


EMISIÓN	ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:	FECHA:
PRIMERA	Ing. Fausto Carrión	Ing. Bryan Quero	Ing. Jorge Proaño	Agosto 2023
SEGUNDA				
FINAL	Ing. Fausto Carrión	Ing. Bryan Quero	Ing. Jorge Proaño	Agosto 2023
FIRMA				

Derechos reservados sobre este documento. Queda prohibida la reproducción y/o distribución de este documento por personas o entidades ajenas al proyecto para el cual fue elaborado.

PROYECTO:	"SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD"		
DOCUMENTO:	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.		
CÓDIGO:	SE-SU-23-ME-06	N° HOJA:	1/34

REV. ENGYWORK:


REV. CLIENTE






	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1	SOBRETENSIONES REPRESENTATIVAS INTERNAS DEL SISTEMA	4
1.2	COORDINACION DE AISLAMIENTO	5
1.3	SOBRETENSIONES TEMPORALES.....	5
1.4	SOBRETENSIONES DE FRENTE LENTO.	6
1.5	TENSIONES DE AGUANTE DE COORDINACION.....	6
1.6	TENSION DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRE TENSIONES TEMPORALES.....	6
1.7	TENSIONES DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRETENSIONES DE FRENTE LENTO.	6
1.8	TENSION DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRE TENSIONES DE FRENTE RAPIDO.....	7
1.9	Resumen.....	8
1.9.1	Tensiones de aguante requeridas:	9
1.9.2	Conversión a tensión de aguante para pruebas.....	10
1.10	Conclusiones Coordinación:	12

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

ESTUDIO DE COORDINACION DE AISLAMIENTO AMPLIACION SUBESTACION SHUSHUFINDI 69/13.8 KV

1. INTRODUCCIÓN

Una subestación está expuesta a diferentes tipo de eventos que generan en sus instalaciones sobre voltajes ya sea debido a: descargas atmosféricas, fallas en el sistema, maniobras operativas, eventos que generan ondas de sobre voltaje que pueden ocasionar daños en sus equipos y ocasionar la salida de servicio de la subestación, por lo que es de gran importancia protegerla contra estas sobretensiones estableciendo niveles adecuados de aislamiento que se lo realiza a través de un estudio denominado de coordinación de aislamiento que conjuga el requerimiento técnico del dimensionamiento con el costo del equipamiento,

1.1 SOBRETENSIONES REPRESENTATIVAS INTERNAS DEL SISTEMA

Las sobretensiones que se producen en esta subestación están catalogadas por la norma IEC 60071-1 como de la gamma 1 que comprenden instalaciones entre 1 kV hasta 245 KV. Y el rango para la gamma 2 es para tensiones mayores a 245 kV

Debido a las varias causas que originan estas sobretensiones en una red eléctrica estas son analizadas en función de su origen, su forma de onda y tiempo de duración.

Debido a su origen estas sobretensiones pueden ser a:

Frecuencia industrial

Maniobra y

De origen atmosférico.



Por su forma de onda y tiempo de duración se clasifican en:

Tensiones continuas (Tensión permanente de frecuencia industrial)

Sobretensiones temporales (Fallas a tierra, rechazo de carga, resonancia)

Sobretensiones de frente lento (Maniobras de energización, recierre de líneas, despeje de fallas, rechazo de carga, conexión y desconexión de capacitores, descargas atmosféricas en sitios alejados de la subestación)

Sobretensiones de frente rápido (Descargas atmosféricas: directas o flameo inverso, Operaciones de maniobra)

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

Sobretensiones de frente extra rápido (Maniobra o fallas en equipos GIS, en transformadores de media tensión).

Los elementos para protección de estas sobretensiones tienen como objetivo de proteger a los equipos de la subestación contra todos estos sobre voltajes transitorios a través de la descarga a tierra de las corrientes de impulso, permitiendo la circulación de corriente a frecuencia industrial y mantienen la condición de continuar filtrando estos transitorios.

A estos elementos la norma IEC 60071-2 los clasifica como pararrayos que pueden ser de dos tipos: unos de tipo resistencia no lineal con explosores en serie y otros son de óxido metálico (óxido de zinc) sin explosores, los mismos que en sistemas con neutros sólidamente a tierra son de amplia utilización y prácticamente van copando el mercado en su totalidad.

1.2 COORDINACION DE AISLAMIENTO

Básicamente en los sistemas tipo gamma 1 o menores a 245 kV, las sobretensiones más representativas que se presentan en los sistemas eléctricos de potencia, ya sea en estado transitorio o dentro de la operación del sistema, se las conocen como sobretensiones temporales y sobretensiones de frente lento. Las primeras son generadas por fallas monofásicas a tierra y las segundas por cierre y apertura de los interruptores.

1.3 SOBRETENSIONES TEMPORALES



Se consideran a estas sobretensiones a las que provienen de fallas monofásicas a tierra y considerando que el sistema de CNEL SUCUMBIOS es sólidamente puesto a tierra, y que dentro de estos sistemas el valor típico del factor de sobre voltaje es de 1,3, la sobre tensión temporal será:

Para 69 kV

$V_{pr}=76,95$

Para 13.8 kV

$V_{pr}= 18,57 \text{ kV}$

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

1.4 SOBRETENSIONES DE FRENTE LENTO.

Debido a que se tiene considerado la utilización de pararrayos a las entradas de las líneas de 69 kV, la sobretensión representativa de frente lento corresponderá al nivel de protección de pararrayos para impulso de maniobra debido a que será la tensión protegida del equipo. Por tanto, de acuerdo a las características de los pararrayos seleccionados, la tensión representativa de frente lento será:

En 69 kV: 66.0 kV

En 13,8 kV: 19.8 kV

1.5 TENSIONES DE AGUANTE DE COORDINACION.

Se las define como las tensiones que debe aguantar el equipo cuando se encuentre en operación y básicamente es la coordinación entre las sobretensiones representativas, los elementos de protección (pararrayos) y el comportamiento del equipo.

1.6 TENSION DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRE TENSIONES TEMPORALES.

Para este tipo de sobretensiones, no existe factor adicional que influya en su valor y depende del sistema de puesta a tierra, por lo tanto, el valor de aguante de coordinación es el valor determinado en el punto 3.1 es decir:



Para:

69 kV; 76.95 kV

13.8 kV: 19.8 kV

1.7 TENSIONES DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRETENSIONES DE FRENTE LENTO.

Se mencionó en el punto 1.4 que las sobretensiones representativas se consideraban 66 kV y 16.5 kV para los voltajes de 69 y 13.8 kV respectivamente, porque son los niveles de protección de los pararrayos, sin embargo, el valor real dependerá de diversos factores y por tanto será un valor probabilístico ya que los interruptores pueden abrir en diferentes puntos de la onda sinodal, en diferentes configuraciones de la topología del sistema o cuando despejen una falla. Para esta situación se usa un método semi-probabilístico, el factor a tomarse en cuenta es el factor de coordinación, el cual se determina a través de la relación: V_{ps}/V_e

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

El valor de V_e de acuerdo al grafico del Anexo 2 es de 2.9 p.u. que representa los siguientes valores: 223,16 kV en el lado de 69 kV y 53.87 kV en el lado de 13.8 kV

Por lo que las relaciones para los diferentes niveles de voltaje serán;

Para 69 kV

$$66/223.16 = 0.30$$

Para 13.8 kV

$$19.8/53.87 = 0.37$$

De la figura del Anexo 2 el valor de $K_{cd} = 1.1$ para todos los niveles de voltaje.

Por tanto, la tensión prospectiva de aguante será de:

Para 69 kV

$$66.0 * 1.1 = 72.6 \text{ kV}$$

Para 13.8 kV



$$19.8 * 1.1 = 21.78 \text{ Kv}$$

1.8 TENSION DE AGUANTE DE COORDINACION PARA SOBRE TENSIONES DE FRENTE RAPIDO.

Este tipo de sobretensiones son debido a descargas atmosféricas y se estima por medio de un método estadístico simplificado, dado que no se dispone de una estadística de los parámetros requeridos. La expresión para determinar dicha tensión de aguante es la siguiente:

$$V_{cw} = V_{pl} + (A/n) * (L / (L_{sp} + L_a))$$

Básicamente indica que al nivel de protección del pararrayos hay que incrementarle un término en función del tipo de estructura que llega a la subestación (A), el número de líneas que llegan a la subestación (n), de la distancia máxima de protección al pararrayos (L), de la relación entre el índice de falla del equipo y el índice de salida de las líneas conectadas (L_{sp}) y de la distancia del vano contiguo a la subestación (L_a).

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

Para todos los niveles de voltaje se considera el índice de falla de los equipos en un valor de 0.002 fallas/ año lo que indica que se necesitara 500 años para que falle el equipo

Para 69 kV

Se considera un índice de falla de las líneas de 0.02 fallas/ Km año

$$A= 4500$$

$$L= 6.5 \text{ m}$$

$$n= 1$$

$$La=91 \text{ m}$$

$$Lsp= 0.002/0.000002=100 \text{ m}$$

$$V_{cw}=116 \text{ kV} + (4500)*(6.5)/(100+91)$$

$$V_{cw}= 269.14 \text{ kV}$$

Para 13.8 kV

Se considera un índice de fallas del alimentador de 0.02 fallas/Km año

$$A= 2700$$

$$L= 2.6 \text{ m}$$

$$n= 1$$

$$La=0 \text{ m}$$

$$Lsp= 0.002/0.000002=1000 \text{ m}$$

$$V_{cw}= 37.1 \text{ kV} + (2700)*(2.6)/(1000+0)$$

Como el valor de $2700*2.6/1000$ es menor que 37.1 kV se considera que:

$$V_{cw}= 2* 37.1 \text{ kV}$$

$$V_{cw}= 74.2 \text{ kV}$$



1.9 Resumen

En resumen, las tensiones de aguante de coordinación fase tierra para los tres tipos de sobretensiones son:

Para 69 kV

Temporales: 76.95 kV

Frente lento: 72.6 kV

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

Frente rápido: 269.14 kV

Para 13.8 kV

Temporales: 18.57 kV

Frente lento: 21.78 kV

Frente rápido: 74.2 kV

Estas tensiones deben ser corregidas por factores atmosféricos y factores de seguridad.

1.9.1 Tensiones de aguante requeridas:

Los valores detallados en numeral anterior deben ser corregidos por los factores de seguridad y por las condiciones atmosféricas del sitio de instalación de la subestación.

Los factores de seguridad que se sugiere en la literatura técnica especializada son los siguientes:

- . 1.05 para aislamientos externos
- . 1,15 para aislamientos internos



En cuanto al sitio de instalación básicamente influye la altura sobre el nivel del mar de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K_a = e^{((H-1000)/8150)}$$

En virtud de que la subestación Shushufindi está ubicada a 274 m sobre el nivel de mar el factor de corrección :

$$K_a = 1.$$

Por lo tanto los valores de la tensión de coordinación afectado por estos factores para 69 kV serán:

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

Temporales aislamiento externo= $1,05 \cdot 1,0 \cdot 76.95 \text{ kV} = 80.80 \text{ kV}$

Temporales aislamiento interno= $1,15 \cdot 76.95 = 88.49 \text{ kV}$

Frente lento externo = $1.05 \cdot 1,0 \cdot 72.6 = 76,23 \text{ kV}$

Frente lento interno = $1.15 \cdot 72.6 = 83.49 \text{ kV}$

Frente rápido = $1.05 \cdot 1,0 \cdot 269.14 = 282.597 \text{ kV}$

Frente rápido = $1,15 \cdot 269.14 = 309.511 \text{ kV}$

para 13.8 kV serán:

Temporales aislamiento externo= $1,05 \cdot 1,0 \cdot 18.57 \text{ kV} = 19.50 \text{ kV}$

Temporales aislamiento interno= $1,15 \cdot 18.57 \text{ kV} = 21.36 \text{ kV}$

Frente lento externo = $1.05 \cdot 1,0 \cdot 21.78 = 22.87 \text{ kV}$

Frente lento interno = $1.15 \cdot 21.78 = 25.05 \text{ kV}$

Frente rápido = $1.05 \cdot 1,0 \cdot 74.2 = 77.91 \text{ kV}$



Frente rápido = $1,15 \cdot 74.2 = 85.33 \text{ kV}$

Ya que la selección final del nivel de aislamiento del equipo se realiza en base a los niveles normalizados, y además al fijar dos valores de los tres anteriormente calculados se fija automáticamente el otro, es necesario comprobar que en el laboratorio al realizar las pruebas con dos de los esfuerzos, quede comprobado el tercer esfuerzo.

1.9.2 Conversión a tensión de aguante para pruebas.

1.9.2.1 Conversión de la tensión de I.M. a la equivalente de corta duración (60Hz)

De acuerdo a la IEC 60071-2, los factores de conversión para pruebas de aislamiento externo a corriente alternan de corta duración lo determina en 0.6.

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

Para 69 kV

$$=0.6*282.597 \text{ kV}$$

$$=169.56 \text{ externo}$$

El factor de conversión de aislamiento interno lo determinan en 0.5

$$= 0.5*309.511 \text{ interno}$$

$$=154.76 \text{ kV}$$

Para 13.8 kV

$$=0.6*77.91 \text{ kV}$$

$$=46.75 \text{ externo}$$

El factor de conversión de aislamiento interno lo determinan en 0.5

$$= 0.5*85.33 \text{ interno}$$

$$=42.67 \text{ kV}$$

1.9.2.2 Conversión de la tensión de I.M a la equivalente de impulso de rayo

Los factores de conversión lo determinan en 1.1. para aislamiento interno y 1.3 para aislamiento externo:

Para 69 kV

$$= 1.3*76.23$$

$$= 99.10 \text{ kV externo}$$

$$= 1.1*83.49$$

$$= 91.84 \text{ kV interno}$$



Para 13.8 kV

$$= 1.3*20.93$$

$$= 27,21 \text{ kV externo}$$

$$= 1.1*25.05$$

$$= 27.56 \text{ kV interno}$$

	DISEÑO DEFINITIVO, SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI.	
	SUC ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN SHUSHUFINDI GD	

En los cuadros 1,2 y 3 se presenta un resumen de los resultados de coordinación obtenidos para los niveles de voltaje.

1.10 Conclusiones Coordinación:

Para el nivel de 69 kV se consideran aislamiento de 140 kV a frecuencia industrial a 60 Hz y 325 kV a impulso de rayo cumplen con las solicitudes presentadas en este análisis.

Para el nivel de 13.8 kV se considera aislamiento de 38 kV a frecuencia industrial de 60 Hz y 95 kV a impulso de rayo cumplen con las solicitudes detalladas en este análisis.