

Es el error que el PT's introduce en la medida de la tensión, reflejando que la relación del transformador discrepa de la nominal en ángulo y en magnitud. El error de tensión y desfase a la frecuencia asignada no deben sobrepasar los valores de la tabla (5) a cualquier tensión comprendida entre el 80% y el 120% de la tensión asignada y para cualquier carga comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión, con un factor de potencia de 0,8 inductivo.

Los errores se determinan en los bornes del transformador, comprendiendo los efectos de los fusibles o resistencias que formen parte del mismo.

*Tabla 5. Clase de precisión y error de tensión de los transformadores de potencial PT's de medida.*

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje ±	Desfase ±	
		Minutos	Centirradianes
0.1	0.1	5	0.15
0.2	0.2	10	0.3
0.5	0.5	20	0.6
1.0	1.0	40	1.2
3.0	3.0	sin especificar	sin especificar

#### 8.4.4.1.2 Transformadores de potencial de protección

Son aquellos destinados a alimentar relés de protección.

✓ **Clase de precisión**

Todos los transformadores de tensión para protección deber tener asignada una clase de precisión de medida. Esta exigencia no se extiende a los devanados destinados a suministrar una tensión residual.

La clase de precisión de un transformador de tensión para protección, se designa por el error máximo admisible de la tensión en tanto porciento, entre el 5% de la tensión asignada y el valor de la tensión correspondiente al factor asignado. Esta expresión es seguida de la letra "P".

La clase de precisión de un transformador de intensidad para protección se designa por un número (índice de clase) y la letra "P" (Inicial de protección). El índice de clase indica el límite superior del error compuesto para la intensidad límite de precisión asignada y la carga de precisión.

Las clases de precisión normales de los transformadores de tensión para protección están citadas en la tabla (6).

✓ **Límite de error**

El error de tensión y desfase, a la frecuencia asignada, no deben sobrepasar los valores de la tabla (6) al 5% de la tensión asignada y al producto de la tensión asignada por el factor de tensión asignado (1,2; 1,5 o 1,9) y para cualquier carga comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión, con un factor de potencia de 0,8 inductivo.

Al 2% de la tensión asignada, los límites del error de tensión y del desfase serán el doble de los indicados en la tabla (6) para cualquier carga comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión, con un factor de potencia de 0.8 inductivo.

**Tabla 6. Clase de precisión y error de tensión de los transformadores de potencial PT's de protección.**

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje ±	Desfase ±	
		Minutos	Centirradianes
3P	3.0	120	3.5
6P	6.0	240	7.0

#### 8.4.4.1.3 Transformadores de potencial combinados

Transformadores de potencial que pueden alimentar tanto equipos de medida como de protección. Si un PT's se va utilizar tanto para medida como para protección, se construye normalmente con dos arrollamientos secundarios, uno para medida y otro para protección, compartiendo el mismo núcleo magnético, excepto que se desee una separación galvánica. Por esta razón, en la norma IEC, se exige que los transformadores de protección cumplan con la clase de precisión de los transformadores de medida.

#### 8.4.4.2 Según su construcción.

Existen transformadores de potencial PT's: inductivos, divisores capacitivos, divisores resistivos, divisores mixtos.

##### 8.4.4.2.1 Transformadores de potencial inductivos

Pueden ser construidos para conexión fase-tierra (un polo aislado) o para conexión fase – fase (doble polo aislado); estos últimos se utilizan primordialmente en media tensión.

Consisten en un arrollamiento primario y un arrollamiento secundario dispuestos sobre un núcleo magnético común.

Este tipo de transformadores son predominantes para tensiones comprendidas entre los 600 [V] y 72,5 [kV].



**Figura 51.** Transformadores de potencial PT's inductivos, Subestación Victoria,  
29/11/2012.

#### 8.4.4.2.2 Transformadores de potencial capacitivos

Están formados por un divisor capacitivo que consta de dos condensadores conectados en serie para obtener un borne de tensión intermedia y un elemento electromagnético; diseñados para sistemas de alta tensión hasta 765 [kV], presentan una alta estabilidad de presión en caso de fallo interno, lo que garantiza seguridad al sistema.



*Figura 52. Transformadores de potencial PT's capacitivos. Subestación Regivit, 22/04/2014.*

#### 8.4.5 Características técnicas.

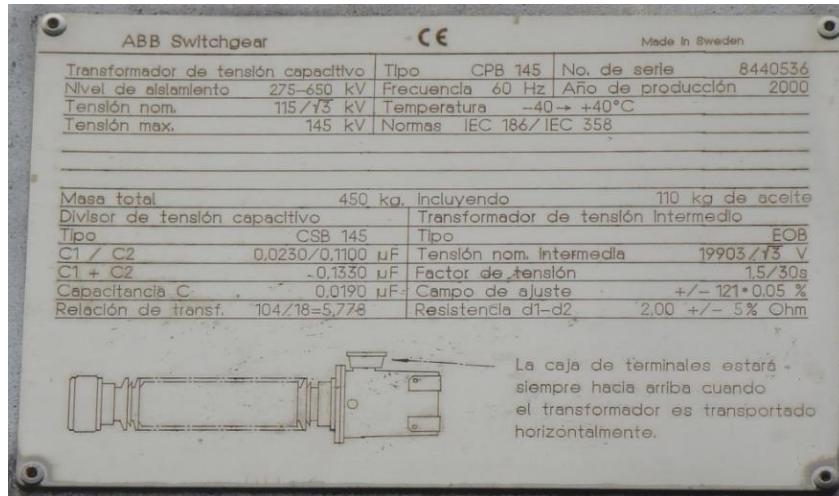


Figura 53. Placa característica Transformadores de potencial PT's, Subestación La Rosa, 24/04/2014.

- ✓ Tensión primaria asignada.
- ✓ Tensión secundaria asignada.
- ✓ Potencia de precisión.
- ✓ Factor de tensión asignado.
- ✓ Requerimientos de aislamiento.
- ✓ Frecuencia asignada.
- ✓ Clase de precisión.
- ✓ Cantidad de devanados secundarios.
- ✓ Relación de transformación asignada.
- ✓ Conexión de los devanados secundarios.
- ✓ Límites del error de tensión y de desplazamiento.
- ✓ Capacitancia mínima (Divisores capacitivos).
- ✓ Variación de la frecuencia asignada (Divisores capacitivos).
- ✓ Tipo de instalación (Interior o exterior).

#### 8.4.6 Condiciones de operación.

- ✓ Según la tensión nominal de la red se debe garantizar la clase y el burden para el cual está especificado el equipo de medida, esto en aras de que el error de lectura o precisión este dentro del rango especificado por el fabricante.

- ✓ La norma IEC especifica que la clase o precisión debe mantenerse cuando la tensión que se aplica en el arrollamiento primario se encuentre comprendida en un rango que va del 80 al 120 % de la tensión primaria nominal, así mismo debe mantenerse dicha precisión cuando la carga conectada al secundario del transformador esté comprendida entre el 25 y el 120 % de la carga nominal y con un factor de potencia de 0,8 inductivo.
- ✓ El secundario del transformador debe permanecer abierto durante el mantenimiento evitando que corrientes significativas atraviesen las bobinas de bajo calibre de este y cause la destrucción del mismo.



## 8.5 Transformador de corriente (CT's).



*Figura 54. Transformadores de corriente. Subestación Enea, 04/03/2014.*

Los transformadores de corriente son equipos donde la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es prácticamente proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente desfasada. Desarrollan dos tipos de funciones: La primera de ellas es transformar la corriente y la segunda es aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El devanado primario del transformador, que consta de muy pocas espiras, se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los equipos de medición y de protección que requieran ser energizados.

Las espiras del arrollamiento primario suelen ser una o varias, las cuales se pueden a su vez dividir en dos partes iguales y conectarse en serie o paralelo para cambiar la relación, y atraviesan el núcleo magnético, cuya forma suele ser cerrada tipo toroidal o puede tener un cierto entrehierro, sobre el cual se arrollan las espiras del secundario de una forma uniforme, consiguiendo así reducir al mínimo el flujo de dispersión. Este arrollamiento es el que se encarga de alimentar los circuitos de intensidad de uno o varios equipos de medida conectados en serie.

Se puede dar también la existencia de varios arrollamientos secundarios en un mismo transformador, cada uno sobre su circuito magnético, uno para medida y otro para protección. De esta forma no existe influencia de un secundario sobre otro.

Si el transformador tiene varios circuitos magnéticos, se comporta como si fueran varios transformadores diferentes. Un circuito se puede utilizar para mediciones que requieren mayor precisión, y los demás se pueden utilizar para protección. Por otro lado, conviene que las protecciones diferenciales de cables o transformadores de potencia y de distancia se conecten a transformadores de corriente independientes. Permitiendo que los relés, equipos de medición y equipos de registro sean aislados solo para baja tensión, disminuyendo la corriente que circula a través de los circuitos de protección y medida a niveles fácilmente manejables.

La corriente que circula en el primario de los transformadores de corriente (CT's) está determinada por el circuito de potencia.

### 8.5.1 Corriente nominal primaria.

Es el valor de corriente para el cual está diseñado el CT's. Para el lado de alta o primario los valores según las diferentes normas están consignados en la tabla (7)

*Tabla 7. Corriente nominal primaria, transformadores de corriente CT's.*

NORMA	CORRIENTE NOMINAL [A]
IEC	10 - 12.5 - 15 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 y los múltiplos decimales
ANSI	10 - 15 - 25 - 40 - 50 - 75 - 100 - 200 - 300 - 400 - 800 - 1200 - 1600 - 2000 - 3000 - 4000 - 5000 - 6000 - 8000 - 12000

### 8.5.2 Corriente nominal secundaria.

Es el valor de corriente para el cual está diseñado el CT's. Para el lado de baja o secundario los valores según las diferentes normas están consignados en la tabla (8)

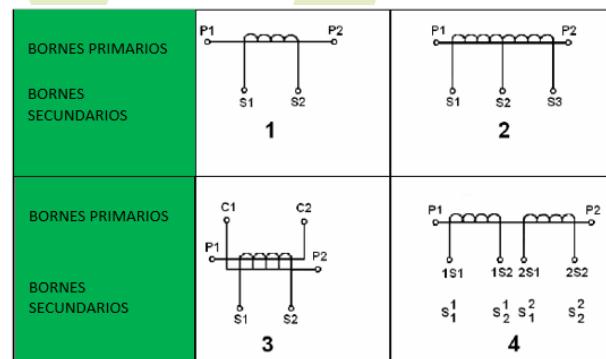
**Tabla 8.** Corriente nominal secundaria, transformadores de corriente CT's.

NORMA	CORRIENTE NOMINAL [A]
IEC	1 - 2 - 5
ANSI	5

### 8.5.3 Identificación de bornes.

Los bornes de los arrollamientos primario y secundario deben poder ser identificados con fiabilidad. Para ello, en la norma **IEC 60185** se indica el criterio a seguir para su nomenclatura, siendo aquellos bornes que empiecen con **P** y **C** los del arrollamiento primario, y los que empiecen con **S** los del arrollamiento secundario. En las figuras a continuación se visualizan los diferentes casos.

1. Transformador de simple relación.
2. Transformador con toma intermedia en el secundario.
3. Transformador con dos secciones en el arrollamiento primario para su conexión en serie o paralelo.
4. Transformador con dos arrollamientos secundarios y núcleos independientes.



**Figura 55.** Borneas de un CT's y sus posibles conexiones.

### 8.5.4 Nivel de aislamiento.

El nivel de aislamiento nominal del bobinado primario de un CT's está en relación con la máxima tensión permanente admisible de servicio del sistema ( $U_m$ ).

Para bobinados comprendidos entre 3,6 [kV] o superiores, pero menores de 300 [kV], el nivel de aislamiento nominal es determinado por las tensiones nominales

resistidas a frecuencia industrial e impulso de rayo y deben ser elegidas según la tabla (9).

**Tabla 9.** Nivel de aislamiento nominal de un CT's.

Tensión máxima permanente admisible de servicio Um kV	Tensión nominal resistida a frecuencia industrial kVRms	tensión nominal resistida a impulso de rayo kVpico
3.6	10	20
		40
7.2	20	40
		60
12	28	60
		75
17.5	38	75
		95
24	50	95
		125
36	70	145
		170
52	95	250
72.5	140	325
100	185	450
123	185	450
		550
145	230	550
		650
170	275	650
245	325	750
	395	950
	460	1050

#### **8.5.5 Tipos de transformadores de corriente.**

En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P. se cuenta actualmente con transformadores de corriente, tipo devanado primario de varios núcleos los cuales se utilizan tanto para medida como para protección y se clasifican según las siguientes características.

### 8.5.5.1 Segundo su forma constructiva:

CT's tipo devanado primario, tipo barra, tipo toroidal (ventana o buje), tipo bornes.

#### 8.5.5.1.1 Tipo devanado primario:

Consta de devanado primario y secundario totalmente aislado y montado permanentemente sobre el circuito magnético.



*Figura 56. Transformador de corriente tipo devanado primario. Subestación Enea, ENE40L21, 04/03/2014.*

### 8.5.5.2 Segundo su construcción eléctrica:

CT's con un solo núcleo, con varios núcleos, de relación simple, de relación múltiple.

#### 8.5.5.2.1 CT's de varios núcleos:

Consta de varios devanados secundarios independientes y montados sobre un núcleo propio, con un devanado primario único que enlaza los núcleos secundarios con sus espiras.



**Figura 57.** Transformador de corriente de varios núcleos. Subestación Dorada, 04/03/2014.

#### 8.5.5.2.2 CT's de relación múltiple:

Son aquellos en los cuales se puede variar la relación de transformación manualmente o por medio de un tap.



**Figura 58.** CT's de relación múltiple. Subestación Dorada, 08/15/2014.

#### 8.5.5.3 Segundo su aplicación:

CT's de medida, de protección y combinados.

##### 8.5.5.3.1 Transformadores de corriente de medida

Son los transformadores cuya finalidad es alimentar los instrumentos de medida, para esto requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente, su precisión debe garantizarse desde una pequeña

fracción de corriente nominal del orden del 10% hasta un exceso de corriente del orden del 20% sobre el valor nominal.

Están concebidos para alimentar equipos de medición, siendo una de sus características fundamentales el hecho de que deben ser exactos en las condiciones nominales de servicio.

✓ **Clase de precisión.**

El grado de exactitud de un transformador de medida se mide por su clase o precisión, la cual nos indica en tanto porciento el error máximo que se comete en la medida, se designa por un número (índice de clase) igual al límite superior del error de intensidad o de tensión admisible, expresado en tanto por ciento, para la corriente primaria asignada y la carga de precisión.

Las clases de precisión normales de los transformadores de corriente se establecen en la tabla (10).

*Tabla 10. Clase de los transformadores de corriente CT'S, según IEC y ANSI.*

NORMA	CLASE DE EXACTITUD EN PORCENTAJE NÚCLEOS DE MEDICIÓN
IEC	0.1 - 0.2 - 0.5 - 1.0 - 3.0
ANSI	0.1 - 0.3 - 0.6 - 1.2

✓ **Límite de error.**

Es la desviación entre el valor dado por el transformador y el valor verdadero que debería entregar. Este error se da por el hecho de que la relación de transformación real difiere de la nominal tanto en magnitud como en ángulo.

Para los transformadores de clases 0.1 - 0.2 - 0.5 y 1, el error de corriente y desfase a la frecuencia asignada, no deberá sobrepasar los valores de la de la tabla (11) cuando la carga secundaria este comprendida entre el 25% y el 100% de la carga de precisión.

Para los transformadores de clases 3 y 5, el error de intensidad a la frecuencia asignada no deberá sobrepasar los valores de la tabla (12) cuando la carga secundaria este comprendida entre el 50% y el 100% de la carga de precisión.

En todos los casos, la carga secundaria utilizada debe ser inductiva con un factor de potencia de 0,8; excepto cuando la carga sea inferior a 5 [VA], en

cuyo caso, el factor de potencia será la unidad. En ningún caso, la carga será inferior a 1 [VA].

**Tabla 11.** Límite de error para transformadores de corriente CT's de medida.

Clase de precisión	Error de intensidad en %, $\pm$ , para los valores de intensidad expresados en % de la intensidad asignada					Desfase, $\pm$ , para los valores de la intensidad expresados en % de la intensidad asignada							
					Minutos				Centirradianes				
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120	
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.5	0.24	0.15	0.15	
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3	
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9	
1	3	1.5	1	1	180	90	60	60	5.4	2.7	1.8	1.8	

**Tabla 12.** % de error de corriente al % de corriente nominal indicado.

Clase de precisión	Error de la intensidad en %, $\pm$ , para los valores de intensidad expresados en % de la intensidad asignada	
	5	20
3	3	3
5	5	5

✓ **Carga nominal o Burden de los CT's de medida.**

El Burden nominal de un transformador de corriente corresponde a la máxima carga que se le puede conectar en forma permanente, sin exceder los valores máximo de error de razón (relación de transformación) y ángulo indicados por el fabricante.

En la tabla (13) se relacionan los valores del burden y el factor de potencia de la carga para CT's de medida

El número que aparece después de la letra B (burden), indica el valor de la impedancia en ohmios a 60 [Hz]. Las cargas B - 0.1, B - 0.2, B - 0.9 y B - 1.8 se utilizan para medida con  $\cos\beta = 0.9$  y las cargas B-1, B-2, B-4 y B-8 se utilizan para protecciones con  $\cos\beta= 0.5$ .

*Tabla 13. Burden transformadores de corriente para medida y protección.*

Cargas normalizadas para CT's según norma ANSI Corriente secundaria de 5 [A]					
Designación de carga	Resistencia en Ohm [ $\Omega$ ]	Inductancia [mH]	Impedancia en Ohm [ $\Omega$ ]	Potencia "P" en [VA]	FP
<b>Transformadores de corriente para medida.</b>					
B - 0.1	0.09	0.116	0.1	2.5	0.9
B - 0.2	0.18	0.232	0.2	5	0.9
B - 0.5	0.45	0.580	0.5	12.5	0.9
B - 0.9	0.81	1.04	0.9	22.5	0.9
B - 1.8	1.62	2.08	1.8	45	0.9
<b>Transformadores de corriente para protección.</b>					
B - 1	0.5	2.3	1	25	0.5
B - 2	1	4.6	2	50	0.5
B - 4	2	9.2	4	100	0.5
B - 8	4	18.4	8	200	0.5

#### 8.5.5.3.2 Transformadores de corriente de protección

Son los transformadores cuya función es proteger un circuito, requieren conservar su fidelidad hasta un valor de veinte veces la magnitud de la corriente nominal, cuando se trata de grandes redes con altas corrientes puede ser necesario requerir 30 veces la corriente nominal.

##### ✓ Clase de precisión.

La clase de precisión de un CT's para protección se designa por un número (índice de clase) y la letra "P" (inicial de protección). El índice de clase indica el límite superior del error compuesto para la corriente límite de precisión asignada y la carga de precisión.

Las clases de precisión normales de los CT's están consignadas en la tabla (14).

##### ✓ Límite de error:

Para la potencia de precisión y la frecuencia asignada, el error de corriente, el desfase y el error compuesto, no deberán sobrepasar los valores indicados en la tabla (14). Para determinar el error de corriente y el desfase, la carga debe ser inductiva e igual a la carga de precisión con un factor de potencia

igual a 0,8 excepto cuando sea inferior a 5 [VA]; en cuyo caso podrá ser resistiva.

**Tabla 14. Clase de precisión transformadores de corriente para protección.**

Clase de precisión	Error de intensidad para la intensidad primaria asignada en (%)	Desfase para la intensidad primaria asignada		Error compuesto para la intensidad primaria límite de precisión en %
		Minutos	Centirradianes	
5P	± 1	± 60	± 1.8	5
10P	± 3	N.A.	N.A.	10

✓ **Carga nominal o Burden de los CT's de protección.**

Para los núcleos de medición el Burden es la capacidad del CT's para alimentar una carga secundaria, sin que entre en saturación.

Los valores normalizados del Burden para CT's de protección están relacionados en la tabla (13) anteriormente mencionada.

### 8.5.6 Características técnicas.

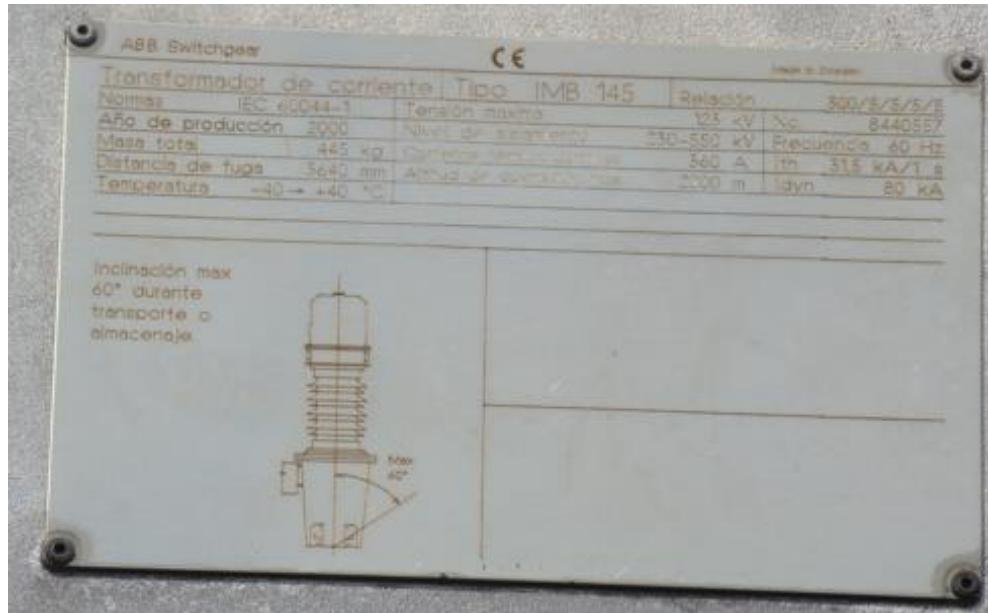


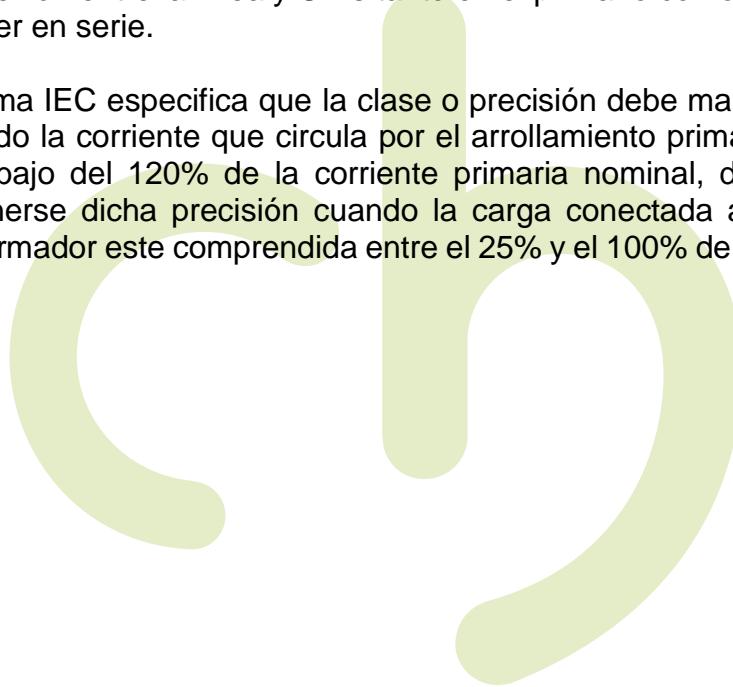
Figura 59. Placa característica, Transformadores de corriente CT's. Subestación Dorada, 08/05/2014.

- ✓ Corriente primaria asignada.
- ✓ Corriente secundaria asignada.
- ✓ Corrientes de cortocircuito asignadas.
- ✓ Corriente de corto circuito térmica asignada.
- ✓ Potencia de precisión.
- ✓ Límites de calentamiento.
- ✓ Tensión máxima del equipo y niveles de aislamiento.
- ✓ Frecuencia asignada.
- ✓ Clase de precisión.
- ✓ Número de devanados secundarios.
- ✓ Tipo de instalación (Interior exterior)

### 8.5.7 Condiciones de operación.

- ✓ Según la corriente nominal de la red se debe garantizar la clase y el burden para el cual está especificado el equipo de medida, esto en aras de que el error de lectura o precisión este dentro del rango especificado por el fabricante.

- ✓ Según la corriente nominal de la red y la clase del CT's se deberá hacer el ajuste de conexión en el primario. (Serie o paralelo). Para garantizar la tolerancia del error en la medida.
- ✓ Por ningún motivo el secundario debe quedar con los terminales abiertos o sin carga conectada, ya que en este caso toda la corriente primaria servirá para magnetizar núcleo, provocando que el voltaje secundario crezca hasta un valor que normalmente es lo suficientemente grande para provocar la ruptura del aislamiento entre espiras y algunas veces, la explosión del CT's.
- ✓ La conexión entre la línea y CT's tanto en el primario como en el secundario debe ser en serie.
- ✓ La norma IEC especifica que la clase o precisión debe mantenerse siempre y cuando la corriente que circula por el arrollamiento primario se encuentre por debajo del 120% de la corriente primaria nominal, debiendo también mantenerse dicha precisión cuando la carga conectada al secundario del transformador este comprendida entre el 25% y el 100% de la carga nominal.



## 8.6 Descargadores de sobretensión “DPS”



*Figura 60. Descargadores de sobretensión. Subestación Regivit, REG40L19, 22/04/2014.*

Los Dispositivos de Protección contra Sobretensiones (DPS) protegen los sistemas de potencia y sus componentes contra sobretensiones producidas por descargas atmosféricas o por maniobra en el sistema durante falla, además, controlan o limitan las sobretensiones que pudieran ser dañinas para los equipos de potencia, tales como, transformadores de potencia, de medición y protección, seccionadores, interruptores, entre otros.

Está internamente conformado por una serie de materiales resistivos, con una característica de tensión-corriente extremadamente alineal.

Estos materiales resistivos se comportan prácticamente como aisladores con corrientes que lo atraviesan muy pequeñas en condiciones normales de operación. Ante corrientes de impulso del orden de los [kA], estos materiales invierten su condición de aisladores permitiendo la descarga.

### 8.6.1 Principio de funcionamiento.

Los resistores de óxido metálico presentan una característica alineal muy pronunciada, es decir, poseen una característica tensión – corriente marcadamente curvada (plegada) de modo que, debajo de cierto valor de tensión solamente circula una corriente permanente o de fuga de unos pocos [mA].

En el caso de sobretensiones atmosféricas o de maniobra, los resistores se vuelven conductores (zona óhmica), de manera que la corriente de descarga pueda derivarse a tierra, reduciendo así la sobretensión al valor de la caída de tensión en el descargador (“tensión residual”). Aquí las corrientes de descarga pueden alcanzar valores de hasta 2 [kA] en el caso de sobretensiones maniobra, y de 1 -10 -20 [kA] en el caso de sobretensiones atmosféricas.



**Figura 61.** Curva de actuación de un descargador de sobretensión de óxido metálico.

### 8.6.2 Sobretensiones.

Las sobretensiones son el aumento de tensión que se da por encima de los valores máximos establecidos entre dos puntos de un circuito eléctrico, a continuación se presentan los diferentes tipos de sobretensiones que se pueden dar.

#### 8.6.2.1 Sobretensión atmosférica:

Causada por el impacto directo e indirecto de un rayo en un conductor de la línea aérea, un hilo de guarda o una torre, o inducida por corriente de origen atmosférico en líneas o estructuras metálicas vecinas. Son de corta duración [ $\mu$ s] y elevada tensión (varios millones de voltios, 3 a 5 p.u.)

#### 8.6.2.2 Sobretensión de maniobra:

Causada por fenómenos transitorios como resultado de maniobras o fallas en el sistema (fallas a tierra, maniobras en circuitos inductivos o capacitivos, rechazo de carga, etc.) Siendo de duración mayor [ms] y menor tensión (2 a 3 veces p.u.).

#### 8.6.2.3 Sobretensión temporal (TOV):

Según el tipo de puesta a tierra, puede tener una duración de hasta unos pocos segundos, como resultado de una maniobra o de una falla en el sistema y tensión muy pequeña (1,5 veces p.u.)

#### 8.6.3 Clasificación.

La norma IEEE Std C62.11 de 1993 clasifica los DPS según las corrientes de descarga al impulso tipo rayo establecidas en la tabla (15).

*Tabla 15. Clasificación de los DPS según norma IEEE Std C62.11.*

Clasificación DPS	Valor pico del impulso [A]
Subestación (800kV).	20000
Subestación (500kV).	15000
Subestación (< 550kV).	20000
Subestación intermedia.	5000
Subestación de distribución.	
Trabajo pesado	10000
Trabajo normal	5000
Secundario	1500

#### 8.6.4 Tipos de descargadores de sobretensión.

En las subestaciones CHEC S.A. E.S.P. se cuenta actualmente con descargadores de sobretensión “DPS” construidos internamente en óxido metálico y carburo de silicio, encerrados en capsulas de porcelana o silicona y se clasifican según las siguientes características.

#### 8.6.4.1 Segundo su principio activo:

Se clasifican de la siguiente manera: Resistores de óxido metálico y de carburo de silicio.

##### 8.6.4.1.1 Resistor de óxido de zinc (ZnO):

Son descargadores de sobretensión hechos de un material formado principalmente por óxido de zinc ( $ZnO$ ) en un 90% y por otros diez aditivos diferentes en forma de óxidos lantánidos ( $Bi$ ,  $Sb$ ,  $Co$ ,  $Mn$ ) en el restante 10%. Su característica tensión – corriente es extremadamente alineal, y su característica principal es que no requieren explosores.



*Figura 62. Descargadores de sobretensión de óxido de Zinc Subestación Viterbo, 30/08/2015.*

- ✓ **Tensión asignada  $U_r$ :** Es el valor eficaz máximo permisible de la tensión a frecuencia industrial entre los terminales del DPS para el cual debe operar de manera correcta bajo condiciones de sobretensiones temporales; los valores asignados se referencian en la tabla (16).

*Tabla 16. Tensiones asignadas a DPS.*

Rango de tensión asignada en [Kv].	Incremento de la tensión asignada en [Kv].
3 -30	1

30 - 54	3
54 - 96	6
96 - 288	12
288 - 324	18
324 - 756	24

#### 8.6.4.1.2 Resistor de carburo de silicio (SIC):

Descargador de sobretensión llamado tipo válvula o resistor no lineal, compuesto de uno o más descargadores que se conectan en serie con uno o varios resistores no lineales. Su característica tensión – corriente no es tan pronunciada como la de los DPS de OM.

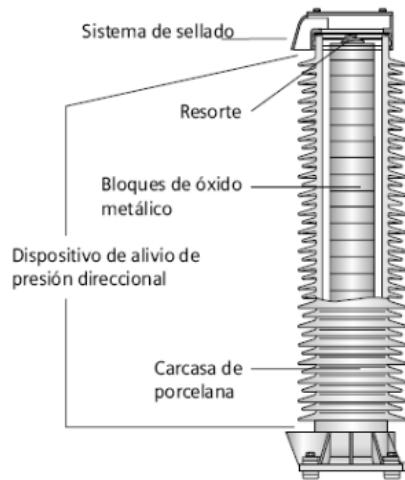


*Figura 63. Descargadores de sobretensión de carburo de silicio. Subestación Viterbo, 12/03/2014.*

#### 8.6.4.2 Según su construcción:

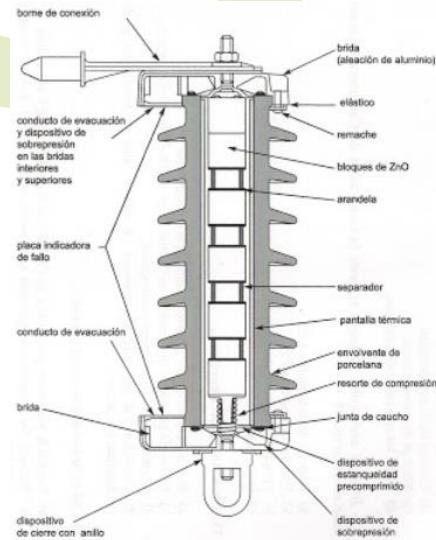
Descargadores de sobretensión de silicona y de porcelana.

##### 8.6.4.2.1 DPS de óxido metálico recubierto en silicona



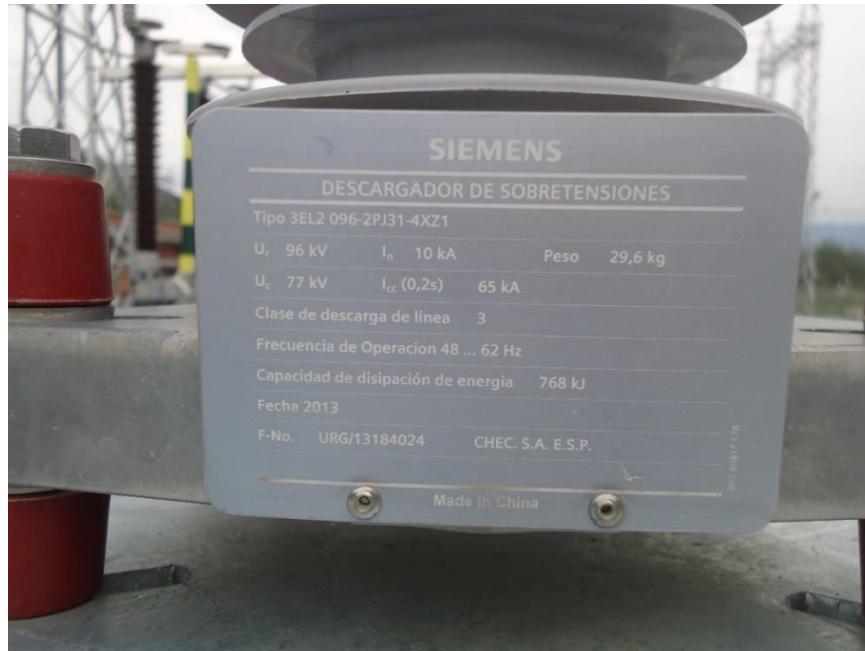
**Figura 64.** Esquema típico interno de descargadores de óxido metálico con recubrimiento en porcelana.

#### 8.6.4.2.2 DPS de carburo de silicio recubierto en porcelana.



**Figura 65.** Esquema típico de descargadores de sobretensión de carburo de silicio.  
Con recubrimiento en porcelana.

### 8.6.5 Características técnicas.



**Figura 66.** Placa característica, descargadores de sobretensión. Subestación Purnio. 05/02/2015.

- ✓ Corriente nominal.
- ✓ Corriente de corto circuito.
- ✓ Capacidad de disipación de energía.
- ✓ Frecuencia asignada.
- ✓ Tensión de operación continua [Uc].
- ✓ Tensión eficaz máxima permisible [Ur]
- ✓ Clase de descarga de línea.

### 8.6.6 Contador de descargas.

Es un elemento que se instala en el camino entre el DPS y tierra, aislado para una tensión de unos 3 [kV]

Este, cuenta las veces que el DPS ha actuado en la medida que el equipo ha presentado descargas. Es conveniente entonces revisar las condiciones de los DPS, ya que cuando éste opera, el material de las columnas de Óxido metálico (OM) se van “agrietando” o degradando dependiendo de la magnitud de las descargas recibidas y si éstas han sido consecutivas.

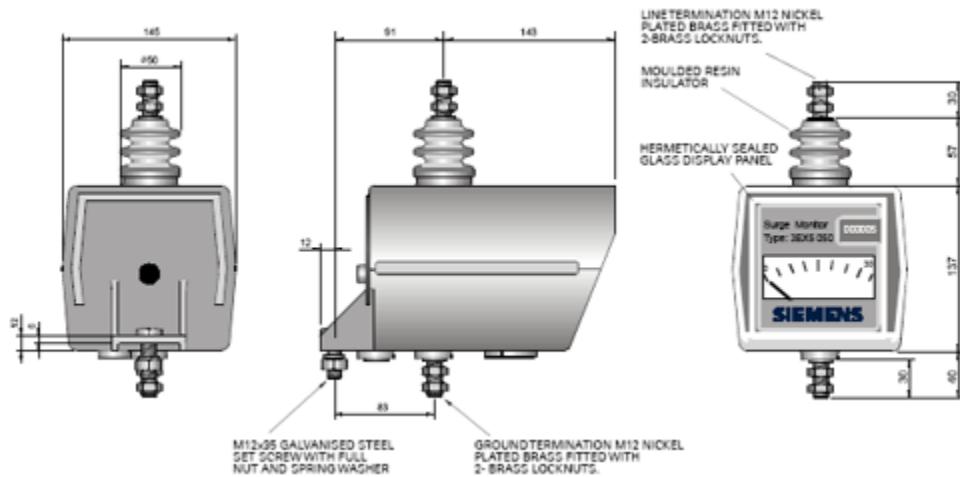


Figura 67. Contador de descargas análogo.

En el caso de montar este tipo de dispositivos, el DPS debe estar montado sobre bases aislantes, la cuales desvían la corriente hacia el contador y permiten que este elemento cuente cuando se presenta la descarga.

#### 8.6.7 Condiciones de operación.

- ✓ Es recomendable instalar el contador de descargas a no más de 2 metros del DPS, por efectos de inductancia del cable que los conecta. Garantizando el menor trayecto posible de la bajante de puesta a tierra del DPS.
- ✓ Se debe garantizar la continuidad del contador de operaciones a tierra.
- ✓ Garantizar que el DPS quede efectivamente puesto a tierra y que la corriente de fuga este dentro de lo recomendable por el fabricante.
- ✓ Se debe garantizar la distancia de protección del DPS para el equipo más inmediato sobre la línea de este.

## 9 MANTENIMIENTO

Debido a la gran importancia que tienen las subestaciones CHEC S.A E.S.P en el sistema interconectado nacional, sistema de transmisión regional, y sistemas de distribución local, se hace necesario establecer anualmente un plan táctico de mantenimiento que permita la intervención periódica de los diferentes activos que componen las subestaciones por parte de los grupos de mantenimiento y el grupo de trabajo con tensión, con el fin de realizar labores de tipo predictivo - preventivo

que ayuden a mantener la estabilidad del sistema, prolongar la vida útil y aumentar la disponibilidad de los equipos intervenidos, sin dejar a un lado las acciones correctivas que pueden surgir sobre la marcha en las diferentes subestaciones.

Determinar este tipo de labores de mantenimiento es fundamental, y es a algunas de estas, principalmente hacia las cuales está dirigido el presente manual, se pueden realizar con el grupo de trabajo con tensión, lo cual garantiza atención oportuna a un equipo, circuito o subestación sin necesidad de des energizarlo, lo cual beneficia al usuario final ya que el suministro de energía no se verá interrumpido en ningún momento. La determinación de estas labores también es importante para aquellas actividades donde es imperativo dejar fuera de operación algún elemento que comprometa el servicio al cliente final, ya que el efecto que se produce al suspender el suministro de energía de manera programada no es tan perjudicial como el que se causa en el momento que se presenta una falla. Si bien es cierto que los fallos se dan de manera inesperada y muchas veces por agentes externos que no se pueden controlar, como lo son las descargas atmosféricas, acciones indebidas de animales, entre otros; la experiencia del personal, el análisis de los resultados de las diferentes pruebas y la buena planeación pueden ser de gran ayuda para predecirlas, evitando así, daños mayores que provoquen demandas no atendidas que finalmente se refleja en la insatisfacción del cliente.

Es bueno entonces, recordar que el mantenimiento son todas aquellas acciones predictivas, preventivas o correctivas que se realizan a equipos, herramientas, instalaciones, entre otras, con el fin de garantizar que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados, prolongar su ciclo de vida y dar confiabilidad al sistema.

## 9.1 Tipos de mantenimiento

Son los diferentes tipos de mantenimiento que se contemplan desde la subgerencia de subestaciones y líneas en el área de mantenimiento de subestaciones de CHEC S.A. E.S.P.

### 9.1.1 Mantenimiento preventivo

Mantenimiento programado que se efectúa a un equipo, servicio o instalación con el propósito de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, prolongar la vida útil y evitar accidentes.

El mantenimiento preventivo tiene la finalidad de evitar que el equipo falle durante el periodo de su vida útil y la técnica de su aplicación se apoya en experiencias de operación que determinan que el equipo, después de pasar el periodo de puesta en servicio, reduzca sus propiedades de fallas.

Este tipo de mantenimiento será el foco central de aplicación para el grupo de trabajos con tensión de la subgerencia de subestaciones y líneas, y en el cual se centrará el desarrollo del presente manual de mantenimiento de TCT.

### **9.1.2 Mantenimiento predictivo**

Son pruebas que se realizan a los equipos con el propósito de conocer su estado actual y predecir posibles fallas que se podrían ocasionar. El resultado de este mantenimiento permite tomar acciones correctivas y/o preventivas para optimizar su funcionamiento.

El mantenimiento predictivo tiene la finalidad de anticiparse a que el equipo falle; la técnica de su aplicación se apoya en la experiencia adquirida con resultados estadísticos, que determinan que el equipo está más propenso a fallar cuando se encuentran en el periodo inicial de operación, a partir de su puesta en servicio y cuando se acerca al final de su vida útil.

### **9.1.3 Mantenimiento correctivo.**

Es la reparación que se realiza al bien, servicio o instalación una vez que se ha producido el fallo con el objetivo de restablecer el funcionamiento y eliminar la causa que ha producido la falla.

El mantenimiento correctivo tiene la finalidad de reemplazar los elementos o equipos averiados y que no pueden funcionar operativamente en la subestación, el reemplazo también se da cuando los equipos han cumplido las horas de trabajo para las que fue fabricado.

## **9.2 Actividades de operación y mantenimiento para trabajos con tensión.**

La resolución 1348 de 2009 establece en el artículo 2 del capítulo 1 que toda actividad asociada a la operación y mantenimiento donde se involucren equipos e instalaciones eléctricas debe ser planeada, programada, ejecutada y supervisada por personal calificado y habilitado por las instancias técnicas y administrativas de la empresa, más aún, cuando se trata de trabajo con tensión, donde por la complejidad de las tareas y el riego eléctrico inminente al cual se ven expuestos los linieros de trabajos con tensión en cada una de sus labores, no se debe dejar nada a la improvisación ya que la ejecución de estos trabajos debe llevar un paso a paso de cada una de las actividades a realizar, minimizando con esto los riesgos de trabajos en línea viva.

En el artículo 10 de la resolución en mención se establecen los siguientes ítems que se deben llevar a cabo para realizar cualquier actividad de mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo.

### **9.2.1 Procedimientos**

Toda actividad de mantenimiento preventivo y correctivo y ejecución de toda maniobra de operación, debe tener un procedimiento. Deben considerarse los factores de riesgo y su control en las condiciones normales y las condiciones de emergencia posibles que puedan presentarse. Estos procedimientos podrán verificarse mediante listas de chequeo a modo de guía para el personal que interviene las instalaciones y los equipos.

### **9.2.2 Diagnóstico**

Con el objetivo de efectuar una correcta planeación y programación del trabajo, se debe efectuar un diagnóstico previo de la condición operativa y de seguridad del equipo o instalación a intervenir, el acceso y condiciones del sitio de trabajo, las estrategias de atención en primeros auxilios y de mayor nivel para el personal en caso de emergencia.

### **9.2.3 Planeación**

1. Toda actividad de operación y mantenimiento debe ser documentada en un plan de trabajo definido por la empresa, el cual debe presentarse para aprobación de las instancias y personas designadas por la empresa, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
2. Identificar y analizar los planos eléctricos actualizados del sistema a intervenir (diagrama unifilar).
3. Determinar método de trabajo.
4. Determinar el tiempo de ejecución de la tarea y el tiempo necesario para la ejecución de los procedimientos operativos y de gestión de seguridad.
5. En todo caso, se debe hacer la solicitud de consignación requerida, atendiendo a la normatividad que aplique.

### **9.2.4 Programación:**

1. Designar un jefe de trabajo quien será el responsable de recibir, el equipo o instalación a intervenir en las condiciones operativas definidas y aprobadas,

coordinar las actividades de ejecución y entregar a quien corresponda, el equipo o instalación intervenida con las nuevas condiciones operativas.

2. En el documento aprobado se establecerá con claridad el nombre del jefe de trabajos principal y su sustituto, el tipo de instalación o el equipo a intervenir, con su identificación característica (nombre, nivel de tensión, capacidad, entre otros), parte a intervenir, fechas y horario de inicio y fin, tiempo programado de ejecución, actividades paso a paso y medidas de seguridad.
3. Todas las personas convocadas para ejecutar las actividades planeadas deben tener las competencias y la habilitación requerida según la responsabilidad asignada.
4. La empresa debe establecer procedimientos de emergencia para los casos en que lo arriba indicado no pueda cumplirse.

#### **9.2.5 Ejecución**

1. Para la ejecución, se debe tener en cuenta lo siguiente:
2. Dependiendo de la complejidad, el jefe de trabajo designado debe informar previamente a los trabajadores involucrados en las actividades programadas, el plan de trabajo, la responsabilidad asignada, los riesgos asociados y el plan de emergencias, con el objetivo que puedan documentarse y prepararse para la ejecución.
3. Siempre, en el sitio de trabajo y antes de iniciar las actividades, el jefe de trabajo hará una reunión con el personal para explicar claramente el alcance del trabajo utilizando planos y diagramas unificares. El jefe de trabajo debe informar el método de trabajo, los riesgos asociados y medidas de seguridad, verificar el uso de los elementos de protección personal y colectiva, designar y confirmar la responsabilidad asignada a cada uno de los ejecutores, confirmar que las instrucciones hayan sido comprendidas y llenar los formatos y listas de chequeo.
4. Como parte de las medidas de seguridad, el jefe de trabajo o quien este designe, debe hacer una revisión minuciosa de las condiciones de la instalación (estructuras, circuitos, cajas de conexiones, cubiertas, equipos, ambiente de trabajo, etc.), para detectar los riesgos posibles y determinar las medidas que deben adoptarse para evitar los accidentes.
5. Demarcar y señalizar la zona de trabajo cuando se inicie cualquier trabajo que pueda poner en peligro la seguridad de los trabajadores y los

particulares, de acuerdo a la normatividad nacional o internacional vigente acogida por la empresa.

6. Siempre que se trabaje en áreas con secciones múltiples muy semejantes como el caso de una sección de subestación, se debe marcar la sección de trabajo en forma muy notoria, acordonándola o usando barreras con avisos preventivos, a fin de que sean identificadas claramente cuáles son las partes desenergizadas y cuáles las energizadas, evitándose con esto contactos accidentales con dichas partes energizadas, tanto de la sección de trabajo como de las adyacentes.
7. Realizar limpieza y reportar terminación de los trabajos y condiciones de los equipos e instalaciones intervenidas.
8. De las actividades de mantenimiento, se debe elaborar un informe, resaltando los cambios o pendientes para los futuros trabajos.
9. Debe llevarse un registro de todas las averías que alteren las condiciones de los equipos o instalaciones. Debe hacerse trazabilidad de las averías registradas hasta dar la solución óptima.

#### 9.2.6 Supervisión y control

1. En la supervisión de los trabajos, debe considerarse en forma prioritaria la detección y el control de los riesgos, vigilando el cumplimiento estricto de las normas y procedimientos de seguridad aplicables, incluyendo:
2. Cumplir y hacer cumplir las normas y procedimientos de seguridad.
3. Exigir a los trabajadores la inspección de las herramientas, equipos, instrumentos, elementos de protección personal y colectivos, antes y después de su uso.
4. Verificar que los trabajadores ejecuten su trabajo conforme a los procedimientos y guías establecidos, evitando el uso de herramientas, equipos, instrumentos, elementos de protección personal y colectivos defectuosos.
5. Verificar la delimitación y señalización del lugar de trabajo.
6. En el evento de detectarse algún impedimento en un trabajador para la ejecución de un trabajo, debe retirársele del área.

7. Exigir respeto entre los trabajadores en el área de trabajo para prevenir accidentes.
8. Suspender las labores cuando se presente peligro inminente que amenace la salud o la integridad de los trabajadores de la comunidad, de la propiedad o del medio ambiente. (Como por ejemplo en caso de lluvias, tormentas eléctricas, problemas de orden público o distancias de seguridad inadecuadas).

**Parágrafo.** Los trabajadores en proceso de capacitación o entrenamiento, o practicantes, desarrollarán trabajos con la dirección de una persona experimentada quien permanecerá en el lugar de trabajo.

### **9.3 Alcance de las actividades de mantenimiento en subestaciones y líneas.**

El alcance de las actividades a desarrollar con el grupo de trabajos con tensión varía según el tipo de mantenimiento a practicar y el equipo que se vaya intervenir. Para esto, se asocian a continuación las diferentes tareas que se pueden realizar en campo bajo alguno de los métodos de trabajo con tensión a los equipos de potencia que conforman las subestaciones y líneas.

Es importante aclarar que desde el área de mantenimiento se ha establecido para trabajos con tensión realizar actividades asociadas a los tipos de mantenimiento predictivo y preventivo. El mantenimiento correctivo se exime ya que de realizarse sería en caso de falla, y de ser así podrá ser atendido por personal de mantenimiento avalado para ejecutar actividades en frío.

#### **9.3.1 Actividades de mantenimiento predictivo sobre equipos de subestación y líneas, para trabajos con tensión.**

La única actividad de mantenimiento predictivo que se tiene establecida realizar con el grupo de TCT es la termografía, la cual permite determinar el estado de temperatura de los diferentes materiales conductores que conforman las subestaciones y líneas, identificando así, puntos calientes, conexión débiles, y materiales defectuosos que pueden provocar la salida de la línea o inclusive toda la subestación.

#### **9.3.2 Actividades de mantenimiento preventivo sobre equipos de subestaciones y líneas, para trabajo con tensión**

La mayoría de actividades a realizar por el grupo de trabajo con tensión, se relacionan con el mantenimiento de tipo preventivo, lo cual es muy bueno, ya que

permite prevenir posibles fallas sin necesidad de indisponer el servicio ni comprometer la integridad de las personas o de los equipos.

A continuación se describen las actividades planteadas a realizar sobre cada uno de los equipos de las subestaciones y líneas por el grupo de trabajo con tensión.

#### **9.3.2.1 Mantenimiento preventivo en Transformadores de potencia.**

- ✓ Corrección de puntos calientes (Conexiones flojas).
- ✓ Cambio de transformadores de distribución.

#### **9.3.2.2 Actividades del mantenimiento preventivo en Interruptores de potencia.**

- ✓ Cambio de conectores.
- ✓ Corrección puntos calientes.
- ✓ Lubricación, limpieza y torque.

#### **9.3.2.3 Actividades del mantenimiento preventivo en Seccionadores.**

- ✓ Corrección de puntos calientes.
- ✓ Cambio de cuchillas monopolares.
- ✓ Lubricación, limpieza y torque
- ✓ Cambio de conectores

#### **9.3.2.4 Actividades del mantenimiento preventivo en Transformadores de tensión PT's.**

- ✓ Corrección puntos calientes.
- ✓ Cambio de transformadores de tensión.
- ✓ Lubricación, limpieza y torque
- ✓ Cambio de conectores

#### **9.3.2.5 Actividades del mantenimiento preventivo de Transformadores de corriente CT's.**

- ✓ Corrección de puntos calientes.
- ✓ Cambio de transformadores de corriente.
- ✓ Lubricación, limpieza y torque.
- ✓ Cambio de conectores.

#### **9.3.2.6 Actividades del mantenimiento preventivo de Descargadores de sobretensión DPS.**

- ✓ Corrección puntos calientes.
- ✓ Cambio de DPS.
- ✓ Cambio de conectores

#### 9.3.2.7 Actividades del mantenimiento preventivo en Líneas de distribución, subtransmisión y transmisión.

- ✓ Corrección de puntos calientes.
- ✓ Cambio de aisladores tipo pin, retención, suspensión.
- ✓ Cambio de crucetas.
- ✓ Cambio de postería.
- ✓ Empalme de líneas.
- ✓ Cambio cadena de aisladores

## 10 TRABAJOS CON TENSIÓN O LÍNEA ENERGIZADA.



*Figura 68. símbolo indicativo de herramientas aptas para trabajos con tensión, norma IEC 60417-5216.*

Los trabajos con tensión, también llamados trabajos con línea energizada, línea viva o trabajos en caliente, son todos aquellos en los cuales un liniero entra en contacto directo voluntariamente con elementos energizados de más de 1kV, o cuando directa o indirectamente accede a un zona de peligro “zona en la cual las distancias de seguridad con respecto a partes energizadas son inferiores a las recomendadas” ya sea con parte de su cuerpo o alguno de los equipos o herramientas con las que ejecuta la labor.

Es importante resaltar que las labores de trabajo con tensión solo pueden ser realizadas por personal calificado, con entrenamiento específico en los métodos de trabajo, y previamente avalado por la empresa para realizar tal función, de igual manera es de vital importancia que el personal cuente con los elementos de protección personal y colectiva adecuados para la labor, y siga los procedimiento y protocolos de seguridad estipulados por la empresa, todo esto, con el fin de reducir al máximo el riesgo al cual se ve expuesto el o los linieros de trabajos en tensión.

Debido a la complejidad de las labores a realizar y la importancia que tiene realizar este tipo de trabajos en las subestaciones y líneas de CHEC S.A E.S.P, es necesario contar con un plan de mantenimiento que garantice al grupo una adecuada planeación de las actividades, ya que en este tipo de trabajo no se permite ni un margen de error y mucho menos de improvisación. Por otra parte se debe contar con manuales y procedimientos para trabajos con tensión, que avalen y sirvan como referente técnico a los linieros de esta especialidad en caso de tener alguna duda procedural o conceptual.

### **10.1 Métodos de trabajo con tensión.**

Son los métodos de trabajo con tensión más comunes que han sido estudiados, aprobados y avalados tanto nacional como internacionalmente para cumplir el desarrollo normal de las labores en línea viva. En la actualidad se tienen establecidos tres métodos de trabajo, los cuales varían según la situación del operario respecto a las partes bajo tensión, y los medios que emplee para prevenir los riesgos de electrocución y de cortocircuito. Para Colombia se define en el artículo 19 del RETIE, los métodos de trabajo a distancia, a contacto y a potencial como los únicos aprobados para realizar este tipo de labores.

Es importante aclarar que la ejecución en campo de cualquiera de las técnicas que se describirán a continuación, deberá ser, por personal altamente calificado, capacitado y evaluado, y deberá contar con las herramientas y elementos de protección personal apropiados, para asegurar la protección del trabajador frente a riesgos eléctricos, en particular, deben garantizar la protección del personal ante contactos involuntarios o accidentales con elementos que se encuentren a diferente potencial al que él se encuentra.

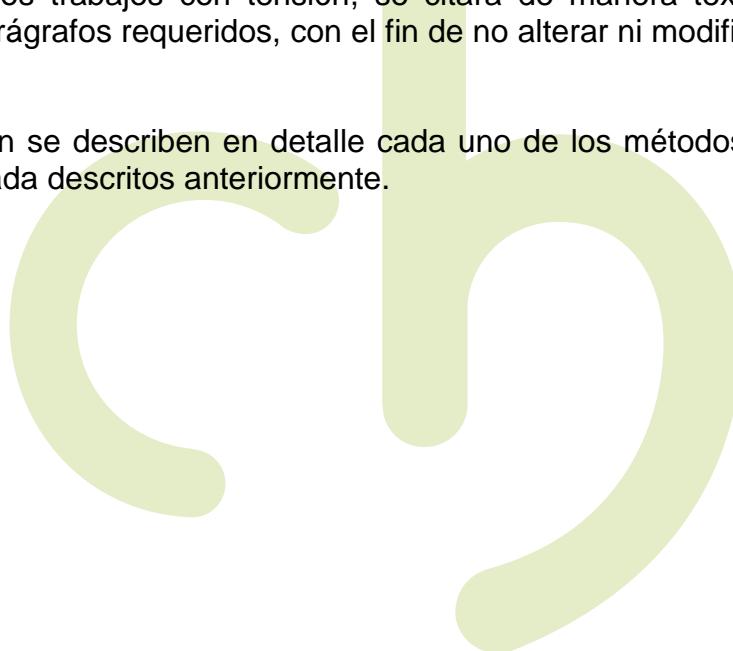
También, se debe garantizar que el equipo o circuito esté libre de fallas (Con re-cierres deshabilitados), que las herramientas y los elementos de protección personal y colectiva, hayan cumplido y aprobado la inspección previa, es decir que estén en óptimas condiciones para prestar el servicio, y las condiciones atmosféricas y climatológicas deben ser las apropiadas.

En todos los casos sin importar cuál sea el método elegido para desempeñar actividades con tensión será necesario cumplir los requerimientos establecidos por la normatividad del sector eléctrico, los cuales se describirán a lo largo de este capítulo.

Con esto se busca dar claridad del nivel de tensión al cual es aplicable cada uno ellos, en las herramientas y elementos de protección que se deben utilizar, las distancias de seguridad que se deben de respetar o de los parámetros que se deben cumplir para llevar a cabo cada actividad.

En aquellos puntos donde se hace necesario recurrir a las diferentes normas aplicables a los trabajos con tensión, se citara de manera textual cada de los artículos o párrafos requeridos, con el fin de no alterar ni modificar el alcance de los mismos.

A continuación se describen en detalle cada uno de los métodos de trabajo para línea energizada descritos anteriormente.



### 10.1.1 Método de trabajo a distancia.



**Figura 69.** Trabajos con tensión, método a distancia - contacto, grupo TCT SYL, CHEC  
S.A E.S.P 23/05/2017.

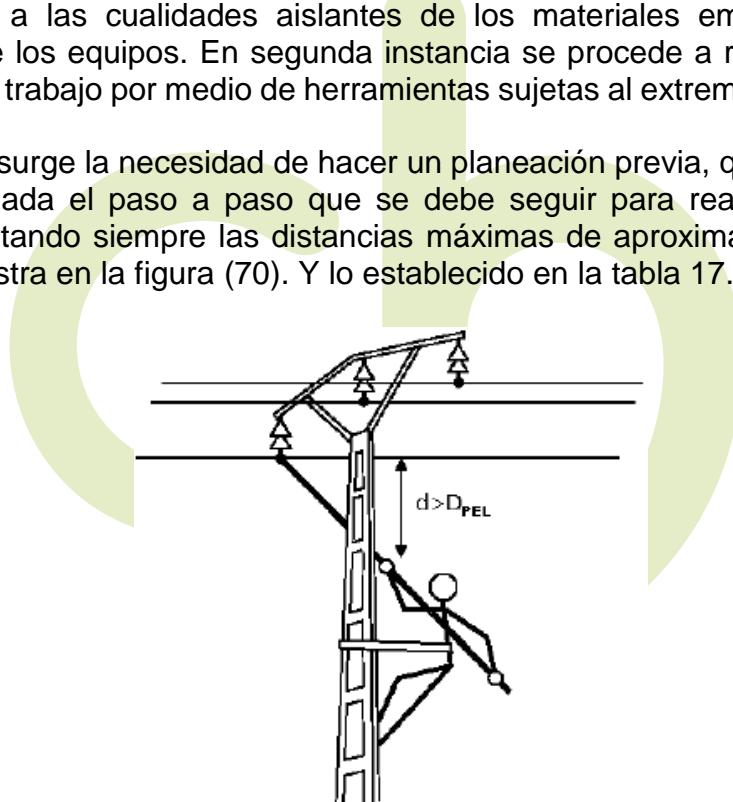
Es un método en el cual el liniero siempre está a potencial de tierra, ya sea apoyado directamente en el suelo o sobre las diferentes estructuras, bien sean las de las líneas (torres, torrecillas, postes, crucetas), o sobre las mismas estructuras donde se encuentra el equipo a intervenir.

Es conocido como trabajo a distancia ya que su ejecución se da por medio de herramientas o equipos que se acoplan a pétigas aisladas que permiten acceder a la zona de trabajo desde distancias de seguridad óptimas para el personal. La ejecución de este tipo de trabajo requiere gran habilidad motriz y buena resistencia física, ya que el tiempo que puede tardar el izaje de elementos hasta la zona de trabajo, sumado con el peso y las distancias de trabajo son factores que se pueden tornar desgastantes para el personal.

A pesar de ser uno de los tres métodos establecidos para trabajos con tensión, es importante resaltar que es una actividad que sirve como complemento de los otros métodos de trabajo, gracias a que, por medio de esta, se puede acceder fácilmente desde piso o estructuras, a la zona de trabajo, lo que facilita el ensamblaje de andamios aislados, el acceso a herramientas o elementos de protección tanto individual como colectiva, entre otros, como se observa en la figura xxx.

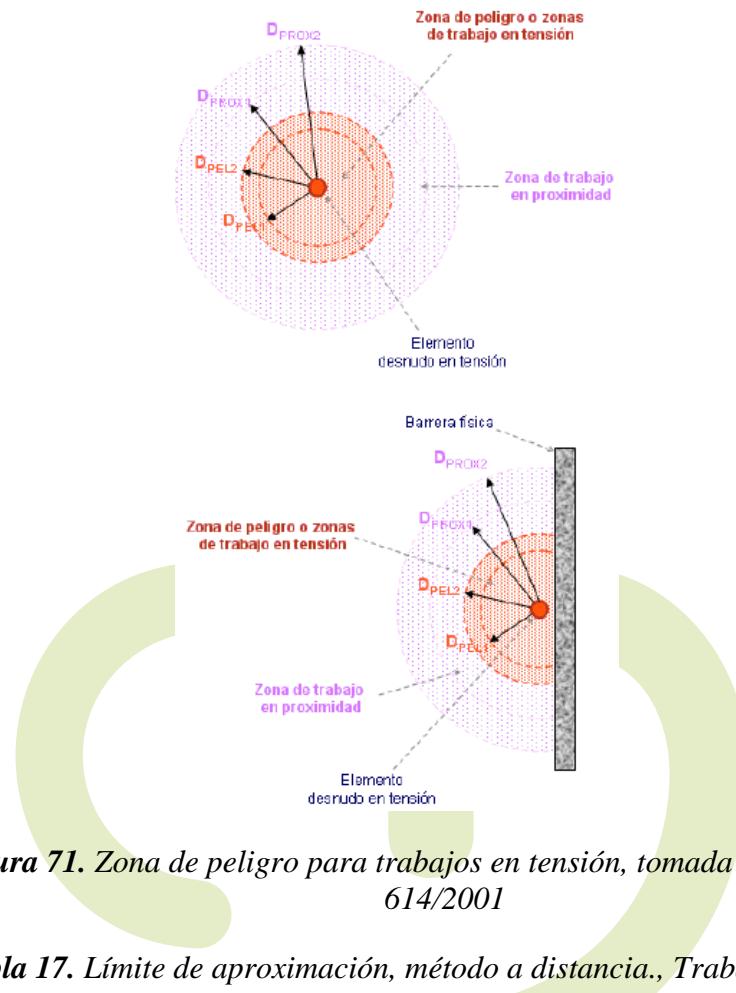
El método consiste en cubrir inicialmente la zona de trabajo con la ayuda de pértigas a las cuales se sujetan elementos tales como, mantas, cubridores de pin, de poste, separadores de fase, entre otros, ya que por medio de la utilización de estos elementos se reducen las distancias a las cuales el personal se puede aproximar, esto, gracias a las cualidades aislantes de los materiales empleados para la fabricación de los equipos. En segunda instancia se procede a realizar la función específica del trabajo por medio de herramientas sujetas al extremo de las pértigas.

Es allí donde surge la necesidad de hacer un planeamiento previo, que establezca de manera detallada el paso a paso que se debe seguir para realizar la orden de trabajo, respetando siempre las distancias máximas de aproximación (**Dpel**) tal y como se muestra en la figura (70). Y lo establecido en la tabla 17.



*Figura 70. Distancias de seguridad Dpel tomada del real decreto 614/2001.*

La distancia **Dpel** es establecida con respecto a conductores desnudos, que se encuentren energizados en la zona de trabajo, es decir, elementos que no se cubren de ninguna forma durante la ejecución de los trabajos.



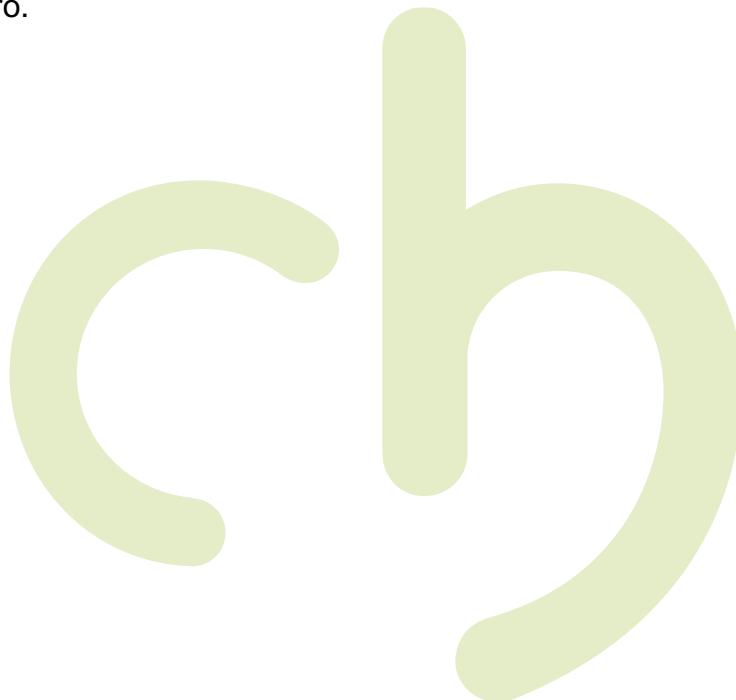
**Figura 71.** Zona de peligro para trabajos en tensión, tomada del real decreto 614/2001

**Tabla 17.** Límite de aproximación, método a distancia., Trabajo con tensión.

DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO EN cm.				
Vn (kV)	Dpel-1	Dpel-2	Dprox-1	Dprox-2
<1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

La denominada zona de peligro, es aquella zona perimetral que involucra todos los elementos energizados que se encuentran desprotegidos, dentro de la zona de trabajo, es decir, sin algún liniero no cuenta con los elementos de protección adecuados, e ingresa en esta zona, está expuesto a riesgos graves de accidentes, arcos eléctricos, o contactos indeseados.

Lo que se denomina como Dpel 1 es la distancia de peligro la cual se encuentra entre el elemento energizado y la aproximación máxima que puede tener el liniero a este, y el Dpel2 es el límite exterior de la zona de peligro. También se consideran las zonas de aproximación, la cuales corresponden a la distancia previa a la de la zona de peligro.



### 10.1.2 Método de trabajo a contacto.



**Figura 72.** Trabajo con tensión, método a contacto, grupo de TCT SYL, CHEC S.A E.S.P.

Es un método en el cual el trabajador realiza contacto directo con el elemento en tensión por medio de equipos con materiales aislantes; el ejecutor debe permanecer aislado de todos los componentes que se encuentran a potencial de tierra, o a un potencial diferente del que se encuentra la fase o equipo a intervenir. Para ello, es necesario contar con los equipos, herramientas y elementos de protección personal y colectiva, apropiados para realizar para trabajos con tensión mediante esta técnica.

Es un método de trabajo muy práctico para el desarrollo de trabajos en línea energizada en niveles de baja y media tensión; esto se debe, a que las propiedades aislantes de los materiales con los que son elaborados los diferentes elementos antes mencionados para la ejecución de esta técnica, garantizan una protección segura y efectiva desde 7.62kV hasta 46kV, la cual varía dependiendo de la clase y tipo de material del elemento.

Para realizar adecuadamente los trabajos, se deben seguir una serie de lineamientos que se describen a continuación:

#### **10.1.2.1 Lineamientos para trabajos con tensión técnica a contacto**

Es importante seguir los siguientes lineamientos para trabajos en tensión bajo la técnica de contacto, para asegurar que la actividad se lleve a cabo de la manera más segura posible garantizando que la integridad de las persona no se vea comprometida en ningún momento.

- ✓ El acceso a la zona de trabajo debe darse por medio de brazos hidráulicos, andamios, escaleras y plataformas aisladas, apropiados para el nivel de tensión a intervenir, las cuales deben haber sido probadas y avaladas previamente por personal calificado, para la realización de cada trabajo con el fin de garantizar que la corriente de fuga se encuentre entre los límites permitidos, evitando así, una falla a tierra por medio del elemento.
- ✓ Se debe cubrir toda la zona de trabajo de manera secuencial, con la ayuda de equipos de protección colectiva (Mantas, cubridores, cubiertas, entre otras), con nivel de aislamiento acorde al nivel de tensión a intervenir, buscando evitar con esto, todo posible contacto accidental que pueda ocasionar el trabajador entre fases o entre fase y tierra.
- ✓ El liniero debe contar siempre, durante el tiempo que tarda la ejecución de la actividad, con los elementos de protección personal adecuados para el trabajo y nivel de tensión a intervenir, estos elementos pueden variar según su clase y tipo, y hacen referencia a guantes dieléctricos con protector para esfuerzos mecánicos, mangas dieléctricas, calzado dieléctrico, balaclavas o caretas contra arco eléctrico, camisa y pantalón de algodón con propiedades retardantes al fuego, y el respectivo casco de seguridad para trabajos eléctricos. Por otra parte se debe aclarar que el técnico no debe contar con ningún elemento metálico (anillos, cadenas, relojes, llaveros, etc.), ni debe portar ningún motivo equipos electrónicos consigo.
- ✓ El izaje de herramientas, equipos y materiales hasta la zona de trabajo, se deberá hacer por medio de una manila aislada manipulada directamente por el ejecutor desde la zona de trabajo; o se puede suministrar herramienta desde piso, siempre y cuando se tenga una pértiga o material aislante de por medio, entre la zona de trabajo y el potencial de tierra, con el fin de no sobrepasar las distancias de seguridad permitida, y así no exponer a riesgos al personal.

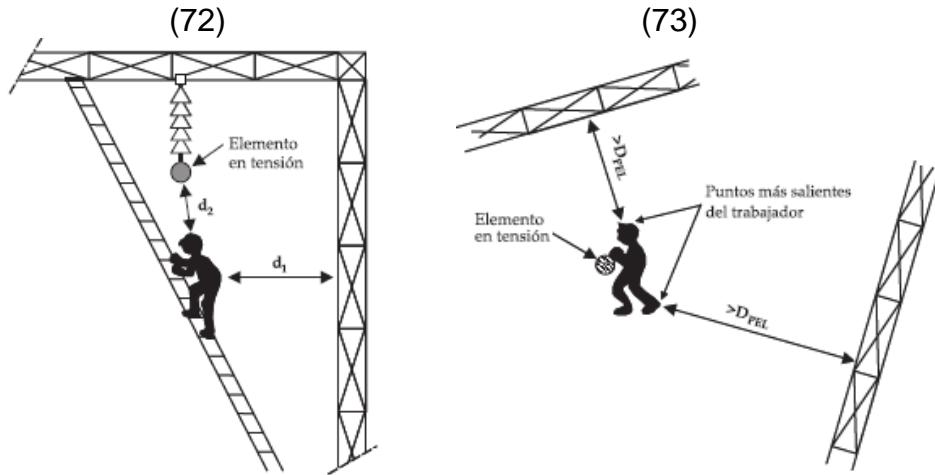
- ✓ Siempre se deben deshabilitar los recierres asociados a la línea, barra o equipo a intervenir, ya que así, se minimizan los riesgos para el liniero ante una falla en el sitio de trabajo.
- ✓ Se debe probar antes de cada labor, todos y cada uno de los equipos, herramientas y elementos de protección, que serán utilizados durante la ejecución de las actividades programadas, para definir si están o no, aptos para tal fin.
- ✓ Cualquier equipo que durante la inspección cuente con fisuras, perforaciones, imperfectos u algún otro agente que comprometa el nivel de aislamiento para el cual fue diseñado, debe ser suspendido inmediatamente y no pude volver a ser habilitado bajo ninguna circunstancia, a menos que una prueba de laboratorio lo avale.
- ✓ Al igual que en el método anterior se debe respetar las distancias de seguridad Dpel estipuladas en la tabla (17), con respecto a puntos de diferente potencial que no se encuentre protegidos dentro del área de trabajo.
- ✓ En el momento de realizar contacto directo con la zona energizada, se deberá hacer en el menor tiempo posible, con el fin de evitar arcos eléctricos entre el guante y/o herramientas y la parte energizada, ya que los arcos producen una gran cantidad de energía que puede llegar a ser nociva para la salud del trabajador si se expone a ellas durante tiempos prolongados.

#### 10.1.3 Método de trabajo a potencial.

Es un método en el cual el liniero se pone al mismo potencial de la fase o equipo a intervenir por medio de un acople físico que trae un traje conductor especial que debe ser usado para este fin, este traje, es conocido como jaula de Faraday, el cual está compuesto por una serie de hilos conductivos bien sean de oro, plata, acero inoxidable u otro material con propiedades conductivas, que ofrecen un camino de muy baja resistencia para la corriente y que a su vez ofrezcan gran resistencia mecánica, y la no propagación del fuego.

Esta técnica es comúnmente utilizada en niveles de media, alta y extra alta tensión, y debe ser realizada solo por personal altamente calificado y capacitado debido a la complejidad de las labores que implica este método. Es importante destacar, que al igual que en los dos métodos anteriores todos los materiales y equipos deben ser previamente inspeccionados y avalados para la labor; los elementos de izaje para acceder a la zona de trabajo deben tener un monitoreo constante de la corriente fuga, con el fin de garantizar que no se llegue a presentar una falla a tierra o una

pérdida de aislamiento con respecto a otras fases que afecte directamente al personal involucrado en la actividad.



**Figura 73.** Ascenso a zona de trabajo, trabajos con tensión, método a potencial, tomada del real decreto 614/2001.

**Figura 74.** Distancias entre puntos de diferente potencial para trabajos con tensión, método a potencial, tomada del real decreto 614/2001.

Durante el ascenso del liniero a la zona de trabajo se deben respetar las distancias de seguridad Dpel, es decir, se debe asegurar que  $d_1 + d_2$  sean mayores a Dpel, distancias de seguridad dispuestas en la tabla (17) del presente manual. También se debe asegurar que la distancia con respecto a tierra u otro punto de diferente potencial sea como mínimo la distancia de seguridad Dpel en el momento en el que el liniero se encuentre al mismo potencial del punto de trabajo.

#### **10.1.3.1 Lineamientos para trabajos con tensión técnica a potencial.**

Es importante seguir los siguientes lineamientos para trabajos en tensión bajo la técnica de potencial, para asegurar que la actividad se lleve a cabo de la manera más segura posible garantizando que la integridad de las personas no se vea comprometida en ningún momento.

- ✓ Verificar durante todo momento la corriente de fuga que circule por los equipos de izaje (Escaleras, andamios, plataformas, brazo grúa), la cual debe permanecer por debajo de un microamperio por cada kilovoltio de tensión en la red, para evitar descargas a tierra por medio de los mismos. Esta prueba determina el estado del aislamiento del equipo que está protegiendo al liniero contra diferencias de potenciales, sus variaciones están dadas por las condiciones atmosféricas, humedad, suciedad (polvo), entre otras.

- ✓ Durante la ejecución de las actividades, el liniero debe respetar las distancias de seguridad con respecto a tierra o a otras fases, para esto no debe estar pendiente solo de sus movimientos sino también de la manipulación de las diferentes herramientas en la zona de trabajo con las cuales se puede exponer a contactos entre partes de diferente potencial debido a la longitud de las mismas.
- ✓ La equipotencialidad entre el liniero y el conductor se debe dar de manera rápida por medio del acople que trae para tal fin el traje conductivo, esta unión debe quedar lo más firme posible. De no hacerlo de manera rápida se puede generar altas temperaturas que pueden comprometer la integridad del liniero y debilitar las composiciones del traje conductivo.
- ✓ Todo liniero debe contar con su protección tipo jaula de Faraday la cual se compone de traje conductivo, botas conductivas, balaclava, guantes, calcetines y careta las cuales deben estar unidas eléctricamente cerrando así el apantallamiento que debe tener el trabajador.
- ✓ Por ningún motivo el liniero debe hacer contacto con el conductor energizado sin antes haberse puesto al mismo potencial de este, por medio del accesorio que trae el traje conductivo para tal fin.

## 10.2 Clasificación de los niveles de tensión.

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas “RETIE” en el artículo 12, ha estandarizado y clasificado en 5 los niveles de tensión para sistemas de corriente alterna avalados en el territorio colombiano, bajo los cuales se debe asociar toda instalación que quiera ser objeto del mismo.

Los siguientes son los niveles de tensión estandarizados para corriente:

- a. Extra alta tensión (EAT): Corresponde a tensiones superiores a 230 kV.
- b. Alta tensión (AT): Tensiones mayores o iguales a 57,5 kV y menores o iguales a 230 kV.
- c. Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,5 kV.
- d. Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

- e. Muy baja tensión (MBT): Tensiones menores de 25 V.

Según la clasificación anterior, cada uno de los métodos de trabajo en tensión se puede asociar a uno o varios de estos niveles como se especifica a continuación:

- ✓ **Método a contacto:** Comprende los niveles c, d y e.
- ✓ **Método a potencial:** Comprende los niveles a y b.
- ✓ **Método a distancia:** Puede comprender directa o indirectamente los niveles b, c, d y e.

## 10.3 Condiciones, requisitos y recomendaciones para trabajos con tensión.

Toda actividad de trabajo con tensión sin importar el método o técnica elegida, debe estar ceñida a la normatividad vigente y estar directamente ligada a la aplicación de un procedimiento de trabajo previamente estudiado, establecido y avalado por la empresa, el cual debe ser preciso y efectivo, y por ninguna razón se debe prestar para malas interpretaciones. A demás deben seguirse una serie de lineamientos y recomendaciones obligatorias que se deben cumplir y verificar antes de la ejecución de cada labor según lo estipulado en las normas vigentes para esta especialidad.

### 10.3.1 Condiciones de operación para trabajos en instalaciones eléctricas.

Antes de realizar cualquier actividad dentro de una subestación de potencia sea en frío o en caliente, es necesario, conocer y cumplir con las condiciones mínimas de operación para trabajos en instalaciones eléctricas, establecidas en el artículo 3 del capítulo 1 de la resolución 1348 de 2009.

En la norma descrita se indica que se debe tener conocimiento sobre:

- a) El tipo de instalación eléctrica, las características de sus componentes, su ubicación geográfica, su nivel de tensión y los riesgos que pueden generar para las personas, deben ser conocidos por quienes los intervienen y deben adaptar los procedimientos y equipos de trabajo a estas condiciones específicas. Igualmente, debe tenerse en cuenta las características conductoras, sistemas de puesta tierra, sistemas de protección instalados, la presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables, gases a presión, ambientes corrosivos, recintos confinados o al aire libre, condiciones de aislamiento, robustez mecánica y cualquier otro factor que pueda incrementar significativamente los riesgos para el personal.

- b) En los lugares de trabajo sólo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos por su fabricante sea compatible con el tipo de instalación eléctrica.
- c) Para todos los casos, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo deben ser inspeccionadas mínimo cada cuatro (4) años, de tal forma que se verifique el cumplimiento y conservación de las condiciones establecidas en los reglamentos técnicos para instalaciones y equipos, las normas generales de seguridad y salud de los lugares de trabajo, la señalización e identificación de riesgos y advertencias, así como cualquier otra normativa específica que les sea aplicable.
- d) Los ejecutores de los trabajos, emplearán un código de comunicaciones que permita eliminar al máximo el uso de palabras ambiguas o incomprensibles, y que reconfirme paso a paso la comprensión del mensaje. Las comunicaciones en el campo de trabajo son canalizadas por el jefe de trabajo.

#### **10.3.2 Condiciones de ejecución para trabajos con tensión.**

Para la realización de trabajos con tensión se requiere cumplir con una serie de condiciones adicionales a las mencionadas anteriormente. Los artículos 19.2 del RETIE y el artículo 69 de la resolución 1348 establecen los siguientes parámetros los cuales son de obligatorio cumplimiento antes de realizar cualquier trabajo con línea energizada.

- a. Todo liniero de línea viva, es decir, capacitado para trabajos en tensión, debe haber recibido una formación especial y estar habilitado para tal fin, lo cual deberá ser demostrado mediante certificación.
- b. Todo liniero de línea viva, debe estar afiliado a la seguridad social y riesgos profesionales. Además, debe practicarse exámenes periódicos para calificar su estructura ósea o para detectar deficiencias pulmonares, cardíacas o sicológicas. Enfermedades como la epilepsia, consumo de drogas y alcoholismo también deben ser estudiadas por el médico.
- c. El jefe del trabajo, una vez recibida la confirmación de que se tomaron las medidas precisas y antes de comenzar el trabajo, debe reunir y exponer a los linieros el procedimiento de ejecución que se va a realizar, cerciorándose que ha sido perfectamente comprendido, que cada trabajador conoce su función y que cada uno comprende cómo se integra en la operación conjunta.

- d. El jefe del trabajo dirigirá y vigilará los trabajos, siendo responsable de las medidas de cualquier orden que afecten la seguridad. Al terminar los trabajos, verificará su correcta ejecución y comunicará al centro de control el fin de los mismos.
- e. Ningún liniero podrá participar en un trabajo en tensión si no dispone en la zona de trabajo de sus elementos de protección personal, que comprende:
  - ✓ En todos los casos: Casco aislante y guantes de protección.
  - ✓ En casos particulares, los equipos previstos en los procedimientos de ejecución a utilizar serán, entre otros: Botas dieléctricas o calzado especial con suela conductora para los trabajos a potencial, dos pares de guantes aislantes, gafas de protección contra rayos ultravioleta, manguitos aislantes, herramientas aislantes.
- f. Cada liniero debe cuidar de la conservación de su dotación personal. Estos materiales y herramientas deben conservarse en seco, al abrigo de la intemperie y transportarse en fundas, estuches o compartimentos previstos para este uso. No deben sacarse de los mismos hasta el momento de su empleo.
- g. Antes de trabajar en un conductor bajo tensión, el liniero| debe unirse eléctricamente al mismo para asegurar su equipotencialidad con el conductor.
- h. En el caso de presentarse lluvia o niebla, se pueden realizar los trabajos cuando la corriente de fuga por los elementos aislantes esté controlada y se mantenga por debajo de  $1\mu\text{A}$  por cada kV nominal de la instalación. En caso de no realizar control de la corriente de fuga y si la tensión es superior a 34,5 kV, estos trabajos deben ser interrumpidos inmediatamente.
- i. En caso de tormentas eléctricas, los trabajos no deben comenzarse y de haberse iniciado se interrumpirán. Cuando las condiciones atmosféricas impliquen la interrupción del trabajo, se debe retirar al personal y se podrán dejar los dispositivos aislantes colocados hasta que las condiciones vuelvan a ser favorables.
- j. Cuando se emplee el método de trabajo a contacto, los linieros deben llevar guantes aislantes revestidos con guantes de protección mecánica y guantes de algodón en su interior.
- k. Todo liniero que trabaje a potencial debe llevar una protección total tipo Jaula de Faraday.

- I. En trabajos a distancia sobre con tensiones menores o iguales a 230 kV, cuando no se coloquen dispositivos de protección que impidan todo contacto o arco eléctrico con un conductor desnudo, la mínima distancia de aproximación al conductor es 0,8 m cuando las cadenas de aisladores sean menores a 0,8 m y la distancia mínima será igual a la longitud de la cadena cuando esta es mayor a 0,8m. Esta distancia puede reducirse a 0,60 m para la colocación de dispositivos aislantes cerca de los puntos de fijación de las cadenas de aisladores y de los aisladores en sus soportes. Se entiende por distancia mínima de aproximación la distancia entre un conductor y una parte cualquiera del cuerpo del operario estando éste situado en la posición de trabajo más desfavorable.
- m. Todo equipo de trabajo en tensión debe ser sometido a ensayos periódicos de acuerdo con las normas técnicas o recomendaciones del productor. A cada elemento de trabajo debe abrírsele y llenársele una ficha técnica.
- n. Los guantes aislantes deben ser sometidos a una prueba de porosidad por inyección de aire, antes de cada jornada de trabajo y debe hacérseles un ensayo de rigidez dieléctrica en laboratorio, mínimo dos veces al año.
- o. Para las mangas, cubridores, protectores, mantas, púrtigas, tensores, escaleras y demás equipo, se debe hacer mínimo un ensayo de aislamiento al año.
- p. Los vehículos deben ser sometidos a una inspección general y ensayos de aislamiento a las partes no conductoras, mínimo una vez al año.
- q. El trabajo será realizado tal y como fue planeado. Cualquier variación en lo planeado debe ser explicada por el jefe de trabajos de forma detallada al personal, verificando que haya sido entendida.
- r. Cada integrante del grupo tendrá la responsabilidad del cumplimiento de todas las normas de seguridad, procedimientos, técnicas y métodos de trabajo.
- s. El cubrimiento debe instalarse progresivamente iniciando por la zona más próxima a los operarios, sin dejar en su recorrido puntos descubiertos. De igual forma, las cubiertas se irán retirando a medida que se vaya “saliendo” de la zona de trabajo.
- t. Nunca se trabajará en dos fases simultáneamente, ni en dos puntos de diferente potencial. Para ello se deben mantener los equipos y conductores de las otras fases, que puedan ser alcanzados en forma accidental o voluntaria, completamente cubiertos. Los trabajadores deben evitar tocar o recargarse en

las mantas o cubiertas aislantes instaladas, mientras se encuentran tocando al mismo tiempo una superficie a diferente potencial.

- u. En los casos de circuitos en postes o estructuras de madera, debe tenerse en cuenta que todas las partes de madera se encuentran potencialmente a tierra.
- v. Bajo ninguna circunstancia debe sacrificarse la seguridad por la rapidez en la ejecución de trabajos en labores de mantenimiento de redes en línea viva.
- w. No se debe trabajar con la técnica de línea viva en un circuito que presente falla.
- x. Cuando por circunstancias especiales, diferentes a fallas, se produzca la desenergización del circuito, el personal de línea viva debe continuar realizando trabajos en dicha red, asumiendo que el circuito está energizado y aplicará todas las técnicas de línea viva.
- y. Los trabajos en línea energizada sólo deben ser realizados cuando las condiciones de luz natural lo permitan y no esté lloviendo.

#### **10.3.3 Verificación en sitio (lugar de trabajo).**

Antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento con tensión, es necesario verificar detalladamente en sitio no solo por el coordinador del grupo, sino por cada uno de los integrantes del mismo los siguientes aspectos establecidos en el artículo 18.3 del RETIE:

- a) Que los equipos sean de la clase de tensión de la red.
- b) Que los linieros tengan puesto su equipo de protección individual.
- c) Que los linieros se despojen de todos los objetos metálicos.
- d) Cuando se utilice camión canasta, verificar el correcto funcionamiento tanto de los controles en la canasta como los inferiores.
- e) Que se efectúe una inspección de los guantes, mantas, cubridores y elementos de protección colectiva.
- f) Que los linieros se encuentren en perfectas condiciones técnicas, físicas y síquicas para el desempeño de la labor encomendada.
- g) Que los espacios de trabajo de trabajo tengan las dimensiones adecuadas y no presenten obstáculos que pongan en riesgo al trabajador.

#### 10.3.4 Procedimientos para trabajos con tensión.

Cada actividad que se realice con tensión debe estar directamente ligada a la aplicación de un procedimiento previamente estudiado, establecido y aprobado por la empresa; estos procedimientos deben cumplir con uno requisitos mínimos exigidos por el artículo 19.1 del RETIE, y con los párrafos 1 y 2 del artículo 6 del capítulo 1 de la resolución 1348 de 2009 los cuales se presentan a continuación.

- a) Un título que indique la naturaleza de la instalación intervenida, la descripción precisa del trabajo y el método de trabajo.
- b) Medios físicos (materiales y equipos de protección personal y colectiva) y recurso humano.
- c) Descripción ordenada de las diferentes fases del trabajo, a nivel de operaciones concretas.
- d) Croquis, dibujos o esquemas necesarios.
- e) Todo trabajo en circuitos energizados de más de 450 voltios debe hacerse con un grupo de trabajo de al menos dos (2) personas. Los grupos de trabajos que realicen labores en circuitos por encima de 1000 V deben contar con al menos dos (2) operarios y un (1) jefe que coordine y supervise las labores estando atento del trabajo del grupo para controlar cualquier riesgo que los pueda afectar en el desarrollo del trabajo. Se exceptúan de este requisito, los trabajos de des energización y energización de transformadores, ramales de redes en MT, cambios de fusibles en cortacircuitos, maniobra y operación de interruptores o seccionadores que podrá hacerlo un solo operador, siempre que use las herramientas adecuadas y protocolos seguros.

**Parágrafo 1°.** Cuando se requiera ejecutar un trabajo en tensión para el que no se disponga un procedimiento, será necesario que la forma de hacer el trabajo sea analizada minuciosamente por una persona habilitada en trabajos en tensión, de manera que se incluyan todas las medidas de seguridad. Salvo en condiciones de emergencia, riesgo inminente o fuerza mayor. Este nuevo procedimiento debe ser verificado o aprobado por una instancia superior. Para todos los casos debe quedar registrado el procedimiento en el plan de trabajo o informe final de trabajo ejecutado. En todo caso, debe realizarse un procedimiento para ese trabajo.

**Parágrafo 2°.** Solamente ejecutarán trabajos en tensión aquellos trabajadores que estén debidamente capacitados, entrenados y cuenten con la autorización (habilitación) de la empresa, previo cumplimiento del perfil

ocupacional. Adicionalmente, se debe tener vigente su certificación laboral por competencias para esa labor, conforme a la legislación para el efecto.

#### **10.3.5 Medidas preventivas para trabajos con tensión.**

Las medidas de prevención que se deben tener presente a la hora de realizar cualquier actividad de trabajos con tensión, se deben cumplir tanto por la empresa a la cual está vinculado el grupo, como a cada uno de los integrantes del mismo, para ellos se deben seguir la siguientes medidas tomadas del artículo 8 de la resolución 038:

##### **10.3.5.1 Habilitación**

Las empresas deben elaborar un procedimiento para la habilitación de los trabajadores, la cual será por períodos de tiempo definidos por la empresa y no superiores a un año, la cual se renovará si es probada su competencia técnica, su aptitud física y mental, su experiencia y continuidad en los trabajos para los cuales fue habilitado. La autorización debe retirarse cuando se observe que el trabajador incumple las normas de seguridad, o cuando sus condiciones psicofísicas no son satisfactorias.

Los trabajos en tensión deben ser realizados por trabajadores con habilitación vigente, con plan de trabajo previamente aprobado que describa las actividades paso a paso con las medidas de seguridad necesarias, y con la debida autorización de acuerdo con el procedimiento definido por cada empresa. Se dispondrá siempre de un plan de emergencia y de personas responsables para la atención de primeros auxilios.

##### **10.3.5.2 Inspección previa de evaluación**

Para determinar si es posible ejecutar un trabajo en tensión, es necesario cumplir con una inspección previa donde el personal habilitado y autorizado evalúe la viabilidad técnica y el riesgo asociado para las personas y para el sistema, cumpliendo lo estipulado en las etapas de diagnóstico, planeación y ejecución de trabajos descrito en las condiciones generales de este reglamento. Los procedimientos deben documentarse y pueden ser normalizados, pero, en su aplicación, deben ajustarse a cada situación específica.

Antes de todo trabajo el personal ejecutor debe efectuar una reunión previa y realizar una inspección visual para verificar el estado de las instalaciones, los materiales y herramientas colectivas destinadas a la ejecución del mismo. Verificar visualmente que no existan descargas parciales, en el aislamiento del equipo a intervenir.

Para toda intervención de los equipos, de forma previa debe hacerse coordinación con el personal de protecciones, control y operación de la red para verificar la seguridad operativa del sistema durante las maniobras y establecer los planes de emergencia operativos.

#### **10.3.5.3 Protección del trabajador**

Los procedimientos, equipos y materiales utilizados en el método de trabajo empleado deben asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no entre en contacto accidentalmente con cualquier otro elemento o potencial distinto al suyo.

El personal ejecutor debe verificar el buen estado y usar los elementos de protección personal, conforme con los procedimientos previstos, las responsabilidades asignadas y la técnica a utilizar (contacto, distancia o a potencial).

#### **10.3.5.4 Selección de equipos, materiales y herramientas**

Los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán teniendo en cuenta las características del trabajo, la tensión de servicio y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante, la norma nacional o internacional vigente que les aplique y las que defina la empresa para garantizar la protección del trabajador y su correcta operación y calidad.

Para garantizar que las herramientas y equipos utilizados para realizar trabajos en tensión ofrecen la seguridad requerida para la labor, las empresas deben:

1. Establecer una programación periódica de pruebas para los equipos de trabajo en tensión de acuerdo con los procedimientos.
2. Las herramientas que presenten valores de prueba fuera de los aceptados deben ser marcadas y retiradas de uso.
3. Conocer las cargas máximas mecánicas que soportan cada una de las herramientas que se utilicen de acuerdo con las fichas técnicas y nunca sobrepasar esta carga.
4. Las manillas dieléctricas deben ser almacenadas, transportadas en recipientes plásticos que permitan cubrirse o aislarla del medio externo. Durante su uso se debe evitar el contacto directo con el suelo u otros productos que deterioren el elemento. Estas deben manipularse con guantes limpios.

5. Diligenciar la hoja de vida para cada una de las herramientas.
6. Transportar las herramientas evitando someterlas a cizalladuras o roturas y cubrirlas con lonas u otro material de protección contra golpes y humedad.
7. Colocar siempre las herramientas sobre una lona impermeable, nunca directamente en el suelo o sobre elementos cortantes.

#### **10.3.5.5 Documentación y procedimientos**

La empresa establecerá procedimientos y elaborará documentos escritos sobre las características técnicas, el almacenamiento, transporte, aplicación, pruebas y mantenimiento que requieran los accesorios aislantes, las herramientas aisladas, los equipos de medida y los elementos de protección personal, entre otros.

Para ejecutar trabajos en equipos energizados, debe contarse previamente con la consignación, teniendo bloqueados los recierres en los extremos de alimentación de los circuitos a intervenir y de los que cruzan por debajo del vano o vanos intervenidos.

El responsable de la operación de la subestación, informará al jefe de trabajo sobre cualquier evento que ocurra en la subestación, para que el jefe de trabajo tome las decisiones pertinentes.

Durante la ejecución de los trabajos, no disminuir las distancias de seguridad de acuerdo al voltaje nominal fase-fase y el factor de corrección por altitud. En caso de tener duda de la distancia mínima, utilizar las pétigas aislantes para asegurar que se cumple con la distancia mínima.

Para trasladar herramientas o materiales entre la estructura y el suelo debe usarse siempre una cuerda de servicio y polea de maniobra dieléctricas.

Los tableros y equipos de patio que hacen parte del circuito a intervenir, deben identificarse y señalizarse con un rotulo de “No Operar”.

#### **10.3.5.6 Trabajos a la intemperie**

En trabajos a la intemperie se deben tener presentes las condiciones de humedad relativa, la presencia de tormentas eléctricas, lluvias, neblina, vientos fuertes u otras condiciones climáticas que pongan en riesgo a los ejecutores, o dificulten la visibilidad, o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas deben interrumpirse en caso de tormenta.

## 10.4 Perfil ocupacional del liniero de trabajo con tensión.

La ejecución de trabajos con tensión debe realizarse por personal altamente calificado que cuente con las siguientes características en su perfil ocupacional, buscando con esto la ejecución segura y eficiente de los trabajos en línea viva.

- a) Alto grado de habilidad manual, buena coordinación visual y motora, capacidad de concentración, gran sentido de responsabilidad y compañerismo, desarrollo normal del sistema propioceptivo y funcionamiento normal del sistema vestibular.
- b) Alto grado de compatibilidad para el trabajo en grupo que le permita una buena
- c) Coordinación y sincronización en el trabajo a desarrollar.
- d) Conocer los dispositivos de corte eléctrico y sus características.
- e) Conocer los equipos de seguridad y normas para su uso.
- f) Estar física y mentalmente sano.
- g) Poseer un nivel superior al promedio en la ejecución de actividades de mantenimiento.
- h) Tener la capacidad de identificar y tomar la decisión de no ejecutar la labor si se está expuesto a un peligro inminente.
- i) Respetar las normas y procedimientos establecidos por la empresa.
- j) Estar enfocado en la seguridad de sí mismo y la de sus compañeros.

### 10.4.1 Requisitos

El artículo 68 de la resolución 1348 especifica los requisitos que debe cumplir el personal que desarrolle actividades de trabajos con tensión, los cuales se describen a continuación.

- a) El aspirante a ser liniero de línea viva debe tener una experiencia mínima de 2 años en mantenimiento o construcción de líneas de media tensión.
- b) Para que un trabajador pase de línea viva a desenergizada debe recibir una reinducción previa que permita el afianzamiento a los procedimientos y

adaptación al trabajo en línea desenergizada; lo anterior debe ser avalado por la empresa.

- c) El personal de línea energizada, debe recibir una reinducción y actualización anual, específica para esta labor, el total de horas de capacitación debe ser superior a 40.
- d) Se le debe practicar exámenes médicos de ingreso y periódico anual para constatar su estado de salud, condición física y mental y su aptitud para este tipo de trabajo. No son aptos para el oficio personas con marcapasos, prótesis u órtesis metálicas.

Parágrafo. El personal que trabaje en línea viva debe encontrarse en condiciones óptimas tanto físicas como psicológicas.

#### **10.4.2 Conformación del grupo de trabajo**

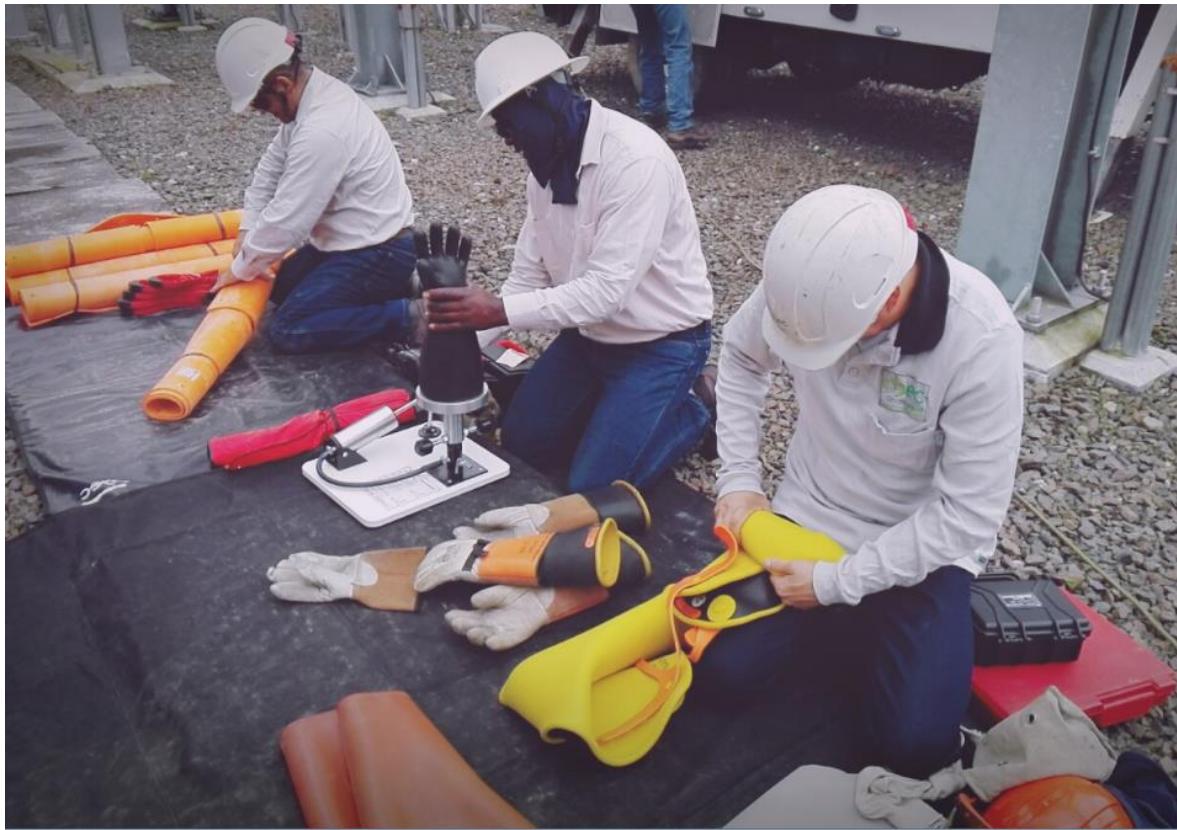
El número de personas que conforman el grupo de trabajos con tensión debe ser como mínimo 3 por seguridad y máximo 6 por temas de desplazamiento y transporte. Uno de ellos es el jefe o coordinador del grupo de trabajo y el resto los linieros de línea viva. Por lo menos uno deberá estar habilitado para hacer las funciones de conductor y absolutamente todos deben contar con el certificado de capacitación para trabajos con tensión, tener curso de altura vigente y estar avalados por la empresa para desempeñar este tipo de actividades.

Según el artículo 70 de la resolución 1348 establece la conformación del grupo de la siguiente manera:

- a) A contacto: 3 linieros y un jefe de grupo.
- b) A distancia: 4 linieros y un jefe de grupo.

Parágrafo. La conformación con un número inferior sólo se hará en condiciones especiales, soportadas por procedimientos específicos aprobados y bajo responsabilidad de la empresa.

## 10.5 Equipos de izaje, elementos de protección personal y colectiva para trabajos con tensión.



*Figura 75. Herramientas para trabajos con tensión, grupo TCT SYL, CHEC S.A E.S.P*

Para dar alcance a las técnicas de trabajo dispuestas en numeral 9.1 del presente documento, es necesario contar con una serie de equipos, elementos de protección y herramientas diseñadas especialmente para trabajos con tensión. Estos equipos, se seleccionan teniendo en cuenta aspectos tales como, nivel de aislamiento, el tipo de material, la tensión de servicio, el método de trabajo, las características del personal y las recomendaciones del fabricante según la normatividad vigente.

Estos equipos deben permanecer almacenados y transportados en lugares limpios, libres de humedad, y ser expuestos al ambiente de trabajo solo en el momento previo a la actividad, dispuestos bajo una superficie techada que los resguarde ante cualquier precipitación de lluvia, se deben ubicar sobre una lona o tendido que evite el contacto directo con el suelo, evitando con esto, que se deteriore el equipo, disminuya su vida útil o pierde sus propiedades dieléctricas; por tal razón, cada uno de los equipos deberá ser probado antes de cada actividad a realizar, incluso, si en

un mismo día se realizaran dos o más actividades totalmente diferentes, es necesario realizar la inspección antes de cada una de ellas siguiendo las recomendaciones del fabricante o las establecidas en este manual. Es importante dejar claro que bajo ninguna circunstancia se deberá permitir el uso de equipos cuya inspección evidencie imperfectos, resquebraamientos, perforaciones que no sean propias del elemento, o cualquier otra característica que ponga en riesgo la integridad de los linieros; tampoco se podrán utilizar aquellas plataformas de izaje cuya corriente de fuga este por encima de lo recomendado, un microamperio por cada kilovoltio de tensión nominal de la instalación.

Se recomienda que cada equipo utilizado para trabajos con tensión, cuente con la respectiva ficha técnica donde se pueda evidenciar el campo de aplicación (método de trabajo), tensión máxima de operación, pruebas y certificados de conformidad, entre otros.

A continuación se describen una gran serie de elementos y las diferentes características técnicas disponibles para este tipo de trabajo, con la salvedad de que solo se hará énfasis en aquellas herramientas que son de uso cotidiano por el grupo de trabajo con tensión de la subgerencia de subestaciones y líneas de la CHEC S.A E.S.P.

### **10.5.1 Tipos de materiales**

En la elaboración de los diferentes equipos de protección tanto personal como colectiva para trabajos en tensión, es común encontrarse con dos tipos de material predominantes en la industria, los cuales se describen a continuación con el fin de brindar al lector claridad sobre esta característica técnica de la cual se hablara durante el desarrollo de todo el documento

#### **10.5.1.1 Tipo 1: Equipos fabricados con caucho natural.**

Los elementos de protección para trabajos con tensión elaborados en caucho natural, es decir, a base de componentes vegetales, son clasificados como Tipo 1. Son equipos confiables pero poco compatibles con el ozono (oxígeno triatómico) que se genera por efectos corona, rayos ultra violeta o formación de arcos eléctricos, lo que produce una acelerada oxidación del material que conlleva al surgimiento de resquebrajamientos, cortes o fisuras y por ultimo al inoperatividad del elemento.

La profundidad de los cortes que surgen en el material son conocidos como cortes corona o cortes ozono y son directamente proporcionales a los tiempos y cantidad de ozono y a los esfuerzos por tensión a los que se ve expuesto el equipo. Las evidencias de esto, empiezan a surgir en mayor medida en aquellos puntos donde

el equipo ha demandado mayor esfuerzo mecánico, y se dan a ritmos más acelerados cuando se expone el elemento a ambientes húmedos o por esfuerzos de compresión o elongación que oscilen en un rango del 10 al 20%.

#### **10.5.1.2      Tipo 2: Equipos fabricados con caucho sintético.**

Los elementos de protección para trabajos con tensión elaborados en caucho sintético, es decir, a base elastómeros, son clasificados como tipo 2, los cuales surgen bajo la necesidad de reemplazar los componentes naturales anteriormente descritos, mitigando así el deterioro del elemento a causa de la exposición al ozono. Ahora bien, el caucho sintético también trae sus desventajas, ya que al ser expuesto prolongadamente al calor, al sol o al contacto directo con agentes contaminantes como grasas, aceites o productos químicos, el equipo puede en gran medida las propiedades aislantes para las cuales fue diseñado.

Una manera fácil de evidenciar el deterioro en este tipo de equipos es cuando en él, surgen protuberancias, endurecimiento o ablandamiento, agrietamiento o pérdida de sus propiedad elásticas.

#### **10.5.2 Clasificación de los equipos de protección para trabajos con tensión.**

Los equipos de protección para trabajos con tensión están clasificados por medio de la clase, la cual puede variar de 00 hasta 4, y depende estrictamente del nivel de tensión para el cual está diseñado, independientemente del tipo de material con el que estén conformados.

A continuación se presenta la tabla (18) donde se evidencia las diferentes clases, colores y nivel de tensión propia de los equipos para trabajos en tensión.

*Tabla 18. Clasificación de los equipos de protección para trabajos con tensión*

Clasificación de equipos para trabajos con tensión.			
Clase	Voltaje de prueba en (Kv AC)	Máximo voltaje de uso en (Kv AC)	Máximo voltaje de uso en (Kv DC)
00	2.5	500	750
0	5	1	1500
1	10	7.5	11250
2	20	17	25500
3	30	26.5	39750
4	40	36	54000

### 10.5.3 Equipos de protección personal y colectiva para trabajos con tensión.

Los equipos de protección para trabajos con línea viva se clasifican en dos grupos, el primero de ellos son los elementos diseñados para uso propio, es decir la dotación personal para el liniero que desempeña trabajos con tensión, entre ellos están los guantes, mangas, calzado, balaclavas, gafas, caretas, etc.

El segundo grupo se refiere a los elementos de protección colectiva, los cuales brinda seguridad a todo el conjunto de linieros de trabajos en caliente que desarrollan una actividad sobre una misma zona de trabajo, entre estos elementos se tienen las mantas, cubridores de línea, de pin, de poste, andamios dieléctricos, escaleras dieléctricas, brazo grúa, plataformas entre otros.

#### 10.5.3.1 Equipos de protección personal.

A continuación se describen los atributos, características y cuidados más relevantes que se deben tener con cada uno de los elementos de protección personal que utilizan los linieros del grupo de trabajos con tensión de la subgerencia de subestaciones y líneas en CHEC S.A E.S.P.

##### 10.5.3.1.1 Guantes dieléctricos.



*Figura 76. Guantes dieléctricos, tomados del catálogo CATU 2014/2015.*

Son los principales elementos en el método de trabajo a contacto, por lo que son considerados la primera línea de defensa en cuanto a protección personal ya que deben brindar al liniero protección contra descargas eléctricas cuando trabaja con tensión o cerca de partes activas, también, son utilizados en el método de trabajo a

distancia. La norma IEC 60903 es quien determina las características técnicas y composición química que deben cumplir los guantes para ser certificados para su labor.

Dentro de sus características, los guantes deben cumplir principalmente con la capacidad aislante según su clase, y deben tener buena resistencia mecánica para poder manipular los diferentes elementos que requiera la labor.

Cabe anotar que para la protección mecánica deberá contar con un guante adicional de cuero ubicado por encima del dieléctrico con el fin de mitigar los impactos a causa de la manipulación de herramientas

#### 10.5.3.1.1.1 Clasificación de los guantes dieléctricos.

Los guantes dieléctricos se clasifican según su clase y sus propiedades resistivas al contacto con diferentes tipos de sustancias como se relaciona en las tablas (19) y (20) respectivamente.

*Tabla 19. Clasificación de guantes para trabajos con tensión según su clase.*

Clasificación de Guantes según su clase.			
Color	Clase	Máximo voltaje de uso en (Kv AC)	Máximo voltaje de uso en (Kv DC)
Beige	00	500	750
Rojo	0	1	1500
Blanco	1	7.5	11250
Amarillo	2	17	25500
Verde	3	26.5	39750
Naranja	4	36	54000

*Tabla 20. Clasificación de guantes para trabajos con tensión según sus propiedades.*

Clasificación de guantes para trabajos con tensión según sus propiedades	
Categoría	Clase
A	Ácido
H	Aceite
Z	Ozono
M	Mecánica (Nivel más alto)

R	A+H+Z+M
C	Muy bajas temperaturas.

#### 10.5.3.1.1.2 Composición y espesor.

Los guantes son fabricados con elastómeros naturales “tipo 1” o sintéticos “tipo 2” (gomas, látex, etc.), los cuales viene unicolor o bicolor, en estos últimos se hace más fácil detectar abrasión excesiva, corte, desgarro y otros daños mecánicos que podrían alterar las propiedades dieléctricas del guante. El borde enrollado permite facilidad a la hora de la manipulación.



*Figura 77. Guantes dieléctricos bicolores, tomados de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017.*

Por otra parte, la norma exige un espesor para cada clase de guante el cual se relaciona en la tabla (21).

*Tabla 21. Grosor máximo de guantes dieléctricos.*

Grosor máximo de los guantes en mm.			
Clase	Aislamiento del guante	Composición del guante	Longitud composición del guante
00	0.50	1.8	
0	1	2.3	
1	1.5	*	3.1
2	2.3		4.2
3	2.9	*	4.2
4	3.6	*	

\* Bajo su consideración.

#### 10.5.3.1.1.3 Marcación

Los guantes dieléctricos deben tener una marca permanente fácilmente legible donde se indique el tipo, clase, tensión de operación, número de serie, mes y año de fabricación, entre otras características como se puede observar en la figura (77).



*Figura 78. Marcación de Guantes dieléctricos, tomado de catálogo CATU, 2014-2015.*

#### 10.5.3.1.1.4 Control y almacenamiento.

Antes de cada uso, los guantes deben ser revisados tanto interna como externamente en búsqueda de imperfecciones que alteren las características propias del guante, las cuales pueden poner en riesgo la integridad del liniero, para esto se hace necesario inflar el guante Figura (78) a una longitud no mayor del 1.5 de su longitud normal de operación e inspeccionar visualmente y al tacto que no presente fugas de ningún tipo, de ser así se debe suspender el uso inmediatamente hasta que no se demuestre lo contrario por parte de un ente certificado.



*Figura 79. Prueba de inflado de guantes, grupo TCT SYL.*

Ningún guante debe utilizarse sin haber sido probado después de 6 meses como máximo; Asimismo, se deben almacenar dentro del embalaje, sin comprimirlos, doblarlos o aplastarlos, no deben estar cerca de una fuente de calor o expuestos directamente a rayos del sol, deben permanecer a una temperatura comprendida entre 10/21 °C.

#### 10.5.3.1.1.5 Ensayos eléctricos.

Son pruebas eléctricas realizadas en A.C o D.C a las que son sometidos los guantes cada seis meses máximo, con el fin de determinar la corriente de fuga que circula por este mientras es sometido a la tensión de operación o de prueba. En la tabla (22), se observan los límites máximos para la corriente de fuga según lo estipulado por la norma.

Las principales pruebas que se realizan a los guantes dieléctricos son:

- Ensayo de tensión de prueba (proof test).
- Ensayo de tensión soportada (whitstand test)
- Corriente de ensayo de prueba cc.

*Tabla 22. Ensayo de tensión de prueba y tensión soportada.*

Clase	Ensayos en c.a.			Ensayos en c.c	
	Tensión de prueba (kV rms)	Corriente de fuga (mA efectivos).	Tensión soportada	Tensión de prueba (kV medidos)	Tensión soportada (kV medidos)
		Longitud del guante en mm.			

		280	360	410	> 460	(kV rms)		
00	2,5	12	14	N.A	N.A	5	4	8
0	5	12	14	16	18	10	10	20
1	10	N.A	16	18	20	20	20	40
2	20	N.A	18	20	22	30	30	60
3	30	N.A	20	22	24	40	40	70
4	40	N.A	N.A	24	26	50	60	90

#### 10.5.3.1.1.6 Ensayos mecánicos.

La norma establece los siguientes ensayos mecánicos a realizarse a los guantes dieléctricos según las características de los materiales que los componen.

***Tabla 23. Ensayos mecánicos a guantes dieléctricos.***

Prueba	Descripción.
General	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Resistencia a la tensión y al estiramiento hasta la rotura.</li> <li>* Ensayo de tensión (Tensión test).</li> <li>* Resistencia al envejecimiento.</li> <li>* Resistencia a las bajas temperaturas.</li> <li>* Retardo de la combustión.</li> </ul>
Guantes con propiedades especiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Resistencia al ácido.</li> <li>* Resistencia al aceite.</li> <li>* Resistencia al ozono.</li> <li>* Resistencia a ácido, aceite y ozono.</li> <li>* Resistencia a temperaturas extremadamente bajas (clase "c").</li> </ul>
Requerimientos específicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Resistencia a la perforación mecánica (común y compuesta):</li> <li>* Resistencia a la abrasión (compuestos).</li> <li>* Resistencia a los cortes (compuestos).</li> <li>* Resistencia a las rajaduras.</li> </ul>

#### 10.5.3.1.2 Mangas dieléctricas



*Figura 80. Mangas dieléctricas, tomadas de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017.*

Son el complemento de los guantes dieléctricos para proteger la totalidad de los brazos y hombros del liniero, se utilizan en el método de trabajo a contacto y su función principal es aislar al trabajador de contactos indeseados con partes energizadas o de diferente potencial, mientras este manipula herramientas o materiales en la zona de trabajo; se rigen bajo la norma IEC 60984, la cual determina las características y composición de las mismas.

##### 10.5.3.1.2.1 Calificación de las mangas dieléctricas.

Las mangas dieléctricas se clasifican al igual que los guantes, según su clase y sus propiedades resistivas al contacto con diferentes tipos de sustancias, para ello se puede hacer uso de las tablas xxx y xxx, bajo las cuales se clasifican los guantes, con la salvedad de que las mangas solo vienen en las clases 2, 3 y 4, y clasificadas para denominación A y H.

Por otra parte, se pueden clasificar según el estilo de su diseño como se muestra en la tabla (24).

**Tabla 24.** Clasificación de las mangas para trabajos con tensión según el diseño.

Clasificación de las mangas para trabajos con tensión según el diseño.	
Estilo	Denominación
A	Recta
B	Curva
C	Extra Curva

Para practicidad en las maniobras y comodidad para el liniero no se recomienda el uso de mangas rectas ya que estas dificultan la manipulación de herramientas y/o materiales que requieran la flexión natural del codo, aumentando la resistencia mecánica que debe ejercer el trabajador y por lo tanto causando mayor desgaste en menor tiempo.

#### 10.5.3.1.2.2 Composición.

Presentan características similares a la de los guantes, ya que pueden ser fabricadas en tipo 1 o tipo 2, unicolor o bicolor, clase 0, 1, 2, 3 o 4, talla R, L o XL. Como se puede observar en la figura (80) vienen en tres tipos de diseño, recta, curva o extra curva.

Las mangas son fabricadas con elastómeros naturales o sintéticos (gomas, látex, etc.), mediante un proceso sin costuras, con perforación previstas para los accesorios (arneses), con bordes reforzados no metálicos de diámetro 8 mm.



**Figura 81.** Mangas dieléctricas con accesorios, tomadas del catálogo orion rubber experts.

Los accesorios como arneses y broches deben ser fabricados bajo los mismos materiales que las mangas, garantizando que acoplen perfectamente a ellas por medio de botones de plástico resistentes a rayos UV.

El conjunto de mangas y accesorios consta de dos mangas, izquierda y derechas, un arnés, un juego de tiras por cada par de mangas y cuatro pares de botones por cada manga.

#### 10.5.3.1.2.3 Marcación

Las mangas dieléctricas deben tener una marca permanente fácilmente legible donde se indique el tipo, clase, nombre del fabricante y marca, país de origen, mes y año de fabricación, tensión de prueba, tensión de operación, talla, brazo (izquierdo o derecho), norma estándar de fabricación.

#### 10.5.3.1.2.4 Control y almacenamiento.

Antes de cada uso, las mangas deben ser revisados tanto interna como externamente en búsqueda de imperfecciones que alteren las características propias de la manga, las cuales pueden poner en riesgo la integridad del liniero, para ello se debe enrollar la manga y hacer presión hacia a los extremos de tal forma que permita evidenciar visualmente resquebraamientos, fisuras u otras características que impidan la operación de las mismas, de llegar a encontrarse alguna alteración se debe suspender el uso inmediatamente hasta que no se demuestre lo contrario por parte de un ente certificado.



*Figura 82. Inspección de mangas dieléctricas, grupo TCT SYL.*

El almacenaje se debe dar según los lineamientos expuestos para guantes dieléctricos.

#### 10.5.3.1.2.5 Ensayos eléctricos.

El ensayo de prueba a tensión aplicada el cual puede ser en AC o DC; se debe realizar cada seis meses máximo, con el fin de determinar la corriente de fuga que circula por las mangas mientras es sometido a la tensión de operación o de prueba. En la tabla (25), se observan los límites máximos para la corriente de fuga según lo estipulado por la norma.

*Tabla 25. Máxima corriente de fuga para mangas dieléctricas.*

Prueba de ensayo a tensión soportada para mangas dieléctricas.			
Clase	Tensión de ensayo en corriente alterna CA (V)/ CC (V) / Máxima de rotura c.a, en kV	Tensión máxima eficaz c.a	Máxima corriente de fuga (mA).
0	5/20	600	5
1	10/40	7500	7
2	20/50/30	17000	15
3	30/60/40	26500	24
4	40/70/60	36000	26

#### 10.5.3.1.2.6 Ensayos mecánicos.

La norma establece los siguientes ensayos mecánicos a realizarse a las mangas dieléctricas según las características de los materiales que los componen

*Tabla 26. Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas.*

Prueba	Descripción.
General	<ul style="list-style-type: none"><li>* Fabricación y terminación.</li><li>* Marcado.</li><li>* Embalaje.</li><li>* Espesor.</li><li>* Inspección visual y dimensional.</li></ul>
Ensayos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"><li>* Estiramiento hasta la rotura.</li><li>* Perforación mecánica.</li><li>* Ensayo de tensión.</li><li>* Envejecimiento.</li><li>* Retardo a la combustión.</li><li>* Ensayo de baja temperatura.</li><li>* Ensayos de propiedades especiales.</li></ul>

#### 10.5.3.1.3 Ropa conductiva.

Es un conjunto de elementos conductivos “traje, zapatos, acople” los cuales cuentan con una serie de características especiales de fabricación que permiten al liniero ponerse a potencial del conductor a intervenir sin verse afectado por las propiedades eléctricas del mismo (corriente, tensión), esto se da, gracias al principio de jaula de Faraday bajo la cual es construido el traje.

Es importante conocer que la jaula de Faraday es el efecto por el cual el campo electromagnético dentro de un conductor es nulo, esto sucede cuando un conductor que se expone a un campo electromagnético externo, se polariza de manera tal que quede cargado positivamente en la misma dirección que va el campo y negativamente en el sentido contrario.

Para que esto se dé, el liniero debe formar un conjunto eléctricamente continuo entre la camisa con capucha, pantalón, guantes, medias y calzado. Encerrándose así en la jaula de Faraday y conectándose eléctricamente al conductor a intervenir. Para garantizar la seguridad, las piezas se deben sobreponer unas sobre otras con el fin de garantizar que el cuerpo del trabajador quede cubierto en su totalidad.



*Figura 83. Conjunto de ropa conductiva, tomado del portal virtual de ingeoquín.*

La norma IEC 60895 establece las características y especificaciones técnicas para este tipo de ropa conductiva, es la principal protección para el método de trabajo a potencial ya que ofrece un aislamiento para tensiones nominales de hasta 800 kV en AC o 600 kV en DC. También, establece que la media aritmética de los valores de resistencia medidos entre los puntos establecidos para ropa conductiva debe ser menor a 50 ohm para que sea considerable apta para los trabajos.

#### **10.5.3.1.3.1 Zapatos, calcetines, capucha y guantes conductivos.**

Los zapatos conductivos están fabricados con un compuesto especial cuyas propiedades conductivas se localizan en la suela, la cual está conformada por una malla interna que deriva en un broche de conexión exterior y un contacto eléctrico interno como se evidencia en la figura (83), el resto del calzado tiene todas las características propias de un zapato de seguridad.



**Figura 84.** Zapatos conductivos y sus contactos internos o externos, tomado de herramientas para trabajos con tensión, SETET.

La resistencia máxima que puede existir entre las conexiones del pantalón o traje conductor con los zapatos no podrá ser superior a 100 ohm, por otra parte, la resistencia eléctrica entre el interior y exterior del calzado (Malla metálica de la suela y sus derivaciones), debe estar en un rango entre 0 y 10 kohm.

Otras características técnicas a tener en cuenta en los zapatos conductivos son las siguientes:

- La suela conductiva debe tener una resistencia menor a 500 ohmios.
- Broche de conexión zapato- pantalón.
- Plantilla anti microbiana con conexión a la suela.
- Puntera y suela de acero.
- Resistencia total de todo el conjunto menor a 10 k ohmios.

Para los calcetines y guantes conductores, la norma exige una resistencia máxima de conexión de 100 ohm entre la ropa y estos accesorios. Por otra parte el conjunto de ropa conductiva debe complementarse con una capucha o careta facial con el fin de brindar al liniero un apantallamiento integral.

En caso de no ser posible la utilización de la pantalla facial, la cara se debe proteger por medio de lengüetas de protección, visera o con la misma capucha. Según la norma la resistencia de la unión no deberá superar los 100 ohm.

#### 10.5.3.1.3.2 Características de la ropa conductiva.

La ropa conductiva debe ofrecer las siguientes características técnicas que garanticen en todo momento la integridad del liniero que las porta; es fundamental que se cumplan cada una ellas para poder ser aprobados los trabajos a potencial, ya que de no ser así se estaría poniendo en riesgo la integridad de los trabajadores

debido a la exposición directa a campos electromagnéticos propios de los materiales conductivos.

- Alta resistencia mecánica.
- Baja resistencia eléctrica, es una propiedad esencial para determinar la capacidad del material para conducir la corriente y descargar los arcos eléctricos. Según la norma, la media aritmética de cuatro medidas de resistencia eléctrica, debe ser inferior a 7 ohm por cuadro de superficie, ningún valor individual debe superar los 10 ohm por cuadro de superficie.
- Alta capacidad al paso de la corriente eléctrica, ya que durante el desplazamiento del liniero hasta la zona de trabajo, sea desde el suelo, una estructura metálica o por medio de una elevador; y en el momento en que se pone al mismo potencial de la fase o equipo a intervenir, se establece un paso de corrientes capacitivas a través del traje conductor. Durante este proceso el traje debe resistir las corrientes sin mostrar degradación en sus materiales. Por requisito de la norma, mientras se ensaye la ropa conductiva no debe presentarse llama, ni puntos incandescentes, humo o carbonización entre los electrodos de contacto.
- Alta eficacia de apantallamiento, para esto, es necesario que el material que se emplee en la fabricación de la ropa conductiva atenúe el campo eléctrico. Esta atenuación del material se determina por la eficacia del blindaje y la de la ropa conductiva por la eficacia del apantallamiento, por norma este valor debe ser superior a 40 dB.
- No propagación de la llama, lo que indica que el material bajo el cual se construya la ropa conductiva no debe inflamarse, ni seguir quemándose cuando este cerca de una fuente de ignición.
- Protección contra descargas disruptivas susceptibles de alcanzar directamente al liniero; por tal razón el espacio entre dos elementos conductores adyacentes al material conductor (excepto la pantalla facial) no debe ser superior a 5 mm en condiciones normales de operación de la ropa, incluso en caso de estiramiento en las articulaciones.

#### 10.5.3.1.3.3 Composición.

La ropa conductiva se fabrica bajo técnicas textiles especializadas que emplean fibras como meta-aramidas o para-aramidas, conocidas comercialmente como Nomex, Kevlar, Conex, Twaron, etc.

La composición de esta ropa se da en un 75% en fibras con propiedades ignífugas y el restante 25% en fibras de acero inoxidable o hilos de plata, los cuales permiten que se dé el principio de jaula de Faraday, por donde pueden circular miles de voltios sin que el liniero

El resumen detallado de la composición de los trajes conductivos se presenta en la tabla (27), donde se aprecian los porcentajes de constitución según los materiales empleados.

*Tabla 27. Composición de la ropa conductiva.*

Composición de trajes conductivos.		
Material	Trajes con acero inoxidable	Trajes con plata
	%	%
Tela Aramida	75	65
Hilos de acero inoxidable	25	n.a
hilos de plata	n.a	35
Costuras		
Tela Aramida	100	n.a
Tela poliamida	n.a	100
Guantes y calcetines		
Tela Aramida	55	65
Acero inoxidable	17	35
Hilos de plata	n.a	n.a
algodón	23	n.a
Elastómero	5	n.a

#### 10.5.3.1.3.4 Marcación

- Nombre o marca del fabricante.
- Referencia del tipo y talla (de acuerdo con la norma ISO).
- Año de fabricación.
- Número de serie o de lote.
- Símbolo IEC 60417 5216, adecuado para los trabajos en tensión: doble triángulo figura xxx cosido, pegado o fijado de forma permanente por otro medio apropiado.
- Nombre de la norma europea aplicable adyacente al símbolo junto con el año de publicación (Norma EN 60895:2003).

Las marcas deben ser claramente visibles y legibles por cualquier persona con vista normal o corregida y sin ampliación adicional.

#### **10.5.3.1.3.5 Control y almacenamiento.**

El conjunto de ropa conductiva (traje, calcetines, guantes, calzado), debe ser almacenado en un estuche o bolso resistente al polvo y que permita la evaporación de humedad. Por otra parte, debe ser ubicado en un ambiente libre de polvo, ventilado y nunca debe exponerse a temperaturas elevadas.

Si por alguna razón (sudor, u otras fuentes de humedad), la ropa conductiva se encuentra húmeda, debe secarse antes de su almacenamiento.

Antes de cada uso, se debe realizar una inspección visual del conjunto conductor verificando que todos los accesorios se acoplen perfectamente. Revisar el ajuste de las cremalleras, botones, corchetes y ojales metálicos, garantizando que se dé un contacto apropiado entre partes conductoras; por último se debe comprobar la continuidad de las costuras.

En caso de llegarse a encontrar alguna evidencia de rasgaduras, roturas o cualquier otra anomalía que ponga en duda el correcto funcionamiento del traje conductor, será necesario descartar su uso inmediatamente, hasta que un ente certificado valide lo contrario.

#### **10.5.3.1.3.6 Ensayos eléctricos.**

La norma IEC establece una frecuencia de ensayo sobre la ropa conductora de 5 años o después de 5 ciclos de lavado, para medir la resistencia de la ropa conductiva, esta prueba se puede desarrollar sobre un maniquí o tendida sobre una mesa no conductora.

La resistencia medida debe ser menor o igual a 50 ohm para trajes nuevos o se puede extender hasta tres veces este valor para trajes usados.

En la guía IEEE 1067 se establece que “la resistencia de la ropa conductiva debe ser comprobada con respecto a la tensión de trabajo en la que se empleara el conjunto, estos valores se relacionan en la tabla (28).

**Tabla 28.** Resistencia de ropa conductiva según el nivel de tensión de operación.

Tensión de operación en kV AC.	Resistencia en ohm.
765	400
550	615
365	888
242	1333
121	2667

Según la norma IEC los ensayos que se deben aplicar a los materiales y piezas que conforman los trajes conductivos se relacionan en la tabla (29).

**Tabla 29.** Ensayos de tipo de material y tipo de prenda, para ropa conductiva.

Prueba	Descripción.
Ensayos tipo de material	<ul style="list-style-type: none"><li>* Ensayo de la no propagación de la llama (ignífugo).</li><li>* Ensayo de resistencia eléctrica.</li><li>* Capacidad de paso de corriente.</li><li>* Eficacia de apantallamiento.</li><li>* Resistencia a la limpieza.</li></ul>
Ensayos del tipo de la prenda.	<ul style="list-style-type: none"><li>* Resistencia eléctrica.</li><li>* Ensayo de tipo del traje completo.</li><li>* Ensayo de conexión.</li><li>* Eficacia de la ropa.</li></ul>

### 10.5.3.2 Equipos de protección colectiva.

A continuación se describen los atributos, características y cuidados más relevantes que se deben tener con cada uno de los elementos de protección colectiva que utilizan los linieros del grupo de trabajos con tensión de la subgerencia de subestaciones y líneas en CHEC S.A E.S.P.

#### 10.5.3.2.1 Mantas dieléctricas



*Figura 85. Mantas dieléctricas, tomadas de presentación herramientas TCT, SETET. Mayo 2017.*

Son equipos de protección colectiva, cuya principal característica es la flexibilidad lo cual es muy útil ya que permite al liniero de trabajos con tensión cubrir zona irregulares en el área de trabajo, como por ejemplo, las uniones entre cubridores rígidos, aisladores de pin, crucetas, entre otros.

Se usan en el método a contacto ya que su capacidad dieléctrica es hasta 46kV, y su principal función es aislar al liniero de contactos indeseados entre dos partes de diferente potencial en el área de trabajo, bien sea entre conductores o entre un conductor y tierra.

##### 10.5.3.2.1.1 Calificación de las mangas dieléctricas.

Las mantas dieléctricas se clasifican al igual que los guantes y las mangas dieléctricas, según su clase, con la salvedad de que las mangas no vienen para la clase 00.

También se clasifica según su forma, ya que pueden ser cuadradas o rectangulares, y su función ya que pueden ser cerradas, abiertas, con o sin ojales como se observa en la figura (84).

Su color varía según el tipo de la manta o por condiciones del fabricante.

#### 10.5.3.2.1.2 Composición.

Las mantas dieléctricas están compuestas por elastómeros naturales o sintéticos (látex, gomas); y son fabricadas en un proceso que no requiere costuras. Algunas de ellas cuentan con orificios de 8 mm para la colocación de arneses que permiten su manipulación a distancia, en este caso los bordes de las perforaciones serán reforzados y no podrán contar con ningún componente metálico.



*Figura 86. Mantas dieléctricas con perforaciones para arneses.*

#### 10.5.3.2.1.3 Dimensiones y espesor.

Las dimensiones de fabricación de las mantas dieléctricas se relacionan en la tabla (30), donde se especifica el largo y ancho de las mismas, ya que como se mencionó anteriormente pueden ser cuadradas o rectangulares. Y el espesor se relaciona en la tabla (31) donde se especifica el contenido máximo de elastómeros y plásticos.

*Tabla 30. Dimensiones de fabricación de las mantas dieléctricas.*

Dimensiones de las mantas dieléctricas				
Plana		Con ranura		Rollos
Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Ancho (mm)
910	305	*	*	60*, 90*, 1000
560	560	560	560	1300,2
910	690	910	910	
910	910	*	*	
2280	910	1160	1160	

- \* Solo se fabrican en clase 0.
- \*\* Las dimensiones de las mantas pueden variar en +/- 15 mm; en lo que respecta a las ranuras de 1160 x 1160 mm, la variación puede ser de +/- 25 mm. Para los rollos la variación permisible es de +/- 2 mm para aquellos de ancho 60 y 90 mm.

El espesor de las mantas dieléctricas se basa en la cantidad máxima de elastómeros y plásticos que pueden conformar cada manta según la clase de esta.

**Tabla 31. Espesor de las mantas dieléctricas.**

Espesor de las mantas dieléctricas		
Por clase Tensión nominal	Elastómero máximo (mm)	Plástico máximo (mm)
0	2,2	1
1	3,6	1,5
2	3,8	2
3	4	*
4	4,3	*

\* Bajo consideración.

#### 10.5.3.2.1.4 Control y almacenamiento.

Antes de cada uso, las mantas deben ser revisadas por ambas caras, enrollándolas de un extremo a otro verificando visualmente y al tacto que no presente perforaciones distintas a las de fábrica, resquebramientos, cortes corona o alguna otra imperfección que alteren las características propias de la manta, las cuales pueden poner en riesgo la integridad del liniero de llegar a encontrarse alguna alteración se debe suspender el uso inmediatamente hasta que no se demuestre lo contrario por parte de un ente certificado.

Las pruebas dieléctricas deberán ser realizadas al menos 1 vez cada seis meses en un laboratorio acreditado para tal fin.

El almacenamiento de las mantas debe hacerse en lugares libres de humedad, polvo, aisladas de rayos UV; las mantas se deben guardar limpias y enrolladas sobre superficies planas sin ser expuestas a esfuerzos mecánicos que comprometan su integridad.



*Figura 87. Inspección de mantas dieléctricas, grupo TCT SYL.*

#### 10.5.3.2.1.5 Ensayos eléctricos.

El ensayo de prueba a tensión aplicada el cual puede ser en AC o DC; se debe realizar cada seis meses máximo, con el fin de determinar la corriente de fuga que circula por las mantas mientras es sometido a la tensión de operación o de prueba. En la tabla (32), se observan los límites máximos para la corriente de fuga según lo estipulado por la norma.

*Tabla 32. Tensiones de ensayo, prueba de tensión aplicada a mantas dieléctricas*

Tensión de ensayo.				
Por clase tensión nominal.	Tensión CA r.m.s Kv		Tensión D.C r.m.s Kv	
	Prueba	Tolerancia	Prueba	Tolerancia
0	5	10		
1	10	20		
2	20	30	*	*
3	30	40		
4	40	50		

\* Bajo consideración.

#### 10.5.3.2.1.6 Ensayos mecánicos.

La norma establece los siguientes ensayos mecánicos a realizarse a las mantas dieléctricas según las características de los materiales que los componen

*Tabla 33. Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas.*

Prueba	Descripción.
General	<ul style="list-style-type: none"><li>* Fabricación y terminación.</li><li>* Marcado.</li><li>* Embalaje.</li><li>* Espesor.</li><li>* Inspección visual y dimensional.</li></ul>
Ensayos mecánicos	<ul style="list-style-type: none"><li>* Estiramiento hasta la rotura.</li><li>* Perforación mecánica.</li><li>* Ensayo de tensión.</li><li>* Envejecimiento.</li><li>* Retardo a la combustión.</li><li>* Ensayo de baja temperatura.</li><li>* Ensayos de propiedades especiales.</li></ul>
Ensayos eléctricos	<ul style="list-style-type: none"><li>* Ensayo de tensión aplicada an AC o en DC.</li></ul>

#### 10.5.3.2.1.7 Accesorios.



*Figura 88. Pinza para mantas aisladas.*

Las pinzas para manta aislada son los accesorios que permiten la fijación de las mantas con los equipos a proteger. Se deben utilizar como mínimo dos ganchos por cada manta con el fin garantizar un ajuste firme que no desproteja en ningún momento la zona protegida.

#### 10.5.3.2.2 Cubridores aislantes rígidos y flexibles.

Los cubridores o cobertores aislantes para trabajos con tensión se clasifican principalmente en dos grupos, los rígidos y los flexibles; ambos estilos a su vez se categorizan por la clase, propiedades especiales para contacto con diferentes sustancias y por el estilo de fabricación.

#### 10.5.3.2.3 Cubridores dieléctricos flexibles.

Los cubridores dieléctricos flexibles están diseñados exclusivamente para proteger conductores energizados, son muy prácticos para cubrir la zona de trabajo gracias a la longitud de los mismos, lo que ofrece al liniero mayor campo de acción protegiéndolo de contactos indeseados con otras fases o con potencial de tierra.

Los cubridores flexibles vienen en diferentes diseños, lisos, con estrías, con conector a un extremo, o como conector externo. Todos ellos cuentan con una pestaña en la parte inferior como se aprecia en la figura (87) la cual permite su utilización bajo el método a distancia, ya que sirve como zona de sujeción.



*Figura 89. Tipos de cubridores flexibles para trabajos en tensión.*

Su instalación debe hacerse de arriba hacia abajo, ejerciendo una presión sobre el que le permita ingresar al conductor a proteger. En caso de utilízase cubridores con conector a un extremo es necesario tener presente que se deben instalar todos en una misma dirección facilitando el empalme de los mismos. En aquellos trabajos que no se cuente con los conectores, la unión entre los protectores deberá hacerse por medio de una manta cerrada asegurada a ellos con ganchos de sujeción.

Se recomienda para cubrir la zona de trabajo colocar tres cobertores por fase, dos de ellos en el área de trabajo y el otro en zona más adyacente al elemento a intervenir.

#### 10.5.3.2.3.1 Calificación de los cubridores dieléctricos flexibles.

*Tabla 34. Clasificación de los cobertores flexibles*

Clasificación de los cubridores dieléctricos flexibles					
Por clase tensión nominal.		Por propiedades especiales		Por estilo	
00	A	Ácidos	A	Derecho con sección transversal constante a lo largo de su longitud	
0	H	Aceites	B	Similar al anterior, con un conector moldeado en uno de sus extremos.	
1	C	Bajas temperaturas	C	Modelo de labio extendido.	
2	W	Altas temperaturas	D	Similar al anterior, con un conector moldeado en uno de sus extremos.	
3	Z	Ozono	E	Estilo cerrado o solapado	
4	P	Humedad	F	Otros diseños	

Los cubridores al igual que todos los elementos de trabajo con tensión se clasifican según su clase, las propiedades especiales para contacto con diferentes sustancias y por su estilo. Son tipo 2, de distintas longitudes, con o sin estrías para mayor agarre y pueden o no contar con un conector a un extremo. Estas características se relacionan en la tabla (34).

#### 10.5.3.2.3.2 Composición.

Los cubridores son elementos con alta rigidez dieléctrica la cual se da gracias a las propiedades no conductoras de los componentes elastómeros flexibles que las conforman. Esta propiedad de flexibilidad es muy útil para adaptarse a las diferentes formas (curvas), de los conductores en las subestaciones o líneas

#### 10.5.3.2.3.3 Control y almacenamiento.

Los cobertores se deben almacenar en lugares libres de humedad, polvo y contacto directo con rayos UV, se deben lavar gran frecuencia para quitar cualquier agente contaminante que deteriore el aislamiento, su lavado se debe hacer a base de agua y jabones adecuados para eliminar cada tipo de sustancia a la que están expuestos

Antes de instalarlos se debe verificar que el conductor a proteger no posea hilos desflecados, entices con puntas salientes o cualquier otra condición que pueda ocasionar el rasgamiento del elemento.

#### 10.5.3.2.3.4 Ensayos eléctricos.

La norma establece cuatro tipos de ensayo para los cubridores flexibles los cuales se indican a continuación.

- ✓ Ensayo de tipo.
- ✓ Ensayo de rutina.
- ✓ Ensayo de muestreo.
- ✓ Ensayo de aceptación.

**Tabla 35. Pruebas eléctricas A1, A2 y B en AC, para cubridores flexibles.**

Diámetro interno del cubridor en mm	Tamaño del electrodo de prueba en mm	Estilos A, B y E.			Estilos C y D.		
		CLASE	Prueba A1 y A2, tensión Kv rms	Mínimo voltaje de prueba B, kV rms.	CLASE	Prueba A1 y A2, tensión Kv r.m.s	Mínimo voltaje de prueba B, kV rms.
6	4	0	5	10	0	5	10
16	14	1	10	15	1	10	15
25	23	2	20	30	2	20	30
32	30	2	20	30	2	20	30
38	32	3	30	45	4	40	62
51	45	3	30	45	4	40	62
63	57	3	30	45	4	40	62

**Tabla 36. Pruebas eléctricas A1 y A2 en DC, para cubridores flexibles.**

Diámetro interno del cubridor en mm	Tamaño del electrodo de prueba en mm	Estilos A, B y E.			Estilos C y D.
		CLASE	Prueba A1 y A2, tensión Kv rms	CLASE	Prueba A1 y A2, tensión Kv r.m.s
6	4	0	5	0	10
16	14	1	10	1	30
25	23	2	20	2	35
32	30	2	20	2	35
38	32	3	30	4	60
51	45	3	30	4	60
63	57	3	30	4	60

Las pruebas se dividen en dos grupos de la siguiente manera:

- a. Grupo A: Son ensayos de tensión de prueba “PROOF TEST”, los cuales comprenden los ensayos A1 y A2 con igual nivel de tensión, pero con diferente configuración del electrodo externo.
- b. Grupo B: Son ensayos de tensión soportada o “WITHSTAND TEST”, los cuales se realizan a frecuencia industrial.

#### 10.5.3.2.3.5 Ensayos mecánicos.

La norma establece los siguientes ensayos mecánicos a realizarse a las mantas dieléctricas según las características de los materiales que los componen

*Tabla 37. Ensayos mecánicos, a cobertores flexibles.*

Prueba	Descripción.
Ensayos mecánicos	* Perforación. * Tensión mecánica. * Tracción y rotura. * Desgarro. * Posicionamiento o montaje.

#### 10.5.3.2.4 Cubridores dieléctricos rígidos.



*Figura 90. Equipos de protección rígida para trabajos con tensión.*

Los cubridores dieléctricos rígidos son diseñados para proteger conductores energizados, aisladores tipo pin, retención, suspensión, postes, crucetas, herrajes, entre otros, no son útiles para cubrir tramos de líneas con curvaturas prolongadas.

Vienen en diferentes diseños, con estrías internas, con conector a un extremo, o como conector externo. Todos ellos cuentan con un punto de sujeción como se aprecia en la figura (90) la cual permite su utilización bajo el método a distancia, ya que sirve como zona de sujeción.

La característica adicional en este tipo de cubridores es que brindan aislamiento hasta clase 5, la cual está diseñada para 46kV. Como se especifica en la tabla (38)

*Tabla 38. Tensión máxima de soportabilidad para cobertores rígidos según su clase.*

Tensión máxima en según la clase del cobertor	
Clase	Tensión en Kv
0	1
1	7,5
2	17
3	26,5
4	36
5	46

Su instalación debe hacerse de arriba hacia abajo, ejerciendo una presión sobre el de manera que el elemento a aislar quede cubierto en su totalidad. En caso de utilizarse cubridores con conector a un extremo es necesario tener presente que se deben instalar todos en una misma dirección traslapados unos con otros, facilitando el empalme de los mismos. En aquellos trabajos que no se cuente con los conectores, la unión entre los protectores deberá hacerse por medio de una manta cerrada asegurada a ellos con ganchos de sujeción.

Se recomienda para cubrir la zona de trabajo colocar tres cobertores por fase, dos de ellos en el área de trabajo y el otro en zona más adyacente al elemento a intervenir.

#### 10.5.3.2.4.1 Calificación de los cubridores dieléctricos flexibles.

*Tabla 39. Clasificación de los cobertores rígidos*

Clasificación de los cubridores dieléctricos flexibles			
Por clase tensión nominal.	Por propiedades especiales		Por estilo
00	A	Ácidos	Para conductor
0	H	Aceites	Para aislador de perno
1	C	Bajas temperaturas	Para line post
2	W	Altas temperaturas	Para retención
3	Z	Ozono	Para herraje, grapa o morseto
4	P	Humedad	Para suspensión
5			Para poste
			Para punta de poste
			Para cruceta

Los cubridores al igual que todos los elementos de trabajo con tensión se clasifican según su clase, las propiedades especiales para contacto con diferentes sustancias y por su estilo. Son tipo 2, de distintas longitudes, con o sin estrías para mayor agarre y pueden o no contar con un conector a un extremo. Estas características se relacionan en la tabla (34).

#### 10.5.3.2.4.2 Control y almacenamiento.

Los cobertores rígidos deben ser inspeccionados antes de cada labor con el fin de determinar si presenta resquebraamientos que impidan su utilización; su

almacenamiento debe darse en lugares donde se expongan a esfuerzos mecánicos que puedan quebrarlos.

Los esfuerzos que se deben imprimir sobre estos son elevados debido a su constitución rígida para la cual se debe tener total precaución en harás de velar por la integridad de linero, cuidar el elemento y evitar acciones involuntarias que perturben la seguridad en la zona de trabajo.

#### 10.5.3.2.4.3 Ensayos eléctricos.

La norma establece dos tipos de ensayo para los cubridores fríidos los cuales se indican a continuación.

- ✓ El primero de ellos se efectúa sobre el material constitutivo y el segundo sobre el conjunto completo.

**Tabla 40.** Ensayos eléctricos a cobertores rígidos.

Prueba	Descripción.
Ensayo de tipo	* Sobre el material constitutivo. * Sobre los cobertores (aplica también para rutina y muestreo). * De posicionamiento o montaje.
Aplica también para muestreo.	* Antes de la exposición a la humedad. * Despues de la exposición a la humedad. * Despues de la exposición a la humedad.

#### 10.5.3.2.4.4 Ensayos mecánicos.

Los ensayos mecánicos a los que son sometidos los cobertores rígidos son:

**Tabla 41.** Ensayos mecánicos a cobertores rígidos.

Prueba	Descripción.
Ensayo de tipo	* Sobre el material constitutivo. * Sobre los cobertores (aplica también para rutina y muestreo). * De posicionamiento o montaje.
Aplica también para muestreo.	* Antes de la exposición a la humedad. * Despues de la exposición a la humedad. * Despues de la exposición a la humedad.

#### 10.5.3.2.5 Pértigas aisladas.



*Figura 91. Pértigas aisladas para trabajos con tensión.*

Son equipos aislados que permiten a los linieros acceder a la zona de trabajo desde el piso o estructuras cercana ya sea para cubrir la zona o para facilitar el acceso de herramienta o materiales desde piso a los trabajadores que estén en la plataforma de trabajo, su uso se da en todos los métodos de trabajo a con tensión.

Se rigen bajo la norma IEC 60855 para tubos aislantes rellenos de espuma y barras aislantes macizas y su uso está determinado para tensiones mayores a 1kV.

##### 10.5.3.2.5.1 Clasificación de las pértigas aisladas.

Las pértigas aisladas se clasifican según su función, su tensión nominal de utilización, tipo de utilización, o características constructivas.

A continuación se mencionan algunas de las pértigas con las que se cuenta hoy en día.

- ✓ **Pértiga aislante simple:** Es una pértiga aislante constituida por una barra o tubo de material aislante y que dispone en su extremo superior de la cabeza de trabajo.

- ✓ **Pértiga desmontable:** Es una pértiga aislante constituida por dos o más barras o tubos que podrán unirse entre sí, por medio de un dispositivo de empalme.
- ✓ **Pértiga telescópica:** Es una variante de las pértigas desmontables. Los tubos, o barras, que la constituyen forman un solo conjunto indivisible. Este adquiere la longitud adecuada mediante deslizamiento de aquellos con posterior fijación mediante un sistema de bloqueo.
- ✓ **Pértiga especializada:** Es aquella que utiliza un solo útil de trabajo. En este tipo de pértigas dicho útil es particularizado, y a veces solidario, a la misma (cambiador de fusibles).

Con respecto a las funciones las pértigas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ✓ Maniobrar cuchillas de seccionadores.
- ✓ Colocación o extracción de fusibles.
- ✓ Puesta a tierra y en cortocircuito.
- ✓ Pértiga para rescate (Separar al liniero de la parte energizada).

#### 10.5.3.2.5.2 Composición.



**Figura 92.** Tubos rígidos aislantes, tomada de capacitación para trabajos con tensión, SETET, Mayo 2017.

Se componen de tubos aislantes compuestos en su exterior de fibra de vidrio con resinas epóxica y barniz dieléctrico que brindan la resistencia eléctrica y la resistencia mecánica está dada por poliuretano con el que está compuesto el interior.

Deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- ✓ Las propiedades aislantes deben estar garantizadas para (100 kV AC/pie).
- ✓ Deben tener propiedades hidrofóbicas.
- ✓ Resistencia mecánica a la torsión y deflexión.

#### 10.5.3.2.5.3 Marcación

Los tubos y barras descritas en esta sección, deben tener una marcación predeterminada que indique las siguientes características:

- ✓ Nombre o marca del comerciante del fabricante.
- ✓ Diámetro externo.
- ✓ Fecha de fabricación.
- ✓ Número de la norma bajo la cual fue fabricado.

#### 10.5.3.2.5.4 Control y almacenamiento.

Las pétigas deben ser almacenadas en recintos cerrados con ambiente seco y templado, se deben guardar dentro de tubos de PVC limpios y secos, si es posible utilizar calefactores en el cuarto de almacenaje para eliminar la humedad y evitar la condensación. A la hora de transportarlas se debe realizar por separado y recintos especiales para tal fin.

Las pétigas deben mantenerse limpias, para lo cual se recomienda la utilización de paños húmedos para retirar las impurezas de las superficies y su ubicación en el área de trabajo se debe dar sobre lonas ubicadas en superficies regulares, separadas de los demás elementos que puedan alterar su superficie.

No deben usarse detergentes o productos jabonosos para la limpiar estos equipos ya que pueden variar sus propiedades dieléctricas debido a que estos pueden ser abrasivos.

Como parte de control se debe verificar las longitudes de cada cuerpo que compone la pétiga con respecto al nivel de utilización que se le va a dar. Estas dimensiones se especifican en la tabla (42).

**Tabla 42.** Distancia de cuerpos en pétigas aisladas según el nivel de tensión de operación.

Distancia entre cuerpos de la pétiga.	
Tensión nominal en kV.	Distancia en mm
20	1000
30	1200
45	1500
60	1600
110	2000
150	2500
220	3000
380	4000

#### 10.5.3.2.5.5 Ensayos eléctricos.

Antes de cada uso se debe verificar la corriente de fuga de la pértega por medio de un probador de bastones, con lo cual se determina si la pértega o barra aislada está en condiciones para prestar el servicio.

Adicional a esto se tienen los siguientes ensayos.

**Tabla 43.** Ensayos dieléctricos para pértegas y barras aisladas.

Prueba	Descripción.
Ensayos eléctricos	* Ensayo eléctrico en seco. * Ensayo eléctrico después de la exposición al agua. * Ensayo eléctrico bajo lluvia. * Rígidez dieléctrica.

#### 10.5.3.2.5.6 Ensayos mecánicos.

La norma establece los siguientes ensayos mecánicos a realizarse a los tubos y barras aisladas.

**Tabla 44.** Ensayos mecánicos, eléctricos y generales a mangas dieléctricas.

Prueba	Descripción.
Ensayo de comprobación	* Inspección visual. * Verificación dimensional. * Durabilidad de la marcación.
Ensayos mecánicos	* Impacto en frío de extremos de pértega. * Torsión. * Tracción. * Compresión. * Flexión. * Ensayo de torsión de los tornillos con cabeza aletada (mariposa)
Otros ensayos	* Ensayo de tintas penetrantes.

#### 10.5.3.2.5.7 Consideraciones para retirar una pértega de servicio.

Las siguientes son consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de determinar si una pértega debe ser retirada de servicio:

- ✓ Sensación de hormigueo al poner la pértega en contacto con elementos conductores activos.
- ✓ Deterioro de la superficie, cortes, fisuras, agujeros, falta de brillo.

- ✓ Evidencia en la superficie de caminos conductivos.
- ✓ Componentes deteriorados.
- ✓ Evidencia de sobrecarga mecánica.
- ✓ Pérdida de la rigidez dieléctrica.
- ✓ Corriente de fuga excesiva.

#### **10.5.3.3      Equipos de izaje aislados.**

Los equipos de izaje para trabajo con tensión, son elementos fundamentales a la hora de ejecutar las actividades, ya que permiten a los linieros acceder de manera fácil y segura hasta la zona de trabajo, brindando aislamiento efectivo respecto a partes de diferente potencial a la del conductor que se esté manipulando.

Durante la ejecución de los trabajos se debe monitorear constantemente la corriente de fuga, para garantizar que no se presente una falla a tierra que comprometa la integridad del personal de trabajos con tensión y de la instalación como tal.

A continuación se relacionan algunos de los equipos de izaje utilizados para realizar trabajos con tensión.

##### **10.5.3.3.1 Hidroelevadores.**



*Figura 93. Hidroelevador para trabajo con tensión. Grupo TCT SYL, julio 2017.*

Son vehículos con un brazo articulado o tramos telescopicos, diseñados especialmente para acercar al liniero a la zona de trabajo, brindando el aislamiento necesario para no causar al contacto una diferencia de potencial que ponga en riesgo la seguridad del trabajador. Es comúnmente empleado en los métodos de trabajo a contacto y a potencial.

Para su manipulación cuenta con dos controles, el primero de ellos está ubicado en la canasta y es operado directamente por el liniero que va ejecutar la actividad y el segundo en la parte trasera del vehículo el cual es supervisado por un liniero para operarlo en caso de emergencia. Nunca se deben manipular ambos comandos al mismo tiempo ya que generaría mayor riesgo de accidente.

El vehículo también dispone de un sistema de puesta a tierra el cual debe ser prioritario utilizarlo antes de realizar cualquier trabajo en tensión.

#### 10.5.3.3.1.1 Clasificación de los Hidroelevadores.

La clasificación de los Hidroelevadores está dada por tres clases, las cuales varían según la priorización del aislamiento y la posibilidad de monitoreo de la corriente de fuga como se indica a continuación.

- a) **Clase A:** El aislamiento del equipo es primaria (trabajo con línea energizada), para trabajos a potencial. Electrodos de medición. Posibilidad de monitoreo permanente de la corriente de fuga, esta clase de Hidroelevador es comúnmente utilizado para tensiones superiores a 50 kV.

- b) **Clase B:** El aislamiento del equipo es secundaria y no primaria. Para trabajos con el método de contacto o mano enguantada. Electrodo de medición. Posibilidad de monitoreo permanente de la corriente de fuga. Esta clase de Hidroelevador es utilizado en MT.
- c) **Clase C:** El aislamiento del equipo es secundaria. Para uso con el método a contacto. No tiene monitoreo de la corriente de fuga. Esta clase de Hidroelevador es utilizado en MT.

#### 10.5.3.3.1.2 Ensayos eléctricos

Los ensayos eléctricos de los Hidroelevadores se dividen en dos, el primero de ellos es aplicable a los equipos clasificados en las categorías A y B, y el segundo solo se aplica a los equipos de clase C.

**Tabla 45.** Ensayo de la corriente de fuga para Hidroelevadores clase A y B.

Clasificación por unidad	Ensayo de corriente fuga en Hidroelevadores.						
	Tensión (kV rms)	C.A rms	Máxima corriente permisible (uA).	tiempo (min)	C.C	Máxima corriente permisible (uA).	tiempo (min)
< 46 kV	40	40	40	1	56	28	3
69 kV	60	60	60	1	84	42	3
138 kV	120	120	120	1	168	84	3
230 kV	200	200	200	1	280	140	3
345 kV	300	300	300	1	420	210	3
500 kV	430	430	430	1	602	301	3
765 kV	660	660	660	1	924	462	3

**Tabla 46.** Ensayo corriente de fuga para Hidroelevadores clase C.

Clasificación por unidad	Ensayo de corriente fuga en Hidroelevadores clase C.						
	Tensión (kV rms)	C.A rms	Máxima corriente permisible (uA).	tiempo (min)	C.C	Máxima corriente permisible (uA).	tiempo (min)
< 46 kV	40	40	40	1	56	28	3

#### 10.5.3.3.1.3 Inspección diaria en el lugar de trabajo.



*Figura 94. Ensayo inicial, Hidroelevador para trabajos con tensión.*

Antes de iniciar cualquier tipo de labor de mantenimiento e inclusive antes de poner en circulación el vehículo, es necesario verificar el estado de las mangueras de presión hidráulica, componentes mecánicos, de iluminación y demás requerimientos exigidos por el fabricante. También se debe comprobar el correcto funcionamiento de la canasta y el brazo, para esto es necesario extender el brazo hasta su máxima longitud e izarlo hasta que quede a 90° con respecto a la horizontal, garantizando que se encuentra en condiciones operativas óptimas de operación. Esta manipulación debe hacerse desde los comandos inferiores, y sin personal en la canasta.

#### 10.5.3.3.2 ANDAMIOS AISLADOS



**Figura 95.** Andamio aislados para trabajos con tensión, método a contacto.

Los andamios aislados se consideran como una construcción móvil (Por medio de rieles) o fija, que brinda a los linieros de trabajo con tensión un alcance adecuado a la zona de trabajo en lugares de difícil acceso, como subestaciones, zona con vegetación alta que impide el ingreso de vehículos entre otras.

Se construye a base de módulos que se componen de tubos de fibra de vidrio y resina epóxica con características eléctricas y mecánicas según la norma IEC 60855 y ASTM F 711. Como se especificó en la descripción de las pértigas.

Los elementos constitutivos permiten su uso en instalaciones energizadas hasta 800 kV, con una garantía de aislamiento eléctrico total y una capacidad nominal de trabajo de hasta 300 daN / 660 lbs en el centro de la plataforma.

#### 10.5.3.3.2.1 Componentes de un andamio aislado.

El ensamble de una andamio aislado requiere una gran cantidad de elementos constitutivos que cuya única finalidad es brindar al liniero de trabajos con tensión, el aislamiento y la resistencia mecánica para efectuar de manera segura las actividades.

A continuación se da una breve descripción gráfica y técnica de cada uno de los ellos.

##### a) Rieles para base de andamio (Plataformas).

Los rieles o plataformas son los equipos en los cuales se apoyan las bases de los andamios (ruedas), para lograr un desplazamiento dentro del área de trabajo.



**Figura 96.** Riel y plataforma para apoyo y desplazamiento del andamio aislado,  
tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO  
2017.

b) Bases para andamio (Ruedas)



**Figura 97.** Bases de desplazamiento y apoyo del andamio aislado, tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Son un conjunto de cuatro ruedas que permiten el desplazamiento del andamio y aumenta el área efectiva de apoyo del mismo. Tienen un peso aproximado de 25 kg.

Las características eléctricas y mecánicas están de acuerdo con la norma IEC-60855 y ASTM F 711.

c) Varillas de acero Tensoras

Su función es tensionar y estabilizar las bases del andamio para generar firmeza en el módulo y evitar oscilaciones que comprometan la seguridad del liniero. Peso aproximado 8.4 kg. El par.



**Figura 98.** Varillas tensoras para la estabilidad del andamio. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

d) Travesaño Lateral (Cierre)

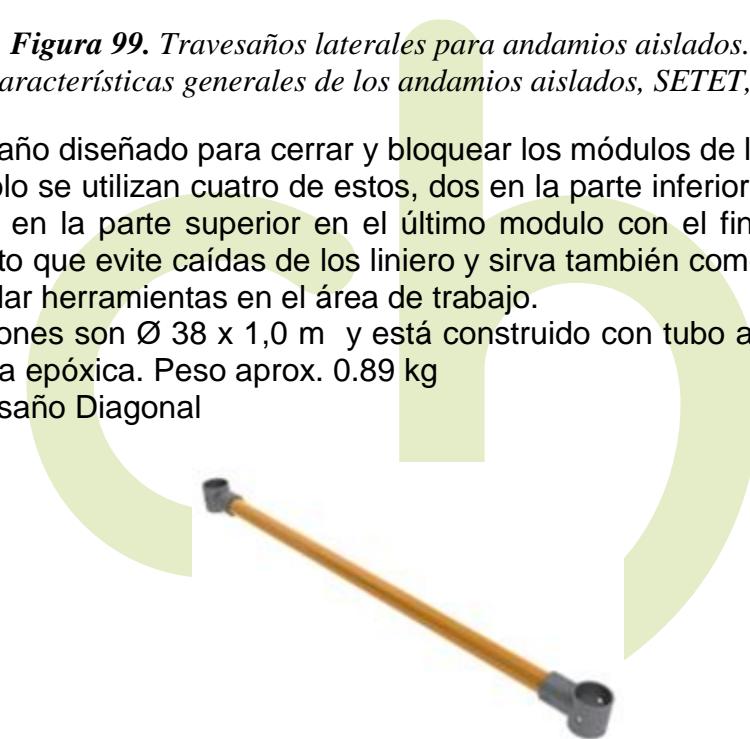


**Figura 99.** Travesaños laterales para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Es un travesaño diseñado para cerrar y bloquear los módulos de los andamios, por lo general solo se utilizan cuatro de estos, dos en la parte inferior estabilizando las bases y dos en la parte superior en el último modulo con el fin de garantizar el encerramiento que evite caídas de los liniero y sirva también como punto de apoyo para manipular herramientas en el área de trabajo.

Sus dimensiones son Ø 38 x 1,0 m y está construido con tubo a base de fibra de vidrio y resina epóxica. Peso aprox. 0.89 kg

e) Travesaño Diagonal



**Figura 100.** Travesaños diagonales para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Son travesaños de similares características a los travesaños laterales, con la salvedad de que estos son un poco más largos 1.4 m, y su peso es aproximadamente 1.5 Kg. Utilizados para unir los módulos del andamio entre sí, garantizando firmeza y evitando movimiento que perturben la seguridad del liniero.

f) Módulos de andamio



**Figura 101.** Modulos para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Los módulos para andamios aislados son de tres dimensiones, 0.5 x 1.0 m, 1.0 x 1.0 m y 2.0 x 1.0 m., con peso aproximado de 4.5, 12.2 y 13.6 kg respectivamente. Construidos con tubos de Ø 38 mm a base de fibra de vidrio y resina epoxica, con uniones de conexión en fundición de aluminio.

Cuentan con escalones con tratamiento antideslizante para facilitar el ascenso de los linieros. Pueden ser de 2 o 5 pinos dependiendo del tipo de configuración que van utilizar

g) Plataforma para andamio



**Figura 102.** Plataforma para andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

A diferencia de la plataforma inicial, esta plataforma cumple la función de servir como base de apoyo en la zona de trabajo para los linieros de trabajos con tensión, van ubicadas en el último modulo del andamio aislado.

Está compuesta de dos placas de fibra de vidrio con tratamiento superficial antideslizante, utilizada en cualquier tipo de modulo mencionado anteriormente. Y su peso es aprox. 13.2 kg.

h) Cuerda o soga aislada



**Figura 103.** Soga aislada. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Es una cuerda fabricada en polipropileno, la cual ofrece alta resistencia mecánica, baja elongación y ligereza. Debe permanecer limpia y almacenada en lugares secos no expuestos al sol. Por ningún motivo debe entrar en contacto directo con el suelo.

Son utilizadas para el izaje de materiales hasta la zona de trabajo, o como vientos para garantizar la estabilidad completa del andamio.

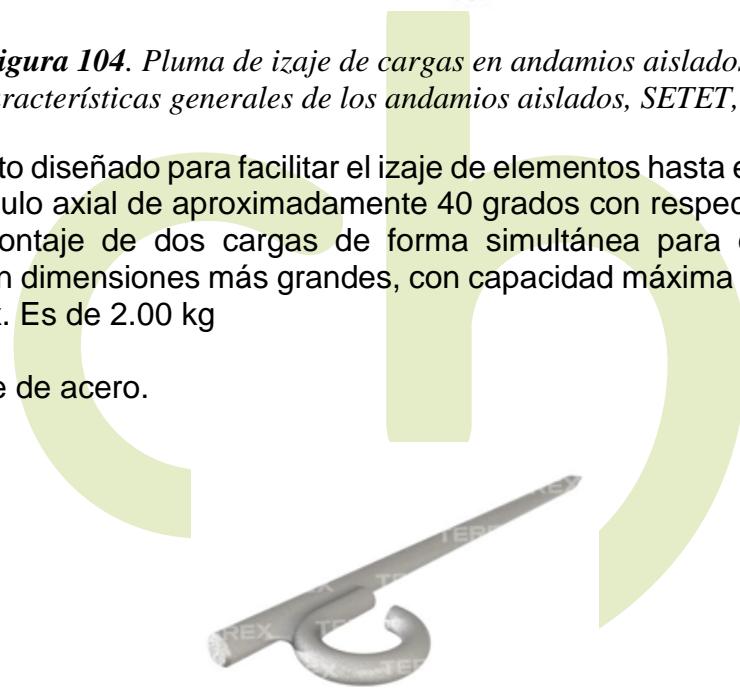
i) Pluma para izaje de cargas



**Figura 104.** Pluma de izaje de cargas en andamios aislados, Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Es un elemento diseñado para facilitar el izaje de elementos hasta el área de trabajo, tienen un ángulo axial de aproximadamente 40 grados con respecto al módulo que permite el montaje de dos cargas de forma simultánea para elevación de los materiales con dimensiones más grandes, con capacidad máxima de carga 60 daN. El peso aprox. Es de 2.00 kg

j) Anclaje de acero.



**Figura 105.** Varilla de anclaje para vientos en andamios aislados. Tomado de características generales de los andamios aislados, SETET, MAYO 2017.

Son varillas galvanizadas de palanquilla de acero y compuesto semicírculo para facilitar el anclaje de los andamios modulares. Son utilizadas como puntos de anclaje de los vientos del andamio aislado. Su peso Aprox. ES 1.60 kg.

k) Accesorios adicionales.

- ✓ Mosquetones.
- ✓ Separador aislado para soga-manila
- ✓ Rodapié de seguridad
- ✓ Caja para herramientas

- ✓ Termohigrómetro
- ✓ Microamperímetro
- ✓ Probador de bastones
- ✓ Anclajes portátiles (tie-off).

#### 10.5.4 Pruebas eléctricas a equipos de trabajos con tensión.

Las pruebas eléctricas que se realizan a equipos para trabajos con tensión se efectúan con el fin de verificar el correcto funcionamiento de los mismos, para garantizar las condiciones operativas para que el personal no se ponga en riesgo en ningún momento durante la manipulación de las mismas.

##### 10.5.4.1 Resistencia de la ropa conductiva

Los trajes o ropa conductiva requieren de una prueba eléctrica que consiste en aplicar una corriente a través del traje con el fin de determinar la resistencia de cada uno de sus componentes. Por norma IEC 60895 la prueba debe realizarse cada 5 años o después de 5 ciclos de lavado.

###### 10.5.4.1.1 Procedimiento de ensayo.



**Figura 106.** Ensayo, medida de resistencia de ropa conductiva. Tomado de presentación de herramientas para trabajos con tensión, SETET, mayo de 2017.

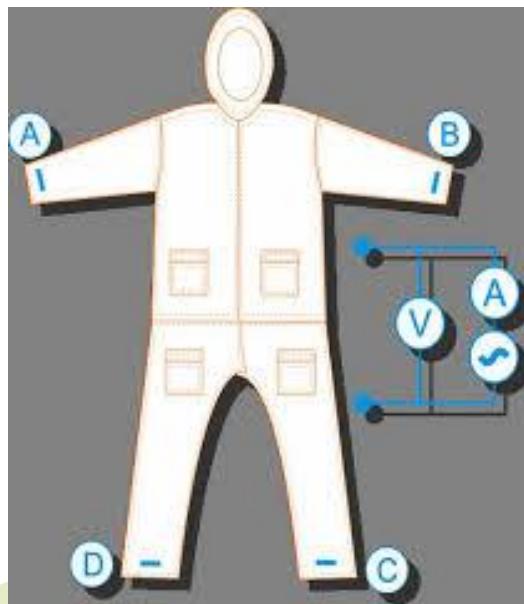
- a) Para iniciar la prueba se debe extender el traje sobre una superficie plana no conductora.

- b) Si el traje se divide en varios componentes (chaqueta, pantalón, overol), se debe asegurar que todas queden conectadas eléctricamente entre sí, a través de contactos firmes.
- c) Se debe estirar el traje tanto en chaqueta como en el pantalón y sujetarlo de tal forma a la superficie, que permanezca así durante la realización de la prueba.
- d) Entre las piernas del pantalón se debe ubicar un elemento no conductor que las separe.
- e) Ubicar los electrodos de inyección, aproximadamente a 50 mm del borde de la prenda.
- f) Elevar la tensión de manera progresiva hasta que el amperímetro indique una corriente de dos amperios (2A), el tiempo de exposición deberá ser máximo 2 segundos.
- g) Despues, se reduce la tensión hasta que el amperímetro indique 200 mA, sosteniéndola por un periodo de 60 segundos. Al finalizar este tiempo se toma la lectura del voltímetro.
- h) Por último, se calcula la resistencia haciendo uso de la ley de Ohm ASI:

$$\text{Medida} = \text{Medido}/0.2 \text{ A}$$

#### 10.5.4.1.2 Puntos de prueba.

Los puntos para realizar las mediciones son cuatro, los cuales se sitúan en las mangas y en las botas de los pantalones como se muestra a continuación.



**Figura 107.** Puntos de ensayo para medición de resistencia del traje conductor. Tomado de presentación de herramientas para trabajos con tensión, SETET, mayo de 2017.

- ✓ El primer punto de prueba se evalúa entre el puño derecho e izquierdo (A y B).
- ✓ El segundo punto de prueba se evalúa entre la bota izquierda hasta la derecha (C y D).
- ✓ Por último se debe realizar la prueba entre partes opuestas, es decir, entre (A y C) y (B y D).

#### 10.5.4.1.3 Aceptación de valores.

El criterio para la aceptación de los valores de resistencia del traje conductor, está dado por el promedio de las 4 medidas tomadas entre los puntos anteriormente descritos como se muestra en la tabla (47).

**Tabla 47.** Análisis de resultados, pruebas de resistencia para ropa conductiva.

Análisis de resultados, prueba de resistencia eléctrica para ropa conductiva.							
temp	Humedad	A-B	C-D	A-C	B-D	Promedio	< 50 Ohm
26°	61%	26	31	34	34	31,3	Aceptado
26°	61%	27,5	34,5	35,5	37,5	33,8	Aceptado
26°	61%	28	34,5	36	35,5	33,5	Aceptado

26°	61%	27,5	29,5	34,5	34,5	31,5	Aceptado
26°	61%	26,5	34	36,5	36	33,3	Aceptado
27°	60%	26	35	36,5	34	32,9	Aceptado

#### 10.5.4.2 Corriente de fuga en pértigas.



*Figura 108. Probador de bastones marca chance, tomado del portal web de altapro.*

Es un equipo portátil que permite detectar brevemente en campo la corriente de fugas en bastones o pértigas aisladas de hasta 3 pulgadas de diámetro. Ofrece la realización de la prueba en dos estados, húmedo y seco, el primero de ellos se calibra a 75 kV/Pie, mientras que el segundo a 100 kV/Pie.

Los resultados de la prueba son muy confiables para determinar el nivel de aislamiento del bastón o pértiga a probar, aunque se recomienda antes de iniciar la prueba, verificar el probador con una pértiga en mal estado que viene con el equipo, para determinar que la calibración del equipo se encuentre entre los límites permitidos. De no pasar la calibración no serán válidas las pruebas que se realicen con el equipo.

#### 10.5.4.2.1 Procedimiento de ensayo.

- a) La prueba se realiza colocando el probador de bastones en contacto directo con el elemento a probar, y se revisa dentro de que rango se posiciona la aguja del tester; si se mantiene en el rango de color verde, está indicando que la corriente de fuga está dentro de los límites permitidos, si por el contrario se posiciona en el rango rojo quiere decir que la corriente de fuga sobrepasa los límites permitidos.
- b) Si en primera instancia el bastón no aprueba la prueba, se debe limpiar su superficie y retirar toda impureza y humedad que presente. Se realiza nuevamente la prueba, si en el segundo ensayo no es positivo (cuando el selector de corriente de fuga, marque rojo), se debe suspender su uso de inmediato, hasta que no se realice una reparación que demuestre que el bastón está en condiciones operativas para realizar la labor.
- c) La prueba debe realizarse durante toda la extensión del elemento a probar evitando el contacto directo entre el probador de bastones con las partes de sujeción de material.
- d) Se debe realizar a absolutamente todos los bastones que se utilizaran en el trabajo; en el caso del andamio aislado, la prueba debe realizarse a cada uno de los bastones que componen los módulos del andamio.

#### 10.5.4.2.2 Defectos típicos en las púrtigas y bastones.

- a) Daños superficiales (Ralladuras, manchas, elementos adheridos, perdida del barniz dieléctrico).
- b) Humedad interna entre los empalmes de los tubos de poliuretano expandido.
- c) Humedad interna por mala adherencia entre la interface de poliuretano expandido y el tubo de fibra de vidrio con resina epoxi.

#### 10.5.4.3 Corrientes de fuga en equipos izaje.



*Figura 109. Microamperímetro, para monitorear corrientes de fuga en equipos de izaje para trabajos con tensión.*

En el trabajo con tensión es indispensable monitorear en todo momento la corriente fuga de los equipos de izaje (plataformas, andamios aislados, escaleras, brazo grúa), cuando se encuentran en contacto directo con partes energizadas, buscando con esto garantizar la seguridad del personal de trabajos con tensión, al evitar fallas a tierra de los elementos energizados.

Para esto se utiliza un Microamperímetro el cual es el equipo que permite monitorear constantemente la corriente de fuga que se pueden presentar en estos equipos cuando se encuentran en contacto directo con el circuito energizado.

Los rangos de medición de este equipo para las corrientes de fugas son los siguientes:

0 – 200 microamperios.  
0 -1000 microamperios.

##### 10.5.4.3.1 Procedimiento de ensayo.

- a) El Microamperímetro se conecta directamente al elemento de izaje que se requiere monitorear, antes de que cualquier liniero haga por él.
- b) Se registra la corriente de fuga por el equipo, la cual no debe superar un microamperio por cada kilovoltio de tensión nominal de la instalación.

- c) Si durante la ejecución de los trabajos con tensión se presentan precipitaciones sin descargas atmosféricas, es posible continuar con la labor, pero se debe tener presente que lo más probable es que la corriente de fuga aumente considerablemente por lo que se recomienda total precaución y monitoreo constante en estas condiciones.

## 11 DISTANCIAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS CON TENSIÓN

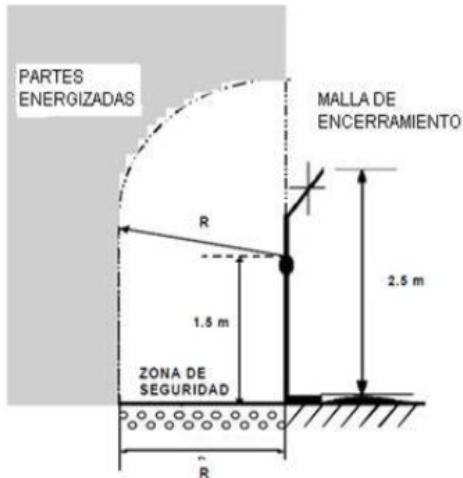
Son las distancias mínimas que se deben cumplir a la hora de realizar cualquier tipo de trabajo dentro de una subestación de potencia, por todo el personal que intervenga en ellas, tanto para trabajos en frío como en caliente, con tal de prevenir y minimizar los riesgos innecesarios a los que se pueda llegar a ver expuesto el personal de trabajo que interviene en la labor.

### 11.1 Distancias de seguridad

Son las distancias mínimas que se deben respetar entre equipos energizados y personal presente en la subestación ya sea por mantenimiento u otras labores que requieran su presencia.

### 11.2 Distancias de seguridad en subestaciones exteriores.

Las partes expuestas energizadas deben estar por fuera de la zona de distancia de seguridad con respecto a las mallas que se instalan en las subestaciones como barreras para evitar el paso del personal no autorizado. La siguiente grafica ilustra lo anteriormente descrito e indica las distancias a seguir según el nivel de tensión.



Tensión nominal entre fases (kV)	Dimensión "R"(m)
0,151-7,2	3,0
13,8/13,2/11,4	3,1
34,5/44	3,2
66/57,5	3,5
115/110	4,0
230/220	4,7
500	5,3

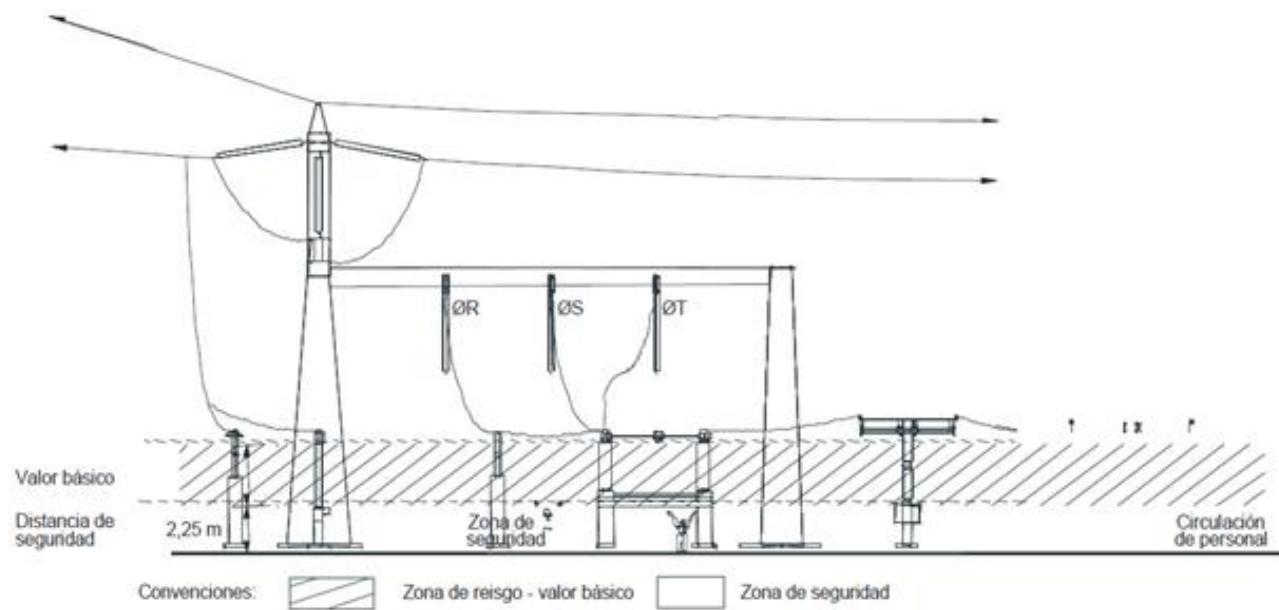
**Figura 110.** Distancias de seguridad para prevenir contactos directos en subestaciones exteriores, tomada de RETIE 2013.

En subestaciones de media tensión, con encerramiento en pared, la distancia horizontal entre la pared y elementos energizados podrá reducirse al valor del espacio libre de trabajo dado en la columna dos Tabla 21, siempre y cuando, la pared tenga mínimo 2,5 m de altura y no tenga orificios por donde se puedan introducir elementos conductores que se acerquen a partes energizadas. En todos los casos se debe asegurar que se cumplen los espacios mínimos para la ventilación y acceso de los equipos, así como los de trabajo definidos en la sección 110 de la **NTC 2050**,

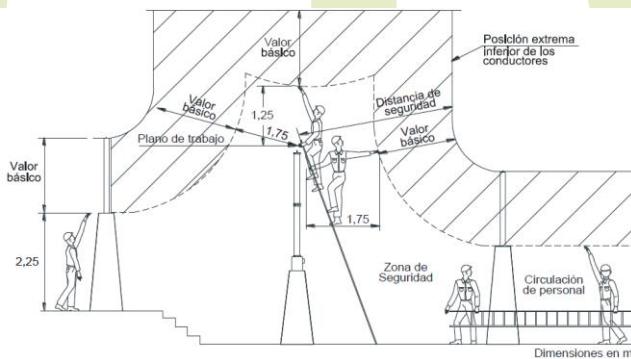
Las subestaciones exteriores o de patio de alta y extra alta tensión deben cumplir las distancias de seguridad y lineamientos expresados en las Figuras 110, 111, 112 y las Tablas 21 y 22, relacionadas con la coordinación de aislamiento y el Comité 23 del CIGRE y la norma **IEC 60071-2**.

**Tabla 48.** Profundidad mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica.

Tensión nominal a tierra [V]	Distancia mínima en [m] según la condición.		
	1	2	3
601 - 2500	0,90	1,20	1,50
2501 - 9000	1,20	1,50	1,80
9001 - 25000	1,50	1,80	2,70
25001 - 75000	1,80	2,40	3,00
Mayor a 75000	2,40	3,00	3,70



**Figura 111.** Zona de seguridad para circulación de personal.



**Figura 112.** Zonas de seguridad.

**Tabla 49. Distancias de seguridad en el aire, para las figuras 70 y 71. Tomada de NTC 2050**

Up [kV] (valor pico)	Distancia mínima según IEC [m]	DISTANCIAS DE SEGURIDAD												
		Valor básico			Circulación personal			Zona de trabajo en ausencia de maquinaria pesada				Circulación de vehículos		
		Cantidad que se adiciona		Valor básico [m]	Bajo conexiones		[m]	Horizontal		Vertical		Zona de seguridad		Valor total [m]
		%	[m]		Zona de seguridad [m]	Valor total [m]		Zona de seguridad [m]	Valor total [m]	Zona de seguridad [m]	Valor total [m]	Gálibo [m]	Tolerancia [m]	Valor total [m]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)+(4)	(6)	(7)=(5)+(6)	(8)	(9)	(10)=(5)+(9)	(11)	(12)=(5)+(11)	(13)	(14)	(15)= (5)+(13)+(14)
60	0,09	10	0,01	0,10	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
75	0,12	10	0,01	0,13	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
95	0,16	10	0,02	0,18	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
125	0,22	10	0,02	0,24	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
170	0,32	10	0,03	0,35	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
200	0,38	10	0,04	0,42	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
250	0,48	10	0,05	0,53	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
325	0,63	10	0,07	0,70	2,25	(*)	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
280	0,75	10	0,08	0,83	2,25	3,08	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
450	0,90	10	0,10	1,00	2,25	3,25	2,25	1,75	(*)	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
550	1,10	10	0,11	1,21	2,25	3,46	2,25	1,75	2,96	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
650	1,30	10	0,13	1,43	2,25	3,68	2,25	1,75	3,18	1,25	(*)	(*)	0,70	(**)
750	1,50	10	0,15	1,65	2,25	3,90	2,25	1,75	3,40	1,25	2,90	(*)	0,70	(**)
850	1,70	10	0,17	1,87	2,25	4,12	2,25	1,75	3,62	1,25	3,12	(*)	0,70	(**)
950	1,90	10	0,19	2,09	2,25	4,34	2,25	1,75	3,84	1,25	3,34	(*)	0,70	(**)
1050	2,10	10	0,21	2,31	2,25	4,56	2,25	1,75	4,06	1,25	3,56	(*)	0,70	(**)
1175	2,35	10	0,24	2,59	2,25	4,84	2,25	1,75	4,34	1,25	3,84	(*)	0,70	(**)
1300	2,60	10	0,26	2,86	2,25	5,11	2,25	1,75	4,61	1,25	4,11	(*)	0,70	(**)
1425	2,85	6	0,17	3,02	2,25	5,27	2,25	1,75	4,77	1,25	4,27	(*)	0,70	(**)
1550	3,10	6	0,19	3,29	2,25	5,54	2,25	1,75	5,04	1,25	4,54	(*)	0,70	(**)

(\*) Valor mínimo recomendado de 3 [m], pero puede ser un poco menor según las condiciones locales, procedimientos estandarizados de trabajo.

(\*\*) Se determina en cada caso.

## 12 PRUEBAS DE PATIO.

Son todas aquellas pruebas orientadas hacia los equipos de patio de las subestaciones de CHEC S.A E.S.P que se realizan con el fin de verificar las características de diseño, el comportamiento, el desgaste y estado interno del equipo, entre otros. Son pruebas determinantes ya que permiten conocer las condiciones internas y operativas en las que se encuentra el equipo.

Estas pruebas se realizan en 3 casos específicos:

- ✓ **Puesta en servicio:** Se deben realizar las pruebas después de instalar el equipo pero antes de poner en servicio con el fin de verificar las condiciones en la que se encuentra, determinando si es viable o no su entrada en operación.
- ✓ **Mantenimiento:** Se realizan periódicamente según el plan operativo de mantenimiento estipulado desde la subgerencia de subestaciones y líneas, respetando los tiempos mínimos y máximos de intervención que requiere cada equipo.
- ✓ **Recepción y/o verificación:** Se deben realizar a todo equipo nuevo o reparado, realizando una inspección detallada de todos sus componentes con el fin de descartar posibles daños ocasionados en el traslado.

Aunque las pruebas a equipos de patio son un gran número, a continuación se describen únicamente las que podrán ser realizadas por el grupo de trabajos con tensión, ya que las demás estarán a cargo del personal de mantenimiento en frío.

## 12.1 Recomendaciones generales.

- ✓ Tramitar la orden de mantenimiento ante el CND.
- ✓ Coordinar la apertura de la orden de mantenimiento con el operador de la subestación, en caso que no haya operador en la subestación, se debe establecer comunicación directa con el centro de control.
- ✓ Disponer de un vehículo y un kit de emergencia para atender cualquier eventualidad que se pueda presentar.
- ✓ Garantizar las 5 reglas de oro para trabajos en línea energizada.
  1. Deshabilitar recierres
  2. Señalar y delimitar la zona de trabajo.
  3. Aterrizar camión canasta.
  4. Inspeccionar equipos para trabajos con tensión.
  5. Cubrir el área de trabajo.
- ✓ Ubicar los equipos de prueba sobre superficies firmes y verificar el estado de los equipos y cables de prueba.
- ✓ Realizar las conexiones correspondientes a cada prueba, procurando no pisar, ni tensionar los cables de prueba y evitando que se creen bucles en estos.

- ✓ Evitar que el personal o animales hagan contacto con los cables en el momento que se inyecta la tensión o corriente de prueba.
- ✓ Nunca aplicar tensiones superiores a las nominales.
- ✓ Tomar todas las medidas de seguridad necesarias para la realización de la prueba.
- ✓ Utilizar todos los elementos de protección personal necesarios para cada tipo de prueba.
- ✓ Registrar los datos de las pruebas teniendo en cuenta todos los agentes externos que pueden incidir en los resultados.
- ✓ Interrumpir labores ante la presencia de descargas atmosféricas o condiciones climáticas adversas.

## 12.2 Resistencia de contactos.

Los puntos con altas resistencias de contacto son causales de gran parte de las fallas en los equipos de interrupción de corriente y circuitos eléctricos, a causa del sobrecalentamiento causado por las altas corrientes en las líneas de transmisión y distribución, originando caídas de potenciales y perdidas de potencia. Por tal motivo es recomendable realizar termografías periódicamente tratando de identificar puntos calientes en las conexiones, los cuales dan un indicio de resistencias altas que deben ser tratadas prontamente.

Se realiza por lo general a Interruptores de potencia, seccionadores, cuchillas de puesta a tierra y en todo circuito o equipo que cuente con puntos de conexión a presión, para verificar el ajuste entre ambos contactos ya que estos se van deteriorando por la cantidad de maniobras realizadas por el equipo.

Como la resistencia de contactos solo hace referencia a la parte resistiva de la impedancia, la prueba se debe realizar con una fuente de corriente directa

El principio de funcionamiento de esta prueba está basado en el puente de Wheatstone que contiene el Micrómetro, equipo con el cual se realiza la prueba aplicando una corriente continua de 100 [A]; la confiabilidad de la prueba es directamente proporcional a la corriente, ya que si aumenta una la otra también lo hará.

Un valor elevado de resistencia puede evidenciar presencia de agentes externos entre las superficies de contacto o conexiones débiles por lo que es recomendable

en el primer caso soltar las conexiones y lijar la superficies, posteriormente repetir la prueba; para el segundo caso si se evidencian conexiones flojas, débiles o falta de tornillería, se debe proceder a conectar firmemente las dos zonas de contacto.

Esta prueba está definida como el cociente entre la diferencia de potencial que se presenta entre dos superficie de contacto y una corriente que las atraviesa, sin presencia de fuerza electromotriz.

$$R_{CONTACTO} = \frac{\Delta V}{I}$$

Es recomendable realizar la prueba entre los 10 °C y 40°C, teniendo en cuenta que se debe corregir la prueba a un valor de referencia de 20°C según la siguiente formula.

$$R_2 = R_1 \frac{T_2 + K_0}{T_1 + K_0}$$

Donde:

$R_1$ : Resistencia medida a temperatura  $T_1$ , Ω

$R_2$ : Resistencia medida a temperatura  $T_2$ , Ω

$T_1$ : Temperatura ambiente, °C.

$T_2$ : Temperatura de referencia, °C.

$K_0$ : Constante del material; para el cobre es 234,5 y para el aluminio es 228.

## 12.2.1 Aplicaciones.

### 12.2.1.1 Interruptores de potencia.

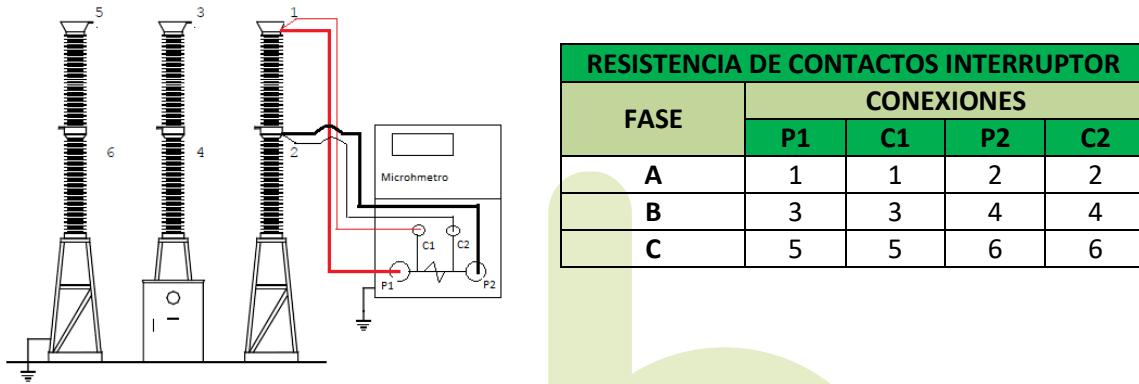
Esta prueba se debe realizar a cada uno de los polos o cámaras del interruptor entre los terminales de ALTA y BAJA.

#### 12.2.1.1.1 Recomendaciones

- ✓ Seguir lo establecido en el numeral 14.1 recomendaciones generales para pruebas eléctricas.
- ✓ Limpiar las superficies donde irán conectadas las pinzas de prueba.
- ✓ El equipo debe estar desenergizado y posición cerrado.
- ✓ Realizar las pruebas entre ALTA – BAJA, ALTA-TIERRA, BAJA-TIERRA en cada uno de los polos del interruptor.
- ✓ Aislara el equipo durante la prueba para evitar inducciones electromagnéticas que perturben las lecturas.
- ✓ Registrar los datos en el formato FO-DI-08-002-008.

- ✓ Equipo de pruebas Micrómetro.
- ✓ Los cables de conexión deben ir por delante de las referencias de corriente para evitar caídas de tensión.

#### 12.2.1.1.2 Conexiones.



**Figura 113.** Conexiones, resistencia de contactos, interruptor de potencia en SF6.

#### 12.2.1.1.3 Interpretación de resultados

Una alta resistencia de contactos puede ser causada por cualquier de los elementos que componen el conjunto (Conector de la boquilla, conectores fijos, conectores móviles, accesorios). Es resistencia puede variar según el tipo y diseño del interruptor. Los valores se pueden tolerar entre un rango de 80 [ $\mu\Omega$ ] hasta 200 [ $\mu\Omega$ ].

Es conveniente realizar comparativos entre las medidas tomadas en la puesta en servicio y las otorgadas por el fabricante con las obtenidas en las labores de mantenimiento con el fin de comparar el comportamiento a lo largo de los años y determinar incrementos en las medidas.

Los contactos que se realicen entre dos materiales que no sean químicamente compatibles, deberán contar con material bimetálico entre ambas superficies de contacto con el fin de evitar sulfataciones que generen puntos calientes y pongan en riesgo la seguridad tanto de las personas como de la instalación.

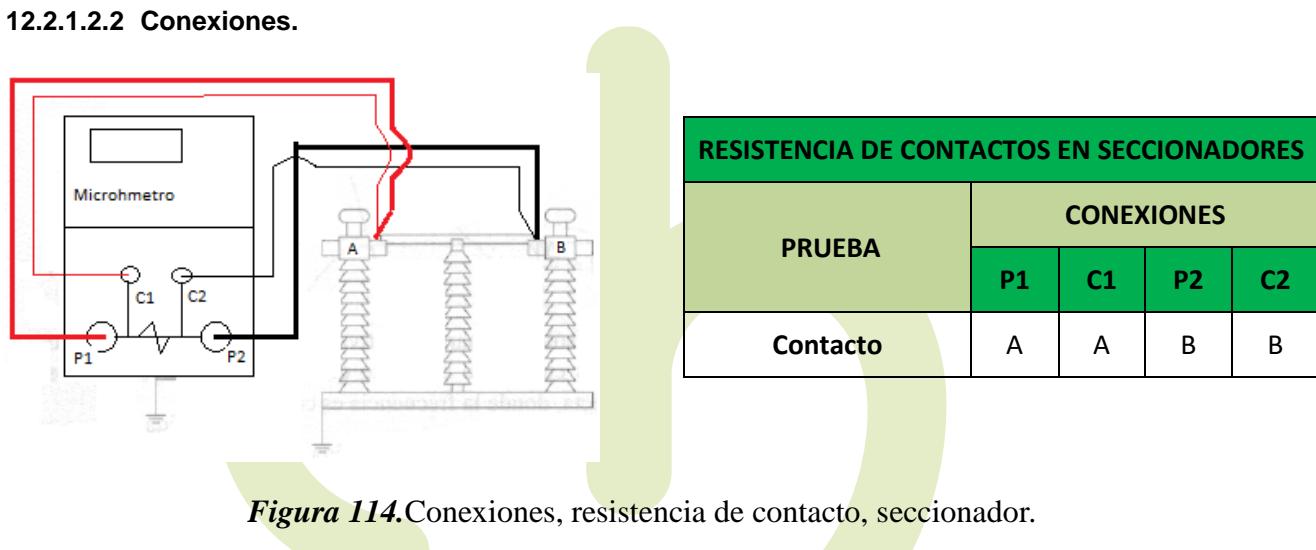
#### 12.2.1.2 Seccionadores.

La prueba de resistencia de contactos en los seccionadores se realiza con el objetivo de verificar que entre los contactos de las columnas móviles se tenga un bajo valor de resistencia. Se debe realizar a cada uno de los seccionadores de línea.

#### 12.2.1.2.1 Recomendaciones

- ✓ Seguir lo establecido en el numeral 14.1 recomendaciones generales para pruebas eléctricas.
- ✓ Limpiar las superficies donde irán conectadas las pinzas de prueba.
- ✓ Cerrar manualmente el seccionador
- ✓ Realizar las pruebas entre los contactos fijos del interruptor seccionador.
- ✓ Registrar los datos en el formato FO-DI-08-002-008.
- ✓ Equipo de pruebas Micrómetro.

#### 12.2.1.2.2 Conexiones.



**Figura 114.**Conexiones, resistencia de contacto, seccionador.

#### 12.2.1.2.3 Interpretación de resultados.

Una resistencia de contactos alta puede ser causada por cualquier de los elementos que componen el conjunto (Conector de la boquilla, conectores fijos, conectores móviles, accesorios). La resistencia puede variar según el tipo y diseño del seccionador. Los valores se pueden tolerar entre un rango de 80 [ $\mu\Omega$ ] hasta 200 [ $\mu\Omega$ ].

### 12.3 Termografía

El objetivo fundamental de la termografía es identificar, sin contacto alguno, componentes mecánicos o eléctricos que presenten puntos con elevadas temperaturas, para poder tomar las acciones proactivas necesarios con el fin de evitar condiciones de falla inminente o simplemente para disminuir de las pérdidas de energía. Por medio de la implementación de programas de inspección termográfica se busca disminuir las suspensiones no programadas y elevar el índice de disponibilidad del equipo ya que es una prueba ON-LINE

### 12.3.1 Fundamentación teórica

La energía infrarroja forma parte del espectro electromagnético, viaja a través del espacio a la velocidad de la luz y puede ser reflejada, refractada, absoluta o emitida. La onda completa de energía infrarroja está cercana a la de la luz visible en un rango de 2 y 100 µm. Todos los objetos emiten radiación infrarroja en función de su temperatura, radiación generada por la vibración y rotación de los átomos y que aumenta con la temperatura, lo que causa una mayor emisividad de luz infrarroja. Las cámaras termográficas son dispositivos especiales que convierten la luz infrarroja en colores identificables al ojo humano mediante imágenes denominadas termogramas.

### 12.3.2 Alcance

Los análisis termográficos muestran mediante termogramas los puntos caliente presentes en el transformador o equipo analizado; estos puntos calientes pueden ser causados por diferentes factores entre ellos se encuentran conexiones

#### 12.3.2.1 Instalaciones de alta tensión

El calor es un factor importante en las instalaciones de alta tensión. Cuando la corriente eléctrica pasa a través de un elemento resistivo, genera calor. Una mayor resistencia produce un aumento del calor.

Con el tiempo, la resistencia de las conexiones eléctricas aumenta, debido, por ejemplo, a la holgura y la corrosión. El correspondiente incremento de la temperatura puede hacer que los componentes fallen, lo que puede provocar cortes de tensión inesperados e incluso lesiones. Además, la energía empleada en generar calor provoca pérdidas de energía innecesarias. Si no se comprueba, el calor podría acumularse hasta el punto de fundir conexiones y provocar averías e incluso incendios.

Fallos en instalaciones de alta tensión que se pueden detectar con termografía:

- Oxidación de interruptores de alta tensión
- Conexiones recalentadas
- Conexiones mal aseguradas
- Defectos de aislamiento

Estos y otros problemas se pueden detectar en una fase temprana mediante una cámara termográfica. Una cámara termográfica le ayudará a localizar el problema con precisión, determinar la gravedad del mismo y calcular el tiempo en el que se debe reparar el equipo.

Una de las múltiples ventajas de la termografía es la capacidad para llevar a cabo inspecciones mientras los sistemas eléctricos están cargados. Al tratarse de un método de diagnóstico sin contacto, el termógrafo puede inspeccionar rápidamente un componente concreto de un equipo a una distancia de seguridad, abandonar la zona de riesgo, regresar a su oficina y analizar los datos sin exponerse a ningún peligro. Gracias a que las cámaras termográficas FLIR para mantenimiento predictivo son todas manuales y funcionan con batería, también se pueden utilizar para inspecciones en el exterior: mediante una cámara termográfica de FLIR Systems es posible inspeccionar de manera rápida y eficaz subestaciones de alta tensión, interruptores, transformadores y disyuntores externos.

La continuidad de las utilidades es muy importante, ya que mucha gente confía en sus servicios. Por este motivo, las inspecciones termográficas se han convertido en parte esencial de los programas de mantenimiento preventivo de utilidades en todo el mundo. FLIR puede proporcionar las soluciones termográficas más avanzadas para programas de supervisión constantes que mantienen en funcionamiento la Red eléctrica esencial.

#### **12.3.2.2 Instalaciones de baja tensión**

Las cámaras termográficas se utilizan para inspecciones de componentes y sistemas eléctricos de todos los tamaños y formas y su empleo no se limita únicamente a aplicaciones de alta tensión. Con ellas podrá examinar regularmente cuadros eléctricos y centros de control de motores. Si no lo hace, el calor podría acumularse hasta el punto de fundir conexiones y provocar averías e incluso incendios. Además de conexiones sueltas, los sistemas eléctricos sufren desequilibrios de carga, corrosión y aumentos de impedancia de corriente. Las inspecciones térmicas permiten localizar rápidamente puntos calientes, determinar la gravedad del problema y calcular el tiempo en el que se debe reparar el equipo.

Ejemplos de fallos en equipamiento de baja tensión que se pueden detectar con termografía:

- Conexiones de alta resistencia
- Conexiones corroídas
- Daños internos en los fusibles
- Fallos internos en los disyuntores
- Malas conexiones y daños internos

Estos y otros problemas se pueden detectar en una fase temprana mediante una cámara termográfica. De este modo, se evitarán costosos daños y situaciones peligrosas.

Si desea utilizar cámaras termográficas para inspecciones de baja tensión en plantas de producción, oficinas, hospitales, hoteles o residencias domésticas, FLIR Systems dispone exactamente de la cámara termográfica adecuada para sus necesidades.

## **13 BIBLIOGRAFÍA**

- ✓ Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE/2013.
- ✓ Transformadores de alto voltaje de alta tensión para suministro directo de potencia en baja y media tensión./William J. Henao/Jornadas técnicas ABB.
- ✓ Especificación técnica, transformadores de instrumentación de alta tensión./Enersis/2008.
- ✓ Pruebas aplicables a transformadores de distribución tipo pedestal hasta 2500 KVA/Luis Alberto Coscatl A./ Monografía/ Universidad veracruzana/ 2012.
- ✓ Artículo transformadores de distribución de alta potencia/ABB.
- ✓ Parametrización y caracterización de transformadores de corriente y de potencial de la red de distribución de la electrificadora de Santander/ Javier Leonardo Soacha P./ Trabajo de grado/ Universidad Industrial de Santander/ 2009.
- ✓ Pruebas eléctricas de diagnóstico a los transformadores de potencia/ Informe pasantía/Arturo José Lon/Universidad Simón Bolívar./2012.
- ✓ Pruebas eléctricas para puesta en marcha y mantenimiento de transformadores/ Megger/2010.
- ✓ Manual de pruebas a transformadores de distribución /Andres Hernández A., Rubén Ledesma V., Eduardo Perera M./ Trabajo de grado/ Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco/2007.
- ✓ Mantenimiento a transformadores de potencia/ MYP Ingenieros SAC.
- ✓ Mantenimiento de transformadores de potencia/ Tesis de grado/ Javier Enrique Solano M./ UIS/ 2005.

- ✓ Plan de mantenimiento de servicios auxiliares de las subestaciones SEN/ Informe pasantía/ Cynthia Karina Martínez G./ Universidad Simón Bolívar/ 2012.
- ✓ Especificación técnica seccionadores de alta tensión (E SE 004)/ Enersis/2008.
- ✓ Guía de termografía para mantenimiento predictivo/ FLIR.
- ✓ Guía para pruebas de diagnóstico de aislamiento Megger.
- ✓ Pruebas para diagnostico especializado de infraestructura eléctrica/ GENSA.
- ✓ Evaluación de estado de equipo de subestación/ Megger.
- ✓ Guía general y recomendaciones para pruebas de diagnóstico de falla en equipos de alta tensión en subestaciones de energía eléctrica/ Trabajo de grado/ John Nicolás Castiblanco L./ Cristian Alexander Benavides A./ Universidad de la Salle/ 2006.
- ✓ Manual de mantenimiento y pruebas a interruptores de 115 kV, con aislamiento en SF6 y aceite dieléctrico/ Trabajo de grado/ Alexander Saavedra F., Mario Tano Gutiérrez M./ Universidad de la Salle/ 2007.
- ✓ Descripción y función del equipo de una subestación eléctrica/ Tesina profesional/ José Guillermo Mar P., Eric Dario Vidal L./Universidad Veracruzana/ 2011.
- ✓ Manual de mantenimiento para subestaciones eléctricas/Empresa distribuidora del pacifico DISPAC/ 2015.
- ✓ Libro Subestaciones de alta y extra alta tensión/ HMV Ingenieros S.A. Ingenieros consultores 2da edición.
- ✓ Especificación técnica Interruptores de alta tensión E SE 002/ Enersis.
- ✓ Presentación Pruebas a equipos de patio de subestaciones eléctricas/ Capacitación básica en pruebas de equipos de subestaciones de potencia/ SIEMENS.
- ✓ Presentación Fundamentos en equipos de patio/ Capacitación básica en subestaciones de potencia/ SIEMENS.