

**ANEXO 1**

**DESCRIPCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO**

**CONVOCATORIA PÚBLICA UPME 07 DE 2017**

**(UPME 07 – 2017)**

**SELECCIÓN DE UN INVERSIONISTA Y UN INTERVENTOR PARA EL DISEÑO,  
ADQUISICIÓN DE LOS SUMINISTROS, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN SABANALARGA – BOLÍVAR 500  
KV Y DEL SEGUNDO TRANSFORMADOR 500 / 220 KV – 450 MVA EN LA  
SUBESTACIÓN BOLÍVAR**

**Bogotá D. C., agosto de 2018**

## ÍNDICE

1		
2		
3		
4	<b>1. CONSIDERACIONES GENERALES</b> .....	<b>5</b>
5	<b>1.1 Requisitos Técnicos Esenciales</b> .....	<b>5</b>
6	<b>1.2 Definiciones</b> .....	<b>6</b>
7	<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>6</b>
8	<b>2.1 Descripción de Obras en las Subestaciones</b> .....	<b>9</b>
9	2.1.1 Descripción de Obras en la Subestación Sabanalarga 500 kV. ....	9
10	2.1.2 Descripción de Obras en la Subestación Bolívar 500 kV. ....	10
11	2.1.3 Descripción de Obras en la Subestación Bolívar 220 kV. ....	11
12	<b>2.2 Puntos de Conexión del Proyecto</b> .....	<b>12</b>
13	2.2.1 En la Subestación Sabanalarga 500 kV.....	12
14	2.2.2 En la Subestación Bolívar 500 kV.....	13
15	2.2.3 En la Subestación Bolívar 220 kV.....	13
16	<b>3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES</b> .....	<b>14</b>
17	<b>3.1 Parámetros del Sistema</b> .....	<b>14</b>
18	<b>3.2 Nivel de Corto Circuito</b> .....	<b>15</b>
19	<b>3.3 Materiales</b> .....	<b>15</b>
20	<b>3.4 Efecto Corona, Radio-interferencia y Ruido Audible</b> .....	<b>16</b>
21	<b>3.5 Licencias, Permisos y Contrato de Conexión</b> .....	<b>16</b>
22	<b>3.6 Pruebas en Fábrica</b> .....	<b>17</b>
23	<b>4. ESPECIFICACIONES PARA LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 500 kV</b> .....	<b>17</b>
24	<b>4.1 General</b> .....	<b>17</b>
25	<b>4.2 Ruta de las Líneas de Transmisión</b> .....	<b>19</b>
26	<b>4.3 Longitud Aproximada de las Líneas</b> .....	<b>20</b>
27	<b>4.4 Especificaciones de diseño y construcción Líneas</b> .....	<b>21</b>
28	4.4.1 Aislamiento .....	21
29	4.4.2 Conductores de Fase .....	21
30	4.4.3 Cable(s) de Guarda .....	23
31	4.4.4 Puesta a Tierra de las Líneas .....	23
32	4.4.5 Transposiciones de Línea.....	24
33	4.4.6 Estructuras .....	25
34	4.4.7 Localización de Estructuras .....	26
35	4.4.8 Sistema Antivibratorio, Amortiguadores y Espaciadores - Amortiguadores ..	26
36	4.4.9 Cimentaciones.....	26
37	4.4.10 Señalización Aérea.....	27
38	4.4.11 Desviadores de vuelo para aves.....	27
39	4.4.12 Obras Complementarias .....	27
40	<b>4.5 Informe Técnico</b> .....	<b>27</b>
41	<b>5. ESPECIFICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN</b> .....	<b>28</b>

1	<b>5.1 General</b> .....	<b>28</b>
2	5.1.1 Predio de las Subestación .....	29
3	5.1.2 Espacios de Reserva.....	30
4	5.1.3 Conexiones con Equipos Existentes.....	31
5	5.1.4 Servicios Auxiliares.....	31
6	5.1.5 Infraestructura y Módulo Común.....	31
7	<b>5.2 Normas para Fabricación de los Equipos</b> .....	<b>33</b>
8	<b>5.3 Condiciones Sísmicas de los equipos</b> .....	<b>33</b>
9	<b>5.4 Procedimiento General del Diseño</b> .....	<b>33</b>
10	5.4.1 Los documentos de Ingeniería Básica .....	35
11	5.4.2 Los documentos de la Ingeniería de Detalle .....	38
12	5.4.3 Estudios del Sistema .....	41
13	5.4.4 Distancias de Seguridad.....	43
14	<b>5.5 Equipos de Potencia</b> .....	<b>43</b>
15	5.5.1 Interruptores .....	43
16	5.5.2 Descargadores de Sobretensión.....	44
17	5.5.3 Transformadores de Potencia.....	44
18	5.5.4 Seccionadores y Seccionadores de Puesta a Tierra.....	46
19	5.5.5 Transformadores de Tensión .....	47
20	5.5.6 Transformadores de Corriente .....	48
21	5.5.7 Equipo GIS o Híbrido.....	49
22	5.5.8 Sistema de Puesta A Tierra .....	49
23	5.5.9 Apantallamiento de la Subestación.....	50
24	<b>5.6 Equipos de Control y Protección</b> .....	<b>50</b>
25	5.6.1 Sistemas de Protección .....	50
26	5.6.2 Sistema de Automatización y Control de la Subestaciones.....	52
27	5.6.2.1 Características Generales.....	53
28	5.6.3 Unidad de medición fasorial sincronizada - medidores multifuncionales .....	55
29	5.6.4 Controladores de Bahía .....	57
30	5.6.5 Controlador de los Servicios Auxiliares.....	57
31	5.6.6 Switches .....	58
32	5.6.7 Interfaz Nivel 2 - Nivel 1.....	58
33	5.6.8 Equipos y Sistemas de Nivel 2 .....	59
34	5.6.8.1 Controlador de la Subestación .....	59
35	5.6.8.2 Registradores de Fallas .....	59
36	5.6.8.3 Interfaz Hombre - Máquina IHM de la Subestación .....	59
37	5.6.9 Requisitos de Telecomunicaciones.....	60
38	<b>5.7 Obras Civiles</b> .....	<b>60</b>
39	<b>5.8 Malla de Puesta a Tierra y Apantallamiento</b> .....	<b>61</b>
40	<b>6. ESPECIFICACIONES PARA LA PUESTA EN SERVICIO DEL PROYECTO</b> .....	<b>62</b>
41	<b>6.1 Pruebas y Puesta en Servicio</b> .....	<b>62</b>

1	<b>6.2 Información Requerida por CND para la Puesta en Servicio .....</b>	<b>62</b>
2	<b>7 ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN .....</b>	<b>63</b>
3	<b>8 INFORMACIÓN DETALLADA PARA EL PLANEAMIENTO .....</b>	<b>63</b>
4	<b>9 INFORMACIÓN ESPECÍFICA .....</b>	<b>63</b>
5	<b>10 FIGURAS .....</b>	<b>64</b>
6		

## ANEXO 1

### 1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las expresiones que figuren en mayúsculas, que no se encuentren expresamente definidas en el presente documento, tendrán el significado que se les atribuye en los Documentos de Selección del Inversionista de la Convocatoria Pública UPME 07 – 2017.

Toda mención efectuada en este documento a "Anexo", "Apéndice", "Capítulo", "Formulario", "Formato", "Literal", "Numeral", "Subnumeral" y "Punto" se deberá entender efectuada a anexos, apéndices, capítulos, formularios, literales, numerales, subnumerales y puntos del presente documento, salvo indicación expresa en sentido contrario.

Las expresiones que figuren en mayúsculas y que no se encuentren expresamente definidas en el presente documento o en los Documentos de Selección del Inversionista, corresponden a normas legales u otras disposiciones jurídicas colombianas.

Las especificaciones de diseño, construcción, montaje y las características técnicas de los equipos e instalaciones deben cumplir con los requisitos técnicos establecidos en el presente Anexo No. 1 de los Documentos de Selección del Inversionista, en el Código de Redes de la CREG (Resolución CREG 025 de 1995 y sus actualizaciones, en especial CREG 098 de 2000) y en el RETIE y todas sus modificaciones vigentes en la fecha de ejecución de los diseños. Las citas, numerales o tablas del RETIE que se hacen en este Anexo corresponden a la revisión de agosto de 2013 de este Reglamento, incluidas las modificaciones de octubre 2013 y julio 2014. En los aspectos a los que no hacen referencia los documentos citados, el Transmisor deberá ceñirse a lo indicado en criterios de ingeniería y normas internacionales de reconocido prestigio, copia de los cuales deberán ser relacionados, informados y documentados al Interventor. Los criterios de ingeniería y normas específicas adoptados para el Proyecto deberán cumplir, en todo caso, con lo establecido en los Documentos de Selección del Inversionista, en el Código de Redes y en los reglamentos técnicos que expida el Ministerio de Minas y Energía, MME. Adicionalmente, se deberá considerar las condiciones técnicas existentes en los puntos de conexión de tal forma que los diferentes sistemas sean compatibles y permitan la operación según los estándares de seguridad, calidad y confiabilidad establecidos en la regulación.

#### 1.1 Requisitos Técnicos Esenciales

De acuerdo con la legislación colombiana y en particular, con lo establecido en la última versión del RETIE, vigente en la fecha de apertura de esta Convocatoria, Resolución MME 90708 de agosto de 2013, Capítulo II, Requisitos Técnicos Esenciales, para el Proyecto

1 será obligatorio que los trabajos deban contar con un diseño, efectuado por el profesional  
2 o profesionales legalmente competentes para desarrollar esta actividad como se establece  
3 en el Artículo 10 del RETIE de la fecha anotada, en general y el numeral 10.2 en particular.  
4

5 Como requisito general, de mandatorio cumplimiento, aplicable a todos los aspectos  
6 técnicos y/o regulatorios que tengan que ver con el RETIE , con el Código de Redes, con  
7 normas técnicas nacionales o internacionales y con resoluciones de la CREG y del  
8 Ministerio de Minas y Energía, se establece que, de producirse una revisión o una  
9 actualización de cualquiera de los documentos mencionados, antes del inicio de los diseños  
10 según cronograma presentado por el Transmisor y aprobado por la UPME, la última de  
11 estas revisiones o actualizaciones, en cada uno de los aspectos requeridos, primará sobre  
12 cualquier versión anterior de los citados documentos.  
13

## 14 **1.2 Definiciones**

15  
16 Las expresiones que figuren con letra mayúscula inicial tendrán el significado establecido  
17 en el Numeral 1.1 de los Documentos de Selección del Inversionista - DSI.  
18  
19

## 20 **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

21  
22 Consiste en el diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, puesta en  
23 servicio, operación y mantenimiento de las obras asociadas al Proyecto de la línea  
24 transmisión Sabanalarga – Bolívar 500 kV y del segundo transformador 500/220 kV – 450  
25 MVA en la subestación Bolívar, definido en el “Plan de Expansión de Referencia Generación  
26 – Transmisión 2015-2029”, adoptado mediante Resolución del Ministerio de Minas y  
27 Energía 40095 de febrero 1 de 2016, modificada mediante Resolución MME No 40813 de  
28 3 de agosto de 2018, el cual comprende:

- 29 i. Una (1) bahía de línea a 500 kV, incluido el corte central de ser necesario, en  
30 configuración interruptor y medio en la subestación Sabanalarga 500 kV.
- 31 ii. Una (1) línea a 500 kV, con un longitud aproximada de 65 km, desde la Subestación  
32 Sabanalarga 500 kV hasta la Subestación Bolívar 500 kV.
- 33 iii. Una (1) bahía de línea a 500 kV, en configuración doble barra más seccionador de  
34 transferencia, en la subestación Bolívar 500 kV.
- 35 iv. Una (1) bahía de transformación a 500 kV, en configuración doble barra más  
36 seccionador de transferencia en la subestación Bolívar 500 kV.

- 1 v. Un (1) banco de autotransformadores 500/220/34,5 kV de 450 MVA (3x150 MVA)  
2 en la subestación Bolívar, junto con su unidad de reserva y conexión para cambio  
3 rápido.
- 4 vi. Una (1) bahía de transformación a 220 kV, en configuración doble barra más  
5 seccionador de transferencia, en la subestación Bolívar 220 kV.
- 6 vii. Extensiones de barraje requeridas para dar cumplimiento al objeto de la presente  
7 Convocatoria, junto con todos los elementos, equipos obras y adecuaciones  
8 mecánicas, civiles, eléctricas, corte y/o protección, control, medición y demás  
9 necesarios, para su correcto funcionamiento.
- 10 viii. Incluye todos los elementos y adecuaciones tanto eléctricas como físicas necesarias  
11 para cumplir con el objeto de la presente Convocatoria durante la construcción,  
12 operación y mantenimiento de las obras, garantizando siempre su compatibilidad  
13 con la infraestructura existente. Estas acciones incluyen sistemas de control,  
14 protecciones, comunicaciones e infraestructura asociada, etc, sin limitarse a estos.
- 15 ix. Los espacios de reserva establecidos en el numeral 5.1.2 del presente documento.

16 **NOTAS:** Las siguientes notas tienen carácter vinculante frente al alcance de la presente  
17 Convocatoria:

- 18
- 19 1. Los Diagramas unifilares, hacen parte del Anexo 1. El Inversionista seleccionado,  
20 buscando una disposición con alto nivel de confiabilidad, podrá modificar la  
21 disposición de las bahías en los diagramas unifilares, previa revisión y concepto del  
22 Interventor, y aprobación por parte de la UPME. Si la propuesta de modificación  
23 presentada involucra o afecta a terceros como otros usuarios o propietarios de  
24 activos en Subestación (existente o ampliación), deberán establecerse acuerdos  
25 previos a la solicitud.
- 26
- 27 2. En configuración interruptor y medio, cuando una bahía, objeto de la presente  
28 Convocatoria Pública, quede en un diámetro incompleto, el cual pueda utilizarse  
29 para una ampliación futura, el Transmisor deberá hacerse cargo del enlace entre el  
30 corte central y el otro barraje, de tal manera que dicho enlace pueda ser removido  
31 fácilmente en caso de instalación de nuevos equipos.
- 32
- 33 3. Corresponde a los involucrados en las Subestaciones, llegar a acuerdos para la  
34 ubicación y/o disposición física de equipos en la subestación. En cualquier caso, se  
35 debe garantizar una disposición de alto nivel de confiabilidad.
- 36

- 1 4. Todos los equipos o elementos a instalar, por motivo de la presente Convocatoria  
2 Pública UPME, deberán ser completamente nuevos y de última tecnología.  
3
- 4 5. Están a cargo del Inversionista seleccionado, todos los elementos necesarios para  
5 la construcción, operación y mantenimiento de las obras, como por ejemplo  
6 sistemas de control, protecciones, comunicaciones e infraestructura asociada, sin  
7 limitarse a estos, y debe garantizar su compatibilidad con la infraestructura  
8 existente. En general, el Adjudicatario se debe hacer cargo de las adecuaciones  
9 necesarias para cumplir con el alcance del presente proyecto.  
10
- 11 6. En la página WEB de la presente Convocatoria Pública, se encuentra disponible la  
12 información técnica y costos de conexión remitidos por ISA-ITCO S.A. E.S.P. con  
13 radicado 20181110013312, 20181110026342 y 20181110029952. La información  
14 específica relacionada con estos comunicados (anexos) pueden ser solicitadas en  
15 oficinas de la UPME en los términos señalados en el numeral 9 del presente Anexo  
16 1, sin detrimento a lo anterior, el Inversionista podrá consultar a los propietarios de  
17 la infraestructura de manera directa. La información suministrada por la UPME no  
18 representa ninguna limitante y deberá ser evaluada por el Inversionista para lo de  
19 su interés, en concordancia con los numerales 5.5, Independencia del Proponente,  
20 y 5.6, Responsabilidad, de los DSI de la presente Convocatoria Pública.  
21
- 22 7. El Inversionista seleccionado deberá garantizar que los espacios de reserva (no  
23 utilizados por el presente Proyecto) en las subestaciones intervenidas, no se verán  
24 afectados o limitados para su utilización, por infraestructura (equipos, línea,  
25 edificaciones, etc.) desarrollada en el marco de la presente Convocatoria Pública.  
26 El Interventor deberá certificar el cumplimiento de la exigencia antes indicada. Lo  
27 anterior no implica que los espacios ocupados por las bahías construidas en la  
28 presente convocatoria se deban reponer en otro lugar, con excepción de aquellos  
29 casos en que el propietario de la subestación lo hubiese declarado antes del inicio  
30 de la convocatoria.  
31
- 32 8. El Inversionista seleccionado para la presente Convocatoria, deberá analizar y  
33 tomar las precauciones, realizar todos los estudios que apliquen y tomar cualquier  
34 medida preventiva o correctiva en todas las etapas del proyecto, incluida la  
35 operación y mantenimiento, con el fin que se minimice el riesgo o no existan  
36 afectaciones en el Sistema Interconectado Nacional – SIN por cualquier  
37 circunstancia que involucre o se derive de sus activos.  
38



1 **2.1 Descripción de Obras en las Subestaciones**

2  
3 **2.1.1 Descripción de Obras en la Subestación Sabanalarga 500 kV.**

4  
5 El Inversionista seleccionado deberá hacerse cargo de la selección y adquisición del área  
6 (en cualquier modalidad compra, arriendo, etc), el diseño, la construcción, la operación y el  
7 mantenimiento de las obras descritas en el numeral 2, incluyendo los espacios de reserva  
8 definidos.

9  
10 La bahía de línea deberá mantener la configuración de la subestación existente. Los  
11 equipos a instalar podrán ser convencionales o GIS (tomado de la primera letra del nombre  
12 en inglés “Gas Insulated Substations” Subestaciones aisladas en gas SF6) o una solución  
13 híbrida, de tipo exterior o interior según el caso, cumpliendo con la normatividad técnica  
14 aplicable y todos los demás requisitos establecidos en los DSI.

15  
16 El Inversionista seleccionado, resultante de la presente Convocatoria Pública, deberá  
17 hacerse cargo de la extensión de barrajes (de ser necesario) para la conexión de la nueva  
18 bahía de línea objeto de la presente Convocatoria Pública, junto con los equipos de  
19 protección y adecuaciones físicas y eléctricas necesarias. Toda la infraestructura utilizada  
20 para ampliar el barraje, deberá tener una capacidad de corriente, y demás características  
21 técnicas, igual o superior al barraje existente donde se conecta.

22  
23 El Inversionista deberá garantizar la compatibilidad de la nueva bahía de línea, en  
24 funcionalidad y en aspectos de potencia, comunicaciones, control y protecciones con  
25 infraestructura existente.

26  
27 El diagrama unifilar de la subestación Sabanalarga 500 kV se muestra en la Figura 2.

28  
29 Los equipos o elementos a instalar deberán ser completamente nuevos y de última  
30 tecnología.

31  
32 El Inversionista deberá implementar redundancia en los canales de comunicación utilizando  
33 diferentes medios o tecnologías para el envío y la recepción de señales entre los extremos  
34 de las líneas de transmisión. El Inversionista seleccionado deberá verificar que con los  
35 equipos a instalar en las subestaciones, se eviten puntos comunes de fallas. Lo anterior  
36 con el fin de incrementar la fiabilidad de los esquemas de teleprotección de las líneas de  
37 transmisión, ante mantenimientos o contingencias sobre uno de los sistemas de  
38 comunicación.

39

1 Para las llegada/salida de las líneas a construir, se debe tener en cuenta los circuitos  
2 actuales y futuros de forma tal que los diseños busquen evitar los cruces con otras líneas o  
3 se minimicen los riesgos en la confiabilidad de la operación del SIN.

#### 4 5 **2.1.2 Descripción de Obras en la Subestación Bolívar 500 kV.**

6  
7 El inversionista seleccionado deberá usar uno de los espacios de reserva que fueron  
8 previstos en la Convocatoria Pública UPME 02-2003, de la cual ISA-INTERCOLOMBIA S.A.  
9 E.S.P. es el responsable.

10  
11 Las bahías a instalar deberá mantener la configuración de la subestación existente. Los  
12 equipos a instalar podrán ser convencionales o GIS (tomado de la primera letra del nombre  
13 en inglés “Gas Insulated Substations” Subestaciones aisladas en gas SF6) o una solución  
14 híbrida, de tipo exterior o interior según el caso, cumpliendo con la normatividad técnica  
15 aplicable y todos los demás requisitos establecidos en los DSI.

16  
17 El Inversionista seleccionado, resultante de la presente Convocatoria Pública, deberá  
18 hacerse cargo de la extensión de barrajes (de ser necesario) para la conexión de la nueva  
19 bahía de línea objeto de la presente Convocatoria Pública, junto con los equipos de  
20 protección y adecuaciones físicas y eléctricas necesarias. Toda la infraestructura utilizada  
21 para ampliar el barraje, deberá tener una capacidad de corriente, y demás características  
22 técnicas, igual o superior al barraje existente donde se conecta.

23  
24 El Inversionista deberá garantizar la compatibilidad de las nuevas bahías, en funcionalidad  
25 y en aspectos de potencia, comunicaciones, control y protecciones con infraestructura  
26 existente.

27  
28 El diagrama unifilar de la subestación Bolívar 500 kV se muestra en la Figura 3.

29  
30 Los equipos o elementos a instalar deberán ser completamente nuevos y de última  
31 tecnología.

32  
33 El Inversionista deberá implementar redundancia en los canales de comunicación utilizando  
34 diferentes medios o tecnologías para el envío y la recepción de señales entre los extremos  
35 de las líneas de transmisión. El Inversionista seleccionado deberá verificar que con los  
36 equipos a instalar en las subestaciones, se eviten puntos comunes de fallas. Lo anterior  
37 con el fin de incrementar la fiabilidad de los esquemas de teleprotección de las líneas de  
38 transmisión, ante mantenimientos o contingencias sobre uno de los sistemas de  
39 comunicación.

40

1 Para las llegada/salida de las líneas a construir, se debe tener en cuenta los circuitos  
2 actuales y futuros de forma tal que los diseños busquen evitar los cruces con otras líneas o  
3 se minimicen los riesgos en la confiabilidad de la operación del SIN.

### 4 5 **2.1.3 Descripción de Obras en la Subestación Bolívar 220 kV.**

6  
7 El inversionista seleccionado deberá usar uno de los espacios de reserva que fueron  
8 previstos en la Convocatoria Pública UPME 02-2003, de la cual ISA-INTERCOLOMBIA S.A.  
9 E.S.P. es el responsable.

10  
11 La bahía de transformación deberá mantener la configuración de la subestación existente.  
12 Los equipos a instalar podrán ser convencionales o GIS (tomado de la primera letra del  
13 nombre en inglés “Gas Insulated Substations” Subestaciones aisladas en gas SF6) o una  
14 solución híbrida, de tipo exterior o interior según el caso, cumpliendo con la normatividad  
15 técnica aplicable y todos los demás requisitos establecidos en los DSI.

16  
17 El Inversionista seleccionado, resultante de la presente Convocatoria Pública, deberá  
18 hacerse cargo de la extensión de barrajes (de ser necesario) para la conexión de la nueva  
19 bahía de línea objeto de la presente Convocatoria Pública, junto con los equipos de  
20 protección y adecuaciones físicas y eléctricas necesarias. Toda la infraestructura utilizada  
21 para ampliar el barraje, deberá tener una capacidad de corriente, y demás características  
22 técnicas, igual o superior al barraje existente donde se conecta.

23  
24 El Inversionista deberá garantizar la compatibilidad de la nueva bahía de transformación,  
25 en funcionalidad y en aspectos de potencia, comunicaciones, control y protecciones con  
26 infraestructura existente.

27  
28 El diagrama unifilar de la subestación Bolívar 220 kV se muestra en la Figura 4.

29  
30 Los equipos o elementos a instalar deberán ser completamente nuevos y de última  
31 tecnología.

32  
33 El Inversionista deberá implementar redundancia en los canales de comunicación utilizando  
34 diferentes medios o tecnologías para el envío y la recepción de señales entre los extremos  
35 de las líneas de transmisión. El Inversionista seleccionado deberá verificar que con los  
36 equipos a instalar en las subestaciones, se eviten puntos comunes de fallas. Lo anterior  
37 con el fin de incrementar la fiabilidad de los esquemas de teleprotección de las líneas de  
38 transmisión, ante mantenimientos o contingencias sobre uno de los sistemas de  
39 comunicación.

40

1 Se debe tener en cuenta que a la Subestación Bolívar 220 kV convergen la Convocatoria  
2 Pública UPME 05-2012 a cargo del GEB, la Convocatoria Pública UPME STR 10-2015 a  
3 cargo de EPSA y la Convocatoria Pública UPME 05-2018 (por adjudicar), por lo que son  
4 referencia los respectivos DSI de dichas convocatorias, al igual que el estado de avance de  
5 los proyectos.

## 7 **2.2 Puntos de Conexión del Proyecto**

8  
9 El Inversionista seleccionado, además de adquirir el predio y/o los espacios para la presente  
10 Convocatoria Pública, independiente de la modalidad (compra o arrendamiento, etc),  
11 deberá tener en cuenta lo definido en el Código de Conexión (Resolución CREG 025 de  
12 1995 y sus modificaciones) y las siguientes consideraciones en cada uno de los puntos de  
13 conexión, para los cuales se debe establecer un contrato de conexión con el responsable  
14 y/o propietario de los activos relacionados.

15  
16 Cuando el Transmisor considere la necesidad de hacer modificaciones a la infraestructura  
17 existente (independientemente del nivel tensión), deberá informar al Interventor y acordar  
18 estas modificaciones en el contrato de conexión con el responsable y/o propietario de los  
19 activos relacionados. Estas modificaciones estarán a cargo del Transmisor.

### 21 **2.2.1 En la Subestación Sabanalarga 500 kV.**

22  
23 El agente responsable de la existente subestación Sabanalarga 500 kV es ISA-  
24 INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. – ITCO.

25  
26 El punto de conexión del Proyecto de la presente Convocatoria Pública en la Subestación  
27 Sabanalarga, es el barraje a 500 kV.

28  
29 El contrato de conexión entre el Transmisor resultante de la presente Convocatoria Pública  
30 e ISA-INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. deberá incluir, entre otros aspectos y según  
31 corresponda, lo relacionado con las condiciones para acceder al uso del terreno para la  
32 ubicación de la infraestructura a instalar, el espacio para la ubicación de los tableros de  
33 control y protecciones de los módulos, el enlace al sistema de control del CND, suministro  
34 de servicios auxiliares de AC y DC; y demás acuerdos. Este contrato de conexión deberá  
35 estar firmado por las partes, dentro de los **cuatro (4) meses** siguientes a la expedición de  
36 la Resolución CREG que oficialice los Ingresos Anuales Esperados del Transmisor  
37 adjudicatario de la presente Convocatoria Pública, **al menos en sus condiciones básicas**  
38 (objeto del contrato, terreno en el cual se realizarán las obras, espacios, ubicación y  
39 condiciones para acceder, entrega de datos sobre equipos y demás información requerida  
40 para diseños, obligaciones de las partes para la construcción, punto de conexión, duración  
41 del contrato, etc), lo cual deberá ser puesto en conocimiento del Interventor. No obstante

1 las partes en caso de requerirse, podrán solicitar a la UPME, con la debida justificación, la  
2 modificación de la fecha de firma del contrato de conexión. Esta solicitud deberá estar  
3 firmada por los representantes legales de los agentes involucrados.

### 4 5 **2.2.2 En la Subestación Bolívar 500 kV**

6  
7 El agente responsable de la existente subestación Bolívar 500 kV es ISA-INTERCOLOMBIA  
8 S.A. E.S.P. – ITCO.

9  
10 El punto de conexión del Proyecto de la presente Convocatoria Pública en la Subestación  
11 Bolívar, es el barraje a 500 kV.

12  
13 El contrato de conexión entre el Transmisor resultante de la presente Convocatoria Pública  
14 e ISA-INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. deberá incluir, entre otros aspectos y según  
15 corresponda, lo relacionado con las condiciones para acceder al uso del terreno para la  
16 ubicación de la infraestructura a instalar, el espacio para la ubicación de los tableros de  
17 control y protecciones de los módulos, el enlace al sistema de control del CND, suministro  
18 de servicios auxiliares de AC y DC; y demás acuerdos. Este contrato de conexión deberá  
19 estar firmado por las partes, dentro de los **cuatro (4) meses** siguientes a la expedición de  
20 la Resolución CREG que oficialice los Ingresos Anuales Esperados del Transmisor  
21 adjudicatario de la presente Convocatoria Pública, **al menos en sus condiciones básicas**  
22 (objeto del contrato, terreno en el cual se realizarán las obras, espacios, ubicación y  
23 condiciones para acceder, entrega de datos sobre equipos y demás información requerida  
24 para diseños, obligaciones de las partes para la construcción, punto de conexión, duración  
25 del contrato, etc), lo cual deberá ser puesto en conocimiento del Interventor. No obstante  
26 las partes en caso de requerirse, podrán solicitar a la UPME, con la debida justificación, la  
27 modificación de la fecha de firma del contrato de conexión. Esta solicitud deberá estar  
28 firmada por los representantes legales de los agentes involucrados.

### 29 30 **2.2.3 En la Subestación Bolívar 220 kV**

31  
32 El agente responsable de la existente subestación Bolívar 220 kV es ISA-INTERCOLOMBIA  
33 S.A. E.S.P. – ITCO.

34  
35 El punto de conexión del Proyecto de la presente Convocatoria Pública en la Subestación  
36 Bolívar, es el barraje a 220 kV.

37  
38 El contrato de conexión entre el Transmisor resultante de la presente Convocatoria Pública  
39 e ISA-INTERCOLOMBIA S.A. E.S.P. deberá incluir, entre otros aspectos y según  
40 corresponda, lo relacionado con las condiciones para acceder al uso del terreno para la  
41 ubicación de la infraestructura a instalar, el espacio para la ubicación de los tableros de

1 control y protecciones de los módulos, el enlace al sistema de control del CND, suministro  
2 de servicios auxiliares de AC y DC; y demás acuerdos. Este contrato de conexión deberá  
3 estar firmado por las partes, dentro de los **cuatro (4) meses** siguientes a la expedición de  
4 la Resolución CREG que oficialice los Ingresos Anuales Esperados del Transmisor  
5 adjudicatario de la presente Convocatoria Pública, **al menos en sus condiciones básicas**  
6 (objeto del contrato, terreno en el cual se realizarán las obras, espacios, ubicación y  
7 condiciones para acceder, entrega de datos sobre equipos y demás información requerida  
8 para diseños, obligaciones de las partes para la construcción, punto de conexión, duración  
9 del contrato, etc), lo cual deberá ser puesto en conocimiento del Interventor. No obstante  
10 las partes en caso de requerirse, podrán solicitar a la UPME, con la debida justificación, la  
11 modificación de la fecha de firma del contrato de conexión. Esta solicitud deberá estar  
12 firmada por los representantes legales de los agentes involucrados.  
13

14 Se debe tener en cuenta que a la Subestación Bolívar 220 kV convergen la Convocatoria  
15 Pública UPME 05-2012 a cargo del GEB, la Convocatoria Pública UPME STR 10-2015 a  
16 cargo de EPSA y la Convocatoria Pública UPME 05-2018 (por adjudicar), por lo que son  
17 referencia los respectivos DSI de dichas convocatorias, al igual que el estado de avance de  
18 los proyectos.  
19

### 20 21 **3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES**

22  
23 El Interventor informará de manera independiente a la UPME, el cumplimiento de las  
24 especificaciones técnicas consignadas en el presente Anexo. El uso de normas y  
25 procedimientos aquí descritos podrá ser modificado en cualquier momento, hasta la fecha  
26 de realización de los diseños o de realización de la obra según el caso, sin detrimento del  
27 cumplimiento de la regulación y las normas técnicas de obligatorio cumplimiento,  
28 asegurando en cualquier caso que los requisitos y calidades técnicas se mantengan, para  
29 lo cual deberá previamente comunicarlo y soportarlo al Interventor.  
30

31 Las Especificaciones contenidas en este Anexo, se complementan con la información de  
32 las subestaciones existentes que se incluyen en los documentos de esta Convocatoria  
33 Pública.  
34

#### 35 **3.1 Parámetros del Sistema**

36  
37 Todos los equipos e instalaciones a ser suministrados por el Transmisor deberán ser  
38 nuevos y de última tecnología, cumplir con las siguientes características técnicas del STN,  
39 las cuales serán verificadas por la Interventoría para la UPME.  
40

1 **Generales:**

2 Tensión nominal	500/220 kV
3 Frecuencia asignada	60 Hz
4 Puesta a tierra	Sólida
5 Numero de fases	3

6  
7 **Subestaciones 500/220 kV:**

8 Servicios auxiliares AC	120/208V, tres fases, cuatro hilos.
9 Servicios Auxiliares DC	125V
10 Tipo de la Subestación	Convencional o GIS o un híbrido.

11

12 **Línea de transmisión 500 kV:**

13 Tipo de línea y estructuras:	Aérea con torres auto-soportadas y/o postes y/o estructuras compactas y/o subterráneas.
14 Estructuras de soporte:	Para circuito sencillo.
15 Circuitos por torre o canalización:	Uno (1).
16 Conductores de fase:	Ver numeral 4.4.2 del presente Anexo.
17 Cables de guarda:	Ver numeral 4.4.3 del presente Anexo.

18

19  
20 **3.2 Nivel de Corto Circuito**

21

22 El Transmisor deberá realizar los estudios pertinentes, de tal manera que se garantice que  
23 el nivel de corto utilizado en los diseños y selección de los equipos y demás elementos de  
24 líneas y subestaciones será el adecuado durante la vida útil de estos, no obstante, la  
25 capacidad de corto circuito asignada a los equipos y elementos asociados que se instalarán  
26 objeto de la presente Convocatoria no deberá ser inferior a 40 kA. La duración asignada al  
27 corto circuito no podrá ser inferior a los tiempos máximos provistos para interrupción de las  
28 fallas y los indicados en las normas IEC aplicables. Copia del estudio deberá ser entregada  
29 al Interventor para su conocimiento y análisis.

30

31 **3.3 Materiales**

32

33 Todos los equipos y materiales incorporados al Proyecto deben ser nuevos y de la mejor  
34 calidad, de última tecnología y fabricados bajo normas internacionales y sello de  
35 fabricación, libres de defectos e imperfecciones. La fabricación de equipos y estructuras  
36 deberán ser tales que se eviten la acumulación de agua. Todos los materiales usados para  
37 el Proyecto, listados en la tabla 2.1 del RETIE deberán contar con certificado de producto  
38 según el numeral 2.3 del Artículo 2 del RETIE. El Transmisor deberá presentar para fines  
39 pertinentes al Interventor los documentos que le permitan verificar las anteriores  
40 consideraciones. En el caso de producirse una nueva actualización del RETIE antes del

1 inicio de los diseños y de la construcción de la obra, dicha actualización primará sobre el  
2 Reglamento actualmente vigente.

### 3.4 Efecto Corona, Radio-interferencia y Ruido Audible

3  
4  
5  
6 Todos los equipos y los conectores deberán ser de diseño y construcción tales que, en lo  
7 relacionado con el efecto corona y radio interferencia, deben cumplir con lo establecido en  
8 el RETIE, Código de Redes y Normatividad vigente. El Transmisor deberá presentar al  
9 Interventor para los fines pertinentes a la Interventoría las Memorias de Cálculo y/o reportes  
10 de pruebas en donde se avalen las anteriores consideraciones.

11  
12 Para niveles máximos de radio-interferencia, se acepta una relación señal-ruido mínima de:  
13 a) Zona Rurales: 22 dB a 80m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo  
14 y b) Zonas Urbanas: 22 dB a 40m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen  
15 tiempo.

16  
17 En cuanto a ruido audible generado por la línea y/o la subestación, deberá limitarse a los  
18 estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido establecidos en Resolución  
19 0627 de 2006 (Abril 7) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy  
20 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o aquella que la modifique o sustituya.

### 3.5 Licencias, Permisos y Contrato de Conexión

21  
22 La consecución de todas las licencias y permisos son responsabilidad del Inversionista. Se  
23 debe considerar lo establecido en el capítulo X de la Ley 143 de 1994, en especial los  
24 artículos 52 y 53.

25  
26  
27  
28 La celebración de los Contratos de Conexión deberá dar prioridad a todos los acuerdos  
29 técnicos, administrativos, comerciales y operativos de tal forma que no existan  
30 imprecisiones en este aspecto antes de la fabricación de los equipos y materiales del  
31 Proyecto. La fecha para haber llegado a estos acuerdos técnicos se deberá reflejar como  
32 Hito en el cronograma de la Convocatoria, lo cual será objeto de verificación por parte del  
33 Interventor.

34  
35 Los acuerdos administrativos y comerciales de los Contratos de Conexión se podrán  
36 manejar independientemente de los acuerdos técnicos. El conjunto de los acuerdos  
37 técnicos y administrativos constituye el Contrato de Conexión cuyo cumplimiento de la  
38 regulación vigente deberá ser certificado por el Inversionista seleccionado. Copia de estos  
39 acuerdos deberán entregarse al Interventor.

40



**3.6 Pruebas en Fábrica**

Una vez el Inversionista haya seleccionado los equipos a utilizar deberá entregar al Interventor, copia de los reportes de las pruebas que satisfagan las normas aceptadas en el Código de Conexión, para interruptores, seccionadores, transformadores de corriente y potencial, entre otros. En caso de que los reportes de las pruebas no satisfagan las normas aceptadas, el Interventor podrá solicitar la repetición de las pruebas a costo del Inversionista.

Durante la etapa de fabricación de todos los equipos y materiales de líneas y subestación, estos deberán ser sometidos a todas las pruebas de rutina y aceptación que satisfagan lo estipulado en la norma para cada equipo en particular. Los reportes de prueba de aceptación deberán ser avalados por personal idóneo en el laboratorio de la fábrica.

**4. ESPECIFICACIONES PARA LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 500 kV**

**4.1 General**

La información específica referente a la línea existente, remitida por el propietario de la infraestructura, como costos, datos técnicos, etc, serán suministrados por la UPME conforme el Numeral 9 del presente Anexo 1.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones técnicas mínimas para la nueva línea de transmisión que el Inversionista construya, lo cual deberá revisar y ajustar una vez haya hecho el análisis comparativo de las normas:

Línea de 500 kV				
Ítem	Descripción	Observación	Unidad	Magnitud
1	Tensión nominal trifásica	Numeral 3.1	kV	500
2	Frecuencia nominal	Numeral 3.1	Hz	60
3	Tipo de línea	Numeral 3.1	-	Aérea/ subterránea
4	Longitud aproximada	Numeral 4.3	km	65
5	Altura (estimada) sobre el nivel del mar	Numeral 4.3	msnm	Entre 15 y 110
6	Número de circuitos por torre o canalización	Numeral 3.1	-	-

Línea de 500 kV				
Ítem	Descripción	Observación	Unidad	Magnitud
7	Conductores de fase	Numeral 4.4.2	-	-
8	Subconductores por fase	Numeral 4.4.2	-	-
9	Cables de guarda	Numeral 4.4.3	-	-
10	Cantidad de cables de guarda	Numeral 4.4.3	-	-
11	Distancias de seguridad	Según Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
12	Ancho de servidumbre	Según Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
13	Máximo campo eléctrico e interferencia	Según Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
14	Contaminación	Debe verificar la presencia en el aire de partículas que pueda tener importancia en el diseño del aislamiento. Investigar presencia de contaminación salina, industrial o de otro tipo.	g/cm <sup>2</sup>	-
15	Condiciones de tendido de los cables	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
16	Estructuras	Numeral 4.4.6	-	-
17	Árboles de carga y curvas de utilización	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
18	Herrajes	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
19	Cadena de aisladores	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
20	Diseño aislamiento	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
21	Valor resistencia de puesta a tierra	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
22	Sistema de puesta a tierra	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-

Línea de 500 kV				
Ítem	Descripción	Observación	Unidad	Magnitud
23	Salidas por descargas atmosféricas	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-
24	Cimentaciones	Código de Redes o RETIE según aplique	-	-

1  
2 En cualquier caso se deberá dar cumplimiento al Código de Redes (Resolución CREG 025  
3 de 1995 con sus anexos, incluyendo todas sus modificaciones) y al RETIE (Reglamento  
4 Técnico de Instalaciones Eléctricas en su versión vigente).

5  
6 Se debe propender por la minimización u optimización de cruces entre líneas de transmisión  
7 objeto de la presente Convocatoria con otras líneas en ejecución o existentes y evitar la  
8 afectaciones o riesgos al Sistema Interconectado Nacional, por lo cual el Transmisor deberá  
9 implementar las medidas técnicas necesarias. Para ello, el Transmisor se obliga a realizar  
10 el estudio correspondiente **antes del inicio de construcción de las obras** y, a más tardar  
11 en ese momento, ponerlo a consideración de la Interventoría, la UPME, terceros  
12 involucrados, el CND y si es del caso al CNO. Este documento hará parte de las memorias  
13 del proyecto.

14  
15 Las líneas de transmisión podrán ser totalmente aéreas o parcialmente aéreas y  
16 subterráneas. La longitud de las líneas de transmisión, serán en función del diseño y  
17 estudios pertinentes que realice el Inversionista.

18  
19 **4.2 Ruta de las Líneas de Transmisión**

20  
21 La selección de la ruta de la línea de transmisión objeto de la presente Convocatoria Pública  
22 UPME, será responsabilidad del Inversionista seleccionado. Por lo tanto, a efectos de definir  
23 dicha ruta, será el Inversionista el responsable de realizar investigaciones detalladas y  
24 consultas a las autoridades ambientales, a las autoridades nacionales, regionales y locales  
25 los diferentes Planes de Ordenamiento Territorial, a las autoridades que determinan las  
26 restricciones para la aeronavegación en el área de influencia del Proyecto y, en general,  
27 con todo tipo de consideraciones, restricciones y reglamentaciones existentes. En  
28 consecuencia, deberá tramitar los permisos y licencias a que hubiere lugar. Se deberá tener  
29 en cuenta que pueden existir exigencias y/o restricciones de orden nacional, regional o  
30 local.

31  
32 Específicamente para los tramos subterráneos, si se requirieran, durante la selección de la  
33 ruta, deberán identificarse todas las instalaciones subterráneas existentes así como raíces  
34 de árboles, discontinuidades estratigráficas etc., que puedan incidir en ubicación de los  
35 cables o ductos requeridos. Para la determinación de los elementos enterrados se podrá

1 ejecutar, sin limitarse a ello, un rastreo electromagnético del subsuelo mediante equipo  
2 especial para este propósito tal como el Radar de Penetración Terrestre (Ground Penetration  
3 Radar –GPR). En estos tramos deberá tenerse en cuenta la posibilidad de ubicación de las  
4 cajas para empalme o cambio de dirección. También será responsabilidad del Inversionista  
5 consultar a las autoridades y/o entidades correspondientes, encargadas de otra  
6 infraestructura que pueda estar relacionada.

7  
8 Especial atención deberá poner el Inversionista en todas las restricciones, precauciones y  
9 demás aspectos que se identifiquen en los análisis tendientes a identificar unas alertas  
10 tempranas en la zona del proyecto.

11  
12 A modo informativo, el Inversionista podrá consultar los Documentos del “**ANÁLISIS ÁREA**  
13 **DE ESTUDIO PRELIMINAR Y ALERTAS TEMPRANAS PROYECTO SABANALARGA –**  
14 **BOLÍVAR 500 kV, OBJETO DE LA CONVOCATORIA PÚBLICA UPME 07-2017 DEL**  
15 **PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA GENERACIÓN - TRANSMISIÓN 2015-2029”**,  
16 los cuales suministran información de referencia. El objeto de estos documentos es  
17 identificar de manera preliminar las posibilidades y condicionantes físicos, ambientales y  
18 sociales, constituyéndose en documentos ilustrativos para los diferentes Interesados, sin  
19 pretender determinar o definir rutas, por lo tanto es exclusivamente de carácter ilustrativo y  
20 no puede o no debe considerarse como una asesoría en materia de inversiones, legal, fiscal  
21 o de cualquier otra naturaleza por parte de la UPME o sus funcionarios, empleados,  
22 asesores, agentes y/o representantes. Es responsabilidad del Inversionista el asumir en su  
23 integridad los riesgos inherentes a la ejecución del Proyecto, para ello deberá validar la  
24 información, realizar sus propios estudios y consultas ante las Autoridades competentes,  
25 entre otras.

26  
27 En general, los Proponentes basarán sus Propuestas en sus propios estudios,  
28 investigaciones, exámenes, inspecciones, visitas, entrevistas y otros.

### 29 30 **4.3 Longitud Aproximada de las Líneas**

31  
32 La longitud y la altura sobre el nivel del mar, anunciadas en este documento es de referencia  
33 y está basada en estimativos preliminares. Por tanto, los cálculos y valoraciones que realice  
34 el inversionista para efectos de su propuesta económica deberán estar fundamentados en  
35 sus propias evaluaciones, análisis y consideraciones.

36  
37 Tanto la longitud real como la altura sobre el nivel del mar real, serán función del diseño y  
38 estudios pertinentes que realiza el Inversionista seleccionado.

39

#### 4.4 Especificaciones de diseño y construcción Líneas

Las especificaciones de diseño y construcción que se deben cumplir para la ejecución del Proyecto son las establecidas en el presente Anexo No. 1, los Documentos de Selección del Inversionista – DSI, en el Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional, en el Código de Redes (Resolución CREG 025 de 1995 y actualizaciones) y en el RETIE, y actualizaciones posteriores previas al diseño y construcción de la línea.

El Interventor verificará para la UPME, que los diseños realizados por el Transmisor cumplan con las normas técnicas aplicables y con las siguientes especificaciones.

##### 4.4.1 Aislamiento

El Inversionista deberá verificar, en primer lugar, las condiciones meteorológicas y de contaminación de la zona en la que se construirán las líneas, la nueva subestación y/o las obras en las subestaciones existentes y, con base en ello, hacer el diseño del aislamiento de las líneas, los equipos de las subestaciones, y la coordinación de aislamiento, teniendo en cuenta las máximas sobretensiones que puedan presentarse en las líneas por las descargas atmosféricas, por maniobras propias de la operación, en particular el cierre y apertura de las líneas en vacío, despeje de fallas con extremos desconectados del sistema, considerando que en estado estacionario las tensiones en las barras no deben ser inferiores al 90% ni superiores al 110% del valor nominal y que los elementos del sistema deben soportar las tensiones de recuperación y sus tasas de crecimiento.

De acuerdo con la Resolución CREG 098 de 2000 se considera como parámetro de diseño un límite máximo de tres (3) salidas por cada 100 km de línea / año ante descargas eléctricas atmosféricas, una (1) falla por cada 100 operaciones de maniobra de la línea y servicio continuo permanente ante sobre-tensiones de frecuencia industrial.

Para el caso de tramos de líneas aéreas-subterráneas en todos los sitios de transición deberán preverse los descargadores de sobretensión que protejan el cable ante la ocurrencia de sobretensiones por descargas atmosféricas, fallas, desconexiones o maniobras. El aislamiento de los cables deberá garantizar la operación de continua de la línea ante sobretensiones de frecuencia de 60 Hz.

##### 4.4.2 Conductores de Fase

Las siguientes condiciones y/o límites estarán determinadas por las características propias de la ruta y el lugar donde el Proyecto operará, por tanto será responsabilidad del Inversionista su verificación. El Interventor verificará e informará a la UPME si el diseño

1 realizado por el Inversionista cumple con las normas técnicas aplicables y con los valores  
2 límites establecidos.

3  
4 Las características de los conductores de fase deberán cumplir con las siguientes  
5 exigencias técnicas:

- 6
- 7 • Capacidad normal de operación del circuito no inferior a 2400 Amperios a  
8 temperatura ambiente máxima promedio.
- 9
- 10 • Máxima resistencia DC a 20°C por conductor de fase igual o inferior a 0,0230  
11 ohmios/km.
- 12

13 En caso de conductores en haz o múltiples por fase, la resistencia DC a 20°C por conductor  
14 de fase corresponderá a la resistencia en paralelo de los sub-conductores de cada fase y  
15 la capacidad de corriente corresponderá a la capacidad en paralelo de los sub-conductores  
16 de cada fase. Lo anterior utilizando las normas o cálculos aplicables y según las  
17 características de la línea (p. eje, aérea o subterránea).

18  
19 El Inversionista deberá garantizar los valores de capacidad de corriente y resistencia, tanto  
20 en los tramos aéreos como en los subterráneos según sea el caso.

21  
22 En cualquier condición, la tensión longitudinal máxima en el conductor, no deberá exceder  
23 el 50% de su correspondiente tensión de rotura.

24  
25 El conductor seleccionado deberá cumplir con las exigencias de radio interferencia  
26 establecidas en la normatividad aplicable. El Inversionista deberá verificar el cumplimiento  
27 de estas exigencias.

28  
29 Los valores máximos permitidos para Intensidad de Campo Eléctrico y Densidad de Flujo  
30 Magnético son los indicados en el RETIE, donde el público o una persona en particular  
31 pueden estar expuestos durante varias horas.

32  
33 De presentarse características en el ambiente para esta nueva líneas, que tuvieren efecto  
34 corrosivo, los conductores aéreos deberán ser de tipo AAC, ACAR o AAAC, con hilos de  
35 aleación ASTM 6201-T81 y cumplir con los valores de capacidad de transporte mínima,  
36 resistencia óhmica máxima y ruido audible especificados o establecidas en la normatividad  
37 aplicable. Para líneas subterráneas el conductor podrá ser en cobre o aluminio con  
38 aislamiento XLPE y con capacidad adecuada para resistir las corrientes de corto circuito  
39 previsible para la Línea durante el tiempo de operación de los interruptores. En caso de  
40 que el Inversionista requiera cables de fibra óptica estas podrán ser incorporadas al cable

1 o incluidas en la canalización. El Inversionista deberá informar a la Interventoría su decisión  
2 sobre el tipo de conductor, sustentándola técnicamente.

#### 4 4.4.3 Cable(s) de Guarda

5  
6 El cumplimiento de las siguientes condiciones será responsabilidad del Inversionista y  
7 aplican solo para cables de guarda de los circuitos que se instalarán en el desarrollo de la  
8 presente Convocatoria Pública.

9  
10 Se requiere que todos los tramos de línea tengan uno o dos cables de guarda  
11 (convencionales u OPGW). En líneas nuevas, al menos uno de los cables de guarda deberá  
12 ser OPGW. En nuevos tramos que reconfiguren líneas existentes, los cables de guarda a  
13 instalar deberán características técnicas iguales o superiores al del cable o los cables de  
14 guarda de la línea existente.

15  
16 De presentarse características en el ambiente con efecto corrosivo, los cables de guarda  
17 no deberán contener hilos en acero galvanizado y deberán ser del tipo Alumoclad o de otro  
18 material resistente a la corrosión, que cumpla con las especificaciones técnicas y los  
19 propósitos de un cable de guarda convencional u OPGW desde el punto de vista de su  
20 comportamiento frente a descargas atmosféricas. El o los cables de guarda a instalar  
21 deberán soportar el impacto directo de las descargas eléctricas atmosféricas que puedan  
22 incidir sobre la línea, garantizando el criterio de comportamiento indicado en el diseño del  
23 aislamiento. El incremento de temperatura del cable o cables de guarda a ser instalados  
24 deberán soportar las corrientes de corto circuito monofásico de la línea que circulen por  
25 ellos.

26  
27 En cualquier condición, la tensión longitudinal máxima en el conductor o cable de guarda,  
28 no deberá exceder el 50% de su correspondiente tensión de rotura.

29  
30 El Interventor verificará para la UPME, que el diseño realizado por el Transmisor cumpla  
31 con las normas técnicas aplicables.

32  
33 En el evento de que el Inversionista decida usar alguna o todas las Líneas objeto de la  
34 presente Convocatoria Pública UPME, para la transmisión de comunicaciones por fibra  
35 óptica, será de su responsabilidad seleccionar los parámetros y características técnicas del  
36 cable de guarda e informar de ellos al Interventor.

#### 37 4.4.4 Puesta a Tierra de las Líneas

38  
39  
40 El sistema de puesta a tierra se diseñará de acuerdo con las condiciones específicas del  
41 sitio de cada una de las estructuras, buscando ante todo preservar la seguridad de las

1 personas, considerando además el comportamiento del aislamiento ante descargas  
2 atmosféricas. La selección del tipo de cimentación (zapata de concreto o parrilla metálica)  
3 corresponde al Inversionista. Para ello deberá determinar los parámetros de PH y contenido  
4 de sulfatos en cada sitio de torre y, con base en estos resultados, definir el tipo de  
5 cimentación.

6  
7 Con base en la resistividad del terreno y la componente de la corriente de corto circuito que  
8 fluye a tierra a través de las estructuras, se deben calcular los valores de puesta a tierra tal  
9 que se garanticen las tensiones de paso de acuerdo con la recomendación IEEE 80 y con  
10 lo establecido en el RETIE en su última revisión. La medición de las tensiones de paso y  
11 contacto para efectos de la comprobación antes de la puesta en servicio de la línea, deberán  
12 hacerse de acuerdo con lo indicado en el Artículo 15 del RETIE y específicamente con lo  
13 establecido en el numeral 15.5.3., o el numeral aplicable si la norma ha sido objeto de  
14 actualización.

15  
16 El Transmisor debe determinar en su diseño, los materiales que utilizará en la ejecución de  
17 las puestas a tierra de las estructuras de la línea teniendo en cuenta la vida útil, la frecuencia  
18 de las inspecciones y mantenimientos, la posibilidad del robo de los elementos de cobre,  
19 así como la corrosividad de los suelos del sitio de cada torre. No obstante, en cualquier  
20 caso deberá cumplirse con lo estipulado en el RETIE, en particular con el numeral 15.3  
21 “MATERIALES DE LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA” o el numeral aplicable si la  
22 norma ha sido objeto de actualización.

23  
24 Los conectores a utilizar deberán contar con certificado de producto donde debe ser claro  
25 si son adecuados para enterramiento directo.

26  
27 Para los cables asilados subterráneos se deberá instalar un sistema de puesta a tierra de  
28 las pantallas metálicas que garanticen el adecuado funcionamiento de los cables y los  
29 voltajes de paso en la superficie de los terrenos aledaños.

#### 30 31 **4.4.5 Transposiciones de Línea**

32  
33 El Inversionista deberá analizar la necesidad de implementar transposiciones de línea para  
34 mantener los niveles de desbalance exigidos por la normatividad aplicable para ello,  
35 considerando incluso la posibilidad de implementar ajustes o modificaciones sobre la  
36 infraestructura actual o reubicaciones necesarias para el cumplimiento de tal propósito.

37  
38 El Transmisor deberá calcular los desbalances en las fases y asegurar que cumplan con la  
39 norma técnica aplicable para ello, *IEC 1000-3-6 o equivalente*, lo cual deberá soportar y  
40 poner en consideración del Interventor. Así mismo, el Transmisor deberá hacerse cargo de



1 todos los costos asociados. En general, la implementación física de la solución hace parte  
2 del presente Proyecto.

3  
4 Las transposiciones se podrán localizar a un sexto (1/6), a tres sextos (3/6) y a cinco sextos  
5 (5/6) de la longitud total de la línea correspondiente.

6  
7 El Transmisor se obliga a realizar el estudio correspondiente antes del inicio de  
8 construcción de las obras y, a más tardar en ese momento, ponerlo a consideración de  
9 la Interventoría, terceros involucrados, el CND y si es del caso al CNO. Este documento  
10 hará parte de las memorias del proyecto.

#### 11 12 **4.4.6 Estructuras**

13  
14 El dimensionamiento eléctrico de las estructuras se debe realizar considerando la  
15 combinación de las distancias mínimas que arrojen los estudios de sobretensiones debidas  
16 a descargas atmosféricas, a las sobretensiones de maniobra y a las sobretensiones de  
17 frecuencia industrial.

18  
19 Las estructuras de apoyo para las líneas aéreas y las de transición aéreo-subterráneo (si  
20 esta última opción se presenta) deberán ser auto-soportadas. En cualquier caso, las  
21 estructuras no deberán requerir para su montaje el uso de grúas autopropulsadas ni de  
22 helicópteros. El Inversionista podrá hacer uso de estos recursos para su montaje pero, se  
23 requiere que estas estructuras puedan ser montadas sin el concurso de este tipo de  
24 recursos.

25  
26 El cálculo de las curvas de utilización de cada tipo de estructura, la definición de las  
27 hipótesis de carga a considerar y la evaluación de los árboles de cargas definitivos, para  
28 cada una de las hipótesis de carga definidas, deberá hacerse considerando la metodología  
29 establecida por el ASCE en la última revisión del documento "*Guidelines for Electrical*  
30 *Transmission Line Structural Loading - Practice 74*". La definición del vano peso máximo y  
31 del vano peso mínimo de cada tipo de estructura será establecida a partir de los resultados  
32 del plantillado de la línea. El diseño estructural deberá adelantarse atendiendo lo  
33 establecido por el ASCE en la última revisión de la norma ASCE STANDARD 10 "*Design of*  
34 *Latticed Steel Transmission Structures*". En cualquier evento, ningún resultado de valor de  
35 cargas evaluadas con esta metodología de diseño podrá dar resultados por debajo que los  
36 que se obtienen según la metodología que establece la última revisión del RETIE. Si ello  
37 resultara así, primarán estas últimas.

38  
39 El grado de galvanización del acero de las estructuras deberá ser concordante con el nivel  
40 de contaminación salina y con el efecto de la abrasión resultante de bancos de arena con  
41 el viento presente en las zonas o áreas donde este efecto se presenta.

1           **4.4.7      Localización de Estructuras**

2  
3    Para la localización de estructuras, deberán respetarse las distancias mínimas de seguridad  
4    entre el conductor inferior de la línea y el terreno en zonas accesibles a peatones y las  
5    distancias de seguridad mínimas a obstáculos tales como vías, oleoductos, líneas de  
6    transmisión o de comunicaciones, ríos navegables, bosques, etc., medidas en metros. La  
7    temperatura del conductor a considerar para estos efectos será la correspondiente a las  
8    condiciones de máxima temperatura del conductor durante toda la vida útil del Proyecto,  
9    estas condiciones deben ser definidas por el Inversionista.

10  
11           **4.4.8      Sistema Antivibratorio, Amortiguadores y Espaciadores -**  
12           **Amortiguadores**

13  
14    El Interventor informará a la UPME los resultados del estudio del sistema de protección anti-  
15    vibratoria del conductor de fase y del cable de guarda. Los espaciadores - amortiguadores  
16    deben ser adecuados para amortiguar efectivamente la vibración eólica en un rango de  
17    frecuencias de 10 Hz a 100 Hz, tal como lo establece el Código de Redes (Resolución  
18    CREG 025 de 1995 y sus modificaciones). El Inversionista determinará los sitios de  
19    colocación, a lo largo de cada vano, de los espaciadores - amortiguadores de tal manera  
20    que la amortiguación de las fases sea efectiva. Copia del estudio de amortiguamiento será  
21    entregada al Interventor para su conocimiento y análisis.

22  
23    En los cables de guarda los amortiguadores serán del tipo "stockbridge" y su colocación  
24    medida desde la boca de la grapa y entre amortiguadores será la que determine el estudio  
25    de amortiguamiento que haga el Inversionista, copia del cual le será entregada al  
26    Interventor.

27  
28           **4.4.9      Cimentaciones**

29  
30    La selección del tipo de cimentación corresponde al Inversionista. Para ello deberá  
31    determinar los parámetros de PH y contenido de sulfatos en cada sitio de torre y, con base  
32    en estos resultados, definir el tipo de cimentación e informar por escrito a la Interventoría  
33    su decisión.

34  
35    Para los fines pertinentes, el Interventor revisará los resultados de las memorias de cálculo  
36    de las cimentaciones propuestas de acuerdo con lo establecido en la Resolución CREG  
37    098 de 2000, numeral 2.7, o en sus actualizaciones posteriores previas al inicio de las obras.  
38    Los diseños de cimentaciones para las torres de una línea de transmisión deben hacerse  
39    considerando los resultados de los estudios de suelos que mandatoriamente debe adelantar  
40    el Inversionista en todos los sitios de torre, y las cargas a nivel de cimentación más críticas

1 que se calculen a partir de las cargas mostradas en los árboles de cargas de diseño de  
2 cada tipo de estructura.

#### 3 4 **4.4.10 Señalización Aérea**

5  
6 El Inversionista deberá investigar con el Departamento de Aeronáutica Civil, las Empresas  
7 Petroleras que operan proyectos petroleros o de otro tipo en la región, si existen, la Fuerza  
8 Aérea de Colombia, FAC, u otros posibles actores, la existencia de aeródromos o zonas de  
9 tránsito de aeronaves de cualquier índole (particulares, militares, de fumigación aérea, etc)  
10 que hagan imperioso que la línea lleve algún tipo de señales que impidan eventuales  
11 accidentes originados por la carencia de ellos.

12  
13 Se mencionan en su orden: la pintura de las estructuras según norma de Aerocivil; balizas  
14 de señalización aérea ubicadas en el cable de guarda en vanos específicos y/o faros  
15 centelleantes en torres en casos más severos.

#### 16 17 **4.4.11 Desviadores de vuelo para aves**

18  
19 Es responsabilidad del Inversionista identificar la necesidad de instalar desviadores de  
20 vuelo para aves. La determinación de esta necesidad será responsabilidad del Inversionista  
21 por intermedio de los funcionarios a cuyo cargo están los estudios ambientales. Serán de  
22 su responsabilidad la determinación de la existencia de aves (migratorias o no) de gran  
23 envergadura que puedan resultar afectadas por la existencia de la línea y, recomendar el  
24 uso de desviadores de vuelo de aves, determinando los tramos de colocación de estos  
25 dispositivos y las distancias a los que estos deben colocarse.

#### 26 27 **4.4.12 Obras Complementarias**

28  
29 El Interventor informará a la UPME acerca del cumplimiento de requisitos técnicos del  
30 diseño y construcción de todas las obras civiles que garanticen la estabilidad de los sitios  
31 de torre, protegiendo taludes, encauzando aguas, etc., tales como muros de contención,  
32 tablestacados o trinchos, cunetas, filtros, obras de mitigación, control de efectos  
33 ambientales y demás obras que se requieran.

### 34 35 **4.5 Informe Técnico**

36  
37 El Interventor verificará que el Inversionista suministre los siguientes documentos técnicos,  
38 de igual forma a lo requerido para las líneas, de acuerdo con lo establecido en el numeral  
39 3 de la Resolución CREG 098 de 2000 o como se establezca en resoluciones posteriores  
40 a esta, durante las respectivas etapas de construcción de las líneas de transmisión del  
41 Proyecto:

- 1 - Informes de diseño de acuerdo con el numeral 3.1 de la Resolución CREG 098 de  
2 2000.
- 3
- 4 - Planos definitivos de acuerdo con el numeral 3.2 de la Resolución CREG 098 de  
5 2000.
- 6
- 7 - Materiales utilizados para la construcción de las líneas del Proyecto de acuerdo  
8 con el numeral 3.3 de la Resolución CREG 098 de 2000.
- 9
- 10 - Servidumbres de acuerdo con el numeral 3.4 de la Resolución CREG 098 de 2000.
- 11
- 12 - Informe mensual de avance de obras de acuerdo con el numeral 3.5.1 de la  
13 Resolución CREG 098 de 2000.
- 14
- 15 - Informe final de obra de acuerdo con el numeral 3.5.2 de la Resolución CREG 098  
16 de 2000.
- 17
- 18

## 19 5. ESPECIFICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN

### 20 5.1 General

21 La información específica, remitida por los propietarios de la infraestructura existente, como  
22 costos de conexión, datos técnicos, planos, etc, serán suministrados por la UPME conforme  
23 el Numeral 9 del presente Anexo 1.

24 A modo informativo, el Inversionista podrá consultar los Documentos del “**ANÁLISIS ÁREA  
25 DE ESTUDIO PRELIMINAR Y ALERTAS TEMPRANAS PROYECTO SABANALARGA –  
26 BOLÍVAR 500 kV, OBJETO DE LA CONVOCATORIA PÚBLICA UPME 07-2017 DEL  
27 PLAN DE EXPANSIÓN DE REFERENCIA GENERACIÓN - TRANSMISIÓN 2015-2029**”,  
28 los cuales suministran información de referencia. El objeto de estos documentos es  
29 identificar de manera preliminar las posibilidades y condicionantes físicos, ambientales y  
30 sociales, constituyéndose en documentos ilustrativos para los diferentes Interesados, sin  
31 pretender determinar o definir rutas, por lo tanto es exclusivamente de carácter ilustrativo y  
32 no puede o no debe considerarse como una asesoría en materia de inversiones, legal, fiscal  
33 o de cualquier otra naturaleza por parte de la UPME o sus funcionarios, empleados,  
34 asesores, agentes y/o representantes. Es responsabilidad del Inversionista el asumir en su  
35 integridad los riesgos inherentes a la ejecución del Proyecto, para ello deberá validar la  
36 información, realizar sus propios estudios y consultas ante las Autoridades competentes,  
37 entre otras.

40  
41

1 La siguiente tabla presenta las características de la Subestación que hacen parte del  
 2 proyecto objeto de la presente Convocatoria Pública:  
 3

ítem	Descripción	Sabanalarga 500 kV	Bolívar 500 kV	Bolívar 220 kV
1	Subestación nueva	No	No	No
2	Configuración	Interruptor y medio	Doble barra más seccionador de transferencia con interruptor de acople entre barras	Doble barra más seccionador de transferencia con interruptor de acople entre barras
3	Tipo de subestación existente	Convencional	Convencional	Convencional
4	Agente en la Subestación	ITCO S.A. E.S.P.	ITCO S.A. E.S.P.	ITCO S.A. E.S.P, GEB S.A. E.S.P. Y EPSA S.A. E.S.P.

4  
 5 **5.1.1 Predio de las Subestación**

6  
 7 **Nueva Subestación Sabanalarga 500 kV**

8  
 9 Las obras objeto de la presente Convocatoria Pública se ubicarán en predios de la actual  
 10 subestación Sabanalarga a 500 kV. La subestación se encuentra localizada en jurisdicción  
 11 del Municipio de Sabanalarga, departamento de Atlántico, en las siguientes coordenadas  
 12 aproximadas (información que deberá verificar el Interesado):  
 13

14 Latitud: 10°38'57.192" N.  
 15 Longitud: 74°54'51.802" O.  
 16

17 El Inversionista deberá proveer el espacio físico necesario para la construcción de las obras  
 18 objeto de la presente Convocatoria Pública y los espacios de reserva definidos en el  
 19 numeral 5.1.2 de este Anexo 1.  
 20

21 El Inversionista es el responsable de realizar investigaciones detalladas y consultas a las  
 22 Autoridades relacionadas con los asuntos ambientales, con los diferentes Planes de  
 23 Ordenamiento Territorial que se puedan ver afectados, con las restricciones para la  
 24 aeronavegación en el área de influencia del Proyecto y, en general, con todo tipo de  
 25 restricciones y reglamentaciones existentes. Se deberá tener en cuenta que pueden existir  
 26 exigencias y/o restricciones de orden nacional, regional o local. En este sentido, deberán  
 27 tramitar los permisos y licencias a que hubiere lugar.  
 28

29 En el predio usado para el desarrollo de las obras, el inversionista deberá analizar todos los  
 30 posibles riesgos físicos y tenerlos en cuenta y en cualquier caso, deberán considerar los

1 posibles riesgos de inundación, condición que deberá ser investigada en detalle por el  
2 inversionista. Se debe elaborar un documento soporte, el cual deberá ser puesto a  
3 consideración del Interventor y de la UPME y hará parte de las memorias del proyecto.

#### 4 5 **Subestación Bolívar 500/220 kV**

6  
7 Las obras objeto de la presente Convocatoria Pública se ubicarán en predios de la actual  
8 subestación Bolívar a 500 kV y 220 kV. La existente subestación se encuentra localizada  
9 en inmediaciones del Municipio Santa Rosa, Departamento de Bolívar, en las siguientes  
10 coordenadas aproximadas (información que deberá verificar el Interesado):

11  
12 Latitud: 10°26'50.37" N.  
13 Longitud: 75°23'48.26" O.

14  
15 El Inversionista deberá proveer el espacio físico necesario para la construcción de las obras  
16 objeto de la presente Convocatoria Pública y los espacios de reserva definidos en el  
17 numeral 5.1.2 de este Anexo 1.

18  
19 El Inversionista es el responsable de realizar investigaciones detalladas y consultas a las  
20 Autoridades relacionadas con los asuntos ambientales, con los diferentes Planes de  
21 Ordenamiento Territorial que se puedan ver afectados, con las restricciones para la  
22 aeronavegación en el área de influencia del Proyecto y, en general, con todo tipo de  
23 restricciones y reglamentaciones existentes. Se deberá tener en cuenta que pueden existir  
24 exigencias y/o restricciones de orden nacional, regional o local. En este sentido, deberán  
25 tramitar los permisos y licencias a que hubiere lugar.

26  
27 En el predio usado para el desarrollo de las obras, el Inversionista deberá analizar todos  
28 los posibles riesgos físicos y tenerlos en cuenta y en cualquier caso, se deberán considerar  
29 los riesgos de inundación, condición que deberá ser investigada en detalle por el  
30 Inversionista. Se debe elaborar un documento soporte, el cual deberá ser puesto a  
31 consideración del Interventor y de la UPME y hará parte de las memorias del proyecto.

#### 32 33 **5.1.2 Espacios de Reserva**

34  
35 La presente convocatoria no tiene previsto dejar espacios de reserva adicionales a los ya  
36 existentes en las subestaciones para futuras ampliaciones.

37  
38 Se debe garantizar que los espacios de reserva existentes (no utilizados por el presente  
39 Proyecto) no se verán afectados o limitados para su utilización, por infraestructura (equipos,  
40 línea, edificaciones, etc.) desarrollada en el marco de la presente Convocatoria Pública.

41

1 Para las bahías objeto de la presente Convocatoria Pública que queden en diámetros  
2 incompletos y puedan utilizarse para ampliaciones futuras, también estará a cargo de la  
3 presente Convocatoria el enlace con el otro barraje, de tal manera que dicho enlace pueda  
4 ser removido fácilmente en caso de instalación de nuevos equipos.

### 5.1.3 Conexiones con Equipos Existentes

8 El Inversionista seleccionado deberá proveer los equipos necesarios para hacer  
9 completamente compatibles los equipos en funcionalidad y en aspectos de  
10 comunicaciones, control y protección, con la infraestructura existente que pueda verse  
11 afectada por el desarrollo del Proyecto.

13 Cuando el Inversionista considere la necesidad de hacer modificaciones a la infraestructura  
14 existente, deberá acordar estas modificaciones en el contrato de conexión con el  
15 responsable y propietario de los activos relacionados y si es del caso, ponerlo en  
16 consideración del Interventor. Estas obras estarán a cargo del Transmisor.

### 5.1.4 Servicios Auxiliares

20 El Inversionista deberá proveer los servicios auxiliares en AC y DC suficientes para la  
21 topología de las Subestaciones, incluyendo las reservas para el STR. Se deberá dar  
22 cumplimiento con lo señalado en el numeral 3.1 del presente Anexo 1.

### 5.1.5 Infraestructura y Módulo Común

26 El Inversionista deberá implementar todas las obras y equipos constitutivos del módulo  
27 común como se describe a continuación:

29 El Inversionista debe prever el espacio necesario para edificios, equipos y obras del  
30 desarrollo inicial y los espacios de reserva para futuros desarrollos, objeto de la presente  
31 Convocatoria Pública, junto con los espacios de acceso, vías internas, etc, según se  
32 requiera, considerando la disponibilidad de espacio en los predios actuales y/o nuevos, y  
33 las eventuales restricciones o condicionantes que establezca el ordenamiento territorial en  
34 el área, igualmente estarán a cargo del Inversionista, las vías de acceso a predios de las  
35 Subestaciones y/o adecuaciones que sean necesarias.

37 El Inversionista deberá suministrar todos los elementos necesarios para la infraestructura y  
38 módulo en la subestación y/o adecuaciones que sean necesarias, es decir las obras civiles  
39 y los equipos que sirven a la subestación y que son utilizados por todas las bahías de la  
40 subestación, inclusive aquellas futuras que no son objeto de la presente Convocatoria

1 Pública. La infraestructura y módulo común de la nueva Subestación, estarán conformados  
2 como mínimo por los siguientes componentes:  
3

- 4 • **Infraestructura civil:** En el caso de las obras a cargo del Inversionista y para los  
5 espacios de reserva, está compuesta por: las vías de acceso a la subestación, las  
6 vías internas de acceso a los patios de conexiones y la adecuación del terreno para  
7 los espacios de reserva, alcantarillado, barreras de protección y de acceso al predio,  
8 todos los cerramientos de seguridad del predio, filtros y drenajes, pozos sépticos y  
9 de agua y/o conexión al acueducto/alcantarillado vecinos, si existen, alumbrado  
10 interior y exterior y cárcamos comunes, y en general, todas aquellas obras civiles  
11 utilizadas de manera común en la subestación. En el caso particular de las obras a  
12 cargo del Inversionista, es su responsabilidad el proveer todo lo necesario para su  
13 construcción, protección física, malla de puesta a tierra, etc, y deberá considerar  
14 espacio suficiente en los carcamos y demás elementos construidos en la presente  
15 Convocatoria y que servirán de manera común a los espacios de reserva, según la  
16 propuesta que realice el Inversionista de conformidad con el numeral 5.1.2. Para los  
17 espacios de reserva se aclara que no deberán ser provistos de malla de puesta a  
18 tierra en la presente Convocatoria, pero si se deberán proveer los puntos de  
19 conexión para la ampliación de la malla de puesta a tierra para las futuras  
20 instalaciones.  
21
- 22 • **Equipos:** Todos los equipos necesarios para las obras descritas en el Numeral 2  
23 del presente Anexo 1. Se incluyen, entre otros, los sistemas de automatización, de  
24 gestión de medición, de protecciones, control y el sistema de comunicaciones propio  
25 de cada subestación, los materiales de la malla de puesta a tierra y el  
26 apantallamiento, los equipos para los servicios auxiliares AC y DC, los equipos de  
27 conexión, todo el cableado necesario y las obras civiles asociadas. Se incluyen  
28 todos los equipos necesarios para integrar las nuevas bahías con las subestaciones  
29 existentes, en conexiones de potencia, control, medida, protecciones y servicios  
30 auxiliares. Se aclara que para los espacios de reserva no deberá suministrarse  
31 ningún elemento particular, sin embargo los equipos instalados por la presente  
32 Convocatoria si deberá considerar capacidad o espacio (físico, servicios auxiliares,  
33 protecciones, control, etc) suficiente para recibir la conexión de todos los elementos  
34 que a futuro ocuparán los espacios de reserva. Se aclara que particularmente la  
35 protección diferencial de barras si deberá tener espacio suficiente para la conexión  
36 de todas las bahías actuales y futuras, señaladas en el presente Anexo 1.  
37

38 La Interventoría analizará todas las previsiones que faciliten la evolución de las obras  
39 descritas en el Numeral 2 del presente Anexo 1, e informará a la UPME el resultado de su  
40 análisis.  
41



1 La medición para efectos comerciales, se sujetará a lo establecido en la regulación  
2 pertinente, en particular el Código de Medida (Resolución CREG 038 de 2014 o aquella que  
3 la modifique o sustituya).

## 4 5 **5.2 Normas para Fabricación de los Equipos**

6  
7 El Inversionista deberá suministrar equipos en conformidad con la última edición de las  
8 Normas *International Electrotechnical Commission – IEC, International Organization for*  
9 *Standardization – ISO, ANSI – American National Standards Institute, International*  
10 *Telecomunicaciones Unión - ITU-T, Comité Internacional Spécial des Perturbations*  
11 *Radioélectriques – CISPR*. El uso de normas diferentes deberá ser sometido a  
12 consideración del Interventor quien conceptuará sobre su validez en aspectos  
13 eminentemente técnicos y de calidad.

## 14 15 **5.3 Condiciones Sísmicas de los equipos**

16  
17 Los suministros deberán tener un nivel de desempeño sísmico clase III de acuerdo con la  
18 publicación IEC 60068-3-3 “*Guidance Seismic Test Methods for Equipments*” o de acuerdo  
19 con la publicación IEEE-693 Recommended Practice for Seismic Design of Substations, la  
20 de mayores exigencias. El Transmisor deberá entregar copias al Interventor de las  
21 memorias de cálculo en donde se demuestre que los suministros son aptos para soportar  
22 las condiciones sísmicas del sitio de instalación.

## 23 24 **5.4 Procedimiento General del Diseño**

25  
26 Este procedimiento seguirá la siguiente secuencia:

- 27  
28 a) Inicialmente, el Transmisor preparará las Especificaciones Técnicas del Proyecto, que  
29 gobernarán el desarrollo total del Proyecto.

30  
31 En dicho documento se consignará toda la normatividad técnica, y las especificaciones  
32 para llevar a cabo la programación y control del desarrollo de los trabajos;  
33 especificaciones y procedimientos para adelantar el Control de Calidad en todas las  
34 fases del Proyecto; las definiciones a nivel de Ingeniería Básica tales como: resultados  
35 de estudios del sistema eléctrico asociado con el Proyecto; parámetros básicos de  
36 diseño (corrientes nominales, niveles de aislamiento, capacidades de cortocircuito,  
37 tiempos de despeje de falla, entre otros); hojas de datos de los equipos; diagramas  
38 unifilares generales; especificaciones técnicas detalladas de los equipos y materiales;  
39 filosofía de control, medida y protección; previsiones para facilitar la evolución de la  
40 Subestación; especificaciones de Ingeniería de Detalle; procedimientos y  
41 especificaciones de pruebas en fábrica; procedimientos de transporte, almacenamiento

1 y manejo de equipos y materiales; los procedimientos de construcción y montaje; los  
2 procedimientos y programaciones horarias durante los cortes de servicio de las  
3 instalaciones existentes que guardan relación con los trabajos del Proyecto; los  
4 procedimientos de intervención sobre equipos existentes; los procedimientos y  
5 especificación de pruebas en campo, los procedimientos para efectuar las pruebas  
6 funcionales de conjunto; los procedimientos para desarrollar las pruebas de puesta en  
7 servicio, los procedimientos de puesta en servicio del Proyecto y los procedimientos de  
8 operación y mantenimiento.

9  
10 Las Especificaciones Técnicas podrán desarrollarse, en forma parcial y continuada, de  
11 tal forma que se vayan definiendo paso a paso todos los aspectos del Proyecto, para  
12 lograr en forma acumulativa el Código Final que vaya rigiendo el Proyecto.

13  
14 Todas las actividades de diseño, suministro, construcción, montaje y pruebas deben  
15 estar incluidas en las especificaciones técnicas del Proyecto. El Interventor presentará  
16 un informe a la UPME en el que se detalle y se confirma la inclusión de todas y cada  
17 una de las actividades mencionadas. No podrá adelantarse ninguna actividad sin que  
18 antes haya sido incluida la correspondiente característica o Especificación en las  
19 Especificaciones Técnicas del Proyecto.

- 20  
21 **b)** Las Especificaciones Técnicas del Proyecto serán revisadas por el Interventor, quien  
22 hará los comentarios necesarios, recomendando a la UPME solicitar todas las  
23 aclaraciones y justificaciones por parte del Transmisor. Para lo anterior se efectuarán  
24 reuniones conjuntas entre el Transmisor y el Interventor con el fin de lograr los acuerdos  
25 modificatorios que deberán plasmarse en comunicaciones escritas.
- 26  
27 **c)** Con base en los comentarios hechos por el Interventor y acordados con el Transmisor,  
28 este último emitirá la nueva versión de las Especificaciones Técnicas del Proyecto.
- 29  
30 **d)** Se efectuarán las revisiones necesarias hasta llegar al compendio final, que será el  
31 documento de cumplimiento obligatorio.

32  
33 En esta especificación, se consignará la lista de documentos previstos para el Proyecto  
34 representados en especificaciones, catálogos, planos, memorias de cálculos y reportes de  
35 pruebas.

36  
37 Los documentos serán clasificados como: documentos de Ingeniería Básica; documentos  
38 de Ingeniería de Detalle; memorias de cálculos a nivel de Ingeniería Básica y de Detalle;  
39 documentos de seguimiento de los Suministros; y documentos que especifiquen la pruebas  
40 en fábrica y en campo; los procedimientos de montaje y puesta en servicio y la operación y  
41 mantenimiento.

1 La lista y clasificación de la documentación debe ser preparada por el Transmisor y  
2 entregada a la Interventoría para revisión.

#### 3 4 **5.4.1 Los documentos de Ingeniería Básica**

5  
6 Son aquellos que definen los parámetros básicos del Proyecto; dan a conocer el  
7 dimensionamiento del mismo; definen los criterios básicos de diseño; determinan las  
8 características para la adquisición de equipos; especifican la filosofía de comunicaciones,  
9 control, medición y protección; establecen la implantación física de las obras; especifican  
10 las previsiones para el desarrollo futuro del Proyecto; establecen las reglas para efectuar la  
11 Ingeniería de Detalle e incluye las memorias de cálculos que soportan las decisiones de  
12 Ingeniería Básica.

13  
14 Todos los documentos de Ingeniería Básica (y toda la información necesaria, aunque ella  
15 no esté explícitamente citada en estas especificaciones, acorde con lo establecido en las  
16 Normas Nacionales e Internacionales, aplicables al diseño y montaje de éste tipo de  
17 instalaciones) serán entregados por el Transmisor al Interventor para su revisión,  
18 verificación del cumplimiento de condiciones y para conocimiento de la UPME. Sobre cada  
19 uno de estos documentos, la Interventoría podrá solicitar aclaraciones o justificaciones que  
20 estime conveniente, haciendo los comentarios respectivos al Transmisor y a la UPME la  
21 respectiva recomendación si es del caso.

22  
23 La siguiente es la lista de documentos y planos mínimos de la ingeniería básica:

##### 24 25 **5.4.1.1 Memorias de cálculo electromecánicas**

- 26  
27
- 28 • Criterios básicos de diseño electromecánico
  - 29 • Memoria de cálculo de resistividad del terreno
  - 30 • Memoria de dimensionamiento de cárcamos, ductos y bandejas porta-cables
  - 31 • Memoria de dimensionamiento de los servicios auxiliares ac.
  - 32 • Memoria de dimensionamiento de los servicios auxiliares dc.
  - 33 • Memoria de cálculo de distancias eléctricas
  - 34 • Memoria de dimensionamiento de transformadores de tensión y corriente
  - 35 • Coordinación de aislamiento y estudio de sobretensiones
  - 36 • Memoria de cálculo del sistema de puesta a tierra
  - 37 • Memoria de cálculo sistema de apantallamiento
  - 38 • Memoria de cálculo de aisladores de alta y media tensión
  - 39 • Memoria selección de conductores aéreos y barrajes.
  - 40 • Memoria de cálculo del sistema de iluminación exterior e interior.
  - Análisis de identificación de riesgos.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40

**5.4.1.2 Especificaciones equipos**

- Especificación técnica equipos de patio.
- Especificaciones técnicas sistema de puesta a tierra.
- Especificaciones técnicas sistema de apantallamiento.
- Especificación técnica dispositivos de protección contra sobretensiones.
- Especificación técnica gabinetes de control y protección.
- Especificación técnica equipos de medida, control, protección y comunicaciones.
- Especificación técnica de cables desnudos, para barrajes e interconexión de equipos.
- Especificación funcional del sistema de control.
- Lista de señales para sistema de control, de los equipos de la subestación.
- Especificación técnica de los servicios auxiliares ac / dc.
- Especificación técnica del sistema de alumbrado interior y exterior.
- Especificaciones técnicas para montaje electromecánico, pruebas individuales de equipos, pruebas funcionales y puesta en servicio.

**5.4.1.3 Características técnicas de los equipos**

- Características técnicas, equipos.
  - Interruptores
  - Seccionadores.
  - Transformadores de corriente.
  - Transformadores de tensión.
  - Descargadores de sobretensión.
  - Aisladores y cadenas de aisladores.
- Dimensiones de equipos.
- Características técnicas, cables de fuerza y control.
- Características técnicas, dispositivo de protección contra sobretensiones
- Características técnicas, sistema de automatización y control.
- Características técnicas, sistema de comunicaciones.
- Características de equipos y materiales del sistema de servicios auxiliares ac/dc.
- Características técnicas, cables desnudo para interconexión de equipos y barrajes.

**5.4.1.4 Planos electromecánicos**

- Diagrama unifilar de la subestación
- Diagrama unifilar con características de equipos
- Diagrama unifilar de protecciones.

- 1 • Diagrama unifilar de medidas.
- 2 • Diagrama unifilar servicios auxiliares ac
- 3 • Diagrama unifilar servicios auxiliares dc.
- 4 • Arquitectura sistema de control de la subestación.
- 5 • Planimetría del sistema de apantallamiento
- 6 • Planimetría del sistema de puesta a tierra.
- 7 • Planos en planta de ubicación de equipos.
- 8 • Planos vista en cortes de equipos.
- 9 • Planos ubicación de equipos en sala de control.
- 10 • Elevación general de edificaciones y equipos.
- 11 • Planimetría del sistema de apantallamiento.
- 12 • Planos de ruta de bandejas porta-cables, cárcamos y tuberías.
- 13 • Planimetría general alumbrado y tomacorrientes, interior, exterior.

#### 15 **5.4.1.5 Planos de obras civiles**

- 16
- 17 • Plano localización de la subestación.
- 18 • Plano disposición de bases de equipos.
- 19 • Planos cimentación del transformador de potencia.
- 20 • Plano cimentación de equipos y pórticos.
- 21 • Plano base cimentación del transformador de potencia.
- 22 • Plano de drenajes de la subestación.
- 23 • Plano de cárcamos y ductos para cables en patio.
- 24 • Plano de cárcamos y ductos para cables en sala de control.
- 25 • Planos casa de control.
- 26 • Plano disposición de bases para equipos en sala de control.
- 27 • Plano cerramiento de la subestación.
- 28 • Plano obras de adecuación.

#### 30 **5.4.1.6 Estudios y trabajos de campo**

- 31
- 32 • Levantamiento topográfico del lote seleccionado.
- 33 • Estudio de suelos mediante apique o sondeos en el área del lote seleccionado.
- 34 • Identificación de los accesos y presentación de recomendaciones para el
- 35 transporte de equipos y materiales.
- 36 • Presentar informes de progreso y programas de trabajos mensuales.
- 37 • Análisis diseños típicos y definición parámetros.
- 38 • Análisis de resultados de suelos y diseños obras civiles.
- 39 • Elaboración informe de diseños y memorias de cálculo.

## 5.4.2 Los documentos de la Ingeniería de Detalle

Son los necesarios para efectuar la construcción y el montaje del Proyecto; permiten definir y especificar cantidades y características de material a granel o accesorio e incluye todas las memorias de cálculos que soporten las decisiones en esta fase de ingeniería. Se fundamentará en las especificaciones de Ingeniería de Detalle que se emitan en la fase de Ingeniería Básica.

Todos los documentos de Ingeniería de Detalle serán entregados por el Inversionista seleccionado al Interventor para su revisión, verificación del cumplimiento de condiciones y para conocimiento de la UPME. Sobre cada uno de estos documentos, la Interventoría podrá solicitar aclaraciones o justificaciones que estime conveniente, haciendo los comentarios respectivos al Inversionista seleccionado y a la UPME si es del caso.

Los documentos que sirven para hacer el seguimiento a los suministros, serán aquellos que preparen y entreguen los proveedores y fabricantes de los equipos y materiales. Estos documentos serán objeto de revisión por parte de la Interventoría quien formulará los comentarios y pedirá aclaraciones necesarias al Inversionista seleccionado.

Los documentos que especifiquen y muestren los resultados de las pruebas en fábrica y en campo, la puesta en servicio, la operación del Proyecto y el mantenimiento, serán objeto de revisión por parte de la Interventoría, quien hará los comentarios al Inversionista seleccionado y a la UPME si es del caso.

Con base en los comentarios, observaciones o conceptos realizados por la Interventoría, la UPME podrá trasladar consultas al Inversionista seleccionado.

La siguiente es la lista de documentos y planos mínimos de la Ingeniería de Detalle:

### 5.4.2.1 Cálculos detallados de obras civiles

- Criterios básicos de diseño de obras civiles.
- Dimensiones y pesos de equipos.
- Memorias de cálculo estructural para cimentación del transformador de potencia.
- Memorias de cálculo estructural para las cimentaciones de equipos de patio.
- Memorias de cálculo estructural para cimentación de la caseta de control.
- Memoria de cálculo muro de cerramiento
- Memoria de cálculo árboles de carga para estructuras soporte de equipos.
- Memorias de cálculo estructural para canaletas de cables eléctricos exteriores y cárcamos interiores en caseta de control.

- 1 • Memoria de cálculo árboles de carga para estructuras de pórticos de líneas y
- 2 barrajes.
- 3 • Memorias de cálculo para vías, parqueos y zonas de maniobra en pavimento
- 4 rígido.
- 5 • Memoria de cálculo estructural para canaletas de cables exteriores e interiores en
- 6 casa de control.
- 7 • Memoria de cálculo para el sistema de drenaje de aguas lluvias.
- 8 • Memoria de cálculo sistema de acueducto.

#### 9

#### 10 **5.4.2.2 Planos de obras civiles**

- 11
- 12 • Planos para construcción de bases para equipos
- 13 • Planos estructurales con árboles de carga para construcción de estructuras
- 14 soporte para equipos y pórticos.
- 15 • Planos para construcción de cimentaciones para equipos y transformador de
- 16 potencia.
- 17 • Planos para construcción de cárcamos de cables, ductos y cajas de tiro.
- 18 • Planos para construcción de acabados exteriores
- 19 • Planos para construcción del sistema de drenajes y aguas residuales
- 20 • Planos estructurales para construcción de caseta de control, ubicación bases de
- 21 tableros, equipos y canales interiores.
- 22 • Planos arquitectónicos y de acabados para la caseta de control.
- 23 • Planos para construcción de vías

#### 24

#### 25 **5.4.2.3 Diseño detallado electromecánico**

26

27 El Inversionista será responsable de la ejecución y elaboración del diseño eléctrico y

28 mecánico detallado necesario y por tanto deberá presentar para la revisión y

29 verificación de la Interventoría: memorias de cálculo, planos electromecánicos finales

30 para construcción, diagramas de cableado, diagramas esquemáticos de control,

31 protecciones y medidas, lista detalladas de materiales y toda la información necesaria

32 aunque ella no esté explícitamente citada en estas especificaciones y en un todo de

33 acuerdo con lo establecido en las Normas Nacionales e Internacionales, aplicables al

34 diseño y montaje de éste tipo de instalaciones.

35

36 El Inversionista deberá entregar a la Interventoría para su revisión y verificación la

37 información y planos según el Programa de Entrega de Documentación Técnica

38 aprobado, el cual deberá contener como mínimo la siguiente documentación:

#### 39

#### 40 **a. Sistema de puesta a tierra:**

- 1 • Planos de malla de puesta a tierra planta y detalles de conexiones a equipos y  
2 estructuras.  
3 • Lista de materiales referenciados sobre planos.  
4 • Plano de conexión de equipos interior y tableros a la malla de tierra, detalles.  
5 • Memorias de cálculo de diseño de la malla de puesta a tierra.  
6 • Procedimiento para la medida de la resistencia de puesta a tierra, según el RETIE.  
7 • Procedimiento para la medida de las tensiones de paso y contacto, según el  
8 RETIE.  
9  
10 **b. Equipos principales:**  
11 • Equipos de Patio: Disposición general de la planta y cortes del patio de  
12 conexiones, incluyendo las distancias entre los centros (ejes) de los equipos.  
13 • Peso de cada uno de los equipos y localización del centro de masa con relación al  
14 nivel rasante del patio.  
15 • Características geométricas de equipos y peso de los soportes de equipos,  
16 sistemas de anclaje.  
17 • Diseño de las cimentaciones de los equipos de patio.  
18 • Dimensiones requeridas para canales de cables de potencia y cables de control.  
19 Diseño civil de los canales de cables.  
20 • Diseño geométrico y sistemas de fijación de las bandejas portacables y de ductos  
21 para cables entre los equipos y las bandejas.  
22 • Localización, geometría y sistemas de anclaje de los gabinetes de conexión.  
23  
24 **c. Equipos de patio:**  
25 • Para equipos de corte, transformadores de medida, descargadores de  
26 sobretensión.  
27 - Diagramas eléctricos completos para control, señalización, etc, hasta borneras  
28 de interconexión.  
29 - Características técnicas definitivas, dimensiones y pesos.  
30 - Placas de características técnicas.  
31 - Información técnica complementaria y catálogos.  
32 - Manuales detallados para montaje de los equipos.  
33 - Manuales detallados para operación y mantenimiento.  
34 - Protocolo de pruebas en fábrica.  
35 - Procedimiento para pruebas en sitio.  
36  
37 **d. Para tableros:**  
38 • Diagramas esquemáticos que incluyan todos los circuitos de c.a. y c.c.  
39 • Diagramas eléctricos completos hasta borneras de interconexión para circuitos de  
40 control, señalización y protección.



- 1 • Lista de instrumentos de control medida, señalización, protecciones, fusibles, etc.,  
2 que serán instalados en los tableros, suministrando información técnica y  
3 catálogos respectivos con indicación clara del equipo suministrado.
  - 4 • Planos de disposición física de elementos y equipos dentro de los tableros.
  - 5 • Instrucciones detalladas de pruebas y puesta en servicio.
  - 6 • Elaboración de planos desarrollados, esquemáticos de control, protección, medida,  
7 telecontrol y teleprotección, incluyendo:
    - 8 - Diagramas de principio y unifilares
    - 9 - Diagramas de circuito
    - 10 - Diagramas de localización exterior e interior.
    - 11 - Tablas de cableado interno y externo.
    - 12 - Disposición de aparatos y elementos en tableros de control.
    - 13 - El Inversionista debe entregar al Interventor como mínimo, los siguientes  
14 diagramas de principio:
      - 15 ▪ Diagramas de protección y del sistema de gestión de los relés.
      - 16 ▪ Diagramas del sistema de control de la subestación.
      - 17 ▪ Diagramas de medición de energía.
      - 18 ▪ Diagramas lógicos de enclavamientos.
      - 19 ▪ Diagramas de comunicaciones.
    - 20 - Diagramas de bloque para enclavamientos eléctricos de toda la Subestación.
    - 21 - Listado de cables y borneras.
    - 22 - Planos de Interfase con equipos existentes.
    - 23 - Filosofía de operación de los sistemas de protección, control, sincronización,  
24 señalización y alarmas.
- 25
- 26 **e. Reportes de Pruebas:**
- 27 - Treinta (30) días calendario posterior a la fecha en la cual se efectuó la última  
28 prueba, el Inversionista deberá suministrar a la Interventoría dos (2) copias que  
29 contengan cada uno un juego completo de todos los reportes de pruebas de  
30 fábrica por cada uno de los aparatos y equipos suministrados.  
31 Las instrucciones deberán estar en idioma español.

### 32 **5.4.3 Estudios del Sistema**

34 Bajo esta actividad, el Inversionista seleccionado deberá presentar al Interventor para los  
35 fines pertinentes a la Interventoría los estudios eléctricos que permitan definir los  
36 parámetros útiles para el diseño básico y detallado de la Subestación y de las Líneas; entre  
37 todos los posibles, se destacan como mínimo la elaboración de los siguientes documentos  
38 técnicos y/o memorias de cálculo:  
39  
40

- 1 - Condiciones atmosféricas del sitio de instalación, parámetros ambientales y meteorológicos, contaminación ambiental, estudios topográficos, geotécnicos, sísmicos y de resistividad.
- 2
- 3
- 4
- 5 - Cálculo de flechas y tensiones.
- 6
- 7 - Flujos de carga; estudios de corto circuito; estudio de estabilidad para determinar tiempos máximos de despeje de fallas; y cálculos de sobretensiones.
- 8
- 9
- 10 - Estudios de ajuste y coordinación de protecciones.
- 11
- 12 - Selección de aislamiento, incluye selección de descargadores de sobre tensión y distancias eléctricas.
- 13
- 14
- 15 - Estudio de cargas ejercidas sobre las estructuras metálicas de soporte debida a sismo y a corto circuito.
- 16
- 17
- 18 - Selección de equipos, conductores para barrajes, cables de guarda y conductores aislados.
- 19
- 20
- 21 - Memoria de revisión de los enlaces de comunicaciones existentes.
- 22
- 23 - Estudio de apantallamiento contra descargas atmosféricas
- 24
- 25 - Dimensionamiento de los servicios auxiliares AC y DC.
- 26
- 27 - Informe de interfaces con equipos existentes.
- 28
- 29 - Estudios ambientales, programas del Plan de Manejo Ambiental, (PMA) de acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- 30
- 31
- 32 - Ajustes y coordinación de relés de protecciones, dispositivos de mando sincronizado y registradores de fallas.
- 33
- 34
- 35 Cada uno de los documentos o memorias de cálculo, antes referidos, deberán destacar como mínimo los siguientes aspectos:
- 36
- 37
- 38 - Objeto del documento técnico o de la memoria de cálculo.
- 39
- 40 - Origen de los datos de entrada.
- 41

- 1 - Metodología para el desarrollo soportada en normas o estándares de amplio reconocimiento, por ejemplo en Publicaciones IEC, ANSI o IEEE.
- 2
- 3
- 4 - Resultados.
- 5
- 6 - Bibliografía.
- 7

#### 8 **5.4.4 Distancias de Seguridad**

9  
10 Las distancias de seguridad aplicables en las Subestaciones deben cumplir los lineamientos  
11 establecidos en el RETIE, en su última revisión y/o actualización.

### 12 **5.5 Equipos de Potencia**

#### 13 **5.5.1 Interruptores**

14  
15 Los interruptores de potencia, deben cumplir las prescripciones de la última edición de las  
16 siguientes normas, o su equivalente ANSI, según aplique al tipo de equipo a suministrar:

- 17 • IEC 62271-100: "High-voltage alternating current circuit-breakers"
- 18 • IEC 60694: "Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards".
- 19 • IEC 60265: " High-voltage switches- Part 2; High-voltage switches for rated voltages of 52 kV an above"

20  
21 Todos los interruptores de subestaciones nuevas, en configuración interruptor y medio,  
22 deberán contar con transformadores de corriente en ambos extremos del interruptor, de  
23 acuerdo con la recomendación IEEE Std C37.234-2009 "IEEE Guide for Protective Relay  
24 Applications to Power System Buses".

25  
26 **Mecanismos de operación:** los armarios y gabinetes deberán tener como mínimo el grado  
27 de protección IP54 de acuerdo con IEC 60947-1 o su equivalente en ANSI, el mecanismo  
28 de operación será tipo resorte. No se permitirán fuentes centralizadas de aire comprimido  
29 o aceite para ninguno de los interruptores. Los circuitos de fuerza y control deben ser  
30 totalmente independientes.

31  
32 **Pruebas de rutina:** los interruptores deben ser sometidos a las pruebas de rutina  
33 establecidas en la publicación IEC 62271-100 o su equivalente en ANSI. Copia de los  
34 respectivos protocolos de prueba deberán ser presentados para fines pertinentes de la  
35 Interventoría.

1 **Pruebas tipo:** en caso de que el Interventor lo requiera, el Transmisor debe entregar una  
2 copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre interruptores iguales o similares a los  
3 incluidos en el suministro de acuerdo con la publicación IEC 62271-100 o su equivalente en  
4 ANSI. Si el Transmisor no dispone de estos documentos deberá hacer las respectivas  
5 pruebas a su costa.  
6

7 **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
8 condiciones de estado y funcionamiento de los Interruptores de Potencia.  
9

### 10 **5.5.2 Descargadores de Sobretensión**

11  
12 Los descargadores de sobretensión, deben cumplir las prescripciones de la última edición  
13 de las siguientes normas o su equivalente ANSI, según aplique al tipo de equipo a  
14 suministrar  
15

- 16 • IEC 60099-4: "Surge Arrester. Part 4: Metal oxide surge arresters without gaps for  
17 a.c. systems"
- 18 • IEC 61264: "Ceramic pressurized hollow insulators for high-voltage switchgear and  
19 controlgear".  
20

21 **Pruebas de rutina:** los descargadores deben ser sometidos a las pruebas de rutina  
22 establecidas en la publicación IEC 60099-4 o su equivalente en ANSI. Copia de los  
23 respectivos protocolos de prueba deberán ser presentados para los fines que requiera la  
24 Interventoría.  
25

26 **Pruebas tipo:** en caso de que el Interventor lo requiera, el Transmisor debe entregar una  
27 copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre descargadores iguales o similares a los  
28 incluidos en el suministro de acuerdo con la publicación IEC 60099-4 o su equivalente en  
29 ANSI. Si el Transmisor no dispone de estos documentos deberá hacer las respectivas  
30 pruebas a su costa.

31 **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
32 condiciones de estado y funcionamiento de los descargadores.  
33

### 34 **5.5.3 Transformadores de Potencia**

35  
36 El Adjudicatario suministrará al Interventor copia de toda la documentación que le permita  
37 analizar el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos en la última edición de la  
38 publicación IEC 60076, "Power Transformers".  
39

40 El transformador de potencia o banco de transformación deberá estar compuestos por tres  
41 (3) unidades monofásicas de 150 MVA cada una, para un total de capacidad de

1 transformación de 3x150 MVA de servicio continuo de relación 500/220 kV. Ésta capacidad  
2 total de 450 MVA, significa la potencia nominal que puede desarrollar bajo la máxima etapa  
3 de enfriamiento y a las condiciones de altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente  
4 en donde estará la subestación.

5  
6 El banco de transformación o de autotransformadores, debe tener una capacidad de  
7 sobrecarga igual que el banco de autotransformadores existentes en la subestación Bolívar.  
8 Estos valores se deberán verificarse con los equipos existentes.

9  
10 Se requiere que el banco de autotransformadores tenga devanado terciario con una tensión  
11 de 34.5 kV y una capacidad mínima de un 30% de la capacidad de cada uno de los otros  
12 dos devanados. El devanado terciario dará las facilidades necesarias para alimentación de  
13 servicios auxiliares, para lo cual deben suministrarse e instalarse todos los equipos  
14 necesarios para hacer uso de servicios auxiliares utilizando esta fuente.

15  
16 Adicionalmente, el banco de autotransformadores 500/220 kV deberá contar con un  
17 transformador de puesta a tierra (ZIG-ZAG). Las características técnicas de este  
18 transformador de puesta a tierra deben ser establecidas por el Inversionista, con base en  
19 sus propios estudios, análisis y en las verificaciones que realice con los equipos existentes.

20  
21 El suministro del banco de autotransformadores debe incluir una unidad monofásica 1x150  
22 MVA para reposición con cambio rápido, localizada adecuadamente para efectuar en el  
23 menor tiempo posible la conexión cuando se requiera, conjugada la localización con el  
24 adecuado arreglo de los barrajes, de tal forma que para hacer uso de esta unidad de  
25 repuesto no se hagan complejas las conexiones y desconexiones de las bajantes de 500  
26 kV y 220 kV para un cambio rápido.

27  
28 El grupo de conexión del nuevo transformador de potencia será el mismo que posee el  
29 existente en la Subestación, el cual es YN0yn0d0.

30  
31 Los bancos de transformadores deberán estar dotados de cambiadores de derivaciones,  
32 para operación manual y automática bajo carga, con un total de 23 posiciones y 21 en pasos  
33 de 1,25% cada uno, con la posición 1 para la máxima relación, posición 13 para la relación  
34 nominal y la posición 21 para la mínima relación. Estos valores deberán ser iguales a los  
35 equipos existentes, por lo cual deben verificarse.

36  
37 Los autotransformadores de 500/220/34.5 kV deberán tener impedancia de cortocircuito  
38 (%), con una potencia base de 150 MVA, 60 Hz, a temperatura de 75 °C, en la posición 13  
39 para la relación nominal, con los siguientes valores:

- 40  
41 - 500/220 kV - AT/MT: 11,49%.

- 1 - 500/34,5 kV - AT/BT: 42.61%.
- 2 - 220/34,5 kV - MT/BT: 29.59%.

3  
4 Estos valores deberán ser iguales a los equipos existentes, por lo cual deben verificarse.

5  
6 En general las características eléctricas del banco de autotransformadores objeto de la  
7 presente Convocatoria deberán ser iguales a la de los bancos de transformación  
8 500/220/34.5 kV actualmente existentes en la subestación Bolívar.

9  
10 Se deberá garantizar que los niveles de pérdidas en los transformadores, para los  
11 siguientes niveles de carga permanente: 100%, 75%, y 50%. Los valores garantizados  
12 deberán cumplir con lo establecido en la norma IEC 60076 o su equivalente ANSI/IEEE.

13  
14 Se debe implementar la "lógica maestro seguidor" con los bancos de autotransformadores  
15 a instalar, lo cual es necesario para la operación en paralelo de los autotransformadores  
16 objeto de la presente convocatoria, con los bancos e autotransformadores instalados.

17  
18 **Pruebas de rutina:** los transformadores de Potencia deben ser sometidos a las pruebas  
19 de rutina establecidos en las publicaciones IEC 60076. Copia de los respectivos protocolos  
20 de prueba deberán ser presentados para fines pertinentes de la Interventoría.

21  
22 **Pruebas tipo:** en caso que el Interventor lo requiera, el Inversionista debe entregar una  
23 copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre autotransformadores similares a los  
24 incluidos en el suministro, de acuerdo con las publicaciones IEC 60076 o ANSI; si el  
25 Inversionista no dispone de estos documentos deberá hacer las respectivas pruebas a su  
26 costa.

27  
28 **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
29 condiciones de estado y funcionamiento de los transformadores.

#### 30 31 **5.5.4 Seccionadores y Seccionadores de Puesta a Tierra**

32  
33 Los Seccionadores y Seccionadores de Puesta a Tierra, deben cumplir las prescripciones  
34 de la última edición de las siguientes normas o su equivalente ANSI, según se aplique al  
35 tipo de equipo a suministrar:

- 36  
37 • IEC 62271-102: "Alternating current disconnectors and earthing switches", o su  
38 equivalente en ANSI.
- 39 • IEC 60273: "Characteristics of indoor and outdoor post insulators for systems with  
40 nominal voltages greater than 1000 V".

- 1       • IEC 60694 "Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear  
2       standards".  
3

4       **Pruebas de rutina:** los seccionadores deben ser sometidos a las pruebas de rutina  
5       establecidas en la publicación IEC 62271-102 o su equivalente en ANSI. Copia de los  
6       respectivos protocolos de prueba deberán ser presentados para los fines que requiera la  
7       Interventoría.  
8

9       **Pruebas tipo:** en caso de que el Interventor lo requiera, el Transmisor debe entregar una  
10      copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre seccionadores iguales o similares a los  
11      incluidos en el suministro de acuerdo con la publicación IEC 62271-102 o su equivalente en  
12      ANSI, si el Transmisor no dispone de estos documentos deberá hacer las respectivas  
13      pruebas a su costa.  
14

15      **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
16      condiciones de estado y funcionamiento de los seccionadores.  
17

#### 18           **5.5.5      Transformadores de Tensión**

19

20      Los Transformadores de Tensión deben cumplir las prescripciones de la última edición de  
21      las siguientes normas o su equivalente ANSI, según se aplique al tipo de equipo a  
22      suministrar:  
23

- 24      • IEC 60044-4: "Instrument transformers. Measurement of partial discharges", o su  
25      equivalente en ANSI.  
26      • IEC 60044-2: "Inductive Voltage Transformers"  
27      • Publicación IEC 60186, "Voltaje Transformers", IEC 60358, "Coupling capacitor and  
28      capacitor dividers".  
29      • Publicación IEC-61869-1/3/5: "Inductive/capative Voltage Transformers".  
30      • IEC 60296: "Specification for unused mineral insulating oils for transformers and  
31      switchgear"  
32

33      Los transformadores de tensión deben ser del tipo divisor capacitivo, para conexión entre  
34      fase y tierra. La precisión de cada devanado debe cumplirse sin la necesidad de utilizar  
35      cargas externas adicionales. La precisión, deberá ser según normas IEC o su equivalente  
36      en ANSI, y específicamente, cumplir todos los requisitos técnicos exigidos por la Resolución  
37      CREG 025 de 1995, en su última revisión.  
38

39      **Pruebas de rutina:** los transformadores de tensión deben ser sometidos a las pruebas de  
40      rutina establecidos en la publicación IEC 60186, sección 5 y 25, IEC 60358 cláusula 7.1. o

1 su equivalente en ANSI. Copia de los respectivos protocolos de prueba deberán ser  
2 presentados para fines pertinentes de la Interventoría.

3  
4 **Pruebas tipo:** en caso de que el Interventor lo requiera, el Transmisor debe entregar una  
5 copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre transformadores de tensión iguales o  
6 similares a los incluidos en el suministro de acuerdo con la publicación IEC 60186, sección  
7 4 y 24 e IEC 60358, cláusula 6.2, o sus equivalente en ANSI. Si el Transmisor no dispone  
8 de estos documentos deberá hacer las respectivas pruebas a su costa.

9  
10 **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
11 condiciones de estado y funcionamiento de los Transformadores de Tensión.

### 12 13 5.5.6 Transformadores de Corriente

14  
15 Los Transformadores de Corriente deben cumplir las prescripciones de la última edición de  
16 las siguientes normas, o su equivalente en ANSI, según se aplique al tipo de equipo a  
17 suministrar:

- 18 • IEC 60044-4: "Instrument transformers. Measurement of partial discharges", o su  
19 equivalente en ANSI.
- 20 • IEC 60044-1: "Current Transformers".
- 21 • IEC-61869-1/2: "Current Transformers".

22  
23  
24 Los transformadores de corriente deben ser de relación múltiple con cambio de relación en  
25 el secundario. Deben tener precisión 0.2s, según IEC o su equivalente en ANSI, y  
26 específicamente, cumplir todos los requisitos técnicos exigidos por la Resolución CREG  
27 025 de 1995, en su última revisión.

28  
29 **Pruebas de rutina:** los transformadores de corriente deben ser sometidos a las pruebas  
30 de rutina establecidos en la publicación IEC 60044-1 e IEC 60044-6 o su equivalente en  
31 ANSI, Copia de los respectivos protocolos de prueba deberán ser presentados para fines  
32 pertinentes de la Interventoría.

33  
34 **Pruebas tipo:** en caso de que el Interventor lo requiera, el Transmisor debe entregar una  
35 copia de los reportes de pruebas tipo hechas sobre transformadores de corriente iguales o  
36 similares a los incluidos en el suministro de acuerdo con la publicación IEC 60044-1 e IEC  
37 60044-6, o su equivalente en ANSI. Si el Transmisor no dispone de estos documentos  
38 deberá hacer las respectivas pruebas a su costa.

39  
40 **Pruebas en Sitio:** se deben efectuar las pruebas necesarias en sitio para verificar las  
41 condiciones de estado y funcionamiento de los transformadores de corriente.



1           **5.5.7      Equipo GIS o Híbrido**

2  
3    En caso que el equipo propuesto por el Inversionista sea GIS (Gas Insulated Substations)  
4    o Híbrido, además de cumplir con las normas antes mencionadas, debe cumplirse la  
5    siguiente normatividad:

6  
7    Los equipos componentes de la celda compacta, híbrida o GIS, deberán cumplir con las  
8    características técnicas garantizadas que les aplique de los equipos individuales tal como  
9    lo indicado en estas especificaciones.

- 10  
11       • Instrument transformer – IEC6189  
12       • Insulation Coordination – IEC60071  
13       • High voltage switchgear and controlgear - IEC62271  
14       • Insulated bushings above 1000V – IEC60137  
15       • Partial discharge measurement – IEC60270  
16       • Specification and acceptance of new SF6 - IEC60376  
17       • Guide for checking SF6 - IEC 60480  
18       • Common clauses or HV switchgear and controlgears standards - IEC62271-1  
19       • Guide for selection of insulators in respect of pulled conditions - IEC60815-1/2  
20       • Cable connections of gas insulated metal-enclosed switchgears – IEC 62271-209  
21       • Use and handling SF6 in HV switchgears and controlgears – IEC62271-303  
22       • Direct connection between GIS and power transformer - IEC61639

23  
24    El equipo GIS será sometido a pruebas de rutina que consisten en pruebas de alta tensión,  
25    pruebas mecánicas y pruebas de gas.

26  
27    Se deben suministrar certificados de pruebas tipo de pruebas de alta tensión, prueba de  
28    temperatura, prueba de gas y prueba sísmica.

29  
30           **5.5.8      Sistema de Puesta A Tierra**

31  
32    Deberá diseñarse para que en condiciones normales y anormales, no se presente ningún  
33    peligro para el personal situado en cualquier lugar, al que tenga acceso.

34  
35    Todos los requerimientos para la malla de tierra de la Subestación, estarán de acuerdo a la  
36    última revisión de la publicación IEEE No.80-2000 "Guide for Safety and Alternating Current  
37    Substation Grounding" y a los requerimiento del RETIE.

38    Todos los equipos, estructuras y accesorios metálicos se conectarán a tierra en el punto  
39    más cercano y conveniente.

40

1 Todo el equipo eléctrico y partes metálicas expuestas, estarán conectadas a la malla de  
2 tierra.

3  
4 La malla de tierra se diseñará para cubrir efectivamente la subestación completa y al menos  
5 2 m más allá de la cerca o malla de cerramiento.

6  
7 Para propósitos del diseño final del sistema de tierra el Transmisor hará los ensayos de  
8 resistividad en el sitio, con el objeto de comprobar la resistividad del terreno y las tensiones  
9 de paso y contacto, según requerimiento del RETIE.

### 10 **5.5.9 Apantallamiento de la Subestación**

11  
12 El apantallamiento será hecho por medio de cables de guarda de material apropiado para  
13 las condiciones ambientales existentes en el sitio. Todos los cables de guarda serán  
14 aterrizados con cables bajantes de cobre.

15  
16 Las estructuras no conductoras y edificios requerirán un sistema completo de protección  
17 contra descargas atmosféricas, incluyendo varillas de puesta a tierra. La instalación deberá  
18 cumplir con el RETIE, la Norma NTC-4552-1-2-3 y la Norma IEC-62305-2.

## 19 **5.6 Equipos de Control y Protección**

20  
21 Las siguientes son las características principales que deberán cumplir los equipos de  
22 control y protección:

### 23 **5.6.1 Sistemas de Protección**

24  
25 Los equipos de protección deberán cumplir con las partes pertinentes establecidas en la  
26 publicación IEC 60255 “*Electrical relays*”, en la IEC 60870 “*Telecontrol equipments and*  
27 *systems*” y en el caso de los registradores de falla, los archivos de datos deberán utilizar el  
28 formato COMTRADE (*Common Format for Transient Data Exchange*), recomendación IEEE  
29 C37.111 o en su defecto, el Inversionista deberá proveer el software que haga la  
30 transcripción del formato del registrador de fallas al formato COMTRADE, o cumplir con las  
31 respectivas normas equivalentes ANSI.

32  
33 El esquema de protección de líneas deberá ser implementado con dos protecciones  
34 principales para líneas de transmisión con principio de operación y medición diferente,  
35 adicionalmente deben tener algoritmos de operación diferentes entre sí. El esquema  
36 completo deberá consistir de relés rápidos para emisión y recepción del disparo directo  
37 transferido; falla interruptor; funciones de recierre y verificación de sincronismo, protección  
38 de sobretensión; supervisión del circuito de disparo y registro de fallas. La protección de  
39  
40  
41

1 línea debe dar disparo monopolar y tripolar e iniciar el ciclo de recierre. Para el caso de  
2 Fibra Óptica dedicada como medio de comunicación para la PPL1 y Fibra Óptica dedicada  
3 como medio de comunicación para la PPL2, se entiende como medio de comunicación para  
4 la PPL1, un cable diferente al del medio de comunicación para la PPL2. Para el caso de  
5 Fibra Óptica dedicada como medio de comunicación para el relé o función de protección  
6 distancia ANSI 21/21N, el esquema de comunicación se debe implementar con equipos  
7 digitales de teleprotección conectados directamente a la fibra óptica. Para el caso de Fibra  
8 Óptica multiplexada se entiende como medio de comunicación para la PPL2, un enlace  
9 (trayectoria) independiente del medio de comunicación para la PPL1. Para el caso de Fibra  
10 Óptica multiplexada, el canal de comunicación no deberá de exceder una asimetría de canal  
11 de 5 ms y retardo máximo de 16 ms. Si el medio de comunicación para la protección  
12 diferencial de línea ANSI 87L es multiplexado, éste deberá de ser único y dedicado.  
13

14 Para subestaciones nuevas o existentes que lo requieran, el Sistema de Protecciones -SP-  
15 para las barras (diferencial de barras) deberá ser redundante con principio de operación  
16 diferente. Adicionalmente deberán seleccionarse de acuerdo con la configuración de la  
17 subestación. La alimentación DC de cada sistema de protección debe ser independiente;  
18 las señales de corriente deben ser tomadas, para cada SP, desde núcleos diferentes de los  
19 CT's y cada SP debe tener la posibilidad de comandar disparo a ambas bobinas de los  
20 interruptores. Los SP diferenciales de barra, deben ser seleccionados considerando las  
21 bahías a construirse objeto de la presente Convocatoria y las ampliaciones futuras que se  
22 instalen en los espacios de reserva, y deberán permitir la conexión de CT's con diferentes  
23 relaciones de transformación. El inversionista deberá implementar protección diferencial de  
24 barras multizona y de fase segregada para las subestaciones nuevas.  
25

26 Las bahías deberán estar acopladas al esquema de protección diferencial de barras de la  
27 Subestación, que deberá ser un sistema de protección diferencial distribuido que permita el  
28 mantenimiento de cada unidad individualmente con la protección en operación continua.  
29

30 Los relés de protección, y registradores de fallas deberán ser de estado sólido, de  
31 tecnología numérica o digital. Los relés de protección, y los registradores de fallas deben  
32 incorporar dispositivos de prueba que permitan aislar completamente los equipos de los  
33 transformadores de medida de los circuitos de disparo, polaridades y del arranque de la  
34 protección por falla en interruptor, de tal manera que no se afecte ningún otro equipo de  
35 forma automática sin tener que hacer puentes externos. Los equipos deberán contar con  
36 todos los módulos, tarjetas y elementos que sean necesarios para las labores de búsqueda  
37 de fallas paramétricas de los relés de protección y registradores de fallas.  
38

39 El Interventor verificará e informará a la UPME el cumplimiento de requisitos de las  
40 protecciones según lo solicitado en este Anexo 1 y en la Resolución CREG 025 de 1995,  
41 anexo CC4 y sus modificaciones.

**5.6.2 Sistema de Automatización y Control de la Subestaciones**

La arquitectura del sistema de automatización estará constituida por los subsistemas y equipos que conforman los niveles 0, 1, 2 y 3 según la siguiente arquitectura:

Nivel	Descripción	Modos de Operación
3	Corresponde a los sistemas remotos de información.	Es la facilidad que debe tener el sistema para ser tele-comandado y supervisado desde el centro de control remoto de acuerdo con las normas del CND.
	Comunicaciones e interfaces entre niveles 2 y 3. Proporciona la comunicación entre el Sistema de Automatización y los sistemas remotos de información.	La captura de datos y la transmisión de información hacia y desde el sistema remoto deben ser independientes de la IHM de las Subestaciones. Debe ser independiente de cualquier falla en las interfaces de usuario IHM.
2	Corresponde al sistema de procesamiento del Sistema de Automatización, controladores de Subestación, almacenamiento de datos y el IHM, localizados en la sala de control de la Subestación.  El sistema de procesamiento del nivel 2 procesa la información de la Subestación para que pueda ser utilizada por el IHM del nivel 2 y pueda ser almacenada para operación, análisis futuros, mantenimiento y generación de reportes.	Corresponde al mando desde las estaciones de operación localizadas en la Subestación. Este es el modo de operación normal para la Subestación atendida. En el IHM se deberán tener despliegues gráficos que muestren en forma dinámica las condiciones de los enclavamientos para cada tipo de maniobra.
	Comunicaciones e Interfaces Nivel 2 y Nivel 1. Corresponde a la red de área local de la Subestación, la cual permite la comunicación entre los equipos de nivel 2, los controladores de Subestación, de bahía y otros IEDs de nivel 1.	
1	Controladores de bahía, que se encargan de la adquisición de datos, cálculos, acciones de control y procesamiento de	Para el equipo de alta tensión y los servicios auxiliares, los modos corresponden al mando de los

Nivel	Descripción	Modos de Operación
	<p>la información relacionada con los dispositivos en cada campo y sistema de servicios auxiliares de la Subestación. A través del panel frontal de cada controlador de bahía, se debe proporcionar un nivel básico de acceso al personal de operación para la supervisión y control de los equipos de campo asociados al controlador respectivo.</p>	<p>equipos de maniobra desde el controlador de bahía a través del panel frontal.</p> <p>Para subestaciones de tipo convencional, se deberá prever la utilización de casetas de patio.</p>
	<p>Comunicaciones e interfaces Nivel 1 y 0. Corresponde a la comunicación entre los controladores de bahía, los IEDs y al cableado convencional de las señales individuales de entrada y salida asociadas con los equipos de potencia en el patio de la Subestación. Deberá haber integración de las protecciones con el Sistema de Automatización.</p>	
0	<p>Conformado por los equipos de patio (interruptores, seccionadores, transformadores de potencia y de instrumentación, reactores, bancos de capacitores, etc.), por los servicios auxiliares de la Subestación (13,2 kV, 208/120 Vca, 125 Vcc, grupos electrógenos, inversores, cargadores, equipos, etc.), por los IEDs tales como relés de protección, medidores multifuncionales, registradores de fallas, equipos de monitoreo, cajas de mando de equipos de maniobra y demás.</p>	<p>Corresponde al mando directamente desde las cajas de mando de los interruptores y seccionadores en el conjunto de equipos de potencia de las Subestaciones y para los servicios auxiliares desde sus propios gabinetes.</p> <p>Los medidores multifuncionales deben cumplir todos los requisitos técnicos exigidos por la Resolución CREG 025 de 1995, en su última revisión, especialmente lo referente al Código de Medida y sus anexos.</p>

1  
2  
3  
4  
5

### 5.6.2.1 Características Generales

Todos los equipos del sistema de automatización deberán cumplir con las norma IEC.

1 El Transmisor garantizará que la arquitectura del Sistema de Automatización permita la  
2 ampliación a medida que se expandan las Subestaciones y que sin cambios fundamentales  
3 en su arquitectura, permita cambios en la funcionalidad, hardware y software; también  
4 garantizará que el Sistema inter-opere (capacidad de intercambiar y compartir recursos de  
5 información) con IEDs de diversos fabricantes, razón por la cual deberán utilizarse  
6 protocolos abiertos. El Transmisor garantizará igualmente, que el Sistema de Control  
7 ofrezca una respuesta abierta y modular a las necesidades de protecciones, automatismos,  
8 control y monitoreo de la Subestación. Copia de toda la información relacionada con la  
9 arquitectura del Sistema de Automatización y con el Sistema de Control, deberá ser  
10 entregada por el Transmisor al Interventor para la verificación de cumplimiento.

11  
12 Se entiende que todos los elementos auxiliares, equipos y servicios necesarios para la  
13 correcta operación y mantenimiento del sistema de control serán suministrados, sin  
14 limitarse al: hardware, software, GPS, programas para el IHM, trabajos de parametrización  
15 del sistema, etc.

16  
17 La arquitectura del sistema de control deberá estar basada en una red redundante a la cual  
18 se conectan los equipos que soportan las funciones de automatismo, monitoreo, protección  
19 y control. Se destacan las siguientes funciones:

- 20
- 21 • Las redes de comunicación entre los controladores de bahía deberán ser de
  - 22 protocolo, que resulte compatible con las comunicaciones existentes.
  - 23 • La arquitectura del sistema estará compuesta de equipos, que deben permitir:
  - 24
    - 25 ○ Optimización de la integración funcional a través de intercambios rápidos
    - 26 entre equipos vía la red.
    - 27 ○ Integrar los equipos de otros fabricantes con el Sistema de control y
    - 28 Automatización de la Subestación.
  - 29 • La herramienta de gestión del sistema debe permitir por lo menos las siguientes
  - 30 funciones:
    - 31 ○ Gestión de las bases de datos del sistema.
    - 32 ○ Permitir la integración de elementos futuros.
    - 33 ○ Implementación de herramientas de seguridad y administración.
    - 34 ○ Gestión del modo de funcionamiento de los equipos permitiendo la
    - 35 explotación normal, el mantenimiento y/o paro de cada elemento del sistema
    - 36 sin perturbar ni detener el sistema.
    - 37 ○ Mantenimiento de cada equipo.
    - 38 ○ Gestión de protecciones que permite verificar y dar parámetros a las
    - 39 protecciones del sistema.
    - 40

1 Los IED de protección, los controladores de bahía, los controladores de Subestación y/o  
2 computadores del IHM deberán permitir la transmisión de información entre la Subestación  
3 y el CND o el centro de control remoto del Inversionista (sean funciones de control,  
4 visualización o de mantenimiento). El Inversionista es responsable por utilizar los protocolos  
5 de comunicación que el CND le exija y en general, todos los costos de implementación y  
6 coordinación de información a intercambiar con el CND son responsabilidad del  
7 Inversionista.

8  
9 Las funcionalidades siguientes deben ser garantizadas por los controladores de  
10 Subestación:

- 11
- 12 • Transmisión de comandos del centro de control remoto hacia los equipos de la
- 13 Subestación.
- 14 • Sincronización satelital de todos los equipos de los sistemas de control,
- 15 protecciones y registro de fallas de la Subestación a través de una señal de
- 16 sincronización proveniente de un reloj GPS.
- 17 • Recuperación de información proveniente de los equipos hacia el centro de control
- 18 remoto (mediciones, alarmas, cambios de estado, etc.).
- 19

20 Los equipos a instalar deben ser compatibles con los controladores de Subestación para el  
21 correcto envío de información hacia centros de control externos, Centro Nacional de  
22 Despacho CND y recibir los comandos aplicables enviados desde dichos centros. En este  
23 aspecto, el Inversionista será el único responsable de suministrar y hacer operativos los  
24 protocolos de comunicaciones necesarios para integrar la Subestación con el CND.

### 25 **5.6.3 Unidad de medición fasorial sincronizada - medidores multifuncionales**

26  
27  
28 Se deben instalar unidades de medición fasorial -PMU- para cada bahía (línea,  
29 transformación o compensación) objeto de la presente Convocatoria, y para subestaciones  
30 nuevas en configuración interruptor y medio se deberá garantizar un PMU por corte,  
31 incluyendo el corte central. Deberá tener entradas de corriente independiente por bahía o  
32 corte instalado.

33  
34 Estos equipos tomarán las señales de tensión y corriente de los núcleos de medida  
35 (circuitos de instrumentación). La unidad de medición fasorial podrá ser implementada  
36 en un equipo multifuncional, siempre y cuando este no comparta funciones de protección o  
37 circuitos de protección. La implementación podrá realizarse con equipos que integren  
38 sincronización, digitalización y procesamiento en un mismo dispositivo, o con unidades  
39 procesadoras centralizadas y periféricos distribuidos. En el caso de que la subestación no  
40 cuente con casetas en el patio, las PMUs deberán instalarse en los tableros de las  
41 correspondientes bahías.

1 Deberá existir un tablero independiente para concentrar la información sincrofasorial, en  
2 donde el operador nacional instalará un concentrador de datos fasoriales -PDC- y otros  
3 dispositivos asociados. El tablero suministrado por el inversionista deberá estar provisto de  
4 servicios de energía con las mismas características de los tableros de control de la  
5 Subestación. El inversionista deberá permitir al operador nacional las labores de gestión y  
6 mantenimiento de los equipos instalados en este tablero.

7  
8 La comunicación entre las PMU y el PDC será provistas y mantenidas por el inversionista,  
9 a través de una red de comunicación redundante local y deberá permitir el intercambio de  
10 información con la red del sistema de control a través de los mecanismos de seguridad  
11 apropiados. Esta red deberá ser independiente de la red de gestión de protecciones, pues  
12 sobre la primera el operador nacional deberá poder tener acceso remoto para gestionar las  
13 PMU. La comunicación desde la Subestación (o desde el PDC) hacia el sistema que  
14 disponga el operador nacional, será responsabilidad de este último, según lo establecido  
15 en la resolución CREG 080 de 1999.

16  
17 Las unidades de medición fasorial sincronizada deben cumplir con el estándar más reciente  
18 IEEE C37.118 o aquel que lo reemplace en el momento de su adquisición. Estos equipos  
19 deberán contar con la capacidad de ser actualizados cuando la norma IEEE de medición  
20 fasorial sea revisada.

21  
22 Los medidores multifuncionales deben tomar sus señales de los transformadores de  
23 medida, para determinación de parámetros eléctricos tales como: tensión, corriente,  
24 potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y frecuencia. Deben contar con emisor  
25 de impulsos o un sistema de registro comunicado con niveles superiores. Deben cumplir  
26 con todos los requisitos técnicos exigidos por la Resolución CREG 025 de 1995, en su  
27 última revisión, especialmente lo referente al Código de Medida y sus anexos.

28



1           **5.6.4       Controladores de Bahía**

2  
3 Los controladores de bahía son los encargados de recibir, procesar e intercambiar  
4 información con otros equipos de la red, deben ser multifuncionales y programables. Los  
5 controladores de bahía deben ser compatibles con los estándares EMC y aptos para  
6 aplicación en subestaciones eléctricas de alta y extra alta tensión; el Inversionista deberá  
7 presentar al Interventor los certificados de pruebas que lo avalen.

8  
9 A partir de entradas/salidas, el equipo podrá manejar la lógica de enclavamientos y  
10 automatismos de la bahía, por lo que en caso necesario deben tener capacidad de  
11 ampliación de las cantidades de entradas y salidas instaladas en el equipo para cubrir los  
12 requerimientos de la bahía que controlan. Los controladores de bahía deben contar con un  
13 diagrama mímico amplio en LCD que permitirá las siguientes funcionalidades como mínimo:

- 14  
15       • Despliegue del diagrama mímico de la bahía que muestre la información del  
16       proceso.  
17       • Despliegue de alarmas.  
18       • Despliegue de eventos.  
19       • Despliegue de medidas de proceso de la bahía.  
20       • Control local (Nivel 1) de los equipos que forman parte de la bahía.  
21       • Manejo de la posición del control de la bahía (Local / Remoto) mediante botones de  
22       función.  
23       • Despliegue del estado de las tarjetas que forman parte del equipo.

24  
25 Deben también tener LEDs de anuncio de alarma configurables. Deben contar con puertos  
26 para la comunicación.

27  
28 Estos equipos también deberán ser capaces de recibir una señal de sincronización horaria  
29 para hacer el estampado de tiempo al momento de recibir un evento.

30  
31           **5.6.5       Controlador de los Servicios Auxiliares**

32  
33 Debe ser diseñado, probado y ampliamente utilizado en subestaciones de alta tensión.  
34 Debe permitir la medida, supervisión y control de los servicios auxiliares del Proyecto y  
35 contar con los mismos protocolos del controlador de bahía.

36  
37 Debe preparar y enviar la información asociada con los servicios auxiliares a la interfaz IHM  
38 y a los niveles superiores. Debe integrarse al sistema de control de la Subestación y estar  
39 sincronizados con todos los dispositivos de la Subestación. El controlador de servicios  
40 auxiliares debe contar con un mímico amplio en LCD que permitirá las siguientes  
41 funcionalidades como mínimo:

- 1 • Despliegue del diagrama mímico de la bahía.
- 2 • Despliegue de alarmas.
- 3 • Despliegue de eventos.
- 4 • Despliegue de medidas de tensión y de corriente.
- 5 • Manejo de la posición del control de la bahía (Local / Remoto) mediante botones de
- 6 función.
- 7 • Despliegue del estado de las tarjetas que forman parte del equipo.
- 8

9 Deben también tener LEDs de anuncio de alarma configurables. Deben contar con puertos  
10 para la comunicación.

### 11 **5.6.6 Switches**

12 Los switches o concentradores de datos de la red de control, deberán ser adecuados para  
13 operar en ambientes industriales y cumplir sin limitarse a ello, con los siguientes requisitos:

- 14 • Deberán cumplir con IEEE 1613 standard - "error free" networking device.
- 15 • Deberán cumplir con IEC 61850-3 standard for networks in substations.
- 16 • Deberá incluir las siguientes características de red:
  - 17 ○ IEEE 802.1d, message prioritization y rapid spanning tree en MAC Bridges
  - 18 ○ IEEE 802.1q VLAN
- 19 • Deberán tener funciones de administración SNMP v2 y RMON.
- 20 • Deberán soportar las condiciones de estabilidad bajo las condiciones de prueba
- 21 descritas en las normas IEC 60068-2-6 e IEC 60068-2-27.
- 22 • En caso de alguna discrepancia en las normas antes mencionadas, prevalecerá la
- 23 más exigente.
- 24
- 25
- 26
- 27

28 Los switches suministrados deberán contar con el número de puertos suficientes para  
29 conectar todos los equipos de las redes, tanto los equipos de control, como los de  
30 protección y medida.

### 31 **5.6.7 Interfaz Nivel 2 - Nivel 1**

32 Para la interconexión de los equipos se requieren comunicaciones digitales, así:  
33 La red local de comunicaciones para control y supervisión de la Subestación se debe  
34 conformar para que sea inmune electromagnéticamente, que posea suficiente rigidez  
35 mecánica para ser tendido en la Subestación, con protección no metálica contra roedores,  
36 con chaqueta retardante a la llama, con conectores, marquillas, terminales, amarres y  
37 demás accesorios de conexión, según diseño detallado a cargo del Inversionista.  
38  
39  
40

1 La red debe incluir todos los transductores, convertidores, amplificadores y demás  
2 accesorios requeridos para la adecuada conexión y comunicación de todos los equipos  
3 distribuidos en la Subestación.

4  
5 La comunicación de todos los equipos como controladores de bahía, IEDs, registradores  
6 de eventos con el controlador de la Subestación debe ser redundante y con autodiagnóstico  
7 en caso de interrupción de una cualquiera de las vías.

## 8 9 **5.6.8 Equipos y Sistemas de Nivel 2**

### 10 11 **5.6.8.1 Controlador de la Subestación**

12  
13 Es un computador industrial, de última tecnología, robusto, apto para las condiciones del  
14 sitio de instalación, programable, que adquiere toda la información para supervisión y  
15 control de la Subestación proveniente de los dispositivos electrónicos inteligentes, la  
16 procesa, la evalúa, la combina de manera lógica, le etiqueta tiempos, la almacena y la  
17 entrega al Centro Nacional de Despacho, CND, de acuerdo con la programación realizada  
18 en ella y al sistema de supervisión de la Subestación o a otros IED's que dependen de ella.  
19 La información requerida para realizar la supervisión remota, se enviará por enlaces de  
20 comunicaciones.

21  
22 Adicionalmente el controlador de la Subestación, debe centralizar información de los relés  
23 de protección, los registradores de fallas y los medidores multifuncionales, conformando la  
24 red de ingeniería de la Subestación, la cual debe permitir acceso local y remoto para  
25 interrogación, configuración y descarga de información de los relés, de los registradores de  
26 fallas y los medidores multifuncionales. Deben suministrarse todos los equipos, accesorios,  
27 programas y bases de datos requeridos para implementar un sistema de gestión de  
28 protecciones y registradores de fallas para la Subestación.

### 29 30 **5.6.8.2 Registradores de Fallas**

31  
32 Los registradores de falla deberán programarse de manera que al ocurrir una falla, la  
33 descarga del archivo con los datos de la falla, se realice automáticamente a un equipo de  
34 adquisición, procesamiento y análisis, en el cual se realizará la gestión de los registros de  
35 falla provenientes de equipos instalados en las bahías del Proyecto, incluyendo  
36 almacenamiento, despliegue, programación e interrogación remota, cumpliendo con lo  
37 establecido en el Código de Redes CREG 025 de 1995, en su última revisión.

### 38 39 **5.6.8.3 Interfaz Hombre - Máquina IHM de la Subestación**

40

1 El sistema de supervisión local debe efectuar el monitoreo y control del proceso a través de  
2 una IHM conformada básicamente por computadores industriales y software tipo SCADA.  
3 Las pantallas o monitores de IHM deben ser suficientemente amplias para mostrar la  
4 información del proceso.

5  
6 Toda la información, se debe desplegar, almacenar, filtrar, imprimir en los mismos  
7 dispositivos suministrados con el sistema de medida, control y supervisión de la  
8 Subestación, la cual debe tener como mínimo las siguientes funciones:

- 9  
10
- 11 • Adquisición de datos y asignación de comandos.
  - 12 • Auto-verificación y auto-diagnóstico.
  - 13 • Comunicación con el CND.
  - 14 • Comunicación con la red de área local.
  - 15 • Facilidades de mantenimiento.
  - 16 • Facilidades para entrenamiento.
  - 17 • Función de bloqueo.
  - 18 • Función de supervisión.
  - 19 • Funciones del Controlador de Subestación a través del IHM.
  - 20 • Guía de operación.
  - 21 • Manejo de alarmas.
  - 22 • Manejo de curvas de tendencias.
  - 23 • Manejo de mensajes y consignas de operación.
  - 24 • Marcación de eventos y alarmas.
  - 25 • Operación de los equipos.
  - 26 • Programación, parametrización y actualización.
  - 27 • Reportes de operación.
  - 28 • Representación visual del proceso mediante despliegues de los equipos de la  
29 Subestación, incluidos los servicios auxiliares y las redes de comunicaciones.
  - 30 • Secuencia de eventos.
  - 31 • Secuencias automáticas.
  - 32 • Selección de los modos de operación, local, remoto y enclavamientos de operación.
  - 33 • Supervisión de la red de área local.

#### 34 **5.6.9 Requisitos de Telecomunicaciones**

35  
36 Son los indicados en el Anexo CC3 del Código de Conexión, resolución CREG 025 de 1995,  
37 en su última revisión.

#### 38 **5.7 Obras Civiles**

1 Estará a cargo del Inversionista la construcción de las obras descritas en el numeral 2 del  
2 presente Anexo 1, con el siguiente alcance:

- 3
- 4 • Diseño y construcción de todas las obras civiles incluyendo, entre otras, la  
5 construcción o mejora de las vías de acceso y la construcción o ampliación del  
6 edificio de control.
- 7 • Todas las actividades relacionadas con la gestión ambiental, deben cumplir con los  
8 requerimientos establecidos en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Proyecto, el  
9 cual también está a cargo del Transmisor.
- 10 • Todos los diseños de las obras civiles deben cumplir con los requisitos establecidos  
11 en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10.
- 12

13 El Interventor conceptuará para la UPME y hará seguimiento al cumplimiento de los  
14 aspectos regulatorios, el RETIE y las normas legales aplicables a los diseños para  
15 construcción de las obras civiles. Únicamente se podrá realizar obra civil con base en planos  
16 de construcción previamente aprobados. El Interventor informará a la UPME y hará el  
17 seguimiento correspondiente al cumplimiento de las normas técnicas. El Transmisor deberá  
18 presentarle al Interventor la siguiente información:

- 19
- 20 • Memorias de cálculo que soporten los diseños.
- 21 • Planos de construcción completamente claros, con secciones, detalles completos,  
22 listas y especificaciones de los materiales para la ejecución de las obras.
- 23 • Una vez finalizadas las obras debe actualizarse los planos de construcción y  
24 editarse la versión denominada “tal como construido” que incluye las modificaciones  
25 hechas en campo verificadas por el Interventor.
- 26

### 27 **5.8 Malla de Puesta a Tierra y Apantallamiento**

28

29 En los edificios a cargo del Inversionista o en las adecuaciones a lo existente, se deberá  
30 diseñar, suministrar e instalar todos los elementos necesarios para la instalación de puntas  
31 tipo Franklin, suministrar e instalar todos los elementos necesarios para la construcción de  
32 la red de puesta a tierra de apantallamiento electromagnético tales como bajantes, platinas  
33 de cobre, varillas de puesta a tierra y redes de tierra.

34

35 Los diseños son responsabilidad del Inversionista. La malla de puesta a tierra del proyecto  
36 debe ser en cable de cobre suave, electrolítico, desnudo, recocado, sin estañar, trenzado  
37 en capas concéntricas deberá ser diseñada siguiendo los lineamientos de la norma  
38 ANSI/IEEE Std 80 y 81 tal que garanticen la seguridad del personal, limitando las tensiones  
39 de toque y paso a valores tolerables.

40

## 6. ESPECIFICACIONES PARA LA PUESTA EN SERVICIO DEL PROYECTO

### 6.1 Pruebas y Puesta en Servicio

Todos los equipos suministrados y montados deben ser sometidos a pruebas de campo tanto de aceptación para recepción, como individuales, funcionales, de puesta en servicio y de energización de acuerdo con lo especificado por los fabricantes, la normatividad CREG vigente, los requisitos del Centro Nacional de Despacho CND y los acuerdos del Consejo Nacional de Operación C.N.O, en particular el 646 de 2013 o aquel que lo sustituya o reemplace.

Los registros de todas las pruebas (aceptación para recepción, individuales, funcionales, de puesta en servicio y de energización) se consignarán en “Protocolos de Pruebas” diseñados por el Transmisor de tal forma que la Interventoría, pueda verificar el cumplimiento de los requisitos de la Regulación vigente y de las normas técnicas; por ejemplo: que se cumplen los enclavamientos y secuencias de operación tanto de alta tensión como de servicios auxiliares, que los sistemas de protección y control cumplen con la filosofía de operación en cuanto a polaridades, acciones de protecciones y demás.

**Pruebas de puesta en servicio:** El Transmisor debe efectuar las siguientes pruebas como mínimo, pero sin limitarse a estas y cumpliendo con el código de redes y los requerimientos del CND, vigentes:

- Direccionalidad de las protecciones de línea.
- Medición y obtención de los parámetros y las impedancias de secuencia de las líneas asociadas.
- Fallas simuladas monofásicas, trifásicas, cierre en falla con el fin de verificar el correcto funcionamiento de las protecciones, registro de fallas, telecomunicaciones, gestión de protecciones.
- Pruebas de conexión punto a punto con el CND.

**Pruebas de energización:** El Transmisor será responsable por la ejecución de las pruebas de energización. Los Protocolos de las pruebas de energización deben ser verificados para los fines pertinentes por la Interventoría.

### 6.2 Información Requerida por CND para la Puesta en Servicio

La información requerida por CND para la puesta en servicio del Proyecto es la siguiente:

- Presentación del Proyecto al Centro Nacional de Despacho CND.
- Formatos con información técnica preliminar para la realización de estudios.
- Diagrama Unifilar.

- 1 • Estudio de ajuste y coordinación de protecciones de los equipos y el área de influencia
- 2 del Proyecto. El área de influencia definida para el estudio de ajuste y coordinación de
- 3 protecciones, de este proyecto, deberá ser acordada con el CND.
- 4 • Lista disponible de señales de SCADA y requerimiento de comunicaciones.
- 5 • Cronograma de desconexiones y consignaciones.
- 6 • Cronograma de pruebas.
- 7 • Protocolo y formatos para la declaración de los parámetros del equipo y sus bahías con
- 8 información definitiva.
- 9 • Protocolo de energización.
- 10 • Inscripción como agente y de la frontera comercial ante el ASIC.
- 11 • Certificación de cumplimiento de código de conexión otorgado por el propietario del
- 12 punto de conexión.
- 13 • Carta de declaración en operación comercial.
- 14 • Formatos de Información técnica. Los formatos son corrientemente elaborados y
- 15 actualizados por el CND.

## 16 **7 ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN**

17  
18  
19 Según el Código de Operación del Sistema Interconectado Nacional (Resolución CREG  
20 025 de 1995 y sus actualizaciones) y otra regulación de la CREG que sea aplicable.

## 21 22 23 **8 INFORMACIÓN DETALLADA PARA EL PLANEAMIENTO**

24  
25 Antes de que termine el contrato de interventoría, el Transmisor debe entregar al Interventor  
26 un documento con la información detallada para el planeamiento, según lo requiere el  
27 Código de Planeamiento en sus apéndices, para que éste se la entregue a la UPME.

## 28 29 30 **9 INFORMACIÓN ESPECÍFICA**

31  
32 Información específica referente a la Convocatoria Pública, recopilada por la UPME, como  
33 costos de conexión, datos técnicos y planos, etc, serán suministrados por la UPME en  
34 formato digital en lo posible a través de su página WEB junto con los presentes DSI o a  
35 solicitud de los Interesados, mediante carta firmada por el Representante Legal o el  
36 Representante Autorizado, indicando domicilio, teléfono, fax y correo electrónico. Dicha  
37 información deberá ser tomada por los Inversionistas como de referencia; mayores detalles  
38 requeridos será su responsabilidad consultarlos e investigarlos.

39

1 **10 FIGURAS**

2

3 La siguiente es la lista de figuras referenciadas en este documento:

4

5 Figura 1 - Diagrama Esquemático

6

7 Figura 2 - Diagrama Unifilar Subestación Sabanalarga 500 kV.

8

9 Figura 3 - Diagrama Unifilar Subestación Bolívar 500 kV.

10

11 Figura 4 – Diagrama Unifilar Subestación Bolívar 220 kV.