

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:  
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS  
SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN  
EN BÓVEDA O POZO  
(E-MT-021)**



|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 2 de 37                   |

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:  
TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS  
SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN  
EN BÓVEDA O POZO  
(E-MT-021)**

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>Preparada por:</b><br/>Gerencia Regional de Distribución y Servicios</p> | <p><b>Aprobada por:</b></p> <p>AMPLA – Dirección Técnica<br/>CHILECTRA S.A. – Gerencia Gestión Redes<br/>CODENSA S.A.E.S.P. – Gerencia de Distribución<br/>COELCE – Dirección Técnica<br/>EDELNOR S.A.A. – Gerencia Técnica<br/>EDESUR S.A. – Dirección de Distribución</p> | <p><b>Emitida por:</b><br/>Gerencia Regional de Distribución y Servicios</p> |
| <p><b>Editada : Octubre de 2008</b><br/><b>Revisada : Julio de 2009</b></p>    |   |  |

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 3 de 37                    |

## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INDICE .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1. OBJETIVO .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2. NORMAS .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>3. DESIGNACIÓN ABREVIADA .....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD.....</b>                                       | <b>6</b>  |
| <b>5. CONDICIONES DE SERVICIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....</b>                  | <b>7</b>  |
| 5.1. CONDICIONES AMBIENTALES .....   | 7         |
| 5.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS .....                | 8         |
| <b>6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES .....</b>                             | <b>8</b>  |
| 6.1. CAPACIDADES NOMINALES. ....   | 8         |
| 6.2. TENSIONES NOMINALES Y CAPACIDADES ASOCIADAS .....                         | 9         |
| 6.3. NIVEL DE AISLACIÓN .....  | 11        |
| 6.4. TENSIONES NOMINALES DE LOS TRANSFORMADORES.....                           | 12        |
| 6.5. CAMBIADOR DE DERIVACIONES. ....   | 12        |
| 6.6. CONMUTADOR DE TENSIÓN. ....   | 13        |
| 6.7. TIPO DE CONEXIÓN.....   | 13        |
| 6.8. CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO. ....  | 14        |
| 6.9. PÉRDIDAS ADMISIBLES. ....   | 15        |
| 6.10. NIVEL DE RUIDO.....  | 16        |
| 6.11. ESFUERZOS SÍSMICOS .....   | 16        |
| 6.12. ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.....  | 16        |
| 6.13. SOBRECARGA.....  | 17        |
| <b>7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....</b>  | <b>17</b> |
| 7.1. TERMINALES.....   | 17        |
| 7.2. SECCIONADOR BAJO CARGA .....  | 18        |
| 7.3. PROTECCIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....  | 18        |
| 7.4. ESTANQUEIDAD .....  | 19        |
| 7.5. MATERIALES AISLANTES.....   | 19        |
| 7.6. PARTE ACTIVA .....  | 19        |
| 7.7. ESTANQUE .....  | 20        |
| 7.8. TAPA.....   | 20        |
| 7.9. RADIADORES.....   | 21        |
| 7.10. SISTEMA DE MONTAJE .....   | 21        |
| 7.11. PESO MÁXIMO .....  | 21        |
| 7.12. DIMENSIONES MÁXIMAS. ....  | 21        |
| 7.13. PINTURA .....  | 21        |
| 7.14. PLACA DE CARACTERÍSTICAS .....   | 22        |
| 7.15. ACCESORIOS .....   | 24        |
| 7.16. INNOVACIONES .....   | 25        |
| <b>8. EVALUACIÓN DE LAS OFERTAS Y PENALIZACIÓN DEL EXCESO DE PÉRDIDAS.....</b> | <b>25</b> |
| 8.1. VALORIZACIÓN .....  | 25        |
| 8.2. PENALIZACIÓN DEL EXCESO DE POTENCIA DE PÉRDIDAS .....                     | 25        |

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                                 |
|   |  | <p><b>Rev.:</b> Nro.1<br/>JULIO 2009</p> |
|   |  | Página 4 de 37                           |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>9. DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN TÉCNICA .....</b>                        | <b>26</b> |
| 9.1. INFORMACIÓN TÉCNICA A SUMINISTRAR POR LOS OFERENTES .....             | 26        |
| 9.2. INFORMACIÓN PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE .....                         | 28        |
| <b>10. INSPECCIÓN TÉCNICA.....</b>   | <b>28</b> |
| 10.1. INSPECCIONES DURANTE LA FABRICACIÓN.....                             | 28        |
| 10.2. INSPECCIONES DURANTE LOS ENSAYOS DE RECEPCIÓN FINALES .....          | 29        |
| <b>11. ENSAYOS .....</b>   | <b>29</b> |
| 11.1. ENSAYOS DE RUTINA .....  | 29        |
| 11.2. ENSAYOS DE PARTIDA.....  | 30        |
| 11.3. ENSAYOS DE REMESA.....   | 32        |
| 11.4. CONDICIONES DE ACEPTACIÓN Y /O RECHAZO DE LOS ENSAYOS DE REMESA..... | 33        |
| <b>12. GARANTÍA .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>13. EMBALAJE.....</b>   | <b>34</b> |
| <b>14. ESQUEMA DE DIMENSIONES .....</b>                                    | <b>35</b> |
| <b>15. INFORMACIÓN ADICIONAL .....</b>                                     | <b>37</b> |

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 5 de 37                   |

## 1. OBJETIVO

La presente especificación técnica establece los requisitos generales de fabricación, pruebas y transporte de los transformadores de distribución trifásicos subterráneos a ser suministrados al Grupo Endesa S.A., en adelante el Cliente, para ser instalados en las redes de distribución de las Empresas Distribuidoras del Grupo en Latinoamérica.

## 2. NORMAS

### 2.1 Transformador:

El transformador deberá ser diseñado, fabricado y probado íntegramente bajo la serie completa de las normas IEC 60076, en su más reciente edición, y según lo indicado en el Anexo N°1 “Características Técnicas Garantizadas” para cada tipo de transformador.

Se deberán aplicar las últimas revisiones de las siguientes normas:

- 60076-1: General.
- 60076-2: Aumento de temperatura.
- 60076-3: Niveles de aislamiento y pruebas dieléctricas.
- 60076-5: Capacidad para soportar cortocircuitos.
- 60076-7: Guía de cargabilidad para transformadores de potencia inmersos en aceite.
- 60076-10: Determinación de niveles de ruido.

### 2.2 Accesorios:

- ANSI/IEEE N° 386: Sistemas de conectores aislados separables para sistemas de distribución de potencia de más de 600 V.
- IEC 60214-1: Tap-changers - Part 1: Performance requirements and test
- IEC 60214-2: Tap-changers - Part 2: Application guide
- ANSI/IEEE C37.71: Standard for Three-Phase Manually Operated Subsurface and Vault Load-Interrupting Switches for Alternating-Current Systems.
- ANSI/IEEE C37.41: Design Tests for High-Voltage (>1000 V) Fuses, Fuse and Disconnecting Cutouts, Distribution Enclosed Single-Pole Air, Switches, Fuse Disconnecting Switches, and Fuse Links and Accessories Used with These Devices.
- ANSI/IEEE C37.47: Distribution Fuse Disconnecting Switches, Fuse Supports, and Current-Limiting Fuses.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 6 de 37                   |

### 2.3 Acción sísmica:

- Para Chilectra y Edelnor será aplicable la especificación E – SE – 010 que rige para normar la “Acción sísmica en equipos eléctricos y mecánicos”; en cambio, para Codensa serán aplicables las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Finalmente, los equipos suministrados a Edesur, Ampla y Coelce no requieren especificación sísmica.

Para algunos aspectos específicos se indicará, en el lugar respectivo, la aplicación de otras normas; en especial las que a continuación se señalan:

- IEC 60050-421: International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 421: Power transformer and reactors.
- IEC 60068: Basic environmental testing procedures.
- IEC 60085: Evaluation and classification of electrical insulation.
- IEC 60296: Specification for unused mineral insulating oils for transformer and switchgear.
- IEC 60410: Sampling plans and procedures for inspection by attributes.
- IEC 60507: Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on a.c. systems.
- IEC 60815: Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.
- ASTM - B117, D2247, D2794, D3359: Requerimientos de Pintura del transformador.
- ASTM D 3487 - Standard Specification for Mineral Insulating Oil Used in Electrical Apparatus.

## 3. DESIGNACIÓN ABREVIADA

Los transformadores objeto de esta especificación se designarán de la siguiente forma abreviada:

- Al inicio la palabra “T/D”, lo cual abrevia “Transformador de Distribución”.
- Número indicador de la potencia del transformador solicitado por cada empresa (ver sección 6.1).
- Indicador de la tensión nominal primaria en kV.
- Referencia a la especificación que pertenece.
- Empresa que lo solicita.

Los números y letras especificados deberán estar separados por un espacio como se muestra en el siguiente ejemplo:

T/D 500 12kV E-MT-021 Chilectra

## 4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

El proveedor deberá demostrar que tiene implementado y funcionando en su fábrica un sistema de Garantía de Calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la siguiente Norma:

- ISO 9001: Sistemas de calidad - Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio.

Además, idealmente deberá contar con la siguiente certificación de gestión ambiental:

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 7 de 37                   |

- ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental - Modelo de mejoramiento continuo y prevención de la contaminación, cumplimiento de la reglamentación ambiental

El Cliente se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación del transformador, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

## 5. CONDICIONES DE SERVICIO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

### 5.1. CONDICIONES AMBIENTALES

En general, los transformadores de distribución deberán suministrarse para operar satisfactoriamente a la intemperie, bajo las siguientes condiciones de servicio:

**Tabla 1: Condiciones de servicio para las empresas distribuidoras**

| Característica                          | AMPLA      | CODENSA    | COELCE        | CHILECTRA  | EDELNOR       | EDESUR     |
|---|------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Altitud máxima (m)                      | < 1.000    | 2.850      | < 1.000       | < 1.000    | < 1.000       | < 1.000    |
| Temperatura Mín / Máx (°C)              | -10 / +40  |            |               |            |               |            |
| Humedad relativa (IEC – 60721-2-1)      | 100%       | 90%        | 95%           | 100%       | 100%          | 100%       |
| Velocidad viento (m/seg)                | < 34       |            |               |            |               |            |
| Nivel contaminación (IEC 60815)         | Alto (III) | Medio (II) | Muy Alto (IV) | Medio (II) | Muy Alto (IV) | Medio (II) |
| Radiación Solar máx (w/m <sup>2</sup> ) | < 1000     |            |               |            |               |            |
| Capa de hielo máxima (mm)               | < 1        | < 10       | < 1           | < 10       | < 1           | < 10       |
| Actividad sísmica                       | No         | Sí         | No            | Sí         | Sí            | No         |

De acuerdo a la Tabla anterior, los transformadores funcionarán conforme a las condiciones normales de servicio indicadas, debiéndose tener en cuenta especialmente las siguientes consideraciones:

- a) Para Codensa, la altura sobre el nivel del mar es de 2.850 metros.
- b) Los equipos suministrados a Chilectra y Edelnor deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en la especificación E – SE – 010, mencionada en el punto 2.
- c) Los equipos suministrados a Codensa deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos en la norma colombiana NSR 98.
- d) Los equipos destinados a Coelce y Edelnor deben ser aptos para funcionar en ambiente salino de extrema corrosión (nivel IV según norma IEC 60815).
- e) Los equipos destinados a Ampla deben ser aptos para funcionar en ambiente salino de alta corrosión (nivel III según norma IEC 60815).

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 8 de 37                   |

## 5.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

En la Tabla 2 se indican las características generales de los sistemas eléctricos de las empresas distribuidoras.

**Tabla 2: Características generales de los sistemas eléctricos<sup>1</sup>**

| CARACTERÍSTICA               | AMPLA     | CODENSA                | COELCE    | CHILECTRA | EDELNOR   | EDESUR    |
|------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Frecuencia (Hz)              | 60        | 60                     | 60        | 50        | 60        | 50        |
| Voltaje nominal sistema (kV) |           |                        |           |           |           |           |
| MT1                          |           | 34,5                   | -         | 23        | 20        | 33        |
| MT2                          | 13,8      | 13,2                   | 13,8      | 12        | 10        | 13,2      |
| MT3                          | 11,95     | 11,4                   |           |           |           |           |
| BT1                          | -         | 440 / 254 <sup>2</sup> | 380 / 220 | 380 / 220 | -         | 380 / 220 |
| BT2                          | 220 / 127 | 208 / 120              | -         | -         | 220 / 127 | -         |
| BT3 <sup>3</sup>             | 240 - 120 | 240 - 120              | 220       | 220       | 220       | 220       |
| Nivel cortocircuito (kA)     |           |                        |           |           |           |           |
| MT1                          |           | 16                     | -         | 25        | 25        | 8         |
| MT2                          | 10        | 25                     | 16        | 25        | 31,5      | 16        |
| MT3                          | -         | -                      | -         | -         | -         | -         |
| BT1                          | -         | -                      | -         | -         | -         | -         |
| BT2                          | -         | -                      | -         | -         | -         | -         |
| BT3                          | -         | -                      | -         | -         | -         | -         |

## 6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

### 6.1. CAPACIDADES NOMINALES.

En la Tabla 3 se indican las capacidades nominales del parque de transformadores de distribución presente en los sistemas eléctricos de las empresas distribuidoras.

<sup>1</sup> Los valores de la forma 220 / 127 especifican tensión fase-fase y su tensión fase-neutro asociada, en cambio los valores 240 – 120 especifican dos niveles de tensión independientes.

<sup>2</sup> En Codensa para el caso de alumbrado público el voltaje nominal es de 480 / 277 V o 380 / 220 V.

<sup>3</sup> El nivel de tensión BT3 corresponde a tensiones monofásicas y/o bifásicas.

**Tabla 3: Capacidades nominales utilizadas por cada empresa**

| CAPACIDAD [kVA] | CODENSA | CHILECTRA | EDELNOR | EDESUR |
|-----------------|---------|-----------|---------|--------|
| 150             | X       |           |         |        |
| 160             |         |           | X       |        |
| 225             | X       |           |         |        |
| 250             |         |           | X       |        |
| 315             |         |           |         | X      |
| 400             |         |           | X       |        |
| 500             |         | X         |         | X      |
| 630             |         |           | X       |        |
| 750             |         | X         |         |        |
| 800             |         |           |         | X      |
| 1000            |         | X         |         | X      |

## 6.2. TENSIONES NOMINALES Y CAPACIDADES ASOCIADAS

Los valores indicados a continuación corresponden a las tensiones nominales primarias presentes en las empresas del grupo y su respectiva capacidad asociada.

### 6.2.1. Codensa

| TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS       |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| TENSIÓN NOMINAL<br>PRIMARIA [kV] | CAPACIDAD<br>[kVA] |
| 11,4                             | 150                |
|                                  | 225                |

6.2.2. Chilectra

| TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS       |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| TENSIÓN NOMINAL<br>PRIMARIA [kV] | CAPACIDAD<br>[kVA] |
| 12                               | 500                |
|                                  | 750                |
|                                  | 1000               |
| 23                               | 500                |
|                                  | 750                |
|                                  | 1000               |
| 23-11,5                          | 500                |
|                                  | 750                |
|                                  | 1000               |

6.2.3. Edelnor

| TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS       |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| TENSIÓN NOMINAL<br>PRIMARIA [kV] | CAPACIDAD<br>[kVA] |
| 10                               | 160                |
|                                  | 250                |
|                                  | 400                |
|                                  | 630                |
| 20                               | 160                |
|                                  | 250                |
|                                  | 400                |
|                                  | 630                |
| 20-10                            | 160                |
|                                  | 250                |
|                                  | 400                |
|                                  | 630                |

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 11 de 37                  |

#### 6.2.4. Edesur

| TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS       |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| TENSIÓN NOMINAL<br>PRIMARIA [kV] | CAPACIDAD<br>[kVA] |
| 13,2                             | 315                |
|                                  | 500                |
|                                  | 800                |
|                                  | 1000               |

### 6.3. NIVEL DE AISLACIÓN.

La aislación deberá ser uniforme, según lo establecido en la Tabla 1 de la Norma IEC 60076-3. Los niveles de aislación corresponden a los indicados en la Tabla 2 de la norma IEC 60076-3.

**Tabla 4: Nivel de aislación**

| TENSIÓN NOMINAL [kV] | TENSIÓN MÁXIMA PARA EQUIPAMIENTO [kV] | TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL 1min [kV] | VOLTAJE SOPORTADO TIPO RAYO [kVCRESTA] |
|----------------------|---------------------------------------|---|--|
| 0 - 1                | 1,1                                   | 10  | 20                                     |
| 10                   | 12                                    | 28  | 75                                     |
| 11,4                 | 17,5                                  | 38  | 95                                     |
| 12                   |                                       |   |  |
| 13,2                 |                                       |   |  |
| 13,8                 |                                       |   |  |
| 20                   | 24                                    | 50  | 125                                    |
| 23                   | 36                                    | 70  | 170                                    |
| 33                   |                                       |   |  |
| 34,5                 |                                       |   |  |

Los valores de BIL indicados para CODENSA son requeridos a 2.700 metros de altura sobre el nivel del mar

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 12 de 37                   |

#### 6.4. TENSIONES NOMINALES DE LOS TRANSFORMADORES.

Las tensiones nominales de los transformadores presentes en esta especificación son las indicadas en la Tabla 5. Estos valores serán considerados para determinar la relación de transformación base del cambiador de derivaciones.

**Tabla 5 Tensiones nominales para transformadores de distribución**

| EMPRESA   | Tensiones nominales [V] |               |
|-----------|-------------------------|---------------|
| CODENSA   | Primario                | 11400         |
|           | Secundario              | 208/120       |
| CHILECTRA | Primario                | 12000 ó 23000 |
|           | Secundario              | 400/231       |
| EDELNOR   | Primario                | 10000 ó 20000 |
|           | Secundario              | 230           |
| EDESUR    | Primario                | 13200         |
|           | Secundario              | 400/231       |

Para los transformadores de doble relación primaria, las tensiones serán las indicadas en la Tabla 6.

**Tabla 6 Tensiones nominales para transformadores de doble relación**

| EMPRESA   | Tensiones nominales |             |
|-----------|---------------------|-------------|
| CHILECTRA | Primario            | 11500-23000 |
|           | Secundario          | 400/231     |
| EDELNOR   | Primario            | 10000-20000 |
|           | Secundario          | 230         |

#### 6.5. CAMBIADOR DE DERIVACIONES.

Para la regulación de tensión, los transformadores deberán estar provistos en el lado primario de un conmutador de derivación de 5 posiciones. El conexionado del conmutador permitirá obtener la tensión secundaria nominal con las tensiones primarias indicadas en la Tabla 7 y Tabla 8.

**Tabla 7: Posiciones cambiador de derivaciones devanado simple**

|                           | Tensión nominal primaria [kV] | Trifásico devanado simple             |
|---------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Codensa</b>            | <b>11,4</b>                   | 11685 / 11400 / 11115 / 10830 / 10545 |
| <b>Chilectra</b>          | <b>12</b>                     | 12600 / 12300 / 12000 / 11700 / 11400 |
|                           | <b>23</b>                     | 24150 / 23000 / 21850 / 20700 / 19550 |
| <b>Edelnor</b>            | <b>10</b>                     | 10250 / 10000 / 9750 / 9500 / 9250    |
|                           | <b>20</b>                     | 20500 / 20000 / 19500 / 19000 / 18500 |
| <b>Edesur<sup>4</sup></b> | <b>13,2</b>                   | 13860 / 13530 / 13200 / 12870 / 12540 |

<sup>4</sup> Para transformadores trifásicos con potencias menores a 100kVA los rangos de operación son : -5%, 0, +5%(13860[V] / 13200[V] / 12540[V]).

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 13 de 37                   |

**Tabla 8 Posición cambiador de derivaciones devanado doble**

|                  | Tensión nominal<br>primaria kV] | Trifásico devanado doble   |
|------------------|---------------------------------|--|
| <b>Chilectra</b> | <b>11,5-23</b>                  | Devanado 1) 12362 / 12075 / 11787 / 11500 / 11212 / 10925 / 10637<br>Devanado 2) 24725 / 24150 / 23575 / 23000 / 22425 / 21850 / 21275 |
| <b>Edelnor</b>   | <b>10-20</b>                    | Devanado 1) 10250 / 10000 / 9750 / 9500 / 9250<br>Devanado 2) 20500 / 20000 / 19500 / 19000 / 18500                                    |

El dispositivo de comando del conmutador será externo, de fácil acceso, ubicado sobre la tapa del transformador. Todas las partes y componentes del comando que estén expuestos a la intemperie, deberán ser protegidos contra la corrosión.

El pasaje del eje de comando a través de la tapa del transformador deberá disponer de una empaquetadura que sea resistente a la temperatura y al aceite del transformador, de modo tal que asegure el mantenimiento de la sobrepresión interna. Esta empaquetadura deberá poder ser removida desde el exterior de la máquina y deberá contar con una protección que impida la acumulación del barro sobre la salida del eje de comando.

Para realizar un cambio de derivación la operación del conmutador se deberá realizar en forma manual, con el transformador desenergizado, por medio de una perilla que opere simultáneamente sobre todas las bobinas o enrollados de fase del equipo. En esta acción, el transformador no deberá perder su hermeticidad ni características de estanqueidad originales.

Cada posición deberá tener un descanso entre pasos o sistema de enclavamiento de posición, con topes de fin de carrera, e indicación visual de la derivación correspondiente. El conmutador estará construido de modo tal que al efectuar su accionamiento, éste pase de una posición a la siguiente dificultándose la posibilidad de ser dejado intencionalmente en una posición intermedia.

La tolerancia de las derivaciones no podrá ser superior al 5% del valor indicado.

#### **6.6. CONMUTADOR DE TENSIÓN.**

Los transformadores con doble nivel de tensión primaria deberán disponer de un conmutador externo para realizar el cambio de nivel de tensión.

#### **6.7. TIPO DE CONEXIÓN.**

En la Tabla 9 se indica el tipo de conexión de los transformadores de distribución presente en las empresas distribuidoras del Grupo.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 14 de 37                   |

**Tabla 9: Tipo de conexión**

|                     | CODENSA | CHILECTRA | EDELNOR | EDESUR |
|---------------------|---------|-----------|---------|--------|
| TIPO DE<br>CONEXIÓN | Dyn5    | Dyn1      | Dyn5    | Dyn11  |

Los transformadores deberán ser con neutro accesible externamente para ser conectado a tierra.

### 6.8. CAPACIDAD DE CORTOCIRCUITO.

Los transformadores serán diseñados y construidos para soportar los efectos térmicos y dinámicos de un cortocircuito, cumpliendo con las exigencias indicadas en la IEC 60076-5.

Los valores para la impedancia de cortocircuito serán las indicadas en la Tabla 10, dichos valores serán referidos a 75°C con las tolerancias que fija la norma IEC 60076-1.

**Tabla 10: Valores nominales de impedancia de cortocircuito<sup>5</sup>**

| Potencia Nominal del Transformador [kVA] | Impedancia de Cortocircuito [%] |
|--|---------------------------------|
| ≤500                                     | 4 %                             |
| >500                                     | 5 %                             |

La potencia aparente máxima de cortocircuito del sistema de distribución de media tensión en donde serán insertos estos equipos corresponderá a los valores indicados en la Tabla 11.

**Tabla 11: Potencia aparente de cortocircuito del sistema**

| Tensión del sistema de Media Tensión [kV] | Potencia Aparente de Cortocircuito del Sistema [MVA] |
|---|--|
| Hasta 24                                  | 350  |
| 36  | 500  |

Los transformadores deberán ser diseñados y construidos para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos producidos por cortocircuitos externos bajo las condiciones especificadas en la norma IEC 60076-5. La potencia aparente máxima de cortocircuito del sistema de distribución de media tensión en donde serán insertos estos equipos corresponderá a los valores indicados en la Tabla 11.

<sup>5</sup> Para Chilectra las impedancias de cortocircuito serán:

- 500[kVA]=5%

- 750 y 1000[kVA]=7%

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 15 de 37                  |

Los esfuerzos térmicos requeridos serán determinados según lo indicado en la sección 4.1 de la norma IEC 60076-5, la cual indica que la temperatura en los devanados no podrá ser superior a 250 °C para los devanados de cobre y 200 °C para los de aluminio.

Los esfuerzos dinámicos se determinarán según lo establecido en la sección 4.2 de la norma IEC 60076-5.

## 6.9. PÉRDIDAS ADMISIBLES.

Los valores máximos admisibles para las pérdidas en vacío y en carga, corresponderán a los valores definidos en la Tabla 11. Se solicitará a los proveedores ofertar alternativas para las distintas categorías de pérdidas de vacío y carga. Estos valores se deberán considerar como máximos admisibles, existiendo la posibilidad de ofertar pérdidas menores. Los factores de capitalización de pérdidas serán informados, para un adecuado análisis por parte del proveedor.

**Tabla 12 Pérdidas admisibles**

| Potencia nominal [kVA]            | Lo Pérdidas vacío [W] | Lk Pérdidas carga [W] | Do Pérdidas vacío [W] | Bk Pérdidas carga [W] | Co Pérdidas vacío [W] | Bk Pérdidas carga [W] |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS</b> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| <b>150</b>                        | 450                   | 1910                  | 355                   | 1915                  | 285                   | 1915                  |
| <b>160</b>                        | 470                   | 2015                  | 375                   | 2000                  | 300                   | 2000                  |
| <b>225</b>                        | 615                   | 2700                  | 490                   | 2545                  | 390                   | 2540                  |
| <b>250</b>                        | 680                   | 2920                  | 530                   | 2750                  | 425                   | 2750                  |
| <b>315</b>                        | 850                   | 4250                  | 630                   | 3250                  | 520                   | 3250                  |
| <b>400</b>                        | 1010                  | 5055                  | 750                   | 3850                  | 610                   | 3850                  |
| <b>500</b>                        | 1200                  | 6000                  | 880                   | 4600                  | 720                   | 4600                  |
| <b>630</b>                        | 1370                  | 6870                  | 940                   | 5600                  | 800                   | 5600                  |
| <b>750</b>                        | 1400                  | 7700                  | 1050                  | 6500                  | 870                   | 6500                  |
| <b>800</b>                        | 1600                  | 8000                  | 1150                  | 7000                  | 930                   | 7000                  |
| <b>1000</b>                       | 1900                  | 9500                  | 1400                  | 9000                  | 1100                  | 9000                  |

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 16 de 37                   |

## 6.10. NIVEL DE RUIDO

El nivel de ruido producido por los transformadores no deberá exceder los valores indicados en la Tabla 13.

**Tabla 13: Nivel de ruido**

| Potencia Transformador [kVA] | Nivel de Ruido [db] |
|------------------------------|---------------------|
| 101 – 300                    | 55                  |
| 301 – 500                    | 56                  |
| 750                          | 57                  |
| 800-1000                     | 58                  |

## 6.11. ESFUERZOS SÍSMICOS

Se deberá presentar una memoria de cálculo, para las Distribuidora indicadas en la Sección 6.1, que confirme el cumplimiento de las condiciones sísmicas, tanto del transformador como de sus accesorios. El proveedor podrá presentar otros antecedentes, en reemplazo de esta memoria (p. ej ensayos de mesas vibratorias), situación que confirmará la distribuidora tras la revisión de los antecedentes presentados.

## 6.12. ELEVACIÓN DE TEMPERATURA.

Los límites permisibles para la elevación de temperatura considerarán que:

- El transformador será utilizado en condiciones normales de servicio (ver Tabla 1 de esta especificación y sección 1.2 de la norma IEC 60076–1).
- El transformador operará a carga plena.
- El método de refrigeración empleada para todos los tipos de transformadores de distribución convencionales que se definen en esta especificación, será del tipo ONAN, ver Sección 3 en IEC 60076–2.

En estas condiciones de operación, los límites máximos admisibles para la elevación de temperatura en los transformadores – sobre la temperatura máxima ambiente – corresponderán a los valores indicados en la sección 4.2 de la IEC 60076–2, equivalentes a:

- 60 °C para la temperatura superficial del aceite, y
- 65 °C para la temperatura media en el devanado.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Chilectra podrá requerir, excepcionalmente, elevación de temperatura 50[°C] / 55[°C].

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b><br><b>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS</b><br><b>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN</b><br><b>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 17 de 37                  |

### 6.13. SOBRECARGA.

Los transformadores deberán cumplir o superar las características de carga definidos en la norma IEC 60354, en condiciones de carga normal y emergencia, para condiciones de servicio definidas en la Tabla 1.

## 7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Las tolerancias sobre los valores, para cada uno de los parámetros de esta especificación, estarán de acuerdo a lo estipulado en las normas IEC 60076.

### 7.1. TERMINALES.

#### 7.1.1. Terminales de media tensión

Los terminales de media tensión se ubicarán sobre la tapa del transformador.

Los terminales de media tensión deberán estar en cumplimiento con la Serie 600, ANSI/IEEE 386. La capacidad nominal de los elementos será 200A.

Cada terminal deberá constar de los siguientes elementos:

- Un receptáculo de conexión pasante apernado o soldado a la tapa de la cuba, largo de bushings de 9 ¼" (Elastimold K1601PC-T1 ó similar).
- Un inserto de seccionamiento, compatible con el receptáculo (Elastimold 1601A4 ó similar).

Estos elementos del terminal, que junto con el respectivo capuchón aislante (mantenido hasta la puesta en servicio del transformador) forman parte de la provisión, deberán responder a la norma ANSI / IEEE Std. N° 386. Una vez ensamblados formarán una unidad compacta, estanca y eléctricamente aislada.

En correspondencia con cada terminal, se deberá soldar a la tapa una base portazócalo. Estas bases están destinadas a sostener los conectores cuando son desenchufados de su correspondiente terminal de la máquina.

La distancia entre los ejes de los pernos pasantes correspondientes a los terminales contiguos será como mínimo de 350 mm

#### 7.1.2. Terminales de baja tensión

Los terminales de baja tensión se podrán ubicar sobre la tapa o al costado de la cuba del transformador, próximos al borde, según se indica en la Sección 0.

La distancia entre los ejes de los pernos pasantes correspondientes a los terminales contiguos será como mínimo de 130 mm.

Los terminales para cada distribuidora se detallan a continuación:

#### **Chilectra**

Los terminales serán de cobre, circulares de rosca 1 ½" x12, y largo máximo 70mm. Los aisladores pasantes serán de porcelana.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 18 de 37                  |

### Edelnor

Los terminales de baja tensión serán del tipo DIN 42530, según se indica en la tabla 15.

**Tabla 14 Edelnor: Terminales de baja Tensión**

| Capacidad[kVA] | Corriente nominal |
|----------------|-------------------|
| 100kVA         | 250A              |
| 160kVA         | 630A              |
| 250kVA         | 630A              |
| 400kVA         | 1000A             |
| 630kVA         | 2000A             |

### Edesur

Cada terminal consistirá en una barra rectangular de cobre electrolítico, con bordes redondeados, plateada o estañada, aislada en resina epoxi, la cual conformará la unidad pasante a la tapa de la cuba.

Para su fijación a la tapa mediante soldadura, el cuerpo de epoxi deberá llevar empotrada la correspondiente brida de acero inoxidable (diamagnética).

A los efectos de mejorar la fijación del manguito termocontraible utilizado en la aislación de la conexión de los conductores de salida en baja tensión, el extremo del cuerpo de epoxi que queda fuera de la cuba, deberá disponer de una ranura perimetral de sección semicircular, de Ø 17 mm aproximadamente.

## **7.2. SECCIONADOR BAJO CARGA**

Para Edelnor, se requerirá, al interior del transformador, un seccionador bajo carga compatible con la capacidad del transformador, el cual deberá estar en conformidad a la norma ANSI/IEEE C37.71.

## **7.3. PROTECCIÓN EN MEDIA TENSIÓN**

Los transformadores de Edelnor y Edesur deberán tener incorporada una protección en M.T. mediante 3 (tres) fusibles, dispuestos en los respectivos portafusibles herméticos. Deberán ser diseñados en conformidad a la norma ANSI C37.47. La capacidad nominal de los fusibles se indican en la Tabla 15.

**Tabla 15 Capacidad nominal de los fusibles**

| Potencia nominal [kVA] | Edelnor (10kV) | Edesur (13,2kV) |
|------------------------|----------------|-----------------|
| 160                    | 20[A]          | -               |
| 200                    | -              | 20[A]           |
| 250                    | 20[A]          | -               |
| 400                    | 40[A]          | -               |
| 500                    | -              | 40[A]           |
| 630                    | 40[A]          | -               |
| 800                    | -              | 50[A]           |

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 19 de 37                  |

#### 7.4. ESTANQUEIDAD

Dada la ubicación física de los transformadores, que permite su anegamiento por aguas lluvias, los transformadores deberán ser de construcción completamente estanca.

Como garantía de la estanqueidad y para preservar de humedad al aceite aislante, el transformador debe tener una cámara de nitrógeno ó aire seco en la parte superior del tanque, la cual deberá mantener una ligera sobrepresión sobre el aceite. El volumen del gas deberá ser tal que, estando el aceite a temperatura de trabajo máxima, no se supere la sobrepresión del ensayo de la cuba.

La calidad del nitrógeno deberá ser tal que el contenido de impurezas no supere el 0,5 % (en volumen) y el contenido de humedad no supere el 0,03 % (en peso).

#### 7.5. MATERIALES AISLANTES

##### 7.5.1. Aislante sólido

El aislamiento sólido permitido al interior de los transformadores corresponde al designado como clase “A” térmica 105°C según la norma IEC 60085, o superior. La evaluación del material deberá realizarse de acuerdo a las condiciones indicadas en la cláusula 3 de la misma norma.

Deberá cumplir con los niveles de aislamiento y temperatura indicados en la sección 6 de esta especificación.

##### 7.5.2. Aislante líquido.

Todos los transformadores contenidos en esta especificación serán del tipo inmerso en aceite mineral no inhibido, clase T, definido en la Tabla 2 de la IEC 60296, o el aceite mineral Tipo I, definido en la norma ASTM D-3487.

No se admitirá presencia de PCB en el aceite.

El equipo deberá contar con un indicador de nivel de aceite, ubicado en el costado, tal que muestre en forma visible el nivel mínimo y máximo de llenado.

#### 7.6. PARTE ACTIVA

La parte activa de los transformadores (núcleo y bobinas) deberá fijarse internamente en el transformador con el fin de soportar las fuerzas axiales de cortocircuito y las correspondientes al transporte.

La parte activa de los transformadores de tapa no soldada, que se encuentre fijada a las paredes del tanque, deberá tener dispositivos (ganchos, orificios u otros) que faciliten su retirada y colocación en el mismo. Estos dispositivos deberán ser simétricos y garantizar el izado sin movimientos horizontales; deberán ser diferentes a los soportes de fijación al tanque.

##### 7.6.1. Núcleo

El núcleo podrá ser fabricado con láminas de acero al silicio, de grano orientado y laminado en frío, o material amorfo.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 20 de 37                  |

Podrá ser laminado o enrollado; sin embargo, el oferente deberá indicar en la propuesta el tipo de núcleo empleado en la fabricación de sus equipos.

Este deberá ser asegurado con el fin de soportar las condiciones de transporte, montaje, y de cortocircuito, además de no superar los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en la Sección 00.

#### 7.6.2. Bobinas

Las bobinas o devanados podrán ser de cobre o aluminio, del tipo continuo, panqueques o láminas. El material aislante entre las espiras de la bobina deberá corresponder al indicado en la Sección 7.5.1.

Las bobinas de los transformadores deberán soportar las pruebas de cortocircuito, tensión aplicada y de onda recortada, indicadas en los ensayos de partida.

### 7.7. ESTANQUE

El estanque será hermético y deberá ser de acero laminado en frío. Cuando el transformador sea instalado en zonas de contaminación salina muy alta, nivel IV según norma IEC, se deberá tener consideraciones especiales sobre la pintura; según lo especificado en la sección 7.13.

El estanque del transformador deberá ser construido en chapa de acero de un espesor nominal mínimo de 2 mm.

Su estructura deberá estar reforzada como para evitar que el transporte y movimiento normal del transformador mediante grúas o gatos, produzca deformaciones permanentes. El perímetro de su fondo deberá ser reforzado como para soportar el peso del transformador completo al ser levantado eventualmente con palancas.

Sobre la base de la cuba, longitudinalmente, se deberán soldar dos perfiles de apoyo. La altura de los perfiles deberá asegurar un despeje mínimo de 50 (cincuenta) mm respecto del piso de apoyo.

El estanque deberá ser apta para soportar una sobrepresión interna máxima continua de 50 kPA (0,5 daN / cm<sup>2</sup>).

Las dimensiones máximas de los transformadores son las indicadas en la Sección 7.12.

### 7.8. TAPA

La tapa del transformador deberá ser construida en chapa de acero con un espesor nominal mayor a 4,7 mm.

La tapa superior podrá ser sellada por medio de pernos y empaquetaduras de acrilonitrilo que aseguren, por lo menos, dos reposiciones, o con sistema de fleje. La tapa del transformador estará diseñada de modo que no permita la acumulación del agua en ningún punto de su superficie. Para asegurar que el sellado sea hermético las uniones deben ser cuidadosamente soldadas. La tapa podrá ser apornada o soldada.

Se podrá fijar el núcleo solidariamente con la tapa, de manera apornada o soldada. En caso que las condiciones sísmicas lo exijan se deberá fijar el núcleo a la base de la cuba.

Se tomarán los recaudos necesarios para evitar el recalentamiento de la tapa en la proximidad de los terminales de BT, debido a la circulación de corrientes parásitas inducidas por la corriente de carga.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 21 de 37                  |

### 7.9. RADIADORES

Los paneles de refrigeración deberán ser contruidos en chapa de acero con un espesor nominal mínimo de 1,6mm.

Los radiadores para la refrigeración del aceite deberán ser distribuidos sobre los costados de estanque. Deberán tener la rigidez mecánica suficiente como para soportar el peso de una persona que incidentalmente se apoye sobre ellos. Por lo tanto, cuando la cantidad o la disposición de los radiadores lo justifiquen, deberán estar mecánicamente vinculados entre sí y a la cuba.

### 7.10. SISTEMA DE MONTAJE

Los transformadores deberán contar con cáncamos ubicados de tal forma de permitir un levantamiento balanceado del equipo y la tapa, estarán diseñados para proporcionar un factor de seguridad mayor que cinco (5). Par mover la unidad completa se necesitan 4 cáncamos ubicados en las paredes. En la tapa del transformador se instalarán 2 cáncamos.

### 7.11. PESO MÁXIMO

Los proveedores deberán cotizar transformadores de los menores pesos posibles, compatibles con su potencia, pérdidas, la función a que estarán destinados y demás condiciones impuestas en esta especificación.

### 7.12. DIMENSIONES MÁXIMAS.

Los proveedores deberán cotizar transformadores de las menores dimensiones posibles, compatibles con su potencia, pérdidas, la función a que estarán destinados y demás condiciones impuestas en esta especificación.

Las dimensiones máximas se indican en la Tabla 16.

**Tabla 16 Dimensiones máximas**

|  | <b>CODENSA</b> | <b>CHILECTRA</b> | <b>EDELNOR</b> | <b>EDESUR</b> |
|--|----------------|------------------|----------------|---------------|
| <b>Transformador trifásico subterráneo</b> |                |                  |                |               |
| Largo (Frente)[mm]                         | 1300           | 1760             | 1400           | 1700          |
| Ancho (Profundidad) [mm]                   | 880            | 1200             | 950            | 1150          |
| Alto[mm]                                   | 1020           | 2000             | 1725           | 1600          |

### 7.13. PINTURA

Las superficies de los tanques, tanto interiores como exteriores, serán tratadas con buenas prácticas usuales de la industria, antes de la aplicación de pintura en cualquiera de sus superficies, siguiendo las siguientes etapas:

- Desengrasado.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 22 de 37                  |

- Granallado o arenado para todas las superficies, interiores o exteriores, con un perfil de rugosidad no superior a 75  $\mu\text{m}$ .
- Aplicación de anticorrosivo.
- Aplicación de pintura de acabado.

En las superficies interiores del tanque será aplicada sólo una capa de pintura epoxi–poliamina de 30  $\mu\text{m}$ , de color blanco, compatible con el aceite en todo su rango de temperaturas.

El material admitido para la pintura externa del transformador dependerá del nivel de contaminación a que está expuesta la zona, según la norma IEC 60815.

7.13.1. Especificación de pintura en transformadores a ser instalados en zona de contaminación I ó II según IEC.

Para los transformadores instalados en zonas con nivel de contaminación I y II la pintura podrá ser poliéster aplicada en forma de polvo, en cuyo caso las superficies a pintar tendrán un tratamiento anticorrosivo fosfatizado.

Posteriormente, se agregará una capa líquida de acabado de espesor mínimo de 60  $\mu\text{m}$ , que podrá ser del tipo epóxica, poliuretano o acrílica.

7.13.2. Especificación de pintura en transformadores a ser instalados en zona de contaminación III ó IV según IEC.

Los transformadores expuestos a un nivel III ó IV de contaminación deberán tener, en la parte externa, una capa de anticorrosivo epóxico 80  $\mu\text{m}$ .

La pintura del acabado deberá tener un espesor mínimo de 80  $\mu\text{m}$ , y será del tipo epóxica o poliuretano alifático.

7.13.3. Condiciones adicionales

La superficie exterior del tanque deberá ser de color Ral 7038(Gris)

Los oferentes que propongan un método o compuesto de pintura diferente a los indicados anteriormente deberán entregar los certificados de cumplimiento con las pruebas definidas en la sección 2.

No se aceptarán pinturas alquídicas en transformadores para ser instalados en ambientes corrosivos, ni en las superficies interiores del tanque.

No se admitirán pinturas que contengan óxidos de plomo o cromatos.

La adherencia de las capas de pintura externa será 400 PSI pruebas de acuerdo a ASTM D 4541.

## 7.14. PLACA DE CARACTERÍSTICAS

Todo transformador debe estar provisto de una placa de características de aluminio anodizado, con la información impresa en caracteres, bajo relieve y de dimensiones adecuadas para contener por lo menos la siguiente información:

- |                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| - Transformador           | - Polaridad.             |
| - Potencia Nominal en kVA | - Corrientes nominales   |
| - Número de fases         | - Derivaciones en Volts. |
| - Diagrama fasorial       | - Peso total en kg.      |

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 23 de 37                  |

- N° de serie.
- Marca de fabrica
- Voltaje nominal en kV
- Frecuencia en Hz
- Tipo de conexión
- Impedancia en %
- Cantidad de aceite en litros
- Año de fabricación

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 24 de 37                  |

## 7.15. ACCESORIOS

Los accesorios indicados a continuación deberán ser compatibles con el aceite, en todo su rango de temperaturas.

Se deberá tener un especial cuidado en disponer los accesorios suficientemente alejados de los cáncamos de izaje y ojales de fijación, a fin de evitar el contacto de aquellos con las eslingas y las ataduras en el transporte.

### 7.15.1. Portafusibles herméticos

Para Edelnor y Edesur se deberá considerar portafusibles herméticos (similar tipo Canister), los cuales están provistos para situar los elementos limitadores de fusible. Se instalarán en la tapa del transformador permitiendo el cambio del fusible en forma rápida.

### 7.15.2. Indicador de nivel

Se deberá proveer un indicador de nivel resistente a la temperatura y sobrepresiones internas de trabajo.

### 7.15.3. Manómetro

Para el control de la sobrepresión interna, los transformadores deberán disponer de un manómetro metálico hermético.

### 7.15.4. Válvula neumática

Próxima al manómetro, se deberá proveer una válvula neumática para la inyección y evacuación del gas.

### 7.15.5. Válvula de alivio de presión

Sobre la tapa del transformador se deberá proveer una válvula de alivio de presión para evitar sobrepresiones excesivas del gas en la cuba.

El diseño de la válvula deberá ser tal que no permita la acumulación de la suciedad que pudiera interferir en la calibración y/u operación de la misma.

### 7.15.6. Válvula para la extracción de muestras

Sobre la misma pared lateral de la cuba donde se ubica el indicador de nivel, cercana a la tapa del transformador, se deberá ubicar la válvula destinada a la extracción de muestras del aceite.

La salida de la válvula deberá estar ubicada de modo tal que permita el llenado de los respectivos frascos y deberá estar protegida por un tapón.

## 7.16. SEÑALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FASES

Se deberá marcar la secuencia para cada fase del transformador de distribución. La identificación deberá ser grabada en alto o bajo relieve, pintada cada fase de un color diferente.

En la etapa de aprobación de planos (Sección 9.2) se indicará el detalle de las señalizaciones e identificaciones requeridas.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 25 de 37                   |

## 7.17. INNOVACIONES

Los proveedores que estimen necesario o conveniente apartarse de esta especificación en algunos aspectos deberán, previo a efectuar cualquier modificación en el diseño o en la construcción, pedir la aprobación de la empresa distribuidora correspondiente. La modificación o innovación será analizada y probada, de ser necesario, antes de emitir el informe de resolución. En caso que la resolución resulte positiva, ésta se entregará por escrito.

## 8. EVALUACIÓN DE LAS OFERTAS Y PENALIZACIÓN DEL EXCESO DE PÉRDIDAS

Para efectos de comparación de las ofertas, se adicionará al costo de los transformadores, el costo capitalizado de las pérdidas durante la vida útil del equipo.

Para tal efecto, el proveedor informará el nivel de pérdidas en vacío y en carga garantizado para cada tipo de transformador ofrecido, corregidas a 75 °C, garantizadas a potencia y tensión nominales. No obstante, los valores de pérdidas informados no podrán ser superiores a los máximos indicados en la sección 6.9.

### 8.1. VALORIZACIÓN

Para la comparación económica de ofertas se aplicará la siguiente fórmula:

$$C = C_0 + A \cdot P_V + B \cdot P_C$$

Dónde:

C: Costo total de comparación (en U\$S).

C<sub>0</sub>: Precio comercial de oferta del proveedor (en U\$S)

A: Coeficiente de capitalización de la potencia de pérdidas en vacío<sup>7</sup>.

P<sub>V</sub>: Potencia de pérdidas en vacío garantizada por el oferente (en kW).

B: Coeficiente de capitalización de la potencia de pérdidas en carga.

P<sub>C</sub>: Potencia de pérdidas en carga garantizada por el oferente (en kW).

### 8.2. PENALIZACIÓN DEL EXCESO DE POTENCIA DE PÉRDIDAS

Si en el ensayo de remesa se superan los valores de pérdidas en vacío y/o en carga garantizados por el fabricante en la oferta; se aplicará, en cada caso, una multa calculada a partir de fórmulas indicadas en los puntos 8.2.1 y 8.2.2.

Los excesos sobre las pérdidas garantizadas, serán penalizados, independiente de que estén dentro de las tolerancias señaladas por la norma IEC 60076.

#### 8.2.1. Pérdidas en vacío

Si resulta que: P<sub>VM</sub> > P<sub>VG</sub>; se aplicará la fórmula:

$$M_V = 2 \cdot A \cdot (P_{VM} - P_{VG})$$

<sup>7</sup> El valor de los factores A y B será informado oportunamente durante el proceso de licitación.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 26 de 37                   |

Donde:

$M_V$ : Multa a aplicar en la remesa (en U\$S).

A: Coeficiente de capitalización de la potencia de pérdidas en vacío.

$P_{VM}$ : Potencia de pérdidas en vacío medida (en kW).

$P_{VG}$ : Potencia de pérdidas en vacío garantizada por el oferente (en kW).

### 8.2.2. Pérdidas en carga

Si resulta que:  $P_{CM} > P_{CG}$ ; se aplicará la fórmula:

$$M_C = 2 \cdot B \cdot (P_{CM} - P_{CG})$$

Donde:

$M_C$ : Multa a aplicar en la remesa (en U\$S).

B: Coeficiente de capitalización de la potencia de pérdidas en carga.

$P_{CM}$ : Potencia de pérdidas en carga medida (en kW).

$P_{CG}$ : Potencia de pérdidas en carga garantizada por el oferente (en kW).

### 8.2.3. Condiciones de rechazo

Si los valores de la potencia de pérdidas en vacío, en carga, y totales, medidas en el ensayo de remesa superan las tolerancias definidas en la tabla 1 de IEC-60076-1, será rechazada toda la remesa.

## 9. DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN TÉCNICA

### 9.1. INFORMACIÓN TÉCNICA A SUMINISTRAR POR LOS OFERENTES

Toda la información proporcionada por el oferente deberá estar impresa en los idiomas español o inglés y en portugués o inglés.

Conjuntamente con la oferta se deben incluir los siguientes antecedentes técnicos.

#### 9.1.1. Planilla de datos técnicos garantizados

Los valores indicados en la planilla en la columna "Características solicitadas" son los requeridos por las empresas. El oferente deberá completar la columna "Características garantizadas" con todos los conceptos que figuran en las planillas, reiterando o mejorando lo solicitado.

La falta de indicación de uno o más valores en la columna "Características garantizadas", podrá motivar el rechazo de la oferta.

Las Planillas de Datos Técnicos Garantizados han de ser firmadas con el sello de la empresa fabricante y la firma aclarada de su representante.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b><br><b>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS</b><br><b>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN</b><br><b>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 27 de 37                  |

El oferente deberá contar con un Representante que pueda asumir las Garantías por los equipos entregados.

#### 9.1.2. Protocolos de ensayos tipo.

Se deberá entregar los protocolos de ensayos tipo para transformadores iguales o similares a las ofrecidas y tipo de líquido aislante similar.

Todos los ensayos deben ser realizados según lo establecido en la norma IEC respectiva, y debe garantizar un nivel de exigencia igual o superior al ofrecido.

Al menos se deberán entregar los siguientes protocolos en la etapa de calificación técnica:

#### **Ensayos Eléctricos y Mecánicos**

Deberá constar en los mismos: la metodología del ensayo, los valores aplicados y medidos y los resultados obtenidos.

- Impulso onda completa (1.2/50  $\mu$ s) en terminales de línea y de neutro. (ver 5.2 en IEC 60076-3)
- Impulso onda recortada (Sección 13 en IEC 60076-3)
- Elevación de temperatura y sobrecarga (Sección 5.1 y 5.2) (IEC 60076-2)
- Estanqueidad
- Ciclado del tanque para el caso de llenado integral (Sección 11.2.5)
- Protocolos de ensayos de los cambiadores de derivaciones ofertados (Duración, funcionamiento mecánico, sobrecarga, calentamiento)
- Protocolos de ensayos de los aisladores ofertados

El cliente se reserva el derecho de aceptación o rechazo de los protocolos entregados por el fabricante, respecto a la calidad de los laboratorios donde se hayan realizado dichas pruebas.

#### 9.1.3. Referencias de suministros anteriores

Se deberá entregar las referencias de suministros anteriores de máquinas iguales o similares a las ofrecidas, efectuados en los últimos 3 años, indicando destinatario, fecha, cantidad, tipo, potencia y relación de transformación.

Para que la oferta pueda ser considerada técnicamente apta es requisito indispensable poseer los siguientes antecedentes de fabricación:

- Deberá haber fabricado máquinas de potencia nominal igual o superior a la mayor que se ofrece en esta oportunidad.
- Las tensiones nominales de los arrollamientos de MT. fabricados han de ser de valores iguales o superiores a los de las máquinas que se ofrecen en esta oportunidad.

#### 9.1.4. Folletos

Se proporcionará la descripción técnica completa de las máquinas (catálogos y publicaciones).

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 28 de 37                  |

#### 9.1.5. Planos

Los planos que se deberán entregar son:

- Planos preliminares con dimensiones del transformador, ubicación de las piezas, los accesorios, la identificación de fases, junto al conmutador y las principales distancias entre ellos. Indicando: Tipo de bobinados, material de los conductores y de las aislaciones.
- Planos de todos los accesorios, indicando marca y modelos.
- Placa de identificación.
- Bushing (modelo, marca, dimensiones, conectores, montaje, características físicas y eléctricas).

Se deberán entregar 3 juegos de copias en papel y archivo electrónico.

**El oferente debe indicar claramente en su propuesta todos los puntos que presenten diferencias con respecto a esta Especificación.**

## 9.2. INFORMACIÓN PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE

Previo al inicio de fabricación, el fabricante que adjudique la orden de compra o contrato deberá entregar, para la aprobación del Cliente, 03(tres) copias en papel y un 1(uno) archivo magnético con la siguiente información en un plazo máximo de 30 días calendario:

- Programa definitivo de fabricación, de acuerdo al plan de entregas solicitado.
- Plano de disposición general del transformador con sus accesorios y lista de materiales.
- Disposición, detalles de los aisladores pasantes, soportes de los pararrayos (cuando corresponda) y los conectores terminales y accesorios.
- Memoria de cálculo o ensayo de soporte a cortocircuito (ver 5.3) (IEC 60076-5)
- Memoria de cálculo sísmicos (cuando corresponda)(ver 5.1 letras b y c)

En el caso de tener que efectuar correcciones, el oferente deberá enviar nuevamente los planos corregidos para su aprobación.

## 10. INSPECCIÓN TÉCNICA

### 10.1. INSPECCIONES DURANTE LA FABRICACIÓN

Las empresas distribuidoras o sus representantes se reservan el derecho de realizar, a su costo, las inspecciones de los materiales y de los trabajos realizados durante la construcción de las máquinas, para lo cual el proveedor le informará el cronograma de fabricación previsto, previo a la iniciación de la misma, facilitando luego los medios necesarios para efectuarlas.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 29 de 37                   |

## 10.2. INSPECCIONES DURANTE LOS ENSAYOS DE RECEPCIÓN FINALES

Para la recepción final de los transformadores se deberán realizar los ensayos de partida y remesa indicados en la sección 11.

**Partida:** Se entiende por partida a la cantidad total de transformadores de iguales características y potencia, que integran un ítem de una determinada orden de compra o contrato.

**Remesa:** Se entiende por remesa a toda entrega parcial de una partida, que se entrega en una fecha determinada.

Los ensayos serán realizados en el país de origen de fabricación, en presencia de un inspector nombrado por las empresas compradoras. Para tal fin, el proveedor informará a la empresa con 16 días corridos de anticipación, la fecha prevista para los ensayos.

Los costos de los ensayos de partida y remesa, incluidos aquellos gastos relativos a los representantes del comprador, estarán incluidos en el precio, pero deberán ser cotizados separadamente y en forma discriminada, para que la empresa destinataria pueda, según el caso, descontar el cargo obviando su concurrencia o realización.

Las unidades dispuestas para los ensayos de remesa deberán estar totalmente terminadas y listas para su despacho.

## 11. ENSAYOS

### 11.1. ENSAYOS DE RUTINA

Los costos de los ensayos de rutina siempre estarán incluidos en el precio.

Estos ensayos se realizarán sobre todas las unidades de cada partida. El fabricante deberá entregar los protocolos de los resultados a lo menos 5(cinco) días hábiles antes de la fecha prevista para los ensayos de remesa correspondientes.

Los ensayos a realizar serán los siguientes:

#### 11.1.1. Verificación dimensional

Se realizará verificación de las dimensiones de las máquinas, tomando como referencia los valores de las respectivas Tablas de Datos Técnicos Garantizados, no permitiendo que se superen los valores garantizados.

#### 11.1.2. Medición de las resistencias de los arrollamientos

Se efectuará la medición de la resistencia de los arrollamientos en todas las derivaciones según procedimiento indicado por IEC 60076-1.

#### 11.1.3. Medición de la relación de transformación y de fase

Se realizará la medición de la relación de transformación en todas las derivaciones y la verificación de la polaridad y del grupo de conexión, según procedimiento indicado por IEC 60076-1.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 30 de 37                  |

#### 11.1.4. Medición de resistencia de aislación

Se efectuará la medición verificándose que el valor de la resistencia de aislación a 20°C entre arrollamientos primario-secundario y primario o secundario a masa.

#### 11.1.5. Ensayo de cortocircuito

Se determinará la potencia de pérdidas y la impedancia y tensión de cortocircuito, a la corriente nominal; según procedimiento indicado por IEC 60076-1.

#### 11.1.6. Ensayo en vacío

Se medirá la potencia de pérdidas en vacío y la corriente de excitación, según procedimiento indicado por IEC 60076-1.

#### 11.1.7. Ensayos dieléctricos

Se realizarán los ensayos dieléctricos con tensión aplicada y con tensión inducida, según procedimiento indicado por IEC 60076-3.

#### 11.1.8. Ensayo de Estanqueidad y operación de la válvula de seguridad

Con el aceite a la temperatura ambiente se deberá someter a la cuba a una sobrepresión de nitrógeno tal que produzca la apertura automática de la válvula de seguridad. Se deberá verificar que esta presión de apertura esté comprendida entre los valores estipulados en la Tabla de Datos Garantizados

Este ensayo se realizará temperatura ambiente, durante 6 horas y a una presión de 50 kPa. Se verificará la existencia de fugas de aceite. Al finalizar el ensayo la presión no debe variar en  $\pm 3,4$  kPa. y la temperatura del aceite no varíe más de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

## 11.2. ENSAYOS DE PARTIDA

Los ensayos de partida, serán realizados sobre una unidad de cada partida, no aceptándose protocolos de ensayos anteriores.

Estos ensayos tienen como objetivo de corroborar diseño de cada tipo de transformador ofertado.

Se elegirá para el ensayo la unidad correspondiente a la remesa que elija el inspector.

Los ensayos a realizar serán:

#### 11.2.1. Inspección visual externa e interna

Sobre una máquina tomada al azar de las correspondientes a la primera remesa de la partida, se deberá realizar una inspección detallada, visual y dimensional, externa e interna, para lo cual se deberá proceder al decubado de la máquina.

#### 11.2.2. Ensayo de calentamiento y sobrecarga

Según IEC 60076-2

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 31 de 37                   |

### 11.2.3. Estanqueidad

Se realizará esta prueba al transformador completo con todos sus accesorios montados y lleno de aceite, pero sin válvula de sobrepresión o dispositivo de alivio instalado.

El tanque será sometido a una presión de 50 kPa durante 6 horas, con el aceite a la temperatura de 90°C. En el transcurso de la prueba la presión deberá mantenerse constante dentro de un rango de error de  $\pm 3.4$  kPa. con el fin de evitar errores en los resultados del ensayo, la temperatura del aceite no deberá variar más de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Durante la prueba se verificarán posibles filtraciones de aceite en el tanque, cañerías, uniones, válvulas, radiadores, etc., y se verificará eventuales deformaciones permanentes.

### 11.2.4. Ensayo de depresión

El transformador sin el aceite, se deberá someter a una presión interna absoluta de 70 kPa o depresión de 30 kPa durante 15 minutos. Se deberá verificar a simple vista si existen deformaciones permanentes, luego de la recuperación de presión normal.

### 11.2.5. Ensayo de fatiga mecánica de la cuba (sólo para transformadores de llenado integral)

En caso de tratarse de máquinas del tipo de llenado integral, con la finalidad de simular los ciclos de calentamiento y enfriamiento que sufre el tanque, se someterá al mismo a ciclos de presión y depresión consecutivos.

La cantidad de ciclos a aplicar será de 8000. Cada ciclo tendrá una duración de 2 minutos aproximadamente.

Los valores límites de presión se obtienen a través e un ensayo de calentamiento real, luego del cual se extrapolan los valores de temperatura de la capa superior del aceite para el máximo y mínimo posible de temperatura ambiente considerados para esta especificación técnica ( $45^\circ\text{C}$  y  $-5^\circ\text{C}$ ).

La extrapolación surgirá de un gráfico relevado en el calentamiento que vincula presión–temperaturas internas.

La condición de aceptación y rechazo es la siguiente:

Si se presentara una pérdida de aceite, se reparará durante el ensayo y se continuará a los 8000 ciclos. Si se presentara una segunda pérdida se dará por rechazado el ensayo.

### 11.2.6. Ensayo dieléctrico con tensión de impulso

Se deberá realizar el ensayo dieléctrico con tensión de impulso, según IEC 60076-3, onda completa y recortada.

### 11.2.7. Condiciones de aceptación y/o rechazo de los ensayos de partida

El resultado no satisfactorio de cualquier ensayo de partida, significará el rechazo de toda la partida.

|   |  |                                   |
|---|--|-----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                          |
|   |  | <b>Rev.: Nro.1<br/>JULIO 2009</b> |
|   |  | Página 32 de 37                   |

### 11.3. ENSAYOS DE REMESA

Los ensayos y pruebas de inspección de remesa se realizarán sobre una muestra (cantidad de equipos proporcional al tamaño del lote).

El tamaño del lote es la cantidad de equipos iguales que en cada oportunidad se ponen a disposición para ensayos y que se destinen a cada una de las empresas. Si la entrega se hace en forma parcial en el tiempo (para una o más empresas), el lote estará constituido por los equipos de cada entrega parcial.

El tamaño de la muestra (número de equipos a ensayar, de acuerdo al tamaño del lote), surge de lo indicado en la Tabla 17.

#### 11.3.1. Ensayos y pruebas

Los valores indicados por los oferentes deberán ser referidos a 75 °C y 1000 m.s.n.m.

Los ensayos necesarios para dar por conforme cada remesa, corresponden a:

#### **Ensayos Eléctricos**

- Verificación dimensional (Ver 11.1.1)
- Medición de las resistencias de los arrollamientos (Ver 11.1.2)
- Medición de la relación de transformación y de fase (Ver 11.1.3)
- Medición de resistencia de aislación (Ver 11.1.4)
- Ensayo de cortocircuito (Ver 11.1.5)
- Ensayo en vacío (Ver 11.1.6)
- Ensayos dieléctricos (Ver 11.1.7)

#### **Ensayos Mecánicos**

- Verificación dimensional interna
- Ensayo de fatiga (solo para el caso de llenado integral)  
Se realizarán solo 200 ciclos, con igual metodología que el ensayo de partida e igual criterio de aceptación y rechazo.
- Adherencia pintura ASTM D4541-02 Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers
- Verificación de espesor pintura
- Verificación de los accesorios (conmutador, válvulas, etc.)

#### **Ensayos al Aceite (según IEC 60156 ó ASTM D-3487)**

- Rigidez dieléctrica
- Neutralización
- Factor de potencia
- Tensión interfacial
- Porcentaje de agua

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 33 de 37                  |

#### 11.4. CONDICIONES DE ACEPTACIÓN Y /O RECHAZO DE LOS ENSAYOS DE REMESA

Cada equipo revisado será calificado como "conforme" o "no conforme". Un equipo será "no-conforme" si presenta cualquier defecto en la revisión sea "menor, mayor o crítico" según lo define la IEC 60410 en los puntos 2.1.2, 2.1.3 y 2.2.4. El nivel de aceptación será el indicado en la orden de compra, pero siempre mejor que un AQL de 1,5%, nivel II, muestreo simple, siguiendo el procedimiento de la norma IEC 60410.

Si la orden de compra no indica una inspección específica, regirá el modo de inspección indicado anteriormente, según lo indicado en la Tabla 17.

El costo de los equipos que sean rechazados será de cargo del fabricante

**Tabla 17: Muestreo y nivel de aceptación para cada tamaño del lote**

| TAMAÑO DEL LOTE | TAMAÑO DE LA MUESTRA | NIVEL DE ACEPTACIÓN | NIVEL DE RECHAZO |
|-----------------|----------------------|---------------------|------------------|
| 2 - 18          | 2                    | 0                   | 1                |
| 9 - 15          | 3                    | 0                   | 1                |
| 16 - 25         | 5                    | 0                   | 1                |
| 26 - 50         | 8                    | 0                   | 1                |
| 51 - 90         | 13                   | 0                   | 1                |
| 91 - 150        | 20                   | 1                   | 2                |
| 151 - 280       | 32                   | 1                   | 2                |
| 281 - 500       | 50                   | 2                   | 3                |
| 501 - 1200      | 80                   | 3                   | 4                |
| 1201 - 3200     | 125                  | 5                   | 6                |
| 3201 - 10000    | 200                  | 7                   | 8                |

## 12. GARANTÍA

El proveedor garantizará la calidad técnica de los transformadores, por un periodo mínimo de 2 años, contados a partir de la fecha de recepción en el almacén del proveedor.

Cuando se produzcan fallas repetitivas en máquinas de una misma partida que sean imputables a vicios ocultos, defectos de fabricación o del material, el proveedor procederá a corregir los defectos en todas las unidades que integren la partida, a su exclusiva cuenta y cargo.

La reparación debe iniciarse a partir de la fecha de comunicación, debiendo devolverse la unidad debidamente reparada dentro de los 45 días corridos a partir de esa fecha.

Durante este plazo, el oferente se comprometerá a la reposición total del equipo que presente fallas atribuibles al diseño y/o proceso de fabricación. El proveedor deberá hacerse cargo de todos los gastos derivados de la reposición de los materiales o partes defectuosas.

Esto deberá ser ratificado explícitamente por el proveedor en su oferta.

Si el proveedor no se hiciera cargo de esta garantía a satisfacción de las empresas esto significará que se lo elimine del registro de proveedores.

El retiro del registro de proveedores considerará también fallas repetitivas en entregas consecutivas de transformadores a pesar de haberlas reparado y repuesto.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 34 de 37                  |

### 13. EMBALAJE

El equipo deberá ser embalado individualmente en “pallets” de madera tratada o plástico en forma apta para el transporte, de manera que el equipo no sufra daños. El embalaje deberá ser apto para introducirse en contenedores normales de la industria de transporte. Todos los elementos adicionales al equipo deben ser embalados en un solo cajón.

Los transformadores deberán ser transportados con su carga de aceite completa y los accesorios colocados. El transformador deberá estar completamente fijado en el embalaje.

La madera deberá ser tratada, según requerimientos internacionales, para el control de plagas, evitando los compuestos dañinos para el hombre o el medio ambiente, como el “Pentaclorofenol” y “Creosota”. El tratamiento deberá contemplar, a lo menos: alta toxicidad a organismos xilófagos, alta penetrabilidad y poder de fijación, estabilidad química, sustancias no corrosivas a los metales ni que afecte características físicas de la madera.

En la recepción del equipo se realizará una inspección visual del equipo, permitiendo verificar posibles daños sufridos en el transporte y proceso de almacenaje. Se debe verificar además la existencia de los elementos complementarios (grampas, perno para tierra, fusibles, etc.)

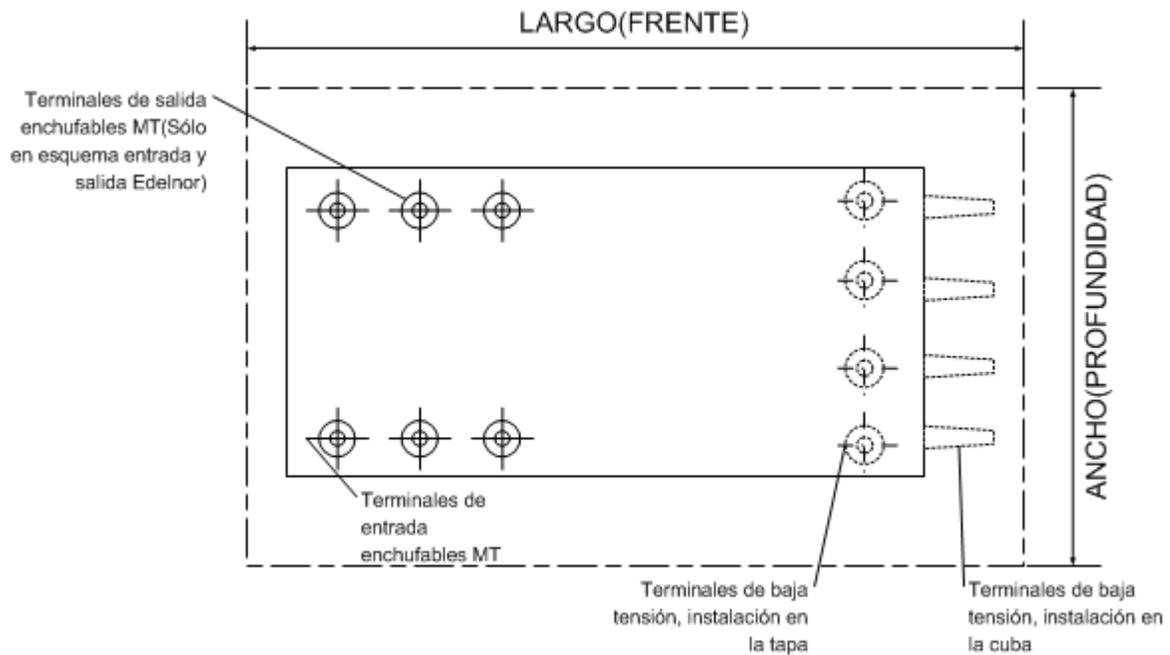
Se deberá proveer un listado de marcas de embalaje para ser sometido a los comentarios y final aprobación del Cliente. Entre los datos del embalaje estará el país de fabricación.

|   |  |                                  |
|---|--|----------------------------------|
|  | <b>ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:</b><br><b>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS</b><br><b>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN</b><br><b>BÓVEDA O POZO</b> | E-MT-021                         |
|   |  | <b>Rev.:</b> Nro.1<br>JULIO 2009 |
|   |  | Página 35 de 37                  |

## 14. ESQUEMA DE DIMENSIONES

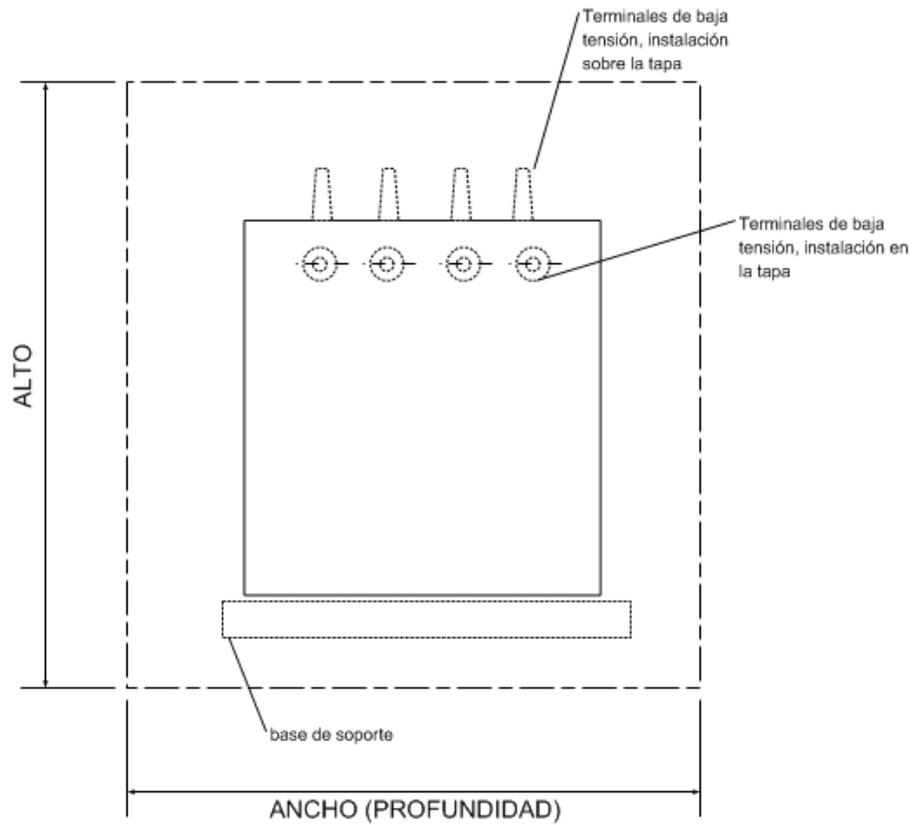
Las dimensiones generales y disposición de terminales MT y BT se indican en las Figuras 1 y 2. Los radiadores de refrigeración deben estar contenidos en las dimensiones máximas permitidas que se indican en la Sección 7.12.

Para Chilectra se podrá requerir que los terminales de baja tensión se encuentren sobre la tapa o en la cuba, según se indica en las figuras 1 y 2.



**Figura 1 :Dimensiones y disposición de elementos principales (Planta)**

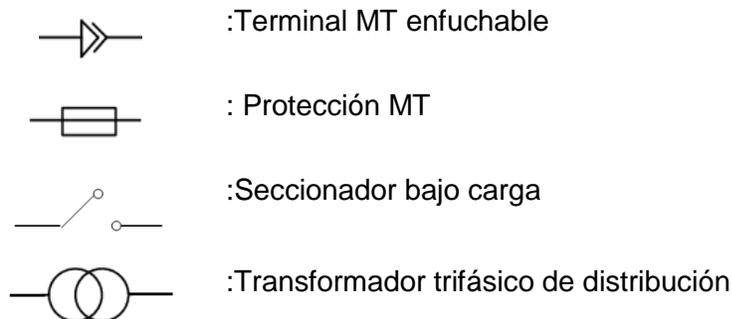
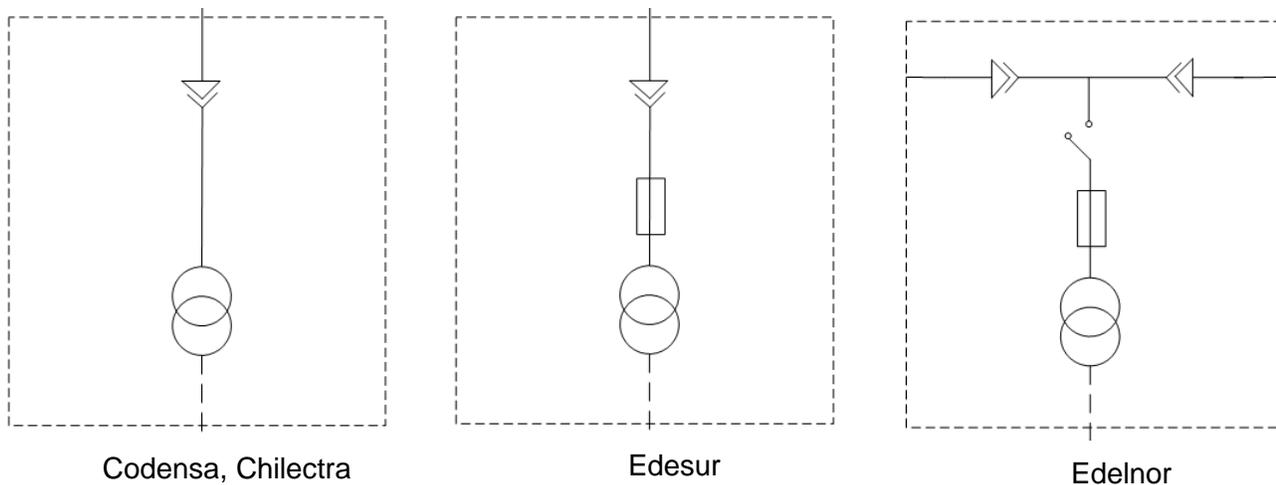
|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p style="text-align: center;">ESPECIFICACIÓN TÉCNICA:<br/>TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS<br/>SUBTERRÁNEOS PARA INSTALACIÓN EN<br/>BÓVEDA O POZO</p> | E-MT-021                                 |
|   |  | <p><b>Rev.:</b> Nro.1<br/>JULIO 2009</p> |
|   |  | <p>Página 36 de 37</p>                   |



**Figura 2 : Dimensiones y disposición de elementos principales (Costado, lado baja tensión)**

## 15. INFORMACIÓN ADICIONAL

En la figura 3 se indican las configuraciones utilizadas por las empresas distribuidoras para los transformadores subterráneos. Todos los elementos indicados formar parte del suministro.



**Figura 3: Configuración MT, disposición de elementos**