



PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

**CONCURSO PÚBLICO INTERNACIONAL PARA OTORGAR EN CONCESIÓN EL PROYECTO:  
"REFUERZO DE LA INTERCONEXIÓN CENTRO - SUR MEDIO – SUR EN 500 kV"  
(L.T. CHILCA – MARCONA - CARAVELÍ)**

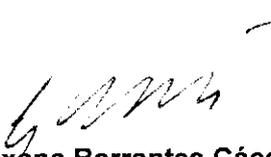
**CIRCULAR N° 05**

13 de octubre de 2009

El Comité de PROINVERSIÓN en Proyectos de Telecomunicaciones, Energía e Hidrocarburos PRO CONECTIVIDAD, adjunta a la presente el Anexo 1 (Especificaciones del Proyecto) de la Primera Versión del Contrato de Concesión.

Atentamente,



  
**Roxana Barrantes Cáceres**  
Presidente del Comité de PROINVERSIÓN  
en Proyectos de Telecomunicaciones, Energía e Hidrocarburos  
**PRO CONECTIVIDAD**



PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

## ANEXO N° 1

### Especificaciones del proyecto

#### 1. Configuración de la Línea Eléctrica

##### 1.1 Alcance General

La configuración del proyecto comprende la construcción de una línea de transmisión de 500 kV e instalaciones complementarias, desde las barras de 500 kV de la S.E. Chilca 500 kV, hasta las barras de 500 kV de la S.E. Caravelí. Se incluye una subestación intermedia de maniobra y compensación reactiva, que se ubica en las inmediaciones de la localidad de Marcona, con su enlace con la S.E. Marcona existente.

El alcance del proyecto comprende también las provisiones de espacio y facilidades para la implementación de instalaciones futuras.

Las características principales de la Línea Eléctrica son las siguientes:

##### a) Capacidad de transmisión en operación normal

La capacidad mínima de transmisión de la Línea Eléctrica en régimen de operación normal, en las barras de llegada de 500 kV de la S.E. Caravelí, será de 700 MVA.

Esta capacidad será garantizada por el Concesionario, para todas las condiciones de operación normal del SEIN, dentro de los rangos y condiciones de operación establecidos en la Norma de Operación en Tiempo Real del SEIN.

El valor de capacidad mínima de transmisión será utilizado por el COES, en la operación del SEIN.

El Concesionario deberá proveer todos los equipos e instalaciones asociados, para cumplir con este objetivo.

##### b) Capacidad de transmisión en contingencia

En condiciones de contingencia del SEIN y en particular en caso de salida de las líneas 220 kV de Chilca-Independencia-Ica-Marcona, la Línea Eléctrica deberá tener la capacidad de transmitir una potencia igual a 840 MVA.

##### c) Potencia de diseño

La potencia de diseño por ampacitación de la línea y los componentes asociados, deberá ser mayor a 1000 MVA. En condiciones de emergencia, por un período de treinta (30) minutos, deberá soportar una sobrecarga no menor de 30%, sobre 1000 MVA. Se observarán las distancias de seguridad incluidas en el CNE, Suministro 2001.

##### d) Factores de evaluación

La línea se considerará aceptable cuando cumpla con lo siguiente:

###### d.1) Límite térmico

- La temperatura en el conductor en el régimen normal de operación no supere el valor máximo establecido de 75°C.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- Las pérdidas óhmicas no superen el valor máximo establecido en el numeral respectivo.
- Se debe observar las distancias de seguridad establecidas en las normas, en toda condición de operación.

#### d.2) Caída de tensión

- La diferencia de tensión entre extremos emisor y receptor no debe superar el 5 %.

En el Esquema N° 1, se muestra la configuración básica del proyecto.

## 2. Línea de Transmisión

### 2.1 Alcance

La configuración del proyecto comprende la construcción de una línea de transmisión entre las Subestaciones Chilca 500 kV, Marcona 500 kV y Caravelí 500 kV, que formará parte del SEIN, de aproximadamente 562 km de longitud, diseñada y construida para operar en 500 kV.

Las características principales de la línea son las siguientes:

- Longitud aproximada: 562 km
- Numero de ternas: Una (1)
- Configuración : horizontal
- Conductores de línea: haz de 3 subconductores mínimo.
- Tipo de conductor: a definir por la Sociedad Concesionaria.
- Cable de guarda: uno (1) de OPGW (mínimo). El número, calibre y tipo será definido por la sociedad Concesionaria.
- Subestaciones que enlaza: SE Chilca Nueva, Marcona Nueva, y Caravelí, todas con barras en 500 kV.

### 2.2 Requerimientos Técnicos de la LT

- a) La Sociedad Concesionaria será responsable de la selección de la ruta y recorrido de la línea de transmisión.  
En la Pre ingeniería del proyecto se muestra el trazo preliminar para la Línea de Transmisión, que debe tomarse como referencia, el cual será evaluado por la Sociedad Concesionaria, quien definirá el trazo final.
- b) Asimismo será responsable de lo relacionado a la construcción de accesos, para lo cual deberá ceñirse a las normas vigentes. Entre otros, será responsable de las actividades siguientes:
  - Gestión de los derechos de servidumbre y el pago de las compensaciones a los propietarios o poseedores de los terrenos, para lo cual el Concedente podrá colaborar en las tareas de sensibilizar a los propietarios a fin de tener una gestión de servidumbre expeditiva.
  - Obtención del CIRA (certificación del INC sobre no afectación a restos arqueológicos).
  - Estudio de Impacto Ambiental y su plan de monitoreo. Se debe incluir la participación del INRENA y evitar cruzar parques nacionales.





- Obtención de la Concesión Definitiva de Transmisión Eléctrica.
- c) Faja de servidumbre: la faja de servidumbre será como mínimo de 64 m.
- d) La línea debe cumplir los requisitos del CNE-Suministro 2001 siguientes:
- d.1) Nivel de 220 kV ( para los enlaces)
    - Voltaje de operación nominal : 220 kV
    - Voltaje máximo de operación : 245 kV
    - Voltaje de sostenimiento de maniobra : 750 kV
    - Voltaje de sostenimiento al impulso atmosférico : 1050 kV
  - d.2) Nivel de 500 kV
    - Voltaje de operación nominal : 500 kV
    - Voltaje máximo de operación : 550 kV
    - Voltaje de sostenimiento de maniobra : 1150 kV
    - Voltaje de sostenimiento al impulso atmosférico : 1550 kV

Los valores anteriores serán corregidos para altitudes mayores a 1000 m. Las distancias de seguridad en los soportes y el aislamiento deberán corregirse por altitud.

El aislamiento en zonas contaminadas o donde la lluvia es escasa deberá verificarse por línea de fuga.

- e) Se deberá cumplir con las siguientes condiciones de diseño:
- e.1) Límites de radiaciones no ionizantes al límite de la faja de servidumbre, para exposición poblacional según el Anexo C4.2 del CNE-Utilización 2006.
  - e.2) Ruido audible al límite de la faja de servidumbre, para zonas residenciales según el Anexo C3.3 del CNE –Utilización 2006.
  - e.3) Límites de radio interferencia. Se cumplirá con las siguientes normas internacionales:
    - IEC CISPR 18-1 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment Part 1: Description of phenomena.
    - IEC CISPR 18-2 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment. Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits.
    - IEC CISPR 18-3 Radio Interference Characteristics of Overhead Power Lines and High-Voltage Equipment - Part 3: Code of Practice for Minimizing the Generation of Radio Noise.

Además deberá verificarse que se cumpla con los siguientes valores máximos de gradiente superficial en los conductores:

- 17 kVrms/cm, para tramos de línea con altitud mayor de 2000 m. Este valor está referido al nivel del mar por lo que para efectos de verificación deberá corregirse por altitud.





- 15 kVrms/cm, para tramos de línea con altitud menor o igual a 2000 m. Este valor está referido al nivel del mar por lo que para efectos de verificación deberá corregirse por altitud.
- f) Las distancias de seguridad considerando un creep de 20 años, serán calculadas según la Regla 232 del CNE-Suministro vigente a la fecha de cierre, efectuando los cálculos correspondientes en el nivel de 500 kV. Para la aplicación de la regla 232 se emplearán los valores de componente eléctrica, indicados en la tabla 232-4 del NESC. Las distancias de seguridad no podrán ser menores a los valores indicados en la Tabla 2.1 anexa. En esta tabla se incluye también la regla 212 relativa a los niveles admisibles, de campos eléctricos y magnéticos que deben cumplirse.

- g) El diseño del aislamiento, apantallamiento de los cables de guarda, la puesta a tierra y el uso de materiales deberá ser tal que la tasa de salida de servicio de toda la línea (interrupciones del servicio), originada por descargas atmosféricas, sobretensiones de maniobra, descargas superficiales u otras, no exceda de: 2 salidas/año.

A manera de referencia se recomienda lo siguiente:

- Utilización de cables de guarda adicionales laterales en caso de vanos largos que crucen grandes quebradas o cañones.
- Utilización de puestas a tierra capacitivas en las zonas rocosas o de alta resistividad.
- Selección de una ruta de línea que tenga un nivel cerámico bajo.
- Utilización de materiales (aisladores, espaciadores, ferretería, cables OPGW, etc, de comprobada calidad para lo cual se deberá utilizar suministros de fabricantes con un mínimo de 15 años de fabricación a nivel mundial.

Las salidas de servicio no programadas que excedan estos límites serán penalizados, según se indica en la cláusula respectiva del contrato.

Las penalizaciones indicadas no excluyen las compensaciones por mala calidad de suministro o mala calidad del servicio, especificadas en la NTCSE.

- h) Se empleará como mínimo un (1) cable de guarda, que será del tipo OPGW, tal que permita la protección diferencial de línea, el envío de datos al COES en tiempo real, telemando y telecomunicaciones. El cable de guarda deberá ser capaz de soportar el cortocircuito a tierra hasta el año 2030, valor que será sustentado por la Sociedad Concesionaria.
- i) El postor definirá el tipo de torres a emplear: del tipo autosoportadas o atirantadas.
- j) Para los servicios de mantenimiento de la línea se podrá utilizar un sistema de comunicación con celulares satelitales, en lugar de un sistema de radio UHF/VHF.
- k) El límite máximo de pérdidas Joule, calculado para un valor de potencia de salida igual a la capacidad de transmisión en operación normal, con un factor de potencia igual a 1.00 y tensión en la barra de llegada igual a 1.00 p.u., será como sigue:

Tramo	% de pérdidas a Pnom/circuito	
	Pnom (MVA)	Pérdidas máxima %
Tramo 1 Chilca-Marcona	700	3.00
Tramo 2 Marcona-Caravelí	700	1.50





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

El cumplimiento de este nivel de pérdidas será verificado por el Concedente, mediante los cálculos de diseño del conductor, previo a la adquisición de los suministros por la Sociedad Concesionaria. No se autorizará la instalación del conductor en caso de incumplimiento de los valores de pérdidas límites.

La fórmula de cálculo para verificar el nivel de pérdidas Joule por cada circuito será la siguiente:

$$\text{Pérdidas} = (\text{Pnom}/\text{Vnom})^2 \times \text{R} / \text{Pnom} \times 100 (\%)$$

Donde:

Pnom = Capacidad nominal de la línea (MVA)

Vnom = Tensión nominal de la línea (500 kV)

R = Resistencia total de la línea por fase, a la temperatura de 75 °C y frecuencia de 60 Hz.

### 3. Subestaciones

#### 3.1.1 Alcance

El proyecto comprende las siguientes subestaciones:

##### a) Ampliación de la S.E. Chilca 500/220 kV

Esta subestación está siendo construida por ISA-CTM y para el momento de la ejecución del presente Proyecto, estará en proceso de construcción y contará con un Patio de 500 kV bajo la configuración de conexión de barras del tipo Interruptor y Medio (1 ½ interruptores).

El alcance previsto para la ampliación de la SE Chilca 220/500 kV es el siguiente:

- Ampliación de pórticos y barras en 500 kV, configuración interruptor y medio.
- Una celda de salida de línea 500 kV. (equivalente a 1/3 de la bahía de los 2/3 existentes del Patio de Llaves de 500 kV)
- Una (1) celda para reactor de línea en 500 kV. (\*)
- Un (1) reactor de línea de 200 MVAR, 500 kV. (\*)

Adicionalmente, la Sociedad Concesionaria recomendará, en base a los estudios de Pre operatividad y operatividad, las modificaciones y refuerzos necesarios para la Operación posterior a los tres años, los cuales estarán a cargo del titular o titulares de las instalaciones, o quien designe el Concedente.

(\*) Ver Nota A.

##### b) Subestación Marcona Nueva 500/220 kV

Se construirá una subestación intermedia en las cercanías de la localidad de Marcona, para la instalación de los equipos de maniobra y compensación reactiva.

Esta Subestación será completamente nueva, y estaría ubicada a 200 m de la Carretera Panamericana Sur y las coordenadas aproximadas serán:

- Este : 503 310
- Norte: 832 4215





Al momento de desarrollar el estudio definitivo, la Sociedad Concesionaria deberá determinar la ubicación final de la Subestación.

El equipamiento previsto en esta Subestación, en configuración de interruptor y medio, es el siguiente:

- Lado de 500 kV:
  - Un sistema de barras en 500 kV, configuración interruptor y medio.
  - Una bahía, con dos (2) celdas de línea, una para Chilca y otra para Caravelí.
  - Una celda, para alimentación del banco de transformación.
  - Un banco de transformadores monofásicos de 3 x 150 MVA ONAF 2, de 500/220 kV con equipo de conexión, más un transformador monofásico de reserva..
  - Un reactor de línea en el lado de Chilca de 200 MVAR, 500 kV., con equipo de conexión. (\*)
  - Un reactor de línea en el lado de Caravelí de 100 MVAR, 500 kV., con equipo de conexión.
  - Dos (2) celdas de conexión de los reactores de línea.

(\*) ver nota A

El esquema final será definido en los Estudios de Pre operatividad del Sistema, tal que garanticen la capacidad de transmisión establecida en los numerales 1 a) y 1b) anteriores.

- Lado de 220 kV:
  - Sistema de barras en 220 kV, configuración simple barra.
  - Una celda de transformación.
  - Una celda de salida para la línea de enlace a la SE Marcona 220 kV existente.

**Nota A.-** La configuración, el dimensionamiento y las características finales, de los equipos de compensación reactiva serán definidos por el Concesionario.

En la subestación de Marcona Nueva, se deberá prever el espacio suficiente para la instalación futura, de un nuevo banco de transformadores similar a lo especificado, con sus respectivas celdas de 220 y 500 kV, así como de cuatro (04) nuevas celdas de línea en 500 kV, y cuatro (4) en 220 kV, con facilidades para la conexión futura a líneas de 500 kV y 220 kV.

#### **c) Ampliación Subestación Marcona 220 kV existente**

Esta subestación pertenece a REP y se encuentra dentro de la mina Shougang, cuenta con un patio de 220 kV con configuración doble barra, donde se instalará una celda de llegada de 220 kV para conexión del enlace proveniente de SE Marcona Nueva.

#### **d) Ampliación Subestación Caravelí 500 kV**

Esta subestación pertenece a la Sociedad Concesionaria Caravelí Cotaruse Transmisora de Energía SAC, y es una subestación de configuración de interruptor y medio. A la fecha está en construcción, y según el contrato de concesión debe ser concluida en febrero del 2011.

Se encuentra ubicada en la Provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, con las coordenadas siguientes:





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

Este : 673 328  
Norte: 825 4673

El equipamiento previsto en ésta Subestación, es en configuración de interruptor y medio, con el equipamiento siguiente:

- Ampliación de pórticos y barras en 500 kV, configuración interruptor y medio.
- Una (1) celda de llegada de línea 500 kV (equivalente a 1/3 de la bahía de los 2/3 existentes del Patio de Llaves de 500 kV).
- Una (1) celda para reactor de línea en 500 kV
- Un (1) reactor de línea de 100 MVAR, 500 kV.(\*).
- Una (1) celda para reactor de barra en 500 kV
- Un (1) reactor de línea de 200 MVAR, 500 kV.(\*).
- Dos (2) bancos de compensación serie 50%, uno en la línea a Mantaro y el otro en la línea a Montalvo

Adicionalmente, la Sociedad Concesionaria recomendará, sustentado en los estudios de Pre operatividad y operatividad, las modificaciones y refuerzos necesarios para la operación posterior a los tres años, los cuales estarán a cargo del titular o titulares de las instalaciones, o quien designe el Concedente.

### 3.2 Requerimientos técnicos de las SSEE

#### a) Características técnicas generales

En el presente acápite se especifican los requerimientos técnicos que deberán soportar y cumplir los equipos de las subestaciones. Sin embargo, durante el desarrollo del estudio definitivo la Sociedad Concesionaria deberá realizar todos aquellos estudios que determinen el correcto comportamiento operativo del sistema propuesto.

- Se deberá instalar equipos de fabricantes que tengan un mínimo de experiencia de fabricación y suministro de quince (15) años.
- Los equipos deberán ser de última tecnología; sin embargo, no se aceptarán equipos con poca experiencia de operación. Se deberán presentar referencias de suministros similares y de referencias acreditadas, de operación exitosa de equipos por parte de operadores de sistemas de transmisión.
- Los equipos deberán contar con informes certificados por institutos internacionales reconocidos, que muestren que han pasado exitosamente las Pruebas de Tipo. Todos los equipos serán sometidos a las Pruebas de Rutina.
- Las normas aplicables que deberán cumplir los equipos, serán principalmente las siguientes: ANSI/IEEE, IEC, VDE, NEMA, ASTM, NESC, NFPA.

#### b) Ubicación y espacio para ampliaciones futuras

##### b.1) Ampliación de subestaciones existentes.

- Será de responsabilidad de la Sociedad Concesionaria gestionar, coordinar o adquirir bajo cualquier título el derecho a usar los espacios disponibles, estableciendo los acuerdos respectivos con los titulares de las subestaciones, así como coordinar los requerimientos de equipamiento, estandarización, uso de instalaciones comunes y otros.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- La Sociedad Concesionaria será también la responsable de adquirir los terrenos adyacentes, donde esto resulte necesario o sea requerido, y efectuar las obras de modificación y adecuación de las subestaciones.

b.2) Subestaciones nuevas.

- La Sociedad Concesionaria será responsable de seleccionar la ubicación final, determinar el área requerida, adquirir el terreno, habilitarlo y construir la infraestructura necesaria.
- Deberá preverse el espacio de terreno para ampliaciones futuras, según lo indicado en el numeral 3.1. d)

c) Niveles de tensión y aislamiento.

c.1) Nivel de 220 kV.

- Tensión nominal: 220 kV.
- Máxima tensión de servicio: 245 kV.
- Resistencia a tensión de impulso: 1 050 kVpico
- Resistencia a sobretensión a 60 Hz: 460 kV.

c.2) Nivel de 500 kV.

- Tensión nominal: 500 kV.
- Máxima tensión de servicio: 550 kV.
- Resistencia a tensión de impulso: 1 550 kVpico
- Resistencia a sobretensión de maniobra.:
  - Seco, 1 minuto: 710 kV
  - Húmedo, 10 segundos: 620 kV
- Resistencia a la tensión de impulso, fase-tierra: 1 175 kVpico
- Resistencia a la tensión de impulso, contactos abiertos: 1 175 kVpico

c.3) Nivel de Protección.

- Línea de fuga: 25 mm/kV.
- Protección contra descargas atmosféricas: mínimo Clase 4.

c.4) Distancias de seguridad.

- Las separaciones entre fases para conductores y barras desnudas al exterior serán las siguientes:
  - En 220 kV: 4.00 m.
  - En 500 kV: 8.00 m.
- Todas las distancias deberán cumplir con lo establecido en las normas ANSI/IEEE.

d) Niveles de corriente.

Todos los equipos de maniobra (interruptores y seccionadores), deberán cumplir con las siguientes características:





	<u>220 kV</u>	<u>500 kV</u>
▪ Corriente nominal no menor de:	2500 A	2 000 A
▪ Capacidad mínima de ruptura de cortocircuito trifásico, 1s, simétrica:	40 kA	40kA
▪ Capacidad mínima de ruptura de cortocircuito trifásico:	104 kA <sub>pico</sub>	104 kA <sub>pico</sub>

Los interruptores de conexión de los reactores deberán cumplir con la Norma IEEE Std.C37.015 relacionada con los requerimientos de cierre y apertura de corrientes.

e) Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente deberán tener por lo menos cuatro núcleos secundarios:

- Tres núcleos de protección 5P20.
- Un núcleo de medición clase 0.2

f) Requerimientos sísmicos.

Teniendo en cuenta que el proyecto está localizado en áreas con diferentes características sísmicas, todos los equipos deberán estar diseñados para trabajar bajo las siguientes condiciones sísmicas:

- Aceleración horizontal: 0.5 g.
- Aceleración vertical: 0.3 g.
- Frecuencia de oscilación: 10 Hz
- Calificación sísmica: Alta de acuerdo a la norma.

g) Transformadores y reactores.

g.1) Tipo de transformador

Para la transformación 500/220 kV deberán emplearse autotransformadores. Los autotransformadores deberán cumplir con las exigencias establecidas en el acápite c), Niveles de Tensión y Aislamiento.

Se emplearán bancos conformados, por unidades monofásicas más una de reserva.

g.2) Tensión nominal, regulación de tensión y grupo de conexión de autotransformadores monofásicos.

- Tensión primaria: 500 /  $\sqrt{3}$  kV
- Tensión secundaria: 220 /  $\sqrt{3}$  kV (rango referencial).
- Tensión terciaria sugerida: 22.9 kV, para compensación de armónicas. Este valor es referencial, la Sociedad Concesionaria deberá definir la tensión en la etapa de diseño de las instalaciones. No se utilizará para alimentación de cargas.

**Nota** La Sociedad Concesionaria deberá definir las tensiones nominales, el número y rango de variación de los taps así como de los mecanismos de accionamiento y control de los transformadores, de conformidad a lo que sea definido y sustentado en el Estudio de Pre operatividad. De manera referencial se sugiere +/- 10% en pasos de 1%, bajo carga.





Este valor es referencial, la Sociedad Concesionaria deberá definir la tensión en la etapa de diseño de las instalaciones. No se utilizará para alimentación de cargas.

- Grupo de conexión
  - Lado terciario:  $\Delta$ .

g.3) Potencia nominal del banco de autotransformadores.

- Potencia nominal del banco trifásico 500/220 kV en S.E. Marcona: 450 MVA ONAF 2.

La potencia de cada unidad monofásica deberá ser determinada por la Sociedad Concesionaria, teniendo en cuenta las facilidades de transporte e instalación para cada subestación; sin embargo, deberá cumplirse con la potencia total especificada para el banco trifásico.

- Potencia nominal del terciario: Será definida por la Sociedad Concesionaria.

g.4) Reactores.

Los reactores serán unidades trifásicas o banco de unidades monofásicas, de conexión y con neutro a tierra, con capacidad para cumplir con los requerimientos técnicos, exigidos por los niveles de tensión, indicados en el acápite c).

Las capacidades trifásicas estimadas son:

- En 500 kV: 100 y 200 MVAR.
- Los valores de reactancia, capacidades finales y características, serán determinadas por la Sociedad Concesionaria, de acuerdo a los resultados del Estudio de Pre operatividad.

g.5) Pérdidas.

Se deberá garantizar que los niveles de pérdidas en los transformadores y reactores, para los siguientes niveles de carga permanente: 100%, 75%, y 50% de la operación del sistema.

Los valores garantizados deberán cumplir con lo establecido en la norma IEC 60070 o su equivalente ANSI/IEEE.

g.6) Protección contra incendios.

Cada transformador y cambiadores de derivaciones bajo carga, si hubiera, será equipado de un sistema contra explosión e incendio que despresurice a través de un disco de ruptura evacuando una cantidad de aceite y gases explosivos debido a un corto circuito de baja impedancia.

Un Tanque de Separación Aceite-Gas recogerá la mezcla de aceite despresurizado y gases explosivos e inflamables, y separará el aceite de los gases explosivos, los cuales serán conducidos por medio de una tubería de evacuación, a un área segura.

Este tanque asegurará que el aceite quede confinado y no entre en contacto con el medio ambiente y tampoco se permitirá ninguna fosa en tierra para la recolección del aceite y gases despresurizados, respetándose que se cumpla con los requerimientos de protección del medio ambiente.





El equipo estará provisto de un dispositivo de Eliminación de Gases Explosivos para garantizar la seguridad de las personas y evitar el efecto bazuca causado por el contacto del gas explosivo con el aire al abrir el tanque después del incidente. Se puede emplear dos tipos de inyección de nitrógeno: la inyección manual y/o la automática.

Cuando sea necesario, la prevención contra explosión también puede diseñarse para proteger las Cajas de Cables de Aceite.

g.7) Recuperación de aceite.

Todas las unidades de transformación deberán tener un sistema, de captación y recuperación del aceite de los transformadores en caso de falla.

g.8) Se construirán muros cortafuego para aislar los transformadores entre sí.

g.9) Banco de capacitores (compensación serie)

En la S.E. Caravelí se instalarán bancos de capacitores que constituyen la compensación serie para el sistema de 500 kV, 60 Hz, tres fases y para instalación exterior.

Cada banco contará con un sistema de protección consistente en una resistencia no lineal (MOV), un circuito amortiguador y limitador de corriente de descarga (damping and limiting circuit) y un interruptor de puenteo (by-pass circuit breaker).

La instalación será en la forma siguiente:

- Uno (1) en la salida a S.E. Montalvo Nueva, y
- Uno (1) en la llegada de S.E. Mantaro.

h) Equipos de 220 kV.

El equipamiento recomendado de las celdas de conexión a líneas de 220 kV es el siguiente:

h.1) Convencional del tipo exterior y con pórticos. Estará constituido por lo menos con los siguientes equipos: pararrayos, transformador de tensión capacitivo, trampas de onda, seccionador de línea con cuchillas de tierra, transformadores de corriente, interruptor de operación uni-tripolar y seccionador de barras.

i) Equipos de 500 kV

La configuración del sistema de barras de conexión en la subestación intermedia, Marcona, deberá ser diseñada para una configuración de interruptor y medio. El equipamiento recomendado de las bahías y celdas en 500 kV para las tres subestaciones, es el siguiente:

Convencional, al exterior y con pórticos.

Estarán equipadas, por lo menos con lo siguiente: pararrayos, transformador de tensión capacitivo, trampa de onda solo para la línea, seccionador de línea con cuchillas de tierra, seccionadores de barra, transformadores de corriente, interruptor de operación uni-tripolar (para el reactor es de operación tripolar sincronizado).

**Nota:** Los tipos de equipamiento recomendado deberán ser confirmados o modificados por la Sociedad Concesionaria, según los diseños finales de Ingeniería.





## j) Protección y medición.

La protección del sistema de transmisión deberá contar con sistemas de protección, primaria y secundaria del mismo nivel sin ser excluyentes, a menos que se indique lo contrario. Deberá cumplirse con los Requisitos Mínimos para los Sistemas de Protección del COES establecidos en el documento "Requerimientos mínimos de equipamiento para los sistemas de protección del SEIN".

## j.1) Líneas de transmisión.

La protección de las líneas estará basada en una protección primaria y secundaria, del mismo nivel sin ser excluyentes, así como en protección de respaldo, entre otros, los siguientes:

- Protección primaria: relés de distancia.
- Protección secundaria: relés de corriente diferencial.
- Protección de respaldo: relés de sobrecorriente.  
relés de sobrecorriente direccional a tierra.  
relés de desbalance.  
relés de mínima y máxima tensión.  
relé de frecuencia.

Todas las líneas deberán contar con relés de recierre monofásico, coordinados por el sistema de teleprotección, que actúen sobre los respectivos interruptores, ubicados a ambos extremos de la línea.

## j.2) Autotransformadores y reactores.

Los autotransformadores y reactores deberán contar con la siguiente protección, entre otros:

- Protección principal: relés de corriente diferencial.
- Protección secundaria: relé de bloqueo.  
relé de sobrecorriente.  
relé de sobrecorriente a tierra.

## j.3) Capacitores.

Los bancos de capacitores deberán contar con la siguiente protección, entre otros:

- Protección principal: relés de corriente diferencial.
- Protección secundaria: relés de sobre corriente.
- Protección de respaldo: relé de desbalance.  
relé de mínima y máxima tensión.  
relé de frecuencia.

## k) Telecomunicaciones.

Se deberá contar con un sistema de telecomunicaciones principal y secundario en simultáneo y no excluyentes, más un sistema de respaldo en situaciones de emergencia, que permitan la comunicación permanente de voz y datos entre las subestaciones, basado en fibra óptica, satelital y onda portadora.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

l) Servicios auxiliares.

Para nuevas instalaciones se recomienda emplear el sistema que se describe a continuación:

- l.1) En corriente alterna será 400-230 V, 4 conductores, neutro corrido, para atender los servicios de luz y fuerza de la subestación. Las subestaciones nuevas deberán contar con un grupo diesel de emergencia para atender la carga completa de la subestación.
- l.2) En corriente continua será 110 – 125 V cc, para atender los servicios de control y mando de la subestación.
- l.3) Para telecomunicaciones se empleará la tensión de 48 V cc.
- l.4) Los servicios de corriente continua serán alimentados por dobles conjuntos de cargadores-rectificadores individuales de 380 V, 60 Hz, a 110 Vcc y a 48 Vcc, respectivamente, con capacidad cada uno para atender todos los servicios requeridos y al mismo tiempo, la carga de sus respectivos bancos de acumuladores (baterías).

Para el caso de ampliación de instalaciones existentes, el sistema a emplear deberá ser compatible con el existente.

m) Control.

m.1) Los tableros de protección y medición estarán ubicados al lado de cada bahía de conexión, y se conectarán por fibra óptica radial hasta la sala de control. Se proveerán los siguientes niveles de operación y control:

- Local: manual, sobre cada uno de los equipos
- Remoto: automático, desde:
  - la sala de control de la subestación
  - un centro de control remoto a la subestación

m.2) Las subestaciones nuevas deberán contar con un sistema de vigilancia y seguridad externo e interno, que permita el control permanente y la operación de la subestación desde el interior y desde un centro de control remoto.

m.3) Las subestaciones estarán integradas a un sistema SCADA para el control, supervisión y registro de las operaciones en la subestación. Para esto se deberá diseñar un sistema que cumpla con los últimos sistemas tecnológicos de acuerdo con la norma IEC 61850.

m.4) Además deberán estar conectadas al sistema y centro de control operativo del COES SINAC, de conformidad con lo establecido en la Norma de Operación en Tiempo Real, aprobado mediante Resolución Directoral N° 049-99-EM/DGE.

n) Malla de tierra.

n.1) Todas las subestaciones nuevas deberán contar con una malla de tierra profunda, que asegure al personal contra tensiones de toque y de paso. Al mismo tiempo, la malla de tierra deberá permitir la descarga segura a tierra de las sobretensiones de origen atmosférico sin que los equipos instalados sean afectados.

n.2) Se incluye en el alcance la ampliación y conexión a la malla de tierra en las subestaciones existentes.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- n.3) A la malla de tierra se conectarán todos los elementos sin tensión de todos los equipos.
- n.4) Todos los pararrayos serán también conectados a electrodos de tierra individuales.
- n.5) Todas las subestaciones contarán con blindaje contra descargas atmosféricas.
- o) Obras civiles.
  - o.1) Todas las subestaciones deberán contar con un cerco perimétrico de ladrillos, con protección por concertina, portones de ingreso y caseta de control.
  - o.2) Interiormente deberán contar con vías de circulación interna y facilidades de transporte, para el mantenimiento y construcción de ampliaciones futuras.
  - o.3) Se construirá un edificio o sala de control que alojará a los sistemas de baja tensión, control centralizado local y comunicaciones.
  - o.4) Las subestaciones nuevas deberán contar con las obras sanitarias necesarias que se requieran.
  - o.5) Todas las subestaciones contarán con un sistema de drenaje interno para la evacuación de las aguas pluviales y un sistema de drenaje externo para evitar el ingreso de agua de lluvia.
  - o.6) Las plataformas de las subestaciones tendrán una pendiente del 2% para el drenaje interno.

#### 4. Enlaces en 220 kV

##### 4.1 LT 220 kV entre SE Marcona Nueva y Marcona 220 kV existente

En la configuración prevista forma parte del alcance del proyecto el enlace en 220 kV que unirá la barra 220 kV de la Subestación Marcona Nueva con la barra de la Subestación Marcona REP existente, de las siguientes características:

- Tensión nominal: 220 kV
  - Tensión máxima de operación: 245 kV
  - Capacidad de transmisión nominal: 450 MVA
  - Resistencia a sobretensión de maniobra, 60 Hz: 460 kV
  - Resistencia a sobretensión de impulso: 1050 kV BIL
  - N° de Ternas: una (1) o dos (2). (\*)
  - Longitud estimada: 24 km
  - Conductor sugerido: 1200 MCM ACAR (\*)
  - Cable de guarda: OPGW
- (\*) A ser definido por la Sociedad Concesionaria

##### 5. Especificaciones Técnicas Generales

Las obras del proyecto deberán cumplir como mínimo con las siguientes Especificaciones Técnicas Generales.

El Concedente podrá aceptar modificaciones a las presentes especificaciones, que sean solicitadas o propuestas por la Sociedad Concesionaria, debidamente sustentadas.





### 5.1 Línea de Transmisión

#### 5.1.1 Estructuras metálicas

##### 5.1.1.1 Objeto

Determinar, desde el punto de vista técnico, las condiciones del suministro de las estructuras de la línea, incluyendo el suministro de las fundaciones tipo parrilla y tipo “stub”.

##### 5.1.1.2 Normas

Para el diseño, fabricación, inspección, pruebas, embalaje, transporte y entrega se utilizarán, sin ser limitativas, las siguientes Normas:

CNE Suministro 2001, ASTM A 36, ASTM A572-Grado 50, ASTM A6, ASTM A394, ANSI B18.21.1, ANSI B18.2.1, ANSI B.18.2.2, ASTM A123, ASTM A153, ASTM B201, ASCE NO. 52, IEC P-652.

##### 5.1.1.3 Características principales

Las estructuras serán diseñadas para un simple circuito en 500 kV, en disposición horizontal, para tres fases con haz de subconductores y un cable de guarda OPGW como mínimo.

Para las hipótesis de cálculo y los grados de construcción deberán ceñirse a lo indicado en el CNE Suministro, y en Normas internacionales como la Guía de diseño de torres de transmisión de la ASCE.

Para las estructuras se utilizarán perfiles de acero galvanizado de lados iguales y placas para las uniones, conforme a las normas Internacionales (ejemplo DIN 17100 o equivalente), con las características mínimas siguientes:

	Acero Normal (St-37)	Acero Alta Resistencia (St-52)
Esfuerzo de ruptura daN/mm <sup>2</sup> )	37-45	52-62
Límite elástico	24	36
Alargamiento a ruptura (Lo=5do)	25%	22%

El espesor mínimo permitido para perfiles y placas será de 6 mm.

No se utilizarán perfiles inferiores a 60x60x6 mm para elementos de montantes y crucetas.

Todos los elementos constitutivos de las estructuras serán galvanizados en caliente, de acuerdo a lo establecido en el CNE Suministro y las Normas Internacionales.

Caso de moho blanco: si se encontraran perfiles o piezas con formación de “moho blanco” durante el envío o en el almacenamiento en el sitio, OSINERGMIN o el Concedente, tendrá la facultad de:

- a) Aprobar un sistema de limpieza y pintura protectora, de probada calidad, a aplicarse en el terreno.
- b) Ordenar inmediatamente la prohibición del empleo de las partes afectadas, y que todos los futuros embarques reciban un tratamiento especial mediante pulverización a baño de los elementos individuales, antes del despacho.

##### 5.1.1.4 Accesorios

Cada torre será completada con los accesorios siguientes:

- a. Pernos de escalamiento ubicados a 5 m del nivel del suelo.





- b. Dispositivos antiescalamiento.
- c. Placas de indicación del número de la torre, de alta tensión y peligro, nombre de la Línea, la disposición de fases y código de la Línea.  
Todas las placas serán de aluminio anodizado.
- d. Estribos del tipo y dimensiones adecuadas para la conexión de las cadenas de aisladores de suspensión y de anclaje.

## 5.1.2 Conductores

### 5.1.2.1. Objeto

Definir las características de los conductores a utilizarse en la línea de transmisión.

La selección de los conductores deberá estar de acuerdo con los criterios especificados en el numeral 2.2 literal e).

La Sociedad Concesionaria evaluará el tipo de cables a utilizar entre las alternativas de ACAR, ACSR y AAAC.

### 5.1.2.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los conductores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, ASTM B524/524M, ASTM B-398M-92, ASTM B-233-92, ASTM B-230, ASTM B232, ASTM B-341, ASTM B401ASTM B-498, ASTM B-500, IEC 1597.

## 5.1.3 Cable de guarda OPGW

### 5.1.3.1 Objeto

Definir los requerimientos para el diseño y prueba del cable OPGW, de manera de asegurar que el cable óptico funcionará satisfactoriamente como un transmisor óptico y como un cable de guarda durante la vida técnica de la línea de transmisión.

### 5.1.3.2 Constitución básica

El cable OPGW está compuesto por fibras ópticas para telecomunicaciones, contenidas en una o varias unidades ópticas dieléctricas, protegidas por un revestimiento metálico de aluminio, a su vez cubierto por una capa de hilos metálicos cableados en capas concéntricas.

La unidad óptica deberá ser totalmente dieléctrica y su configuración debe ser tipo "loose".

El cable debe poseer características eléctricas y mecánicas adecuadas al diseño de una línea de transmisión de 500 kV, y debe garantizar que la fibra no sufra esfuerzos durante la vida útil del cable.

El cable debe ser longitudinalmente sellado contra agua.

### 5.1.3.3 Fibras ópticas

La fibra óptica debe cumplir con los requerimientos especificados en la Recomendación ITU-T- Rec.G.652, con las características siguientes:

- Tipo monomodo, contiene mínimo 12 fibras ópticas (FO).
- Diámetro del revestimiento: 125+- 1 um
- Recubrimiento primario contra UV: 245 +- 10 um
- Longitud de onda de corte en el cable: menor de 1450 nm





- Atenuación en una longitud de onda de 1550 nm: el coeficiente de atenuación medido sobre una longitud dada del cable debe ser como máximo 0.35 dB/km como valor medio en todas las fibras y no exceder el límite máximo de 0.40 dB/km.
- Atenuación en una longitud de onda de 1625 nm: el coeficiente de atenuación medido sobre una longitud dada del cable debe ser como máximo 0.40 dB/km como valor medio en todas las fibras y no exceder el límite máximo de 0.50 dB/km.
- Las fibras y los alojamientos de fibras deberán tener un código de colores para su fácil identificación y localización en cualquiera de los extremos del cable.

#### 5.1.4 Aisladores

##### 5.1.4.1 Objeto

Definir los requerimientos para el diseño y fabricación de los aisladores a utilizarse en la línea de transmisión.

##### 5.1.4.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los aisladores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, IEC60120, IEC 60305, IEC 60372, IEC 60383, IEC 60437, IEC 60507, ASTM A 153.

##### 5.1.4.3 Características de los aisladores

En forma general el tipo y material de los aisladores será seleccionado de acuerdo a las características de la zona por donde se ubica la línea y toma en cuenta la práctica y experiencia de líneas de transmisión construidas en zonas similares del Perú.

Los aisladores podrán ser de vidrio templado o porcelana, del tipo Standard o antineblina (Anti fog) para zonas de alta contaminación.

Para la selección del aislamiento de la línea, la cantidad de cadenas de aisladores y el número de aisladores por cadena, se tendrán en cuenta lo especificado en el punto 2.2 literal g).

Los aisladores tipo Ball and Socket tendrán enganche perno-caperuza conforme a la Norma IEC 60120.

#### 5.1.5 Accesorios del conductor

##### 5.1.5.1 Objeto

Definir los requerimientos para el diseño y fabricación de los accesorios de los conductores, tales como: varillas de armar, manguitos de empalme, manguitos de reparación y herramientas para su aplicación, espaciadores, amortiguadores, etc.

##### 5.1.5.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los accesorios se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, ASTM A 36, ASTM A 153, ASTM B201, ASTM B230, ASTM B398, IEC 61284, UNE 21-159.

##### 5.1.5.3 Características Técnicas

- a) Varillas de armar: serán de aleación de aluminio de forma helicoidal y del tipo preformado, para ser montado fácilmente sobre los conductores. Las dimensiones de las varillas de armar serán apropiadas para las secciones de los conductores seleccionados.





Una vez montadas, las varillas deberán proveer una capa protectora uniforme, sin intersticios y con una presión adecuada para evitar aflojamiento debido a envejecimiento

- b) Manguito de empalme: serán de aleación de aluminio, del tipo compresión, del diámetro apropiado para el conductor seleccionado. La carga de rotura mínima será de 95% de la del conductor correspondiente.
- c) Manguito de reparación: serán de aleación de aluminio, del tipo compresión. Su utilización será solamente en casos de daños leves en la capa externa del conductor. La característica mecánica será similar a la del manguito de empalme.
- d) Espaciador-amortiguador: serán del tipo mecánico antivibrante y adecuados para instalarse en el haz de subconductores seleccionados.  
El mecanismo estará constituido por grapas de fijación a los conductores, de material de aleación de aluminio, tendrá en la parte central cilindros macizos antivibratorios. Los bordes cortantes serán eliminados con el objeto de evitar la formación del efecto corona y el incremento de la componente de la tensión de radio interferencia. Las tuercas no tendrán bordes cortantes.

#### 5.1.6 Accesorios para cadenas de aisladores

##### 5.1.6.1 Objeto

Definir los requerimientos para el diseño y fabricación de los accesorios de ensamble de las cadenas de aisladores, tanto en suspensión como en anclaje, incluyendo adaptadores, grilletes, grapas de suspensión y anclaje, contrapesos, descargadores, etc.

##### 5.1.6.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los accesorios se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, ASTM B6, ASTM A 153, ASTM B201, ASTM B230.

##### 5.1.6.3 Características Técnicas

- a) Mecánicas: las grapas de suspensión no permitirán ningún deslizamiento ni deformación o daño al conductor activo.
- b) Eléctricas: ningún accesorio atravesado por corriente eléctrica deberá alcanzar una temperatura superior al conductor respectivo en las mismas condiciones.  
La resistencia eléctrica de los empalmes y de las grapas de anclaje no será superior al 80% correspondiente a la longitud equivalente del conductor.  
Para evitar descargas parciales por efecto corona, la forma y el diseño de todas las piezas bajo tensión será tal que evite esquinas agudas o resaltos que produzcan un excesivo gradiente de potencial eléctrico.

##### 5.1.6.4 Prescripciones constructivas

- a) Piezas bajo tensión mecánica: serán fabricadas en acero forjado, o en hierro maleable, adecuadamente tratado para aumentar su resistencia a impactos y a rozamientos.
- b) Piezas bajo tensión eléctrica: los accesorios y piezas normalmente bajo tensión eléctrica serán fabricados de material antimagnético.
- c) Resistencia a la corrosión: los accesorios serán fabricados con materiales compatibles que no den origen a reacciones electrolíticas, bajo cualquier condición de servicio.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- d) Galvanizado: una vez terminado el maquinado y marcado, todas las partes de hierro y acero de los accesorios serán galvanizados mediante inmersión en caliente según Norma ASTM A 153.

El galvanizado tendrá textura lisa, uniforme, limpia y de un espesor uniforme en toda la superficie. La preparación del material para el galvanizado y el proceso mismo del galvanizado no afectarán las propiedades mecánicas de las piezas trabajadas. La capa de zinc tendrá un espesor mínimo de 600 g/m<sup>2</sup>.

### 5.1.7 Puestas a tierra

#### 5.1.7.1 Objeto

Definir los requerimientos mínimos para el diseño y fabricación de los accesorios necesarios para el sistema de puesta a tierra de las estructuras de la línea de transmisión.

#### 5.1.7.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los accesorios se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, ANSI C33.8-1972.

#### 5.1.7.3 Materiales a utilizarse

- Cable de puesta a tierra: de preferencia se especifica cable de alma de acero con recubrimiento de cobre, de 70 mm<sup>2</sup> de sección mínima, con una conductividad aproximada del 30 %.
- Electrodos o jabalinas: serán de alma de acero con recubrimiento de cobre con una conductividad aproximada del 30% y fabricados según la última versión de las Normas ASTM.
- Conector electrodo-cable: será de bronce y unirá el cable con el electrodo.
- Conector doble vía: será de cobre estañado para el empalme de los cables de puesta a tierra.
- Cemento conductor: se usará como alternativa para mejorar la resistencia de puesta a tierra de las estructuras.
- En aquellos casos donde la resistividad del terreno sea muy alta se podrán utilizar otros medios para lograr un valor aceptable de resistencia de puesta a tierra, como el uso de puestas a tierra capacitivas.

## 5.2 Subestaciones

### 5.2.1 Interruptores de potencia

#### 5.2.1.1 Alcance

Estas especificaciones cubren la aplicación para el diseño, fabricación y ensayos de los interruptores de 500 y 220 kV, incluyendo los equipos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

#### 5.2.1.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los interruptores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: IEC 62271-100, IEC 60158-1, IEC 60376, IEWC 60480, IEC 60694, ANSI C37.04, ANSI C37.90A, ANSI C37.06 .

#### 5.2.1.3 Características Técnicas

Los interruptores a utilizarse serán en general de tanque vivo, con extinción del arco en SF<sub>6</sub>, con accionamiento uni-tripolar para la maniobra de las líneas de transmisión y tripolares para la maniobra de los bancos de transformadores y reactores, y tendrán mando local y remoto. De ser el caso, se deberá justificar el uso de interruptores de tanque muerto.





Serán del tipo a presión única con auto soplado del arco.

Todos los interruptores deberán poder soportar el valor pico de la componente asimétrica subtransitoria de la corriente máxima y deberán poder interrumpir la componente asimétrica de la corriente de ruptura.

También deberán ser capaces de interrumpir pequeñas corrientes inductivas y soportar sin reencendido las tensiones de recuperación (Transient Recovery Voltaje).

Los interruptores serán diseñados para efectuar reenganches automáticos ultrarrápidos, y poseerán mando independiente por polo y debiendo contar con dispositivos propios para detección de discordancia, en caso de mal funcionamiento de los mecanismos de apertura y cierre.

Los equipos tendrán las siguientes características generales:

Descripción	500 kV	220 kV
Medio de extinción	SF6	SF6
Tensión nominal	500 kV	220 kV
Máxima tensión de servicio	550 kV	245 kV
Corriente en servicio continuo	2000 A	2500 A
Poder de ruptura kA asimétrica	40 kA	40 kA
Duración del cortocircuito	1 s	1 s
Tiempo total de apertura	33 ms	50 ms
Secuencia de operación:		
a) Maniobra de autotransformadores	CO-15s-CO	CO-15S-CO
b) Maniobra de líneas	O-0,3s-CO- 3 min-CO	O-0,3s-CO- 3 min-CO

**5.2.1.4 Características constructivas**

- a) Cámaras de extinción: serán diseñadas con factores de seguridad adecuados, de forma de obtener una solidez mecánica y eléctrica que permita la interrupción de cualquier corriente comprendida entre cero y el valor nominal de la corriente de cortocircuito y todas las operaciones previstas en las Normas IEC y ANSI.
- b) Contactos: deberán cumplir con los requerimientos de la Norma ANSI C37.04., en lo que respecta a apertura y conducción de corrientes nominales y de cortocircuito.
- c) Soportes y anclajes: todos los interruptores contarán con soportes de columnas de fase de las dimensiones y alturas apropiadas para los niveles de tensión, que serán galvanizados en caliente.

Los pernos de anclaje contarán con tuercas de nivelación que quedarán embebidas en el "grouting" de las fundaciones, luego de realizado el nivelado de los soportes.

- d) Los armarios y cajas de control serán de un grado de protección IP-54.

**5.2.2 Seccionadores y aisladores soporte**

**5.2.2.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren la aplicación para el diseño, fabricación y ensayos de los seccionadores y aisladores soporte de 500 y 220 kV, incluyendo los equipos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

**5.2.2.2 Normas**

Para el diseño, fabricación y transporte de los seccionadores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, IEC 62271-102, IEC 60168, IEC 60273, IEC 60694, IEC 60158-1, IEC 60255-4, ANSI C37.90a.





Para los aisladores soporte son de aplicación las normas IEC 60168 e IEC 60273 antes citadas, y además la IEC 60437.

**5.2.2.3 Características Técnicas**

Serán para montaje al exterior, de tres columnas, de apertura central de preferencia, serán motorizados con mando local y remoto.

Los seccionadores serán diseñados para conducir en forma permanente la corriente nominal para la cual han sido diseñados y podrán ser operados bajo tensión.

No se requerirá, sin embargo, que interrumpan corrientes mayores que la de carga de las barras colectoras y conexiones a circuito ya abierto por el interruptor que corresponda.

En el caso de los seccionadores de 500 kV, éstos deberán ser aptos para conectar y desconectar las corrientes capacitivas de las líneas, ya que éstas resultan energizadas, aún con interruptor abierto, a través de los capacitores de distribución de potencial ubicados en paralelo con las cámaras de ruptura de los mismos.

En el caso particular de las cuchillas de puesta a tierra deberán ser capaces de establecer o interrumpir las corrientes indicadas que puedan existir, como consecuencia de una línea conectada a un campo adyacente al considerado.

Las características principales de los seccionadores serán las siguientes:

Descripción	500 kV	220 kV
Tipo de instalación	Intemperie	Intemperie
Tensión nominal	500 kV	220 kV
Corriente en servicio continuo	2000 A	2500 A
Poder de ruptura kA en cortocircuito	40 kA	40 kA
Duración del cortocircuito	1 s	1 s

**5.2.2.4 Bloqueos y enclavamientos**

Para el caso de la cuchilla de puesta a tierra se deberá proveer un mecánico, que impida:

- Cerrar las cuchillas si el seccionador principal está cerrado.
- Cerrar el seccionador principal si las cuchillas de puesta a tierra están cerradas.

Para todos los seccionadores y cuchillas de puesta a tierra existirá un bloqueo eléctrico que será necesario liberar para efectuar la operación manual de apertura o cierre o para efectuar la apertura o cierre de las cuchillas de puesta a tierra.

Para los seccionadores de línea, se dispondrá un bloqueo por cerradura de mando local, tanto manual como eléctrico.

Se proveerá un enclavamiento mecánico automático para impedir cualquier movimiento intempestivo del seccionador en sus posiciones extremas de apertura o cierre.

**5.2.2.5 Aisladores soporte**

Serán de piezas torneadas ensamblables, no se aceptaran aisladores del tipo multicono.

Serán del tipo de alma llena ( solid core) y serán calculados para soportar las cargas requeridas, incluyendo los respectivos coeficientes de seguridad.

Los aisladores soporte cumplirán con lo especificado en el numeral 3.2, literal c) Niveles de tensión y aislamiento.





### 5.2.3 Transformadores de Corriente y de Tensión

#### 5.2.3.1 Alcance

Estas especificaciones cubren la aplicación para el diseño, fabricación y ensayos de los transformadores de medida de 500 y 220 kV, incluyendo los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

#### 5.2.3.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los transformadores de medida se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, IEC 60044-1, IEC 60044-2, IEC 60044-3, IEC 60044-5, IEC-60044-5, IEC 60137, IEC 60168, IEC 60233, IEC 60270, IEC 60358, IEC 61264.

#### 5.2.3.3 Características Técnicas

Los transformadores de medida serán monofásicos, para montaje a la intemperie, en posición vertical, del tipo aislamiento en baño de aceite o gas SF6, y herméticamente sellados.

La cuba será de acero soldado o de fundición de aluminio, hermética, con suficiente resistencia para soportar las condiciones de operación y serán provistas de orejas y orificios para permitir el izaje del transformador completo.

Todas las uniones empernadas y tapas tendrán empaquetaduras de goma sintética resistente al aceite.

La caja de conexiones será de acero galvanizado de 2,5 mm de espesor como mínimo o de fundición de aleación de aluminio, apta para instalación al exterior del aparato. La tapa de la caja será empernada o abisagrada y el cierre con junta de neopreno. El acceso de cables será por la parte inferior.

La caja de conexiones tendrá un grado de protección IP54 según IEC-60259.

#### 5.2.3.4 Transformadores de corriente

Deberán poder conducir la corriente nominal primaria y la de rango extendido durante un minuto, estando abierto el circuito secundario.

Los núcleos de protección serán utilizados con un sistema de protecciones ultrarrápido, serán aptos para dar respuesta al régimen transitorio.

El núcleo será toroidal y estará formado por láminas magnéticas de acero de muy bajas pérdidas específicas.

Todas las partes metálicas serán galvanizadas en caliente según Normas ASTM o VDE, y los arrollamientos serán de cobre aislado.

Para los transformadores de 500 kV que trabajen asociados a seccionadores se deben tener en cuenta las corrientes y tensiones de alta frecuencia transferibles a los circuitos secundarios y de tierra durante las maniobras de los seccionadores adyacentes bajo tensión. El diseño constructivo del fabricante será tal que impida:

- a) Que la elevada densidad de corriente en ciertos puntos del equipo provoque sobrecalentamientos localizados.
- b) Sobretensiones internas de muy breve duración que ocasione rupturas dieléctricas en los aislantes líquidos y sólidos.

Los transformadores de corriente tendrán las características principales siguientes:

Descripción	500 kV	220 kV
Tipo de instalación	Intemperie	Intemperie
Tensión nominal	500 kV	220 kV
Corriente en servicio continuo	1000-2000 A	1250-2500 A





Corriente secundaria	1 A	1 A
Características núcleos de medida		
a) Clase de precisión	0,2	0,2
b) Potencia	30 VA	30 VA
Características núcleos de protección		
c) Clase de precisión	5P20	5P 20
d) Potencia	30 VA	30 VA

**5.2.3.5 Transformadores de tensión**

Para el nivel 220 kV se proveerán transformadores del tipo inductivo y capacitivo, mientras que para 500 kV serán del tipo capacitivo exclusivamente.

Se deberá tener en cuenta que los transformadores no deben producir efectos ferro resonancia asociados a las capacidades de las líneas aéreas.

Todas las partes metálicas serán galvanizadas en caliente según Normas ASTM o VDE, y los arrollamientos serán de cobre, aislados con papel impregnado en aceite, o según corresponda si el dieléctrico es SF6.

Los transformadores serán diseñados para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos debidos a un cortocircuito en los terminales secundarios durante periodo de un segundo con plena tensión mantenida en el primario. Los transformadores no presentaran daños visibles y seguirán cumpliendo con los requerimientos de esta especificación. La temperatura en el cobre de los arrollamientos no excederá los 250 ° C bajo estas condiciones de cortocircuito (para una condición inicial de 95°C en el punto más caliente).

Los elementos del divisor capacitivo para los transformadores de 500 kV contenidos en aisladores de porcelana marrón, constituyendo una columna autosoportada. Las bobinas de divisor capacitivo serán de hoja de aluminio con aislamiento de papel impregnado o film poliéster y del tipo antiinductivo para mejorar la respuesta a los transitorios.

La reactancia podrá ser aislada en aceite, en aire o gas SF6.

Los transformadores de tensión tendrán las características principales siguientes:

Descripción	500 kV	220 kV
Tipo de instalación	Intemperie	Intemperie
Tensión secundaria	110/√3 V	110/√3 V
Características núcleos de medida		
a) Clase de precisión	0,2	0,2
b) Potencia	30 VA	30 VA
Características núcleos de protección		
a) Clase de precisión	3P	3P
b) Potencia	30 VA	30 VA

**5.2.4 Bancos de transformación**

En la Subestación Marcona Nueva, se instalará un banco de transformación compuesto por tres unidades monofásicas, más una de reserva.





#### 5.2.4.1 Alcance

Estas especificaciones cubren el alcance de las características mínimas a considerar para el diseño, fabricación y ensayos de los autotransformadores monofásicos de potencia, incluyendo los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

#### 5.2.4.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los autotransformadores monofásicos se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, IEC 60076-1, IEC 60076-2, IEC 60076-3, IEC 60076-3-1, IEC- 60076-4, IEC 60076-5, IEC 60137, IEC 60214, IEC 60354, IEC 60551, IEC 60044, IEC-60296, IEC 60542.

#### 5.2.4.3 Características constructivas

En forma general se suministrarán autotransformadores del tipo sumergidos en aceite, refrigerados por circulación natural del aceite y aire (ONAN) y su diseño debe permitir incrementar su capacidad mediante ventilación forzada (ONAF I y ONAF II).

##### a) Núcleos

Los núcleos serán construidos de manera que reduzcan al mínimo las corrientes parásitas, y serán fabricados en base a láminas de acero al silicio con cristales orientados, libres de fatiga al envejecimiento, de alto grado de magnetización, de bajas pérdidas por histéresis y de alta permeabilidad.

El circuito magnético estará sólidamente puesto a tierra con las estructuras de ajuste del núcleo y con el tanque, de una forma segura, de tal manera que permita una fácil desconexión a tierra, cuando se necesite retirar el núcleo del tanque.

##### b) Arrollamientos

Todos los cables, barras o conductores que se utilicen para los arrollamientos serán de cobre electrolítico de alta calidad y pureza.

El aislamiento de los conductores será de papel de alta estabilidad térmica y resistente al envejecimiento, podrá darse un baño de barniz para mejorar la resistencia mecánica.

El conjunto de arrollamientos y núcleo, completamente ensamblado deberá secarse al vacío para asegurar la extracción de la humedad y después ser impregnado y sumergido en aceite dieléctrico.

##### c) Tanque

El tanque será construido con planchas de acero estructural de alta resistencia, reforzado con perfiles de acero.

Todas las aberturas que sean necesarias en las paredes del tanque y en la cubierta, serán dotadas de bridas soldadas al tanque, preparadas para el uso de empaquetaduras, las que serán de material elástico, que no se deterioren bajo el efecto del aceite caliente. No se aceptarán empaquetaduras de goma sintética resistente al aceite.

El tanque estará provisto de dos tomas de puesta a tierra con sus respectivos conectores ubicados en los extremos opuestos de la parte inferior del tanque.

El tanque estará provisto de las válvulas y accesorios siguientes (la lista no es limitativa), y de ser necesario el fabricante implementará los accesorios necesarios para la óptima operación del autotransformador:

- Válvula de descarga de sobrepresión interna, ajustada para 0,5 kg/cm<sup>2</sup> de sobrepresión interna.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- Válvulas para las conexiones de filtración del aceite, situadas una en la parte superior y otra en la parte inferior del tanque.
- Válvula de tres vías para la conexión de la tubería de conexión al relé Buchholz.
- Válvulas de cierre (separación) de aceite para cada tubería del sistema de enfriamiento.
- Grifos de toma de aceite y de purga.

#### c) Aisladores pasatapas y cajas terminales

Los aisladores pasatapas serán del tipo condensador y de acuerdo a la Norma IEC 60137.

Deberán ser diseñados para un ambiente de mediana contaminación, y con línea de fuga no menor a 25 mm/kV. La porcelana empleada en los pasatapas deberá ser homogénea, libre de cavidades, protuberancias, exfoliaciones o resquebrajaduras y deberá ser impermeable a la humedad.

Todas las piezas de los pasatapas que sean expuestas a la acción de la atmósfera deberán ser fabricadas de material no higroscópico.

#### e) Sistema de enfriamiento

El sistema de enfriamiento será ONAN (circulación natural de aceite y aire), el que operará de acuerdo al régimen de carga del mismo y su diseño debe permitir incrementar su capacidad mediante ventilación forzada (ONAF 1 y ONAF 2).

La construcción de los radiadores deberá permitir facilidades de acceso para su inspección y limpieza con un mínimo de interrupciones.

Cada uno de los radiadores contará con válvulas dispuestas convenientemente, de tal forma que el radiador pueda colocarse o sacarse fuera de servicio sin afectar la operación del autotransformador.

#### f) Aceite aislante

El autotransformador será suministrado con su dotación completa de aceite aislante más una reserva de mínimo 5% del volumen neto, los cuales serán embarcados separadamente en recipientes de acero herméticamente cerrados.

El autotransformador será embarcado sin aceite y en su lugar será llenado con gas nitrógeno para su transporte.

El aceite dieléctrico a proveerse será aceite mineral refinado, que en su composición química no contenga sustancias inhibitoras y deberá cumplir con las Normas IEC 60354 e IEC 60296.

#### g) Sistema de regulación

Los autotransformadores deberán contar con un sistema de regulación bajo carga con mando local y remoto, con un rango de regulación sugerido del +/-10%, en pasos de 1%.

El conmutador de tomas cumplirá con las Norma IEC 60214 y será de un fabricante de reconocida calidad y experiencia.

El motor y sus mecanismos de control se instalarán en un gabinete hermético para instalación a la intemperie clase IP 55, y será montado en el exterior de la cuba del transformador.

La información del indicador de posiciones del conmutador deberá ser visualizada en los siguientes puntos: localmente en la caja de mando, en el tablero de mando ubicado en la sala de control, y adicionalmente señales para ser integrado al sistema SCADA y para su envío al Centro de Control (COES).





**h) Características Técnicas**

Los bancos de transformación serán compuestos por tres unidades monofásicas, más una unidad de reserva, y contarán con un devanado terciario para compensación de armónicos y de secuencia cero, no cargable.

Las características principales de las unidades serán las siguientes:

<b>Descripción</b>	
Potencia de transformación requerida (MVA)	100/125/150
Tensión devanado primario (kV)	500/V3 (*)
Tensión devanado secundario (kV)	220/V3 (*)
Tensión devanado terciario (kV) (*)	22,9/V3 (*)
Refrigeración	ONAN/ONAF1/ONAF2
Grupo de conexión	Ynynd
Regulación	
- Tipo:	bajo carga
- Rango:	+10,-10%, en pasos de 1%.(*)

(\*) Valores de referencia, los valores finales serán definidos por la Sociedad Concesionaria.

**5.2.5 Reactores**

**5.2.5.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren el alcance de las características mínimas a considerar para el diseño, fabricación y ensayos de los reactores trifásicos de barra y de línea de 500 kV, incluyendo los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

**5.2.5.2 Normas**

Para el diseño, fabricación y transporte de los reactores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: IEC 60289, IEC 600076-1, IEC 60076-2, IEC 60076-3, IEC 60076-3-1, IEC-60076-5, IEC-60551, IEC-60722, Publicación C57.21.

**5.2.5.3 Características constructivas**

En forma general se suministrarán reactores para servicio exterior, devanado sumergido en aceite, diseñado para circulación natural de aceite y aire (ONAN).

**a) Núcleos**

Los núcleos serán construidos de manera que reduzcan al mínimo las corrientes parásitas, y serán fabricados en base a láminas de acero al silicio con cristales orientados, libres de fatiga al envejecimiento, de alto grado de magnetización, de bajas pérdidas por histéresis y de alta permeabilidad.

El circuito magnético estará solidamente puesto a tierra con las estructuras de ajuste del núcleo y con el tanque de una forma segura, de tal manera que permita una fácil desconexión a tierra, cuando se necesite retirar el núcleo del tanque.





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

### b) Arrollamientos

Todos los cables, barras o conductores que se utilicen para los arrollamientos serán de cobre electrolítico de alta calidad y pureza.

El aislamiento de los conductores será de papel de alta estabilidad térmica y resistente al envejecimiento, podrá darse un baño de barniz para mejorar la resistencia mecánica.

El conjunto de arrollamientos y núcleo, completamente ensamblado deberá secarse al vacío para asegurar la extracción de la humedad y después ser impregnado y sumergido en aceite dieléctrico.

### c) Tanque

El tanque será construido con planchas de acero estructural de alta resistencia, reforzado con perfiles de acero.

Todas las aberturas que sean necesarias en las paredes del tanque y en la cubierta, serán dotadas de bridas soldadas al tanque, preparadas para el uso de empaquetaduras, las que serán de material elástico, que no se deterioren bajo el efecto del aceite caliente. No se aceptarán empaquetaduras de goma sintética resistente al aceite.

El tanque estará provisto de dos tomas de puesta a tierra con sus respectivos conectores ubicados en los extremos opuestos de la parte inferior del tanque.

El tanque estará provisto de las válvulas y accesorios siguientes (la lista no es limitativa), y de ser necesario el fabricante implementará los accesorios necesarios para la óptima operación del reactor:

- a) Válvula de descarga de sobrepresión interna, ajustada para 0,5 kg/cm<sup>2</sup> de sobrepresión interna.
- b) Válvulas para las conexiones de filtración del aceite, situadas una en la parte superior y otra en la parte inferior del tanque.
- c) Válvula de tres vías para la conexión de la tubería de conexión al relé Buchholz.
- d) Grifos de toma de aceite y de purga.

### d) Aisladores pasatapas y cajas terminales

Los aisladores pasatapas serán del tipo condensador y de acuerdo a la Norma IEC 60137.

Deberán ser diseñados para un ambiente de mediana contaminación, y con una línea de fuga no menor a 25 mm/kV. La porcelana empleada en los pasatapas deberá ser homogénea, libre de cavidades, protuberancias, exfoliaciones o resquebrajaduras y deberá ser impermeable a la humedad.

Todas las piezas de los pasatapas que sean expuestas a la acción de la atmósfera deberán ser fabricadas de material no higroscópico.

### e) Aceite aislante

El reactor será suministrado con su dotación completa de aceite aislante más una reserva de mínimo 5% del volumen neto, los cuales serán embarcados separadamente en recipientes de acero herméticamente cerrados.

El reactor será embarcado sin aceite y en su lugar será llenado con gas nitrógeno para su transporte.





El aceite dieléctrico a proveerse será aceite mineral refinado, que en su composición química no contenga sustancias inhibidoras y deberá cumplir con las Normas IEC 60354 e IEC 60296.

**f) Características Técnicas**

Los reactores serán trifásicos, para instalación exterior, sumergidos en aceite aislante y de las características principales siguientes:

**Descripción**

Potencia nominal (MVA), configuración básica:	100 y 200 (*)
Tensión devanado primario (kV)	500/V3 (*)
Tipo:	Derivación (Shunt reactor)
Refrigeración	ONAN
Conexión de neutro:	a través de reactor de neutro
Accesorios:	transformadores de corriente (BCT)

(\*) Valores de referencia, los valores finales serán definidos por la Sociedad Concesionaria.

**5.2.6 Reactores de neutro**

**5.2.6.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren el alcance de las características mínimas a considerar para el diseño, fabricación y ensayos de los reactores de neutro incluyendo los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento y operación.

**5.2.6.2 Normas**

Para el diseño, fabricación y transporte de los reactores de neutro se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: IEC 60289, IEC 60076-1, IEC 60076-2, IEC 60076-3, IEC 60076-3-1, IEC- IEC 60076-5, IEC 60772, IEC 60156, IEC 60354, IEC 60551, IEC 60044, IEC-60296, IEC 60542.

**5.2.6.3 Características constructivas**

Se suministrarán reactores de neutro supresor de arco monofásico, para instalación exterior, sumergido en aceite aislante refrigerado por circulación natural del aceite y aire (ONAN).

Formarán parte del suministro:

- Aceite aislante para el primer llenado, con una reserva mínima de 5% para reposición.
- Placas aislantes para apoyo de los equipos.

**5.2.7 Bancos de compensación serie**

**5.2.7.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren el alcance de las características mínimas a considerar en el diseño, fabricación de los equipos, pruebas, y garantías, para la puesta en operación de bancos de compensación serie tipo FSC (“Fixed Series Compensation”) a ser instalados en la Subestación Caravelí 500 kV.

A continuación se hace una relación, no limitativa, de los equipos y accesorios que integran el suministro:

- Unidades monofásicas de capacitores en cantidad adecuada para cumplir con las características de reactancia y capacidad de cada banco.





- Plataforma y columnas soporte (rack)
- Resistencia no lineal (MOV)
- Circuito amortiguador y limitador de corriente de descargas (damping and limiting circuit)
- Interruptores de puenteo (by-pass circuit breaker)
- Transformadores de medida (corriente y potencial)
- Equipamiento de señalización, control, protección y medición
- Unidad terminal remota (RTU) para interfase entre el sistema de protección y control en la plataforma del banco y al sistema de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA) en tierra.
- Barras, cables de interconexión y accesorios.
- Cableado de protección, señalización, control y fuerza (incluyendo la fibra óptica para comunicación entre plataforma y tierra.

Los bancos de capacitores son considerados como un conjunto único, por lo que la Sociedad Concesionaria instalará tanto los componentes especificados, como aquellos que no lo estén, pero que sean necesarios para la operación satisfactoria de los bancos.

#### 5.2.7.2 Normas

Para el diseño, fabricación y pruebas de los bancos de capacitores, se indican las Normas aplicables siguientes:

ISO 1000, Metric Standards

ISO 1459, 1461, Hot-dip galvanizing

IEC 60068, Environmental testing, Part 2

IEC 60143-1, Series capacitors for power Systems, Part 1

IEC 60143-2, Series capacitors for power Systems, Part 2

IEC 60143-3, Series capacitors for power Systems, Part 3

IEC 60549, High voltage fuses for the external protection of shunt power capacitors

IEC 60289, Reactors

IEC 60137, Bushings for voltage above 1000 V

IEC 60056, High voltage AC circuit breakers

IEC 60129, AC disconnectors and earthing switches

IEC 60044-1, Current transformers

IEC 60044-2, Voltage transformers

Otras Normas IEC: IEC 69168, IEC 60060, IEC 60270, IEC 60071-1 y 2, IEC

60255, IEC 60099-4, IEC 60068-3, IEC 61850, IEC 60794.

Otras normas ISO: ISO 1459 y 1461.

IEEE Std 693: IEEE recommended Practice for seismic design of substations.

IEEE Std 824-2004: IEEE Standard for series capacitors in Power Systems.

#### 5.2.7.3 Dimensionamiento de los equipos

Los valores indicados a continuación son referenciales y han sido calculados para una compensación serie del 50%.

##### a) Tramo Mantaro-Caravelí

- Porcentaje de compensación: 50%
- Longitud de línea: 426 km (Mantaro-Caravelí)





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- Reactancia de la línea: 0,35425 ohm/km
- Capacitancia: 34,827 uF

#### b) Tramo Caraveli-Montalvo

- Porcentaje de compensación: 50%
- Longitud de línea: 316 km (Caraveli-Montalvo)
- Reactancia de la línea: 0,33457 ohm/km
- Capacitancia: 50,17 uF

Sin embargo los valores finales serán definidos por la Sociedad Concesionaria, de conformidad con el Estudio de Pre operatividad, que será aprobado por el COES.

La capacidad de corriente de los bancos deberá ser tal que permita transmitir la capacidad nominal de la línea en operación normal y de emergencia.

#### 5.2.7.4 Características constructivas

Las unidades capacitadoras se deben construir con aislamiento biodegradable libre de policloruros bifenados (PCB), y en general con materiales que garanticen pérdidas mínimas que no excedan de 0,15 W/KVAR a 25 °C y máxima confiabilidad.

Las unidades capacitadoras serán idénticas (en dimensiones y características eléctricas) e intercambiables en el banco.

El arreglo de las unidades capacitadoras de cada fase estará formado por grupos en serie, formadas por unidades conectadas en paralelo. Cada unidad estará protegida por elementos fusibles (internos o externos), diseñados específicamente para su aplicación en bancos de capacitores serie.

Las unidades estarán equipadas con una resistencia interna que garantice su descarga, del voltaje nominal a un voltaje residual no mayor a 75 V, en un tiempo de 10 minutos a partir del momento de su desenergización.

#### 5.2.7.5 Resonancia subsíncrona

La aplicación de la compensación serie puede provocar fenómenos de resonancia subsíncrona (RSS) que pueden afectar el funcionamiento de las unidades generadoras asociadas al sistema eléctrico.

Durante la etapa de ingeniería se debe analizar las medidas para atenuar los efectos de la resonancia subsíncrona y proponer los equipos adicionales que a su criterio se requieran.

#### 5.2.8 Pararrayos

##### 5.2.8.1 Alcance

Estas especificaciones cubren el alcance de las características mínimas a considerar para el diseño, fabricación y ensayos de los descargadores de sobretensiones para 500 y 220 kV, incluyendo los elementos auxiliares necesarios para su correcto montaje y funcionamiento.

##### 5.2.8.2 Normas

Para el diseño, fabricación y transporte de los reactores se utilizarán, sin ser limitativas, las Normas siguientes: CNE Suministro 2001, IEC 60099, IEC 60099-4, ANSI C.62.11.





**5.2. 8.3 Características constructivas**

En forma general se suministrarán descargadores de óxido de zinc (ZnO) para instalación exterior.

Serán adecuados para la protección de los equipos contra sobretensiones atmosféricas y sobretensiones de maniobra. La corriente permanente deberá retornar a un valor constante no creciente luego de la disipación del transitorio producido por una descarga.

Los descargadores serán aptos para sistemas rígidos a tierra, la tensión residual las corrientes de impulso deben ser lo mas baja posible.

No deberá presentar descargas por efecto corona. Los puntos agudos en terminales, etc, deberán ser adecuadamente blindados mediante el uso de anillos anticorona para cumplir con los requerimientos de radio interferencia y efecto corona.

El material de la unidad resistiva será óxido de zinc, y cada descargador podrá estar constituido por una o varias unidades, debiendo ser cada una de ellas un descargador en sí misma. Estarán provistos de contadores de descarga.

**6. Control de Contaminación de Conductores y Aisladores**

La Sociedad Concesionaria programará actividades periódicas de inspección y limpieza de los conductores y aisladores de la línea, a fin de controlar la acumulación de contaminación y garantizar adecuados niveles de pérdidas transversales (por efecto corona y corrientes de fuga), así como el efecto de radio interferencia.

A partir del quinto año de Operación Comercial de la Línea Eléctrica, la Sociedad Concesionaria efectuará las siguientes actividades:

- a) Inspecciones visuales periódicas.
- b) Toma de muestras de contaminación.
- c) Limpieza de conductores.
- d) Limpieza de aisladores

Antes de concluir el cuarto año de Operación Comercial, la Sociedad Concesionaria presentará al OSINERGMIN, los procedimientos detallados y específicos, así como los programas de inspección y limpieza.

**6.1 Inspecciones visuales periódicas**

La Sociedad Concesionaria efectuará inspecciones visuales con el objeto de identificar los tramos de línea que presenten niveles altos de contaminación superficial de los conductores y de las cadenas de aisladores.

Las inspecciones abarcan a toda la longitud de la línea y se efectuará por lo menos según la siguiente frecuencia:

**Cuadro N° 1: Frecuencia de Inspección de líneas**

Altitud	Frecuencia
Superior a 1500 msnm	Cada 5 años
Debajo de 1500 msnm	Cada 3 años

Los tramos cuyos conductores o aisladores han sido objeto de limpieza previa o han sido sustituidos por causa de contaminación severa, serán inspeccionados cada 2 años.





OSINERGMIN tiene la facultad de presenciar las inspecciones y solicitar la repetición, en caso necesario, con la finalidad de verificar el nivel de contaminación reportado.

Los niveles de contaminación de los conductores y aisladores serán calificados como Bajo, Medio y Alto, aplicando los criterios indicados en el Cuadro N° 2.

El procedimiento para realizar las inspecciones visuales es el siguiente:

- a) Las inspecciones serán efectuadas por técnicos especialistas en líneas de transmisión, equipados con implementos de seguridad, binoculares y cámara fotográfica digital con fechador.
- b) Las inspecciones se realizarán únicamente durante el día, con presencia de luz de solar, ausencia de lluvia, baja humedad y sin viento fuerte.
- c) El técnico encargado de la inspección se ubicará en el suelo a una distancia entre 30 a 50 metros del eje de la línea; utilizando binoculares observará la acumulación de la contaminación, en la superficie de los conductores y de los aisladores de las tres fases del vano. En caso resulte necesario realizará la inspección con escalamiento a la estructura de la línea.
- d) Deberá tenerse especial atención en los puntos de instalación de los espaciadores y amortiguadores, a fin de verificar el estado de los conductores en los puntos de sujeción.
- e) Utilizando los criterios indicados en el Cuadro N° 2, el técnico calificará y registrará en el cuaderno de inspecciones el nivel de contaminación de los conductores y aisladores.
- f) Si el nivel de contaminación corresponde a los niveles Medio o Alto, el técnico tomará un registro fotográfico.
- g) Los pasos indicados en los numerales c) al f), serán repetidos para cada uno de los demás vanos de la línea inspeccionada, hasta completar el 100% de los tramos a inspeccionar.
- h) La Sociedad Concesionaria verificará los reportes de calificación del nivel de contaminación y agrupará los tramos por niveles de contaminación. En caso de existir observaciones a la calificación, reasignará la calificación correcta mediante la fotografía o, de ser el caso, se efectuará una nueva inspección de campo.

Cuadro N° 2: Criterios para calificar los Niveles de Contaminación

Nivel	Aspecto Visual		Descripción
Bajo			Contaminación mínima, no existe puntas de acumulación
Medio			Contaminación visible con presencia de pequeñas puntas de acumulación a lo largo del conductor
Alto			Contaminación visible con presencia de grandes puntas de acumulación





Los informes de las inspecciones visuales se remitirán al OSINERGMIN.

**6.2 Toma de muestras de contaminación**

Según los resultados de las inspecciones visuales, la Sociedad Concesionaria elaborará un programa de verificación del nivel de contaminación mediante toma de muestras para todos aquellos tramos calificados como nivel Medio o Alto, o en los tramos en los cuales la inspección visual no haya resultado determinante.

Las labores de toma de muestras se realizarán con las líneas desenergizadas, por lo que la Sociedad Concesionaria deberá coordinar con el COES el programa de salida del servicio de las líneas, de preferencia coincidiendo con los periodos de salida por mantenimiento programado.

El procedimiento de toma de muestras será el siguiente:

- a) La toma de muestras se realiza con la línea de transmisión fuera de servicio, con presencia de luz de solar, ausencia de lluvia, baja humedad y sin viento fuerte.
- b) Las muestras se toman en porciones de 60 á 100 m de conductor, de una de las tres fases del tramo seleccionado.
- c) Con el equipo de limpieza de conductores se recolecta la contaminación existente en la superficie del conductor.
- d) La contaminación recolectada se pesa en una balanza de precisión expresada en miligramos.
- e) Se determina el nivel de contaminación (NC) en mg/cm2, aplicando la fórmula:

$$NC = \text{Peso de la contaminación} [mg] / \text{Superficie del conductor} [cm^2]$$

Donde:

*la superficie del conductor es  $2\pi r L$ ,*

*r es el radio del conductor en cm y*

*L es la longitud de la porción del conductor donde se tomó la muestra, en cm.*

- f) Para las cadenas de aisladores se tomará la muestra de una de las campanas, la que visualmente tenga la mayor contaminación. Se determina el nivel de contaminación (NC) en mg/cm2, aplicando la fórmula:

$$NC = \text{Peso de la contaminación} [mg] / \text{Superficie exterior de la campana} [cm^2]$$

- g) El valor de NC se compara con los valores del Cuadro N° 3 y se determina el nivel de contaminación en los conductores.

**Cuadro N° 3: Niveles de Contaminación**

Nivel de contaminación	Peso (mg / cm2)
Bajo	5 – 20
Medio	20 – 45
Alto	> 45





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

- h) Los pasos indicados en los literales c) a g) son repetidos para los demás tramos de la línea que requieran toma de muestra.

Los informes de las tomas de muestra se remitirán al OSINERGMIN.

A solicitud del OSINERGMIN y de común acuerdo con la Sociedad Concesionaria, se podrán revisar los valores de Niveles de Contaminación establecidos en los Cuadros N° 2 y N° 3.

### 6.3 Limpieza de conductores

La limpieza de conductores se efectuará en todos los tramos calificados con nivel Medio y Alto de contaminación.

Las labores de limpieza se efectuarán coincidiendo con la salida de servicio de la línea de transmisión, de acuerdo con el programa de intervenciones aprobado por el COES a solicitud de la Sociedad Concesionaria.

El procedimiento para efectuar la limpieza de los conductores es el siguiente:

- a) La limpieza de conductores se realizará en los tramos programados, con la línea de transmisión fuera de servicio, en presencia de luz de solar, ausencia de lluvia, baja humedad y sin viento fuerte.
- b) La limpieza de conductores será efectuada por técnicos especialistas en líneas de transmisión, equipados con implementos de seguridad, equipo de limpieza de conductores, equipos de maniobras especializados y deberá cumplirse con las normas de seguridad establecidas.

Los informes de la limpieza de conductores se remitirán al OSINERGMIN.

### 6.4 Limpieza de aisladores

Se programará para efectuarse de manera simultánea con la limpieza de conductores.

En general se seguirá el mismo procedimiento que el indicado para la limpieza de los conductores.

La Sociedad Concesionaria podrá, de considerarlo conveniente, efectuar las labores de limpieza en caliente.

Los informes de limpieza de aisladores se remitirán al OSINERGMIN.

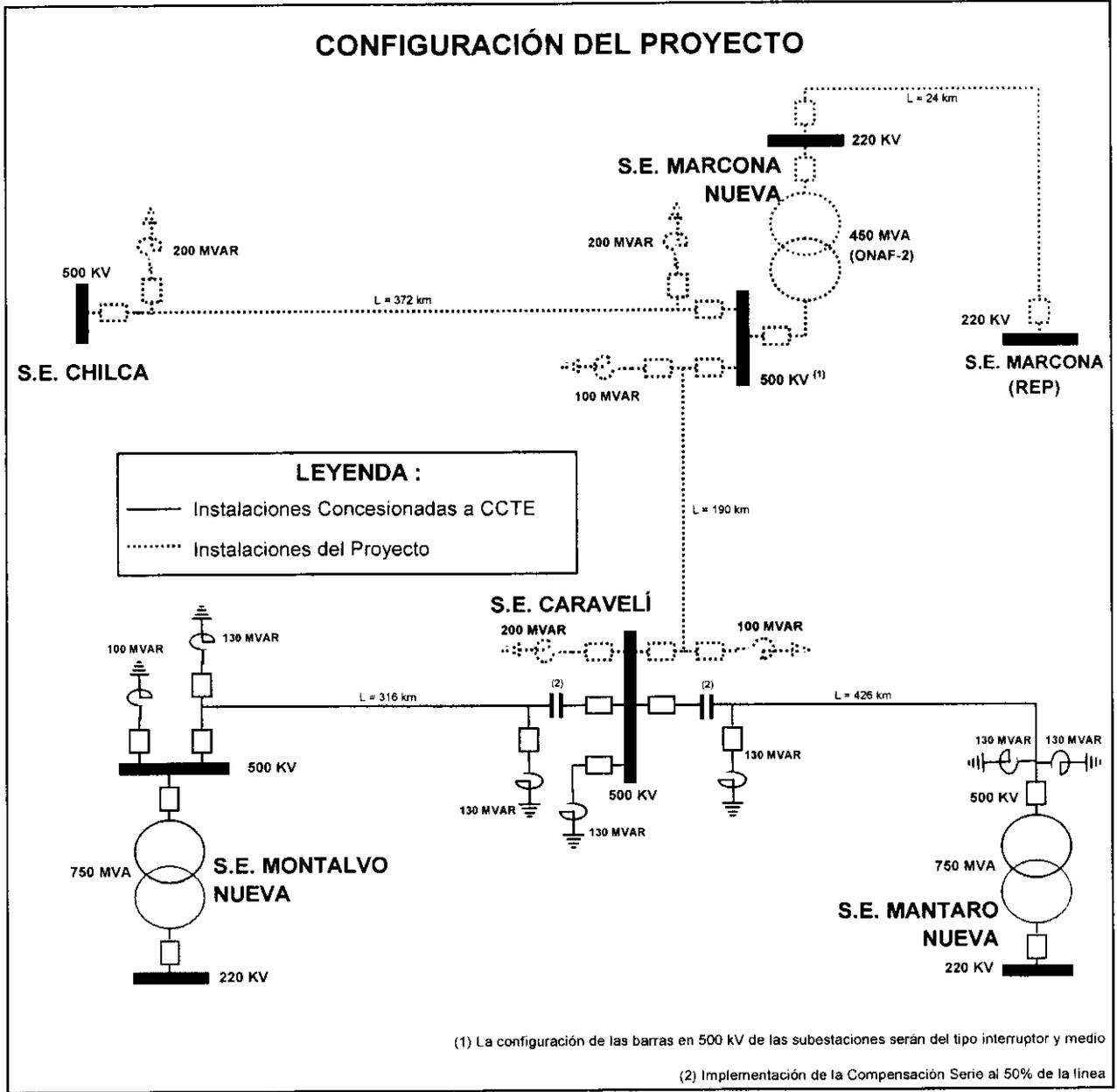
OSINERGMIN elaborará los procedimientos y protocolos de verificación del nivel de limpieza de los aisladores y los valores de referencia.





“DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ”  
“AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA”

Esquema N° 1





**Tabla 2.1 – Distancias de Seguridad**

**Código Nacional de Electricidad**

**232.B. Distancias de seguridad de alambres, conductores, cables, equipos y crucetas instalados en estructuras de soporte**

**232.B.1. Distancias de seguridad en los alambres, conductores y cables**

La distancia vertical de los alambres, conductores y cables por encima del nivel del piso en los lugares generalmente accesibles, camino, riel, o superficies de agua, no será menor a la que se muestra en la Tabla 232-1.

Para el caso de conductores de suministro expuestos de más de 23 kV, la distancia vertical de los alambres, conductores y cables por encima del nivel del piso en los lugares generalmente accesibles, camino, riel, o superficies de agua, será calculada de acuerdo a los criterios dados en la Regla 232.B y no deberá ser menor a los valores que se muestran en la Tabla 232-1a.

**212. Tensiones inducidas – Campos Eléctricos y Magnéticos**

En esta regla se establecen los valores máximos de radiaciones no ionizantes referidas a campos eléctricos y magnéticos (Intensidad de Campo Eléctrico y Densidad de Flujo Magnético), los cuales se han adoptado de las recomendaciones del ICNIRP (International Commission on Non - Ionizing Radiation Protección) y del IARC (International Agency for Research on Cancer) para exposición ocupacional de día completo o exposición de público.

En zonas de trabajo (exposición ocupacional), así como en lugares públicos (exposición poblacional), no se debe superar los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz dados en la siguiente tabla:

Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (kV/m)	Densidad de Flujo Magnético ( μT)
- Poblacional	4,2	83,3
- Ocupacional	8,3	416,7

En el caso de Exposición Ocupacional, la medición bajo las líneas eléctricas se debe realizar a un metro de altura sobre el nivel del piso, en sentido transversal al eje de la línea hasta el límite de la faja de servidumbre.

En el caso de Exposición Poblacional, para la medición se debe tomar en cuenta las distancias de seguridad o los puntos críticos, tales como lugares habitados o edificaciones cercanas a la línea eléctrica.



**PERÚ**Ministerio  
de Economía y FinanzasAgencia de Promoción  
de la Inversión Privada"DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"  
"AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA"

**Tabla 232-1a**  
**Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua (en metros)**

Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	1 000 m.s.n.m.	3 000 m.s.n.m.	4 000 m.s.n.m.	4 500 m.s.n.m.	1 000 m.s.n.m.	3 000 m.s.n.m.	4 000 m.s.n.m.	4 500 m.s.n.m.
	60 kV				138 kV			
<b>Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen</b>								
1. Vías Férreas de ferrocarriles (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos)	8,90	9,00	9,10	9,10	9,70	10,00	10,10	10,15
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	7,50	7,60	7,70	7,70	7,80	8,10	8,20	8,25
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	7,50	7,60	7,70	7,70	7,80	8,10	8,20	8,25
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	7,50	7,60	7,70	7,70	7,80	8,10	8,20	8,25
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	7,50	7,60	7,70	7,70	7,80	8,10	8,20	8,25
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	5,45	5,50	5,60	5,60	6,30	6,55	6,70	6,75
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	7,50	7,60	7,70	7,70	7,80	8,10	8,20	8,25
6. Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida	7,45	7,50	7,55	7,60	8,30	8,55	8,70	8,75
7. Áreas de agua para barcos de vela incluyendo lagos, charcas, represas, aguas de marea, ríos, corrientes y canales con un área superficial no obstruida de:								
a. Menos de 8 hectáreas	7,95	8,00	8,05	8,10	8,80	9,05	9,15	9,25
b. Más de 8 a 80 hectáreas	9,45	9,50	9,55	9,60	10,30	10,55	10,65	10,75
c. Más de 80 a 800 hectáreas	11,45	11,50	11,55	11,60	12,30	12,55	12,70	12,75
d. Más de 800 hectáreas	12,95	13,00	13,05	13,10	13,80	14,05	14,20	14,25
8. Rampas para barcos y áreas asociadas para aparejar; áreas destinadas para aparejar o botar barcos de vela	La distancia de seguridad sobre el nivel del piso será de 1,5 m mayor que en 7 anteriormente indicado, para el tipo de áreas de agua servidas por sitios de botadura							
<b>Cuando los alambres o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino</b>								
9.a. Carreteras y avenidas	6,95	7,00	7,10	7,15	7,80	8,10	8,20	8,25
9.b. Caminos, calles o callejones	6,95	7,00	7,10	7,15	7,80	8,10	8,20	8,25
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	5,45	5,50	5,60	5,60	6,30	6,55	6,70	6,75
10.a. Calles y caminos en zonas rurales	6,45	6,50	6,55	6,60	7,30	7,55	7,70	7,75
10.b. Caminos no carrozables en zonas rurales	5,45	5,50	5,60	5,60	6,30	6,55	6,70	6,75





Tabla 232-1a

(Continuación)

**Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua**  
(en metros)

Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	1 000 m.s.n.m.	3 000 m.s.n.m.	4 000 m.s.n.m.	4 500 m.s.n.m.	1 000 m.s.n.m.	3 000 m.s.n.m.	4 000 m.s.n.m.	4 500 m.s.n.m.
	220 kV				500 kV (*)			
<b>Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen</b>								
1. Vías Férreas de ferrocarriles (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos)	10,20	10,50	10,70	11,10	11,75	12,65	13,10	13,30
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	8,25	8,50	8,65	8,7	9,25	10,15	10,60	10,80
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones <sup>23</sup>	8,25	8,50	8,65	8,7	9,25	10,15	10,60	10,80
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	8,25	8,50	8,65	8,7	9,25	10,15	10,60	10,80
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	8,25	8,50	8,65	8,7	9,25	10,15	10,60	10,80
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	6,80	7,0	7,15	7,20	7,75	8,65	9,10	9,35
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	8,25	8,5	8,65	8,7	9,25	10,15	10,60	10,8
6. Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida	8,65	9,0	9,15	9,20	8,75	9,65	10,10	10,35
7. Áreas de agua para barcos de vela incluyendo lagos, charcas, represas, aguas de marea, ríos, corrientes y canales con un área superficial no obstruida de:								
a. Menos de 8 hectáreas	9,15	9,50	9,65	9,70	9,75	10,65	11,10	11,35
b. Más de 8 a 80 hectáreas	10,65	11,00	11,15	11,20	12,25	13,15	13,60	13,85
c. Más de 80 a 800 hectáreas	12,65	13,0	13,15	13,2	13,75	14,65	15,10	15,35
d. Más de 800 hectáreas	14,15	14,50	14,65	14,70	15,75	16,65	17,10	17,35
8. Rampas para barcos y áreas asociadas para aparejar; áreas destinadas para aparejar o botar barcos de vela	La distancia de seguridad sobre el nivel del piso será de 1,5 m mayor que en 7 anteriormente indicado, para el tipo de áreas de agua servidas por sitios de botadura							
<b>Cuando los alambres o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino</b>								
9.a. Carreteras y avenidas	8,25	8,50	8,65	8,70	9,25	10,15	10,60	10,85
9.b. Caminos, calles o callejones	8,25	8,50	8,65	8,70	9,25	10,15	10,60	10,85
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	6,80	7,0	7,15	7,20	7,75	8,65	9,10	9,35
10.a. Calles y caminos en zonas rurales	7,65	8,0	8,15	8,20	9,25	10,15	10,60	10,85
10.b. Caminos no carrozables en zonas rurales	6,80	7,0	7,15	7,20	7,75	8,65	9,10	9,35

<sup>23</sup> A efectos de esta regla, los camiones se definen como cualquier vehículo que sobrepase de 2,45 m de altura. Las áreas no sujetas al tráfico de camiones son áreas por donde generalmente no se encuentra el tráfico de camiones ni se espera de manera razonable,





PERÚ

Ministerio  
de Economía y Finanzas

Agencia de Promoción  
de la Inversión Privada

“DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ”  
“AÑO DE LA UNIÓN NACIONAL FRENTE A LA CRISIS EXTERNA”

(\*) Los valores para 500 kV han sido calculados considerando un factor de sobretensión transitoria de conmutación en por unidad igual (P,U,) a 2,4, para valores superiores de dicho factor de sobretensión deberán efectuarse los cálculos correspondientes,

**Nota:** Las distancias verticales de seguridad determinadas de acuerdo con los criterios de la Regla 232.B no deberán ser menores que los valores dados en esta tabla,

