



Comité Nacional Venezolano

## II CONGRESO VENEZOLANO DE REDES Y ENERGÍA ELÉCTRICA

Junio 2009

B2-60

### ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO SEGÚN SSFOR MEDIANTE UN ESTUDIO PROBABILÍSTICO DE SOBRETENSIONES DE MANIOBRAS CASO: SISTEMA 400KV PROYECTO CIGMA

Arnaldo Marcano

Ezomar Uzcátegui

Pedro Jiménez

PDVSA

#### RESUMEN

El presente trabajo comprende los procedimientos estadísticos aplicados en el “ESTUDIO DE SOBRTENSIONES DE MANIOBRAS EN EL PROYECTO DE LINEA DE TRANSMISION S/E EL FURRIAL-S/E CIGMA”, para determinar aspectos estadísticos importantes como: la distribución de sobretensiones de maniobras, la tensión de maniobras con probabilidad de 2% de ser aumentada ( $U_{e2}$  según IEC 60071-2) y una metodología propuesta que consiste en estimar el aislamiento de una red de alta tensión a partir de un estudio comparativo de regresión aplicando Estimación por Máxima Verosimilitud (MLE), considerando las distribución probabilísticas tradicionales (Normal, LogNormal, Weibull, sesgada positiva de valor extremo) y una nueva función llamada *Generalized Renewal Process* (GRP). Esta metodología se aplicó en el lenguaje de programación MAPLE con el fin de lograr evidenciar que para maximizar la disponibilidad operacional de la red precisamente son las estimaciones usando los modelos probabilísticos lo que determina el nivel de aislamiento requerido, lo cual es comparando con las exigencias por contaminación según IEC 60815 e IEC 60071-2. El caso de estudio es un sistema de transmisión integrado por líneas aéreas 400 kV, las cuales alimentarán un proyecto llamado Complejo Industrial Gran Mariscal de Ayacucho (CIGMA).

#### PALABRAS CLAVE

Aislamiento, Contaminación, Datos Aleatorios, Estimación por Máxima Verosimilitud, Modelos Probabilístico, Sobretensiones de Maniobras.”.

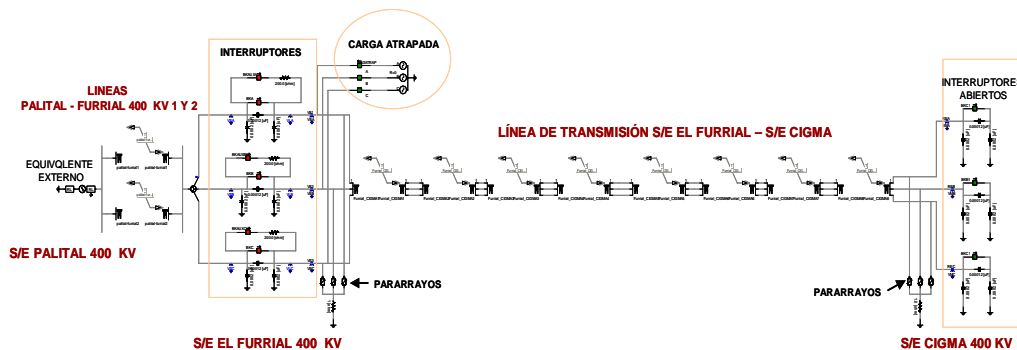
[Uzcategui@pdvsa.com](mailto:Uzcategui@pdvsa.com)

## I. MODELO PSCAD EMPLEADO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS ALEATORIOS DE SOBTEENSIÓN DE MANIOBRAS.

Cabe destacar que el modelo PSCAD para una red eléctrica, presentado en el trabajo “ESTUDIO DE SOBRETENSIONES DE MANIOBRAS EN EL PROYECTO DE LÍNEA DE TRASMISIÓN S/E EL FURRIAL-S/E CIGMA” (Trabajo B2-59), se aplica para obtener datos aleatorios de sobretensiones de maniobras de energización y reenganche trifásico de líneas de transmisión. En este modelo se aplicó las pautas señaladas en IEC TR-60071-4 para simulaciones estadísticas de sobretensiones de maniobras.

El modelo PSCAD de la red de transmisión S/E El Furrial – S/E CIGMA se presenta a continuación:

(1a)



(1b)

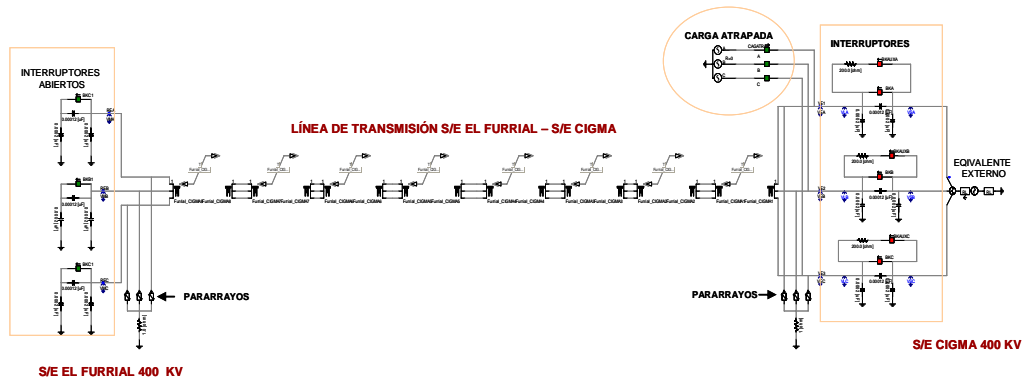


Fig. 1. Modelo PSCAD empleado para representar la red y efectuar simulaciones estadísticas para la obtención de datos aleatorios de sobretensiones de maniobras.

Por cada caso de estudios maniobras se efectuaron un total de 100 corridas. El número de corridas se estableció con el componente *Multiple run* del PSCAD, así como también los valores aleatorios de tiempo de cierre para el interruptor. El componente *Multiple run* también se configuró para que, junto con otros componentes de funciones y de medición de voltaje, se registrara el máximo valor pico de sobretensión de maniobra entre las fases y tierra en un punto de medición situado a lo largo de la línea. Estos valores de sobretensión se registraron en un archivo de salida del componente *Multiple run*.

## II. TENSION CRITICA DE FLAMEO Y TENSION SOPORTADA PARA EL AISLAMIENTO.

En un proceso de coordinación de aislamiento, es frecuente recurrir a términos como: CFO,  $U_{50}$ , BIL,  $U_{10}$  etc. Por eso, es preciso conocer lo que representan estas expresiones.

El CFO y  $U_{50}$  se refieren a la tensión crítica de flameo para un aislamiento dado. El CFO es un término empleado por ANSI y  $U_{50}$  por IEC. Ambos términos se usan para señalar a la tensión a la cual el aislamiento tiene 50 % de probabilidad de soportar a dicha tensión de acuerdo a las técnicas de los ensayos establecidas bajo estas normas.

El BIL es una expresión utilizada por ANSI para designar el nivel básico de aislamiento (BIL es para impulsos de rayos y para impulsos de maniobras es el BSL).  $U_{10}$  se utiliza por IEC para designar la tensión soportada, como aquella con un 10 % de probabilidad de ser soportada por un aislamiento dado. El BIL, el BSL y  $U_{10}$  son equivalentes.  $U_{10}$  viene dada para impulsos de rayo y para impulsos de maniobras.

Las especificaciones de los aisladores vienen dadas de acuerdo a las normas ANSI e IEC.

Los aislamientos de tipo ANSI proporcionan las tensiones CFO, las cuales son equivalentes a  $U_{50}$  en IEC.

Los aislamientos IEC proporciona la tensión soportada  $U_{10}$  que es equivalente al BIL (para los impulsos de rayos) y al BSL (para los impulsos de maniobras).

Para relacionar la tensión soportada  $U_{10}$  con la tensión crítica ( $U_{50}$ ), se puede utilizar una expresión dada por IEC 60071-2, la cual se muestra a continuación:

$$U_{10} = U_{50} - 1.3 \cdot Z \quad (1)$$

Donde:

Z: es  $0.03U_{50}$  para impulsos de rayo

Z: es  $0.06U_{50}$  para impulsos de maniobras.

De acuerdo con IEC 60071-2:1997 (referencia 3.1.4, **Probabilidad de descarga disruptiva en el aislamiento**), la influencia de las condiciones atmosféricas en el aislamiento externo (referencia en 3.1.3 de IEC 60071-2) se incluye en los valores derivados de Z dados arriba. Sin embargo no toma en cuenta la contaminación en el aislamiento.

### III. MODELACIÓN ESTADÍSTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE SOBRETENSIONES DE MANIOBRA QUE MEJOR SE AJUSTA A LA DATA.

Obtener la función de densidad de probabilidad que mejor se ajusta a un data aleatoria implica una estimación mediante la solución numérica aplicando el método de máxima verosimilitud, el cual consiste en un proceso de optimización dado un conjunto de datos aleatorios  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  obteniéndose una función  $f(t, \beta, \eta, q)$ , donde  $t$  es la variable independiente siendo  $\beta, \eta, q$  los parámetros. La función objeto es aquella definida por la expresión:

$$L = \prod_{i=1}^n f(t_i, \beta, \eta, q)$$

El procedimiento implica una expansión en funciones logarítmicas  $\ln(L)$  y derivar parcialmente con respecto a  $\beta, \eta, q$ , formado un sistema de ecuaciones no lineales 3x3. Este procedimiento es aplicado a cada tipo de función considerada y finalmente se aplica una prueba de bondad de ajuste con un error tipo I de 1%.

#### A. Funciones de distribuciones de densidad de probabilidades consideradas para el estudio.

Sea  $f(t)$  la función de densidad de probabilidades y  $F(t)$  la función acumulada de probabilidades, se tiene lo siguiente:

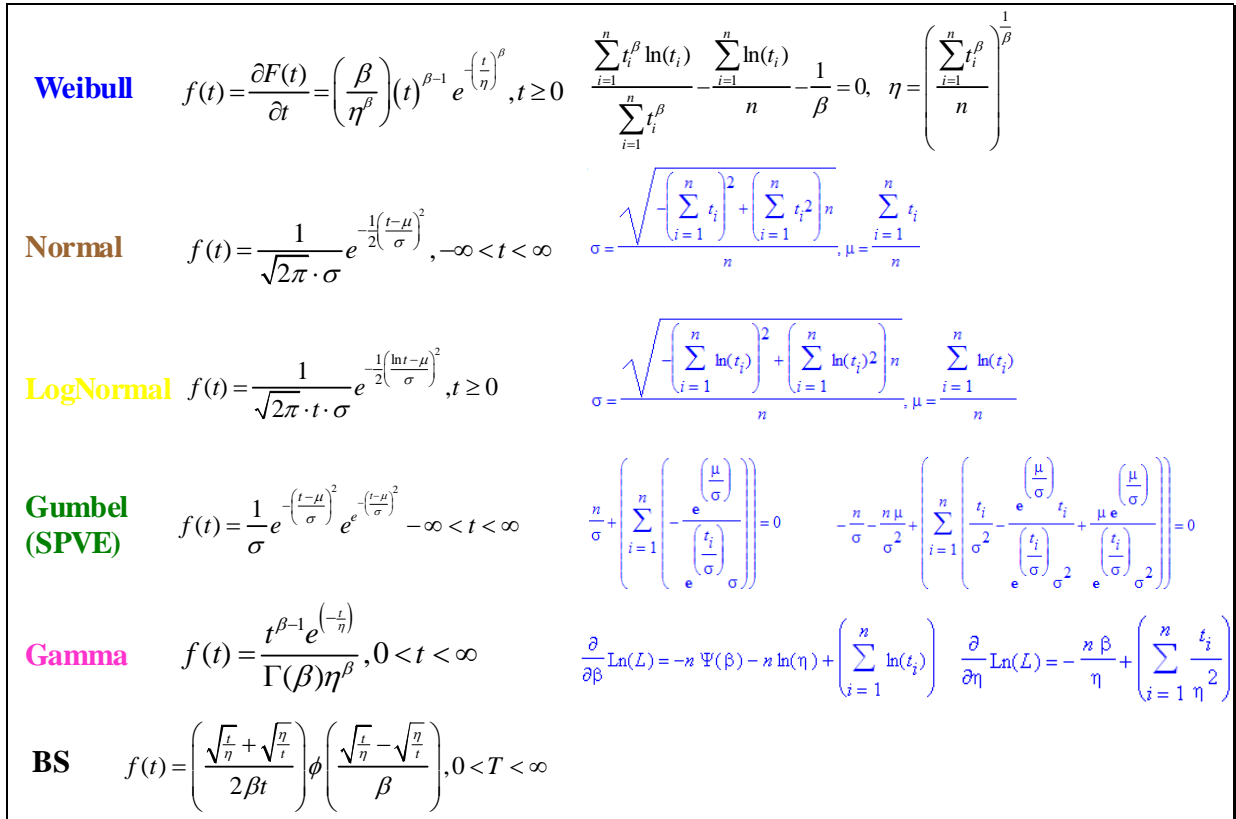


Fig. 2 Funciones de distribuciones de densidad de probabilidades consideradas para el estudio.

En las gráficas los modelos se identifican con colores según: rojo (PGR), azul (Weibull), marrón (Normal), amarillo (LogNormal), Verde (SPVE), Violeta (Gamma), negro (BS).

### B. Prueba de bondad de ajuste - Kolmogorov – Smirnov (KS).

Esta prueba permite verificar la hipótesis nula que la data se ajusta satisfactoriamente a la función de probabilidades en estudio.

Sean  $x_i, i=1\dots n$ , los TMPF ordenados de forma ascendente.

$$D = \max \left( \left| F(x_i) - \frac{i}{n} \right|, \left| F(x_i) - \frac{i-1}{n} \right| \right) \quad (3)$$

Para afirmar que la data sigue el modelo estimado  $F(x_i)$ , el valor D debe ser menor a los valores críticos.

La ventaja de este modelo de prueba es que los valores críticos no dependen de la función de distribución.

## IV. DETERMINACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES.

La elección de la cadena de aisladores se efectuó considerando el nivel de contaminación de la zona de acuerdo a lo contemplado por IEC 60071-2 e IEC 60815.

IEC 60071-2 e IEC 60815 establecen cuatro niveles de contaminación para la zona del emplazamiento. Estos niveles de contaminación son: **Ligero, Medio, Fuerte y Muy Fuerte**. Para cada nivel de contaminación IEC 60071-2 e IEC 60815 recomiendan una Distancia de Fuga Mínima (mm/kV) para la cadena de aisladores. Estas mismas normas también establecen una Distancia de Fuga Mínima requerida de acuerdo al estudio de depósito de sal (EDSS) de la zona.

Un aspecto importante para la determinación de la cadena de aisladores es la Distancia de Fuga (Leakage Distance). La distancia de fuga de la cadena se consigue multiplicando el término de distancia de fuga mínima (dadas en IEC 60071-2 e IEC60850) expresada en mm/kV por la tensión mas elevada de la red Us. Unas ves obtenida esta distancia, se divide este valor entre la distancia de fuga del aislador a utilizar, y de esta forma se obtiene el numero de aisladores para la cadena.

La cadena de aisladores tiene las especificaciones de tensión soportada  $U_{10}$  (de acuerdo a IEC) o CFO (de acuerdo a ANSI), que son dadas por el fabricante, según los ensayos efectuados a determinado numero de aisladores en la cadena.

Luego de seleccionar la cadena de aisladores de acuerdo a las condiciones de contaminación, se verificó que esta soporta las tensiones de maniobras. En este caso se verifica que el CFO de la cadena no sea inferior al CFO obtenido por la metodología estadística presentada en este trabajo.

Generalmente, los fabricantes de aisladores no proporcionan las tensiones soportadas de impulso de maniobra. Por lo tanto, es necesario recurrir a los factores de conversión propuestos por IEC 60071-2 para transformar a otras formas de onda a las tensiones de maniobra que debe soportar la cadena, es decir las tensiones requeridas.

- Para transformar la tensión de impulso de maniobra a tensión de impulso de rayo. Se multiplica la tensión de impulso de maniobra (en su valor de pico) por 1,3.
- Para transformar la tensión de impulso de maniobra a tensión de frecuencia industrial. Se multiplica la tensión de impulso de maniobra (en su valor de pico) por 0,6

Dado a que el comportamiento de aisladores polimérico ante la contaminación del área aun no esta claro, en este trabajo se maneja como hipótesis para selección de aislador polimérico, como aquel equivalente o de reemplazo para el de porcelana, esto implica que las características CFO, BIL ( $U_{50}$  y  $U_{10}$  en caso de aisladores IEC) y la distancia de fuga del aislador polimérico no debe ser inferior al del aislador de porcelana seleccionado.

### V. ESTIMACIÓN DEL CFO A PARTIR DE UNA TASA DE SALIDA FORZADA POR MANIOBRA DE FUENTE “SWITCHING SURGES FORCED OUTAGE RATE (SSFOR)”.

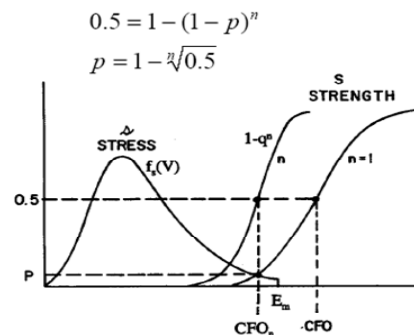
Esta técnica calcula el CFO para un aislamiento mediante la tasa de fallos por maniobras SSFOR. Este trabajo trata sobre cálculo de aislamiento de una línea de transmisión, por lo tanto se toma en cuenta el número de torres en la línea, dado a que el número de aisladores colocados en las torres incide en el SSFOR. El CFO<sub>n</sub> es el CFO para n estructuras, y puede obtenerse del conocimiento de la característica de rigidez para una sola torre como se observa en la figura 3. Como para el CFO de una única estructura, el CFO<sub>n</sub> para n estructuras esta a una probabilidad de 0.5. El objetivo es encantar la probabilidad p en la característica de rigidez de una única torre que sea equivalente al CFO para n torres, por lo tanto:

Estimar para todos los modelos pdf f(t):

$$E_2 = a \int_0^a f(t) dt = 0.98, t \geq 0$$

$$z_f = \text{cdf Normal inversa} = N^{-1}(1 - \frac{1}{n_{\text{torres}}} \sqrt{0.5}) < 0, \quad n_{\text{torres}} = \frac{\text{longitud}}{0.4}$$

$$\text{SSFOR} = \frac{1}{2} \int_{\text{CFO}_n = \text{CFO}(1+0.05z_f)}^{E_2} f(t) dt \leq 1/1000 \text{ (SSFOR requerido), CFO}_n < \text{CFO}$$



Efecto del número de estructuras

Fig. 3 Tasa de fallos SSFOR para un aislamiento, considerando el número de estructuras en la línea.

En este cálculo de CFO, SSFOR ya está establecido para un fallo cada mil maniobras (0.001 fallos por maniobras). El aislamiento se debe ajustar para esta condición, de lo cual se obtiene:

**CFO<sub>min</sub>:** SSFOR < 0.001 para el modelo que mejor se ajuste a los datos con 99% de confianza

**CFO<sub>max</sub>:** SSFOR < 0.001 para todos los modelos independiente si se ajusta a los datos

## V. DATOS DE ENTRADA

En este trabajo se presenta el caso de la determinación de un aislamiento que deba soportar las tensiones de maniobras más exigentes.

### A. Datos aleatorios de sobretensiones de maniobras

Los valores aleatorios de sobretensiones fueron obtenidos mediante la simulación de la maniobra de energización y reenganche trifásico de la línea con el programa PSCAD. De acuerdo a las simulaciones, el caso que produjo la sobretensión más severa, fue aquel donde se efectúa un reenganche trifásico de alta velocidad sin empleo de dispositivo de limitación para las sobretensiones de maniobra.

Los datos obtenidos de las simulaciones en el PSCAD son los siguientes:

- Datos aleatorios de sobretensiones de maniobras obtenidos en la S/E CIGMA, producto de un reenganche trifásico efectuado en la S/E EL Furrial (figura 4).
- Datos aleatorios de sobretensiones de maniobras obtenidos en la S/E El Furrial, producto de un reenganche trifásico efectuado en la S/E CIGMA (figura 5).

```
Data_Reducida = [1.645082345, 3.013815816, 2.937051644, 2.431705903, 3.338384261, 2.947722312, 3.500141191, 2.925285124, 3.064877314, 3.083435833, 1.864745059,
2.268464637, 2.663984445, 1.849818634, 3.167621396, 2.298052834, 1.909283832, 3.132854528, 2.827937722, 2.865617491, 3.066360618, 1.864669036, 2.693976234, 2.615115811,
3.211235424, 2.813422754, 2.971192031, 2.427845763, 3.346152506, 2.747022368, 2.427118002, 2.680475871, 2.67635342, 2.942041542, 2.324656679, 2.29190954, 2.279248847,
3.011022744, 2.903708401, 2.730591338, 2.853266993, 1.723101186, 2.85880171, 2.821060684, 2.940725069, 2.616058261, 2.981774389, 2.786320334, 3.081712708, 1.904543398,
1.743750752, 3.16318858, 1.785114093, 2.822487911, 2.919161368, 2.659434901, 2.464625324, 2.672495956, 3.059457322, 2.879807683, 2.665520215, 2.288037593, 2.661361029,
2.282365666, 2.45451001, 3.190085651, 2.804681313, 2.4716924, 2.649486535, 1.987462951, 3.037614757, 1.928865551, 2.786306032, 2.741465866, 2.934599155, 2.935748885,
2.70154128, 2.429146049, 1.863699701, 2.345631453, 2.852513898, 2.925660864, 2.067132137, 3.135436632, 3.146327306, 2.896983392, 3.163145803, 2.915602714, 2.269849396,
2.702150232, 1.804883568, 1.954502082, 2.508902884, 2.950516722, 2.082717278, 3.000184265, 2.547309073, 2.729406916, 2.532677419, 3.166168153, 2.129340801]
```

**Fig. 4.** Datos obtenidos mediante aplicación del PSCAD, correspondiente a un listado de sobretensiones de maniobras (medidas en la S/E CIGMA) producidas por un reenganche trifásico efectuado en la E/S El Furrial. Los valores están expresado en por unidad del valor pico de la tensión de la red.

```
Datos_Aleatorios = [1.263962117, 3.15399195, 3.23501954, 2.619844808, 3.315086683, 2.930204841, 3.515181695, 3.300233614, 3.39857987, 3.045326042, 1.709764424,
2.249536482, 3.241147898, 2.0518686, 3.352139177, 2.593719311, 1.728304652, 3.81985662, 3.329840226, 3.499536644, 3.381730115, 1.73558659, 3.566047881, 3.018726504,
3.477013548, 3.34203618, 3.528718806, 2.955444729, 3.033756685, 3.388428311, 2.721439057, 3.127259614, 3.550871083, 3.109785395, 2.577359309, 2.547775316, 2.688581308,
3.571786351, 3.164921453, 2.841596342, 3.352624521, 1.251448113, 3.204357809, 3.32069037, 3.227803371, 3.588380921, 2.96282988, 3.338094835, 3.219884704, 1.651777281,
1.301966445, 3.172169665, 2.181198324, 3.647277422, 3.590455886, 3.198667847, 2.966968172, 3.217388246, 3.231022446, 3.535322036, 3.493153349, 2.474827499, 3.117360916,
2.62639646, 2.923030651, 3.375023864, 3.124075216, 2.799694227, 3.229418589, 1.726652487, 3.213576854, 1.633503027, 3.222177673, 3.20621567, 3.235655413, 3.178879077,
3.085174565, 2.877521063, 2.216047628, 2.739876234, 3.290262452, 3.595527033, 2.55588078, 3.283425124, 3.538242747, 3.318812436, 3.203187757, 3.45728306, 2.673957646,
3.183300568, 1.501670526, 1.936356684, 2.776443844, 3.532487607, 2.097200885, 3.704850447, 3.113606536, 3.075770986, 3.001494801, 3.440518037, 2.596870345]
```

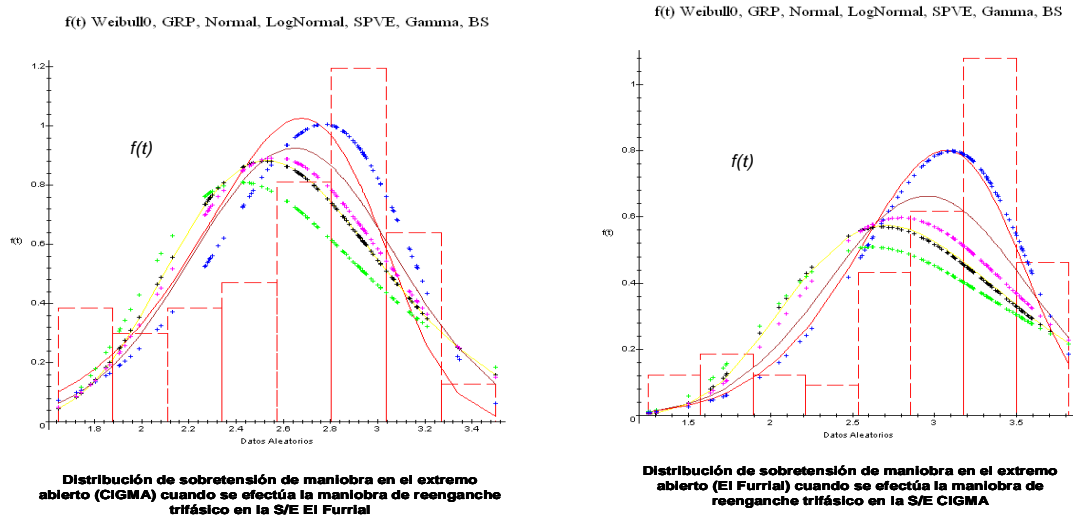
**Fig. 5.** Datos obtenidos mediante aplicación del PSCAD, correspondiente a un listado de sobretensiones de maniobras (medidas en la S/E El Furrial) producidas por un reenganche trifásico efectuado en la S/E CIGMA. Los valores están expresado en por unidad del valor pico de la tensión de la red

### B. El nivel de contaminación de la zona.

De acuerdo con [1] y [2]. El nivel de contaminación de la parte de la línea en el estado Monagas es medio, y en el estado Sucre la línea se encuentra en un nivel de contaminación alto.

## VI. RESULTADOS

A partir de los datos aleatorios de sobretensiones de maniobra, presentados en las figuras 4 y 5, se forman las distribuciones de probabilidad  $f(t)$  para: Weibull, Generalized Renewal Process (GRP), LogNormal, Sesgada Positiva de Valor Extremo (SVPE) y Gamma. Esto se realizó según las ecuaciones mostradas en la figura 2, empleando un código especial en lenguaje de programación *Maple V release 4*, ver figura 6.



**Fig. 6.** Distribución de sobretensión de maniobra en el extremo abierto de la línea cuando se efectúan maniobras de reenganche trifásico en la línea.

La sobretensión de maniobra E2 se calculó de la distribución de sobretensiones mostradas en la figura 6, mediante la ecuación para E2 dada en el punto V. a continuación se presentan los valores de E2 obtenidos para las distribuciones de probabilidad GRP, Weibull, Normal, LogNormal, Gamma y SVP.

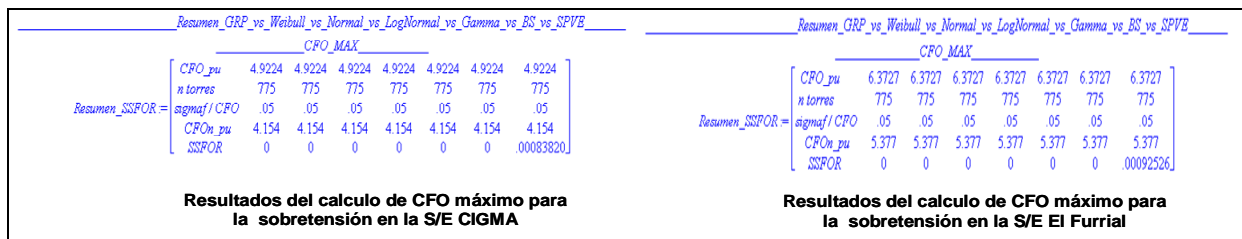
Resumen_GRP_vs_Weibull_vs_Normal_vs_LogNormal_vs_Gamma_vs_BS_vs_SPVE	Resumen_GRP_vs_Weibull_vs_Normal_vs_LogNormal_vs_Gamma_vs_BS_vs_SPVE
<pre> Resumen_STM= E2      3.262  3.373  3.330  3.741  3.634  3.736  4.191 Esperado 2.556  2.651  2.645  2.647  2.645  2.645  2.680 Desviacion 4046  4104  4311  4694  4520  4688  5826 Desviacion / E2 -1240  -1217  -1221  -1255  -1237  -1255  -1390 E2+Dev    3.667  3.783  3.961  4.210  4.106  4.205  4.774 KS        -1790  -08484  -1280  -1609  -1505  -1626  -1721 Cumple KS_5? NO SI SI SI SI NO NO Cumple KS_1? NO SI SI SI SI NO NO                     </pre>	<pre> Resumen_STM= E2      3.843  3.879  4.189  4.796  4.519  4.781  5.442 Esperado 2.933  2.967  2.953  2.965  2.953  2.952  3.038 Desviacion 5103  5106  6019  7508  6832  7515  9276 Desviacion / E2 1328  1316  1437  1566  1512  1572  1704 E2+Dev    4.353  4.390  4.791  5.547  5.202  5.533  6.370 KS        1807  1540  1772  2102  1966  2170  2012 Cumple KS_5? NO NO NO NO NO NO NO Cumple KS_1? NO SI NO NO NO NO NO                     </pre>
<b>Resultados de las distribuciones de sobretensión en la S/E CIGMA cuando la maniobra se ejecuta en la S/E El Furrial.</b>	<b>Resultados de las distribuciones de sobretensión en la S/E El Furrial cuando la maniobra se ejecuta en la S/E CIGMA.</b>

**Fig.7.** Calculo de E2 Tensión de maniobra (Ue2 de IEC).

Aplicando el procedimiento estadístico mostrado en el punto V se determinó el CFOMin y CFOMax para las funciones GRP, Weibull, Normal, LogNormal, Gamma y SVP. En las figuras 8 y 9 se muestran estos resultados.

Resumen_GRP_vs_Weibull_vs_Normal_vs_LogNormal_vs_Gamma_vs_BS_vs_SPVE	Resumen_GRP_vs_Weibull_vs_Normal_vs_LogNormal_vs_Gamma_vs_BS_vs_SPVE
<pre> CF0_MIN CF0_pu  3.9924  3.9924  3.9924  3.9924  3.9924  3.9924 n torres 775    775    775    775    775    775 sigmaf / CFO .05    .05    .05    .05    .05    .05 CF0n_pu  3.369   3.369   3.369   3.369   3.369   3.369 SSPOR    0       .00034826 .013270 .026171 .021456 .025972 .048006                     </pre>	<pre> CF0_MIN CF0_pu  4.5827  4.5827  4.5827  4.5827  4.5827  4.5827 n torres 775    775    775    775    775    775 sigmaf / CFO .05    .05    .05    .05    .05    .05 CF0n_pu  3.867   3.867   3.867   3.867   3.867   3.867 SSPOR    0       .00083555 .022181 .048475 .038736 .047875 .071671                     </pre>
<b>Resultados del calculo de CFO mínimo para la sobretensión en la S/E CIGMA.</b>	<b>Resultados del calculo de CFO mínimo para la sobretensión en la S/E El Furrial.</b>

**Fig. 8.** Calculo de CFO mínimo en las Subestaciones CIGMA y El Furrial.



**Fig. 9.** Calculo de CFO máximo En las Subestaciones CIGMA y El Furrial.

Una vez obtenido los datos requeridos para seleccionar la cadena de aisladores (Distancia de Fuga y CFO), se procede a la elección del aislador. En la tabla mostrada a continuación se presenta El CFO y la distancia de fuga mínima requerida en la cadena. Estos datos están dados de acuerdo a la zona, El CFO corresponde a la sobretensión originada en el sitio (en la S/E) y la distancia de fuga de acuerdo al nivel de contaminación de la misma zona.

**Tabla 1.** Datos obtenidos mediante el estudio, y empleados como referencia para seleccionar la cadena de aisladores de acuerdo a la zona de emplazamiento.

Zona	Distancia de fuga mínima Requerida para la cadena	CFO Mínimo fase-tierra para sobretensiones de maniobras	CFO Máximo fase-tierra para sobretensiones maniobras
Estado Monagas (S/E el Furrial)	8400 mm	1502 kV	2089 kV
Estado Sucre (S/E el CIGMA)	10500 mm	1308 kV	1362 kV

A partir de estos valores se puede seleccionar el aislador o la cadena de aisladores teniendo en cuenta que los datos de la Tabla 1 deben ser interpretando de la siguiente forma:

- Para un aislamiento a instalar en la zona del Estado Monagas, el valor mínimo que puede tener la línea de fuga en la cadena de aisladores es 8400 mm, lo mínimo que puede tener el CFO para tensiones de maniobras es 1502 kV y es suficiente un CFO de 2089 kV para las sobretensiones de maniobras.
- Para un aislamiento a instalar en la zona del Estado Sucre, el valor mínimo que puede tener la línea de fuga en es 10500 mm, lo mínimo que puede tener el CFO para tensiones de maniobras es 1308 kV y es suficiente un CFO de 1362 kV para las sobretensiones de maniobras.

Por lo general los fabricantes de aisladores (sobre todos los de porcelana), no suministra El CFO para impulsos de maniobra. Por lo tanto, se deben aplicar los factores de conversión dados en la sección IV de este trabajo “DETERMINACION DE LA CADENA DE AISLADORES”, para transformar la tensión CFO del aislador seleccionado a sobretensiones de maniobras, y de esta forma efectuar la comparación de este con el CFO requerido.

## BIBLOGRAFIA

- [1] IEC (STD 600 71-2: 1996), “Insulation Coordination Part 2”, (1996).  
 [2] IEC 60815 (STD 60815), “Guide for the selection of insulator respect of polluted conditions” (1986)