

| RESUMEN DE VALORES | | | | | |
|--------------------|-----------|-----------|-------------------------------|---|------------|
| Modelo | Estado | Parámetro | Valor | Dispersión | Unidad |
| Mayr | Constante | Potencia | 209,6 | $\pm 91,00$ | [kW] |
| | | Tita | 0,943 | $\pm 0,251$ | [μ s] |
| | Variable | Potencia | $83,7168 \cdot g^{0,812292}$ | $577494 \cdot g^{1,934458}$ | [kW] |
| | | Tita | $15,5819 \cdot g^{0,599004}$ | $\pm 0,0947 - 42,508 \cdot g + 5563,1 \cdot g^2$ | [μ s] |
| Cassie | Constante | Tensión | 3,759 | $\pm 0,694$ | [kV] |
| | | Tita | 0,981 | $\pm 0,571$ | [μ s] |
| | Variable | Tensión | $10,2961 \cdot g^{0,0253159}$ | $\pm 13,9028 \cdot g^{0,473240}$ | [kV] |
| | | Tita | $36,2426 \cdot g^{0,718350}$ | $\pm 0,0408 + 24,684 \cdot g - 8694,1 \cdot g^2 + 636111 \cdot g^3$ | [μ s] |

Tabla N°II-17: Resumen de los valores de los parámetros para interruptores de SF6.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| D1 | 0,695881 ² | 0,848282 ⁰ |
| D2 | 0,206212 ² | 0,605815 ⁰ |
| Promedio | 0,362426 ² | 0,718350 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

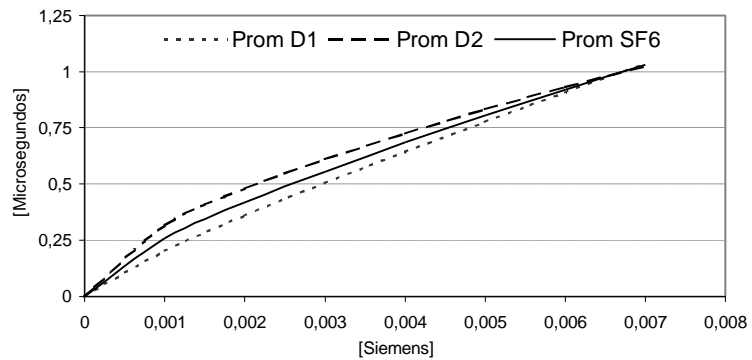


Figura N°II-68: Generalización de valores variables para la constante de tiempo de Cassie.

El comportamiento de la constante de tiempo tratada como variable con la conductancia responde a la forma general de la figura anterior donde, al igual de lo que pasara con la constante de tiempo de la fórmula de Mayr, existe un cruzamiento entre las curvas pero esta vez a un valor superior de conductancia e igual a 0,007 [S] aproximadamente. Al igual que para Tita de la fórmula de Mayr, la forma general de la curva depende del tipo de interruptor teniendo el D2 valores superiores que el D1 para la conductancia tendiendo a cero invirtiéndose luego como se dijo anteriormente. Aquí el valor de dispersión sigma responde a la forma $y = A+Bx+Cx^2+Dx^3$ (con $A = 0,0408423$, $B = 24,684127$, $C = -8694,0476$ y $D = 636111,11$).

II-8.- RESUMEN DE LOS VALORES CALCULADOS PARA INTERRUPTORES DE SF6

A continuación se presenta una tabla resumen con los valores calculados a partir de la generalización anterior. En ella se pueden apreciar en función del modelo escogido y del tipo de comportamiento deseado, tanto el valor que le corresponde al parámetro del modelo como así también la dispersión que tiene para cada uno de ellos.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|------------------|
| | Ap | Bp |
| D1 | $0,143920^2$ | $0,660090^{-1}$ |
| D2 | $0,687041^1$ | $-0,253310^{-1}$ |
| Promedio | $0,102961^2$ | $0,253159^{-1}$ |
| Sigma | $0,139028^2$ | $0,473240^0$ |

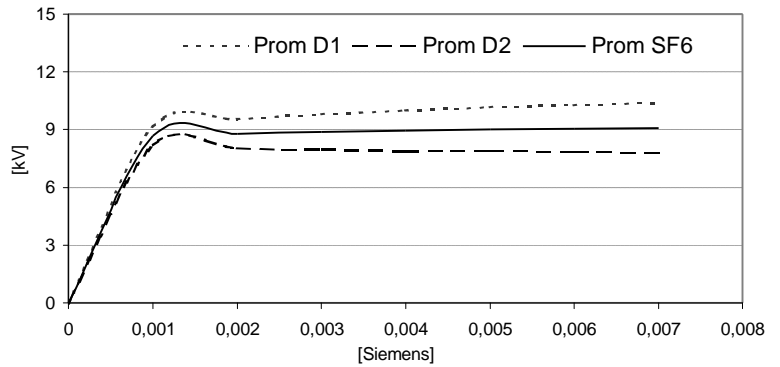


Figura N°II-66: Generalización de valores variables para la tensión de Cassie.

La utilización del modelo de Cassie para representar al arco eléctrico, implica tener para la tensión una forma particular con un lomo en su forma, para un valor de conductancia igual a 0,001 [S] según se desprende del análisis de la figura anterior en donde, independientemente del tipo de interruptor que se trate, la forma general de la curva permanece invariable lo que origina una dispersión que responde a la forma potencial siguiente $y = Ax^B$.

II-7.2.2.- Constante de tiempo

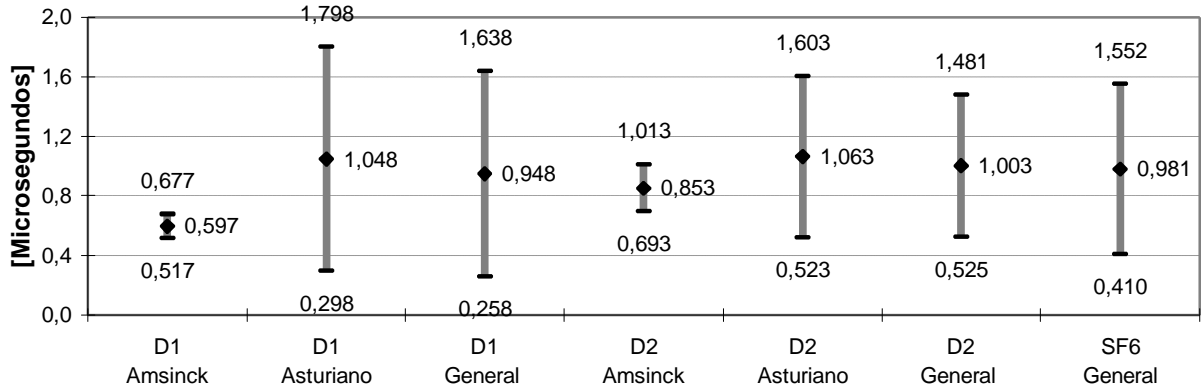


Figura N°II-67: Generalización de valores constantes para la constante de tiempo de Cassie.

La figura anterior muestra la elevada dispersión calculada en la constante de tiempo de la fórmula de Cassie si es que se la trata como constante a lo largo del tiempo. Las razones de tan llamativa dispersión se deben primero, a los resultados del Método Asturiano de cálculo para aquellos oscilogramas que tienen reignición para el interruptor D1 y, segundo, a los valores calculados para el interruptor D2 usando los oscilogramas sin reignición.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| D1 | 0,380676 ² | 0,761901 ⁰ |
| D2 | 0,678431 ¹ | 0,448627 ⁰ |
| Promedio | 0,155819 ² | 0,599004 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

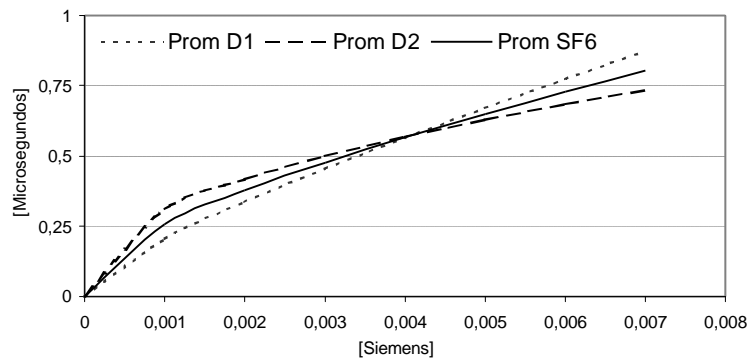


Figura N°II-64: Generalización de valores variables para la constante de tiempo de Mayr.

Para el caso de utilizar parámetros constantes y en especial hablando de la constante de tiempo de la fórmula de Cassie, habrá que tener en cuenta la figura anterior donde se muestra la evolución de las aproximaciones para cada tipo de interruptor notándose un cruzamiento de los valores calculados para una conductancia igual a 0,004 [S]. Debido a la forma de ambas curvas, la dispersión responde a la fórmula $y = A + Bx + Cx^2$ (con $A = 0,0947143$, $B = -42,508333$ y $C = 5563,0952$).

II-7.2. MODELO DE CASSIE

II-7.2.1. Tensión

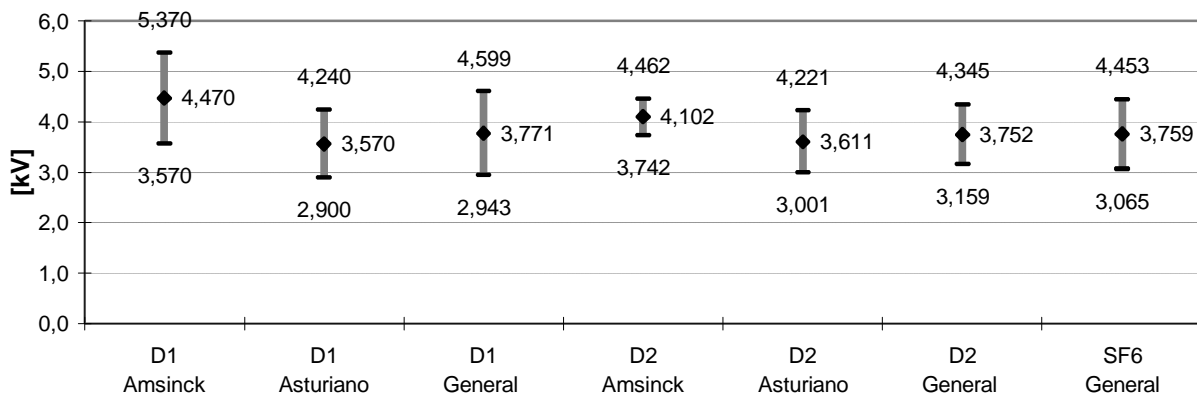


Figura N°II-65: Generalización de valores constantes para la tensión de Cassie.

La generalización de valores calculados como constantes para la tensión de la fórmula de Cassie, muestra un comportamiento homogéneo independiente del método o del tipo de interruptor, donde la mayor dispersión se tiene para el interruptor D1; no obstante, el valor final de esta última es reducido y de magnitud comparable a las restantes ya que para su cálculo se han utilizado a todos los valores encontrados con los programas de cálculo.

una mayor dispersión con respecto al interruptor D1, que se ve reflejada en el valor final de sigma.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| D1 | 0,250173 ⁵ | 0,986305 ⁰ |
| D2 | 0,204076 ⁴ | 0,586713 ⁰ |
| Promedio | 0,837168 ² | 0,812292 ⁰ |
| Sigma | 0,577494 ⁶ | 0,193458 ¹ |

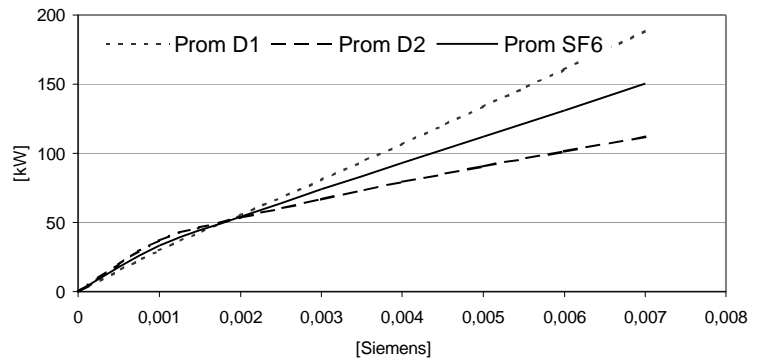


Figura N°II-62: Generalización de valores variables para la potencia de Mayr.

La evolución de la generalización de los valores de la potencia de la fórmula de Mayr calculada como si fuera un parámetro variable con la conductancia, se muestra en la figura anterior donde se debe notar la distinta forma de cada curva de potencia refrigerante para cada tipo de interruptor, siendo la más suave la que corresponde al D1.

II-7.1.2.- Constante de tiempo

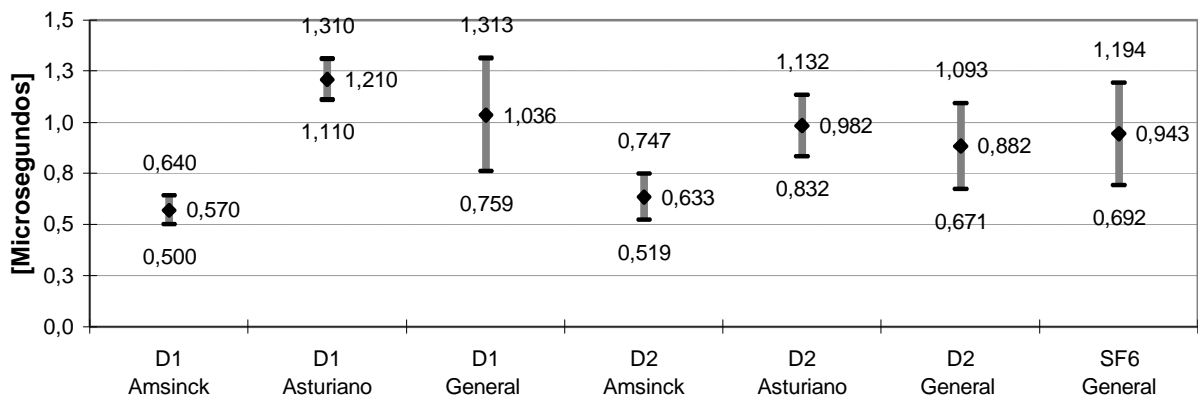


Figura N°II-63: Generalización de valores constantes para la constante de tiempo de Mayr.

La mayor diferencia entre los valores de constante de tiempo calculados como constantes para los interruptores ensayados, le pertenece al D1 y especialmente utilizando el método de Amsinck según se puede ver en la figura anterior en donde el resto de valores se mantiene dentro de márgenes más estrechos. De igual manera, el interruptor D2 posee valores menos dispersos que el D1, además de estar sus valores medios más próximos entre sí. La elevada dispersión de valores que le corresponden al D1 influye en que los valores generales de ésta última se notan aún más.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,318898 ² | 0,729684 ⁰ |
| Ast | 0,165186 ² | 0,530051 ⁰ |
| Promedio | 0,206212 ² | 0,605815 ⁰ |
| Sigma | 0,507757 ⁰ | 0,215686 ⁰ |

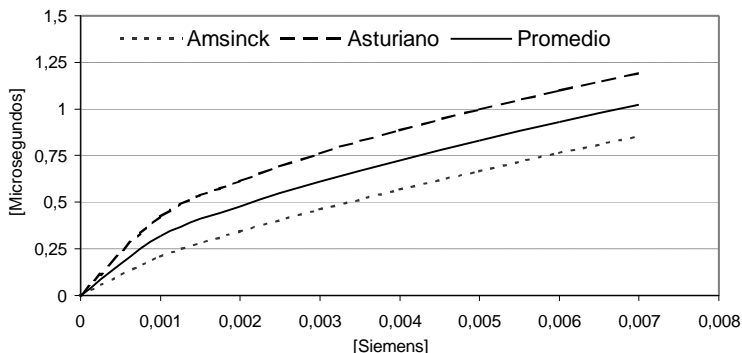


Figura N°II-60: Evolución de Tita de la fórmula de Cassie, según el método de cálculo.

Para finalizar este apartado, aquí se presenta la comparación de las aproximaciones realizadas de los valores de la constante de tiempo de la fórmula de Cassie para los dos métodos en estudio, en la cual se puede como el Asturiano arroja valores superiores que el Amsinck para todos los valores de conductancia aunque la diferencia a partir de 0,0001 [S] se mantiene prácticamente constante para el resto de valores. Es de destacar que esta diferencia está causada por el método de cálculo en sí y no por incluir el Asturiano a los oscilogramas que no tienen reignición dentro de los valores presentados.

II-7.- GENERALIZACIÓN DE VALORES DE PARÁMETROS PARA INTERRUPTORES DE SF6

II-7.1.- MODELO DE MAYR

II-7.1.1.- Potencia

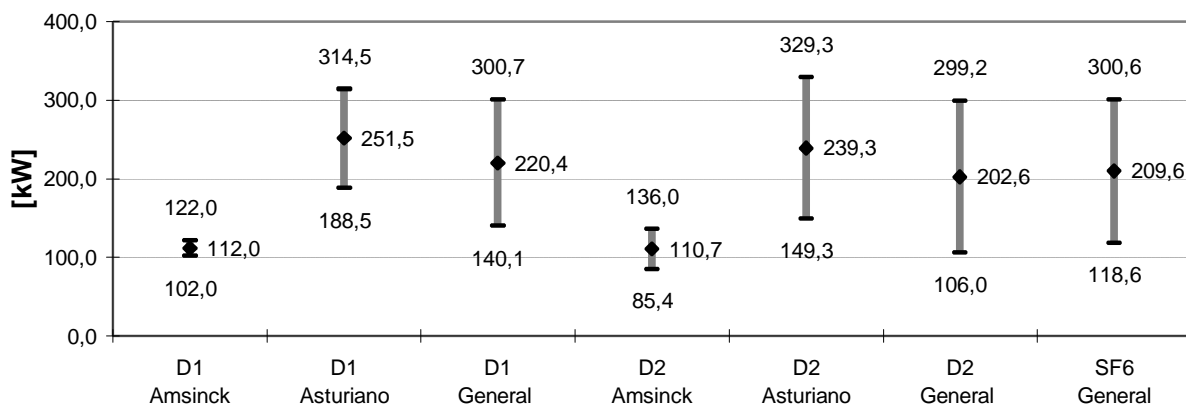


Figura N°II-61: Generalización de valores constantes para la potencia de Mayr.

La figura anterior representa el proceso de generalización de los valores calculados como constantes para la potencia de fórmula de Mayr. En ella se puede observar todos los valores promedios calculados precedentemente junto con las dispersiones para cada método de cálculo empleado y en función del tipo de interruptor. El proceso de generalización primero se realiza para cada interruptor y luego entre los dos tipos de interruptores, llegando a un valor general que involucra a todos los oscilogramas para los cuales se han determinados los parámetros de las ecuaciones. En particular, hablando del interruptor D2, se puede apreciar

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,621743 ¹ | 0,464144 ⁰ |
| Ast | 0,738448 ¹ | 0,437274 |
| Promedio | 0,678451 ¹ | 0,448627 ⁰ |
| Sigma | 0,683655 ⁰ | 0,366424 ⁰ |

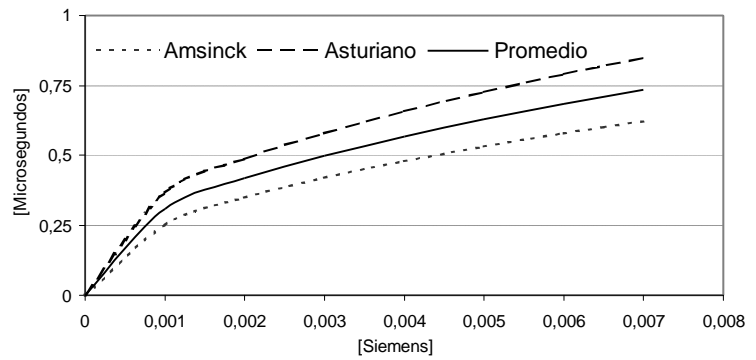


Figura N°II-58: Evolución de Tita de la fórmula de Mayr, según el método de cálculo.

Analizando la figura anterior se podrá comprobar la evolución de las aproximaciones para los valores calculados de Tita para la fórmula de Mayr con ambos métodos en estudio, en la cual el Método Asturiano arroja valores superiores al Amsinck a lo largo de todo el rango de variación de la conductancia estudiado y ambas curvas responden al mismo comportamiento.

II-6.2.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,219366 ⁴ | -0,114155 ⁰ |
| Ast | 0,121831 ⁵ | 0,768201 ⁻² |
| Promedio | 0,687041 ¹ | -0,253310 ⁻¹ |
| Sigma | 0,585086 ¹ | 0,795622 ⁻¹ |

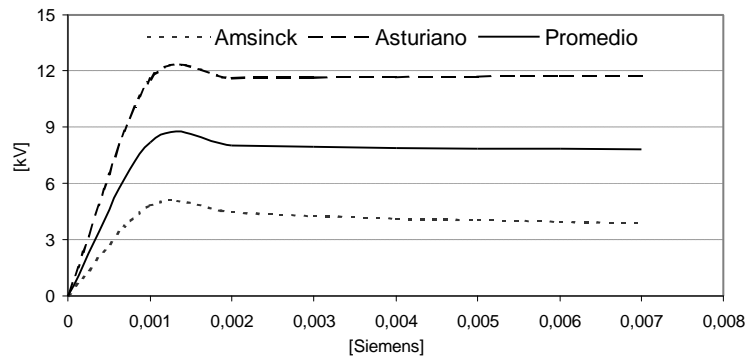


Figura N°II-59: Evolución de la tensión de la fórmula de Cassie, según el método de cálculo.

En este párrafo se analiza la evolución de la tensión de Cassie calculada con el Método Asturiano, que arroja valores superiores a la calculada con el Amsinck, y el origen de tal diferencia radica en que los resultados del primer método también involucran a los oscilogramas en los cuales no hubo reignición para los cuales la tensión de Cassie es de aproximadamente 20 [kV], como se pudo ver anteriormente, valor casi cinco veces superior al resto de oscilogramas. Así, tal valor, influye en los valores promedio generales originando la diferencia que se está analizando; por otra parte e independientemente del valor que toman la forma general de las curvas dibujadas anteriormente coinciden en todo el rango de variación tal cual sucediera también con el interruptor D1.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,135654 ³ | 0,102185 ¹ |
| Ast | 0,494128 ² | 0,746116 ⁰ |
| Promedio | 0,695881 ² | 0,848282 |
| Sigma | 0,119657 | 0,370129 |

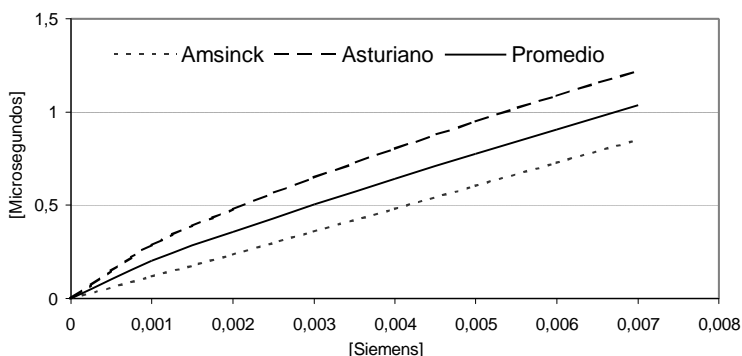


Figura N°II-56: Evolución de Tita de la fórmula de Cassie, según el método de cálculo.

Al igual de lo que sucediera con la figura anterior, en la presentada en esta oportunidad los valores superiores de la curva del Método Asturiano se deben a que también incluyen los resultados de los oscilogramas en los que no hubo reignición, que son superiores a los que sí hubo reignición, cosa que la curva del método de Amsinck, no los tiene en cuenta ya que no los puede calcular. Oportunamente ya se han comparado entre sí los valores de la constante de tiempo del modelo de Cassie, sólo para oscilogramas con reignición. A pesar de lo dicho, la suavidad de las curvas anteriores y la evolución del sigma a lo largo del rango de la conductancia, mantienen la diferencia entre ambos métodos en valores prácticamente constantes.

II-6.2.- INTERRUPTOR “D2”

II-6.2.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,292869 ⁴ | 0,651885 ⁰ |
| Ast | 0,143713 ⁷ | 0,522681 ⁰ |
| Promedio | 0,204076 ⁴ | 0,586713 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

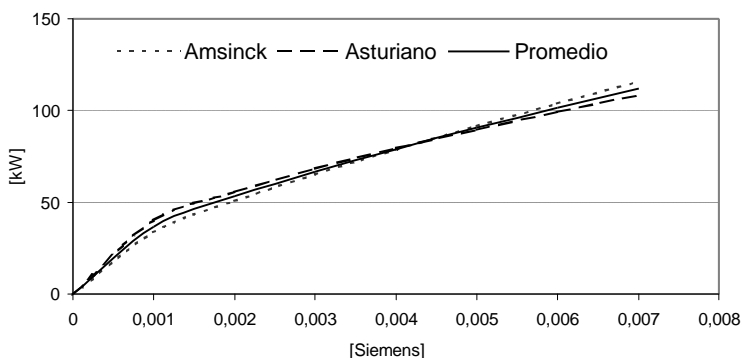


Figura N°II-57: Evolución de la potencia de la fórmula de Mayr, según el método de cálculo.

Al igual de lo que sucediera con el interruptor D1, la curva de valores calculados con el Asturiano para valores tendiendo a cero de conductancia, es superior a la del Amsinck invirtiéndose para valores alejados del cero pero siempre dando como resultados valores muy semejantes entre ambos métodos. Este cruzamiento de las curvas origina que la dispersión de valores responda a una fórmula del tipo $y = A + Bx + Cx^2$ (con $A = 5,7101429$, $B = -2450,143$ y $C = 308000$) ya que, para valores próximos a 0,004 [S] de conductancia, se anula como puede verse en la figura.

distintos, la aproximación de sigma responde a una fórmula ya mucho más complicada que la anteriores ya que tiene la forma $y = A+Bx+Cx^2+Dx^3$ (con $A = -2,706$, $B = 23999,893$, $C = -7703047,6$ y $D = 6,45 \cdot 10^8$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,119426 ³ | 0,100401 ¹ |
| Ast | 0,176802 ² | 0,594871 ⁰ |
| Promedio | 0,380676 ² | 0,761901 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

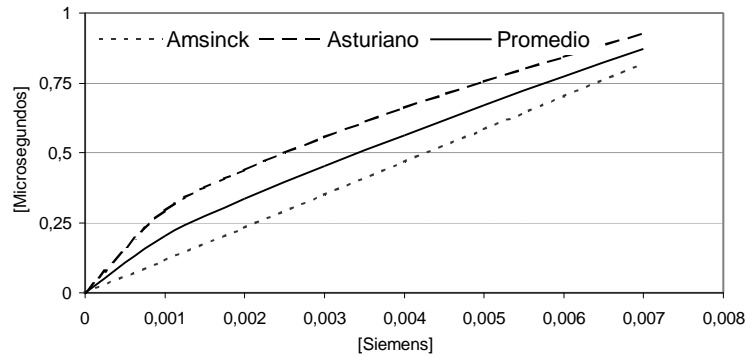


Figura N°II-54: Evolución de Tita de la fórmula de Mayr, según el método de cálculo.

La constante de tiempo calculada según el Asturiano da valores un poco superiores a la calculada con el Amsinck, sobre todo para cuando la conductancia tiende a hacerse cero; para valores altos de conductancia la diferencia entre ambos métodos disminuye paulatinamente lo que origina un sigma de dispersión de la forma $y = A+Bx+Cx^x$ (con $A = 0,0779857$, $B = 16,371429$ y $C = -2885,71$).

II-6.1.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,128686 ⁵ | 0,185049 ⁰ |
| Ast | 0,183685 ⁵ | 0,324512 ⁻¹ |
| Promedio | 0,143920 ² | 0,660090 ⁻¹ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

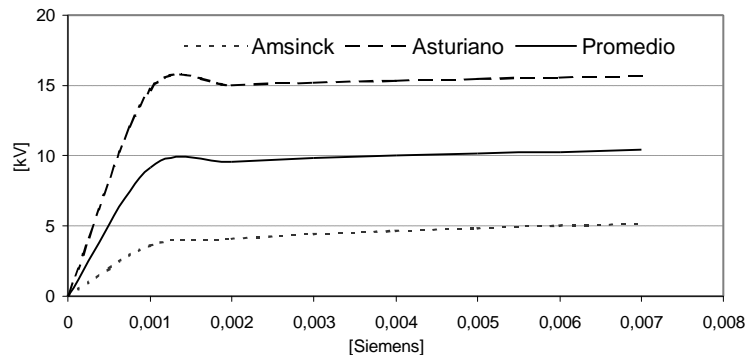


Figura N°II-55: Evolución de la tensión de la fórmula de Cassie, según el método de cálculo.

Cuando se calcula la tensión de la fórmula de Cassie, según el Asturiano, se observa cómo dicho método da valores superiores a los que da el Amsinck, manteniéndose prácticamente constante la diferencia entre ambos independientemente del valor que asuma la conductancia. La razón por la cual existe esta diferencia entre las curvas se origina en que la tabla de valores calculados con el Método Asturiano también incluye los valores de tensiones para aquellos oscilogramas en los cuales no hubo reignición, que son alrededor de cuatro veces superiores respecto a los que sí presentaron reignición. Recordemos que anteriormente ya se habían comparado las tensiones calculadas para oscilogramas con intento fallidos de apertura, dando valores idénticos para uno u otro método de cálculo. Además se debe recalcar que ambos métodos tienen la misma forma para conductancia igual a 0,001 [S] y que el sigma tiene la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = 5,635$, $B = -92,428571$ y $C = 5571,4286$).

Utilizando ambos métodos para calcular la tensión de la fórmula de Cassie, se puede comprobar cómo los valores calculados responden a las mismas formas de variación especialmente para la región de conductancia igual a 0,001 [S], luego de la cual, las diferencias que existen entre ambos se reducen hasta tener, a un valor de 0,007 [S], prácticamente el mismo valor calculado.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,318898 ² | 0,729684 ⁰ |
| Ast | 0,358922 ¹ | 0,265439 ⁰ |
| Promedio | 0,813281 ¹ | 0,443296 ⁰ |

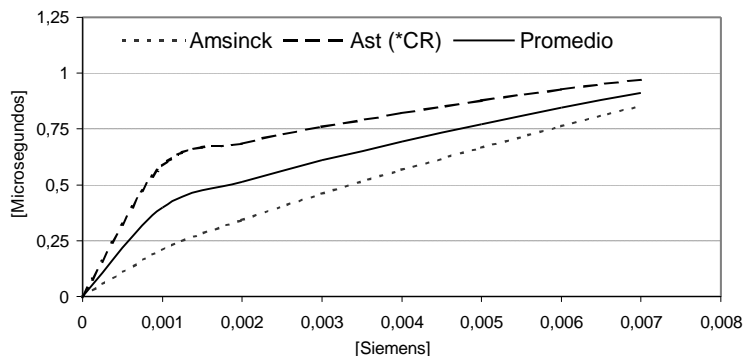


Figura N°II-52: Comparación entre valores de Tita de la fórmula de Cassie.

Al igual que el caso anterior, la diferencia entre los valores calculados según cada método para la constante de tiempo de la fórmula de Cassie se reduce a medida que el valor de conductancia aumenta siendo suave la forma de variación de ambas curvas.

II-6.- COMPARACIÓN Y UNIÓN ENTRE LOS RESULTADOS SEGÚN LOS MÉTODOS

II-6.1.- INTERRUPTOR “D1”

II-6.1.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,155619 ⁶ | 0,134268 ¹ |
| Ast | 0,609761 ⁷ | 0,711722 ⁰ |
| Promedio | 0,251173 ⁵ | 0,986305 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

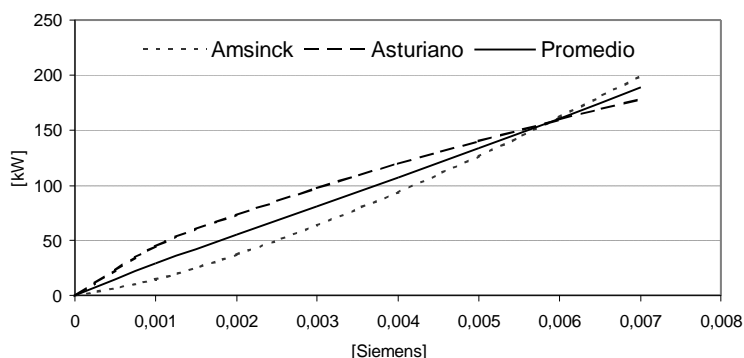


Figura N°II-53: Evolución de la potencia de la fórmula de Mayr, según el método de cálculo.

En la figura anterior se presenta la evolución de los valores medios de la potencia de la fórmula de Mayr calculada según el método de Amsinck y el Asturiano; también se presenta la curva de los valores promedios calculados en función de las anteriores. Aquí se puede ver cómo el Método Asturiano da valores superiores de la potencia cuando la conductancia tiende a cero. Mientras que para valores superiores de conductancia, valores mayores a 0,006 [S] la relación entre los valores según los métodos se invierte pasando el Amsinck a dar valores superiores. Como en esta figura se están “uniendo” los resultados de dos métodos de cálculo

II-5.2.- INTERRUPTOR “D2”

II-5.2.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,292869 ⁴ | 0,651885 ⁰ |
| Ast | 0,114023 ⁷ | 0,546078 ⁰ |
| Promedio | 0,195496 ⁴ | 0,608833 ⁰ |

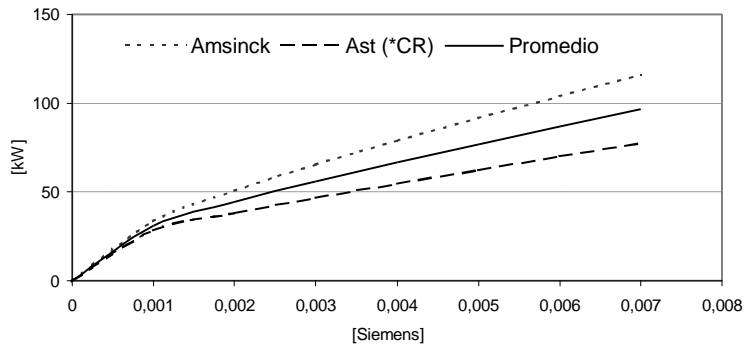


Figura N°II-49: Comparación entre valores de la potencia de la fórmula de Mayr.

Los caminos seguidos por las aproximaciones para la potencia de la fórmula de Mayr se presentan en la figura preliminar donde al igual que pasara con el interruptor D1, los valores de la potencia según el Método Asturiano son un poco menores que los del Amsinck.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,621743 ¹ | 0,464144 ⁰ |
| Ast | 0,439131 ¹ | 0,346923 ⁰ |
| Promedio | 0,502944 ¹ | 0,396607 ⁰ |

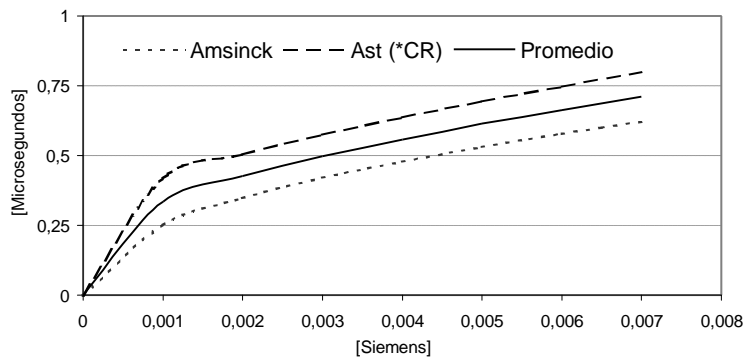


Figura N°II-50: Comparación entre valores de Tita de la fórmula de Mayr.

La curva de la constante de tiempo calcula con el Asturiano se muestra superior a la hallada para el Amsinck, a todo lo largo de la comparación según surge de la figura precedente. El mismo comportamiento se tenía para el interruptor D1.

II-5.2.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,219366 ⁴ | -0,114155 ⁰ |
| Ast | 0,436209 ⁴ | 0,319398 ⁻¹ |
| Promedio | 0,298711 ¹ | -0,473211 ⁻¹ |

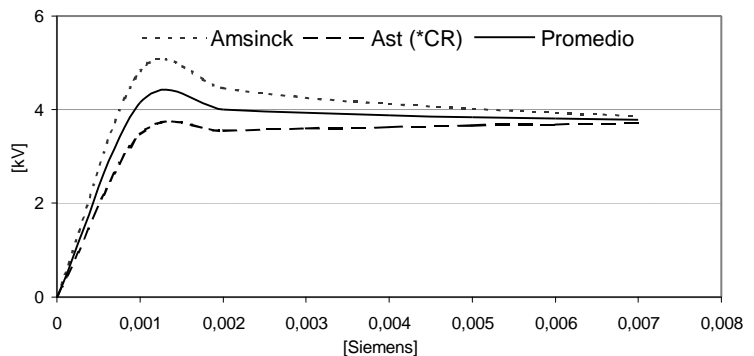


Figura N°II-51: Comparación entre valores de la tensión de la fórmula de Cassie.

II-5.1.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,128686 ⁵ | 0,185049 ⁰ |
| Ast | 0,130223 ⁵ | 0,189286 ⁰ |
| Promedio | 0,129453 ² | 0,187161 ⁰ |

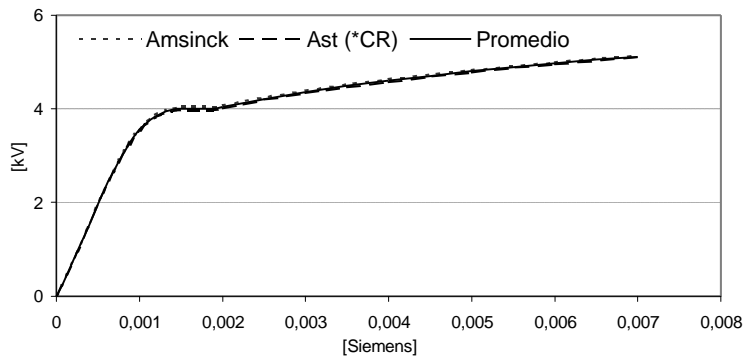


Figura N°II-47: Comparación entre valores de la tensión de la fórmula de Cassie.

La evolución del valor que toma el parámetro de tensión de la fórmula de Cassie es indistinto según se calcule con uno u otro método, tal como se puede ver en la figura anterior donde no existen diferencias entre ambos métodos.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,135654 ³ | 0,102185 ¹ |
| Ast | 0,618513 ² | 0,843181 ⁰ |
| Promedio | 0,878078 ² | 0,923894 ⁰ |

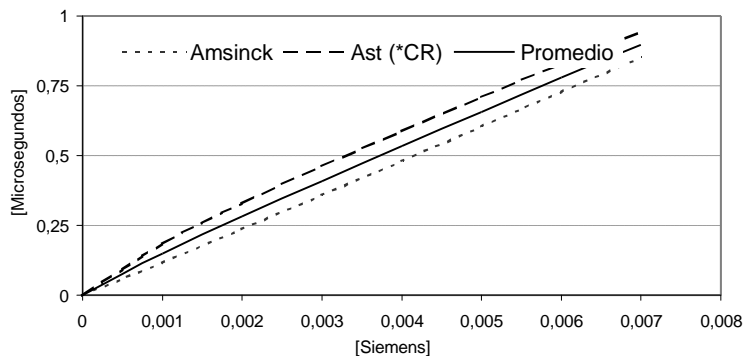


Figura N°II-48: Comparación entre valores de Tita de la fórmula de Cassie.

Las curvas de los valores calculados para la constante de tiempo de la fórmula de Cassie siguen el mismo comportamiento que las calculadas para el modelo de Mayr, es decir, un crecimiento suave a lo largo del rango de variación de la conductancia y siempre el Método Asturiano calculó valores superiores que el Amsinck, tal cual se puede observar en las figuras correspondientes.

y por idéntica razón sumada a que posteriormente no se realizará ninguna consideración especial, el valor de sigma no se calcula.

II-5.1.- INTERRUPTOR “DI”

II-5.1.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,155619 ⁶ | 0,134268 ¹ |
| Ast *CR | 0,294168 ⁹ | 0,151757 ¹ |
| Promedio | 0,201229 ⁶ | 0,141648 ¹ |

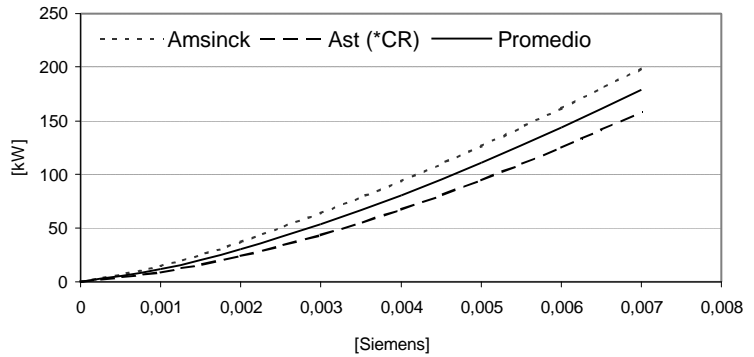


Figura N°II-45: Comparación entre valores de la potencia de la fórmula de Mayr.

La figura anterior muestra como evolucionan suavemente las curvas de los valores calculados para cada método sin notorias diferencias, no obstante los valores hallados con el Asturiano, siempre se mantienen menores que los del Amsinck.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Ams | 0,119426 ³ | 0,100401 ¹ |
| Ast | 0,129429 ⁷ | 0,210109 ¹ |
| Promedio | 0,107026 ³ | 0,940325 ⁰ |

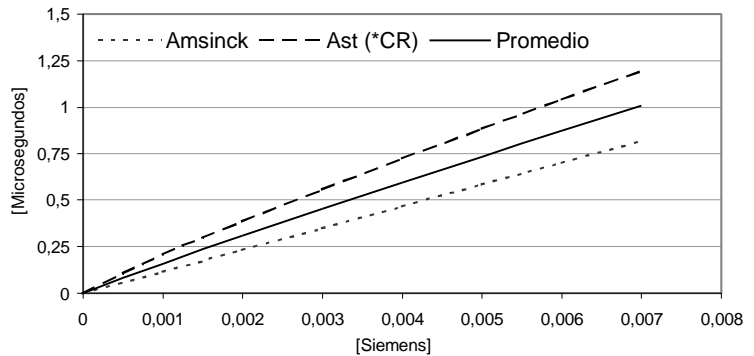


Figura N°II-46: Comparación entre valores de Tita de la fórmula de Mayr.

Igualmente que el punto precedente, aquí las curvas crecen muy suavemente siguiendo ambas el mismo comportamiento pero con la diferencia que los valores según el Método Asturiano en este caso son superiores a los Amsinck y están un poco más distanciados entre sí que respecto el punto anterior.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,200546 ⁵ | 0,303173 ⁻² |
| *CR | 0,436209 ⁴ | 0,319398 ⁻¹ |
| Promedio | 0,121831 ⁵ | 0,768201 ⁻² |
| Sigma | 0,889061 ⁴ | 0,322739 ⁻² |

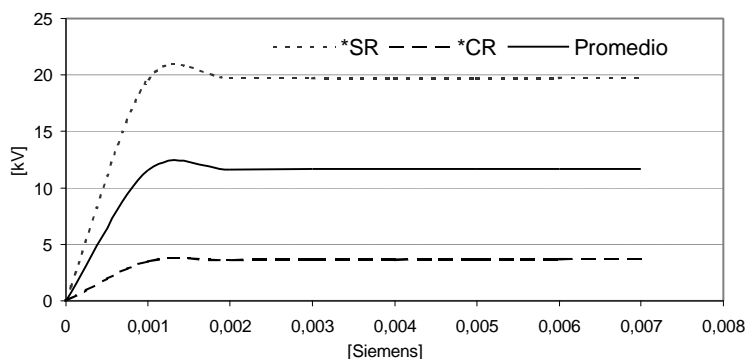


Figura N°II-43: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas buenas).

Aquí se puede observar ya un comportamiento lógico de las variables y congruentes con los valores anteriores de la tensión de la fórmula de Cassie ya que la forma, incluso el lomo que tienen las curvas alrededor del valor de conductancia de 0,001 [S], es igual al que presenta el mismo parámetro pero para el interruptor D1.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,445394 ² | 0,704105 ⁰ |
| *CR | 0,358922 ¹ | 0,265438 ⁰ |
| Promedio | 0,165186 ² | 0,530051 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

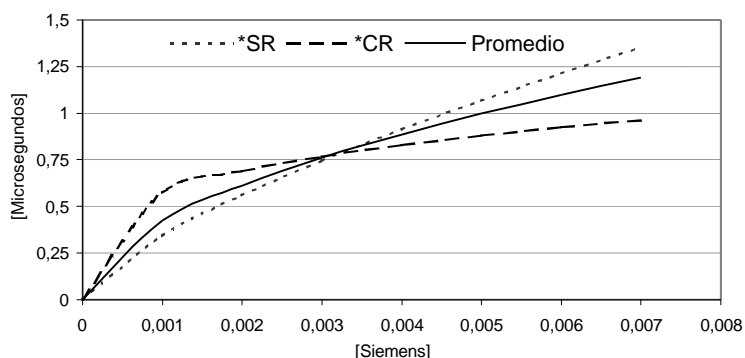


Figura N°II-44: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

La figura anterior muestra como se cruzan los valores promedios para la constante de tiempo de aquellos oscilogramas que tienen reignición con aquellos que no la tienen alrededor del valor de conductancia de 0,003 [S] teniendo los primeros un mayor valor para conductancia tendiendo a cero, mientras que los oscilogramas que no tienen reignición poseen una mayor constante de tiempo para conductancias elevadas. No obstante, la forma suave de variación de estas curvas se ve nota en el valor de sigma que tiene la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = 0,2745714$, $B = -75$ y $C = 9857,1429$).

II-5.- COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS DEL AMSINCK Vs ASTURIANO (*CR)

Este punto describe comparativamente los valores calculados para todos los parámetros tanto del modelo de Mayr como el de Cassie, calculados utilizando el método de Amsinck, que implica sólo oscilogramas que incluyan reignición, respecto de los valores hallados usando el Método Asturiano pero sólo de aquellos oscilogramas que también puedan ser calculados con el método anterior simultáneamente. Así el valor medio calculado es sólo a fines comparativos ya que se están empleando para su cálculo sólo una parte de la muestra de valores disponibles

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,874352 ¹ | 0,466714 ⁰ |
| *CR | 0,439131 ¹ | 0,346923 ⁰ |
| Promedio | 0,738479 ¹ | 0,437274 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

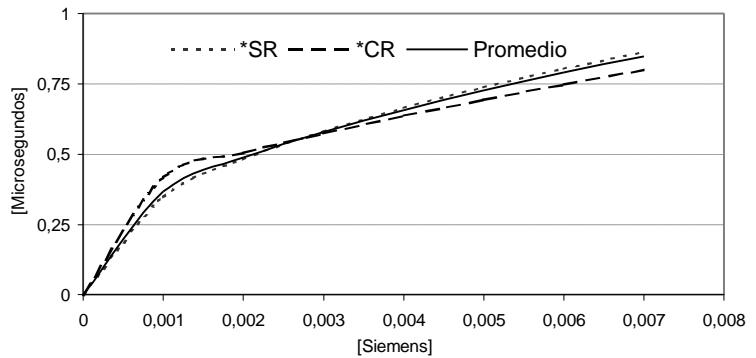


Figura N°II-41: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

Realizando nuevamente los cálculos habiendo desechado los valores de constante de tiempo calculados para los oscilogramas conflictivos, es posible observar la total coincidencia de los comportamientos para todo el resto de oscilogramas que están agrupados en los promedios dibujados en la figura anterior independientemente de que posean o no reignición. Aquí, sigma tiene la forma $y = A + B \cdot x + C \cdot x^2$ (con $A = 0,1253$, $B = -18,022619$ y $C = 3455,9524$).

II-4.2.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,703319 ⁵ | 0,332111 ⁻¹ |
| *CR | 0,436209 ⁴ | 0,319398 ⁻¹ |
| Promedio | 0,439376 ⁵ | 0,332084 ⁻¹ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

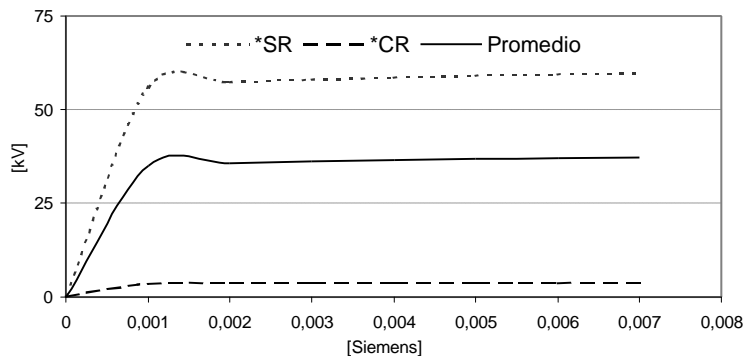


Figura N°II-42: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas malas).

Del análisis en particular de los valores obtenidos para los ensayos en los que no hubo reignición se concluye que no se pueden aceptar valores de la tensión de la fórmula de Cassie superiores a la tensión nominal de la fuente de alimentación del circuito de ensayo, por lo tanto hay que desechar aquellos oscilogramas que no cumplen esta condición. El sigma responde a $y = A + Bx + Cx^2$ (con $A = 58243,714$, $B = 246488,1$ y $C = -10869048$). Luego de limpiar los valores erróneos la figura y los valores anteriores se transforman en los siguientes.

II-4.2.- INTERRUPTOR “D2”

II-4.2.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,627267 ⁶ | 0,165761 ⁰ |
| *CR | 0,114023 ⁷ | 0,546077 ⁰ |
| Promedio | 0,551753 ⁶ | 0,209596 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

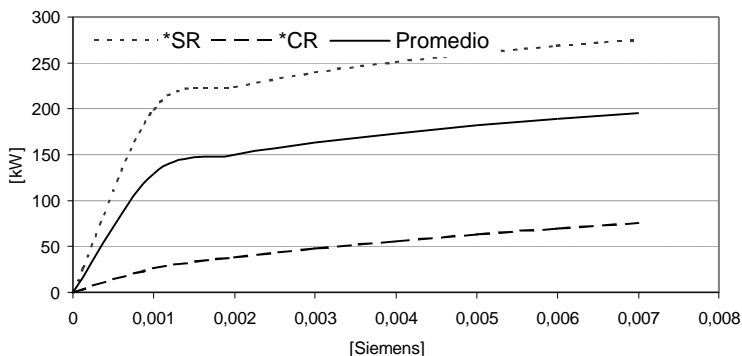


Figura N°II-39: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

La curva que contiene a los promedios de los oscilogramas que no poseen reignición comprende los valores calculados para los oscilogramas D2-L83 (SR) y D2-P805 (SR) cuyos resultados se alejan bastante del resto de los oscilogramas pero que al calcular el valor promedio, su peso se compensa y es por eso que su curva comprende valores elevados de potencia no siendo justificable un análisis más profundo que comprenda la exclusión de dichos oscilogramas. Para este caso el sigma responde a la forma $y = A + B \cdot x + C \cdot x^2 + D \cdot x^3$ (con $A = 183494,29$, $B = 4301436,5$, $C = -9,1008 \cdot 10^8$ y $D = 5,8194 \cdot 10^{10}$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,874352 ¹ | 0,466714 ⁰ |
| *CR | 0,232631 ⁶ | 0,182403 ¹ |
| Promedio | 0,555697 ⁵ | 0,171162 ¹ |
| Sigma | 0,509093 ⁶ | 0,196914 ¹ |

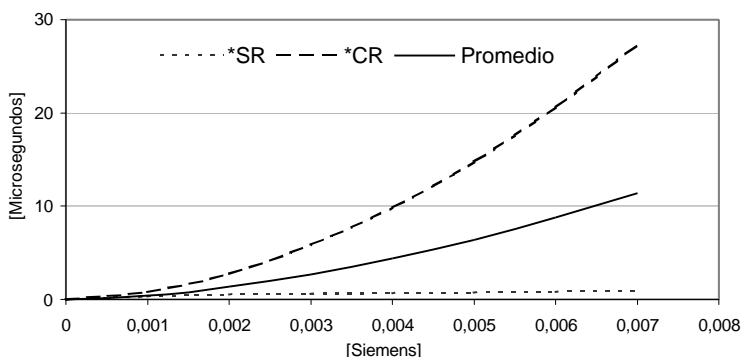


Figura N°II-40: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas malas).

Como sucediera anteriormente, aquí se presenta el caso de que la simple observación de la escala del eje de ordenadas indica que algo distinto está pasando ya que nunca se puede aceptar un valor de decenas de microsegundos como la constante de tiempo del modelo de Mayr para un interruptor de hexafluoruro de azufre.

coinciden con el resto de valores ya vistos. Esto es causado por los valores calculados para el oscilograma D1-4948 (SR) en cual presenta una corriente de post-arco muy superior que el resto de oscilogramas lo que distorsiona los valores calculados para sus parámetros, en especial para la constante de tiempo. Para este caso el comportamiento de sigma es de la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = -1,06301 \cdot 10^5$, $B = 2,37491000 \cdot 10^8$ y $C = 2,78637 \cdot 10^{10}$). Pero si se excluye el oscilograma mencionado anteriormente, tenemos la siguiente gráfica.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | $0,226772^5$ | $0,162391^{-1}$ |
| *CR | $0,130225^5$ | $0,189285^0$ |
| Promedio | $0,183685^5$ | $0,324512^{-1}$ |
| Sigma | $0,162999^{10}$ | $0,145562^1$ |

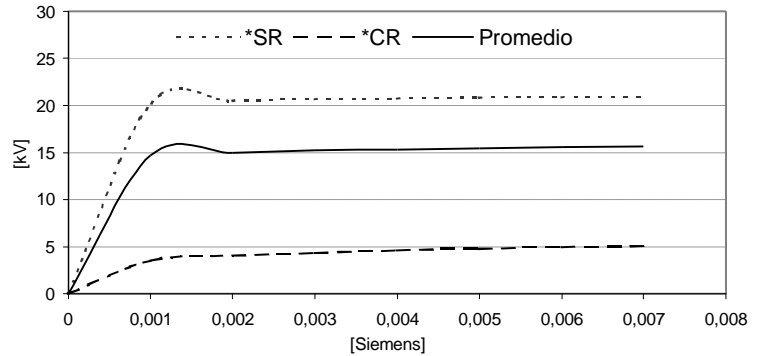


Figura N°II-37: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas buenas).

Del análisis de la figura anterior se puede ver como la evolución de las dos curvas extremas coinciden con la descripción del comportamiento del arco dada por Cassie, para la cual existe una mayor tensión en bornes del interruptor en el caso de que éste sea capaz de lograr la apertura exitosa.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | $0,476197^2$ | $0,721085^0$ |
| *CR | $0,618513^2$ | $0,843181^0$ |
| Promedio | $0,494128^2$ | $0,746116^0$ |
| Sigma | $0,485359^1$ | $0,61594^0$ |

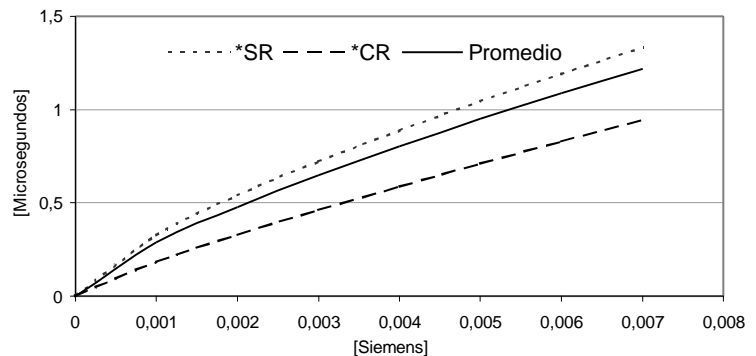


Figura N°II-38: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

El comportamiento de las constantes de tiempos calculadas para los oscilogramas que tiene reignición es muy similar al de aquellos que no los tienen y además son de valor un poco inferiores, tal cual se puede apreciar.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,121249 ² | 0,530467 ⁰ |
| *CR | 0,129428 ⁷ | 0,210109 ¹ |
| Promedio | 0,179653 ⁶ | 0,194546 ¹ |
| Sigma | 0,121865 ⁷ | 0,216620 ¹ |

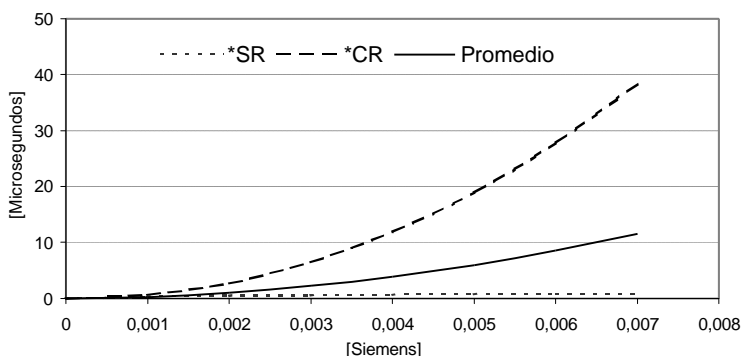


Figura N°II-34: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas malas).

Como se mencionó anteriormente, el valor medio de la constante de tiempo de la fórmula de Mayr, está influida negativamente por el resultado de oscilograma D1-4913 (CR) el cual otorga un valor para Tita, para conductancia igual a 0,007 [S], de 75,6 [μs], lo cual obliga a recalcular la figura anterior pero esta vez sin dicho oscilograma presentándose los resultados buenos en la figura siguiente, donde el sigma sigue la forma $y = A+B.x+C.x^2$ (con $A = 0,0547657$, $B = -17,95631$ y $C = 4227,976$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,121249 ² | 0,530467 ⁰ |
| *CR | 0,104454 ³ | 0,900890 ⁰ |
| Promedio | 0,176802 ² | 0,594871 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

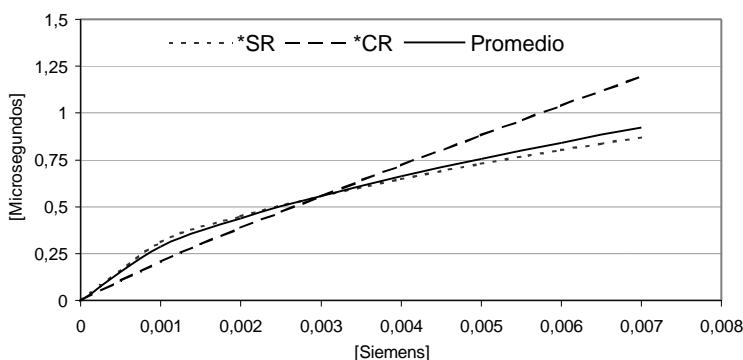


Figura N°II-35: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

II-4.1.2.- Modelo de Cassie

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,191458 ¹⁰ | 0,141828 ¹ |
| *CR | 0,130225 ⁵ | 0,189285 ⁰ |
| Promedio | 0,134894 ¹⁰ | 0,141530 ¹ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

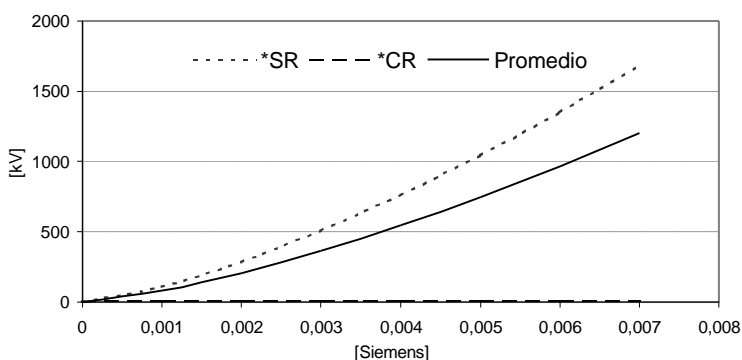


Figura N°II-36: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas malas).

Si se analiza detenidamente el comportamiento de la tensión de la fórmula de Cassie dibujada en la figura anterior, tal vez se puede presumir un comportamiento extraño de la misma ya que contiene valores elevados de tensión para el rango de conductancia dado que no

II-4.- COMPARACION ENTRE LOS PROPIOS RESULTADOS DEL METODO ASTURIANO

En el punto precedente se analizaron los valores obtenidos del empleo de los programas desarrollados en todos los oscilogramas disponibles. En caso de escoger una dependencia constante con el tiempo de los parámetros involucrados en las fórmulas de los modelos de arco, se tuvo en el mismo gráfico la posibilidad de analizar por separado los valores obtenidos para los oscilogramas que hubo reignición y compararlos con aquellos que la apertura fue exitosa y, de esta manera poder obtener algún tipo de conclusión al respecto.

Para el caso de elegir a los parámetros variables con la conductancia del arco, se presenta este punto en el cual se analizan la evolución de los valores de estos parámetros dentro de todo el rango de variación de la conductancia con el fin de lograr algún tipo de criterio que sirva posteriormente a la hora de elegir el mejor método de cálculo de parámetros según las condiciones que se tengan.

Este punto contiene las tablas con un resumen de los valores promedios calculados para los oscilogramas que tengan o no reignición y también presentan gráficamente la evolución de los mismos. Además se vuelve a presentar la evolución de los valores medios del total de oscilogramas que se hiciera en el punto anterior.

II-4.1.- INTERRUPTOR “DI”

II-4.1.1.- Modelo de Mayr

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| *SR | 0,312072 ⁷ | 0,564498 ⁰ |
| *CR | 0,294168 ⁹ | 0,151757 ¹ |
| Promedio | 0,609761 ⁷ | 0,711722 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

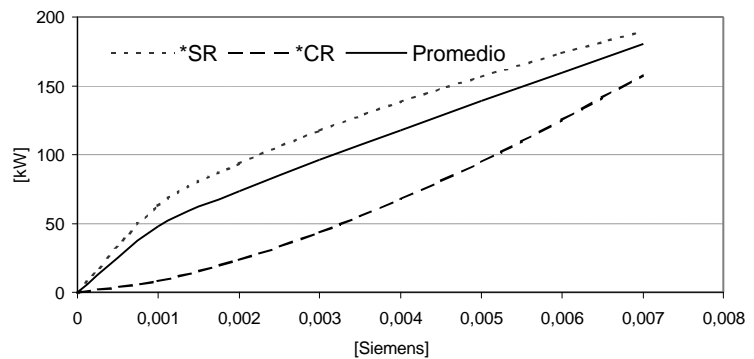


Figura N°II-33: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

La evolución de los valores de los parámetros en función de la conductancia muestra que a lo largo del rango de la variación de ésta última, siempre la curva calculada con los valores medios de los obtenidos para los oscilogramas con reignición, se mantiene por debajo de aquellos valores de oscilogramas de aperturas exitosas. Si bien lo anterior es real, un análisis exhaustivo del comportamiento de los oscilogramas con reignición indica que la curva graficada si bien es el promedio de sólo dos ensayos, los valores para estos oscilogramas son los más extremos que se obtuvieron de utilizar el Método Asturiano compensándose mutuamente las desviaciones respecto del medio, a pesar de que un simple análisis indicaría que para que exista reignición de arco el valor de la potencia de la fórmula de Mayr debe ser menor que cuando haya apertura exitosa. Repitiendo lo presentado anteriormente, una de las mejores aproximaciones que se puede hacer para el valor de sigma, responde a la forma $y = A+B.x+C.x^2$ (con $A = 23816,7$, $B = 4904881$ y $C = 6,5052^8$).

Del análisis de la figura anterior se puede concluir que no es posible tener entre los extremos del arco una tensión tan grande como la que determina la curva de valores máximos, más aún, esta tensión es incluso superior a la que impone la propia fuente de tensión en el circuito durante el ensayo registrado; por esta razón se deben eliminar de la muestra los oscilogramas D2-L83 (SR) y el D2-P805 (SR) con lo cual la figura anterior se transforma en lo mostrada a continuación; siendo el sigma anterior de la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = 58243,714$, $B = 246488,1$ y $C = -10869048$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,225632^5$ | $0,118161^{-8}$ |
| Mínimo | $0,324773^4$ | $0,419774^{-10}$ |
| Promedio | $0,121831^5$ | $0,768201^{-2}$ |
| Sigma | $0,889061^4$ | $0,322739^{-2}$ |

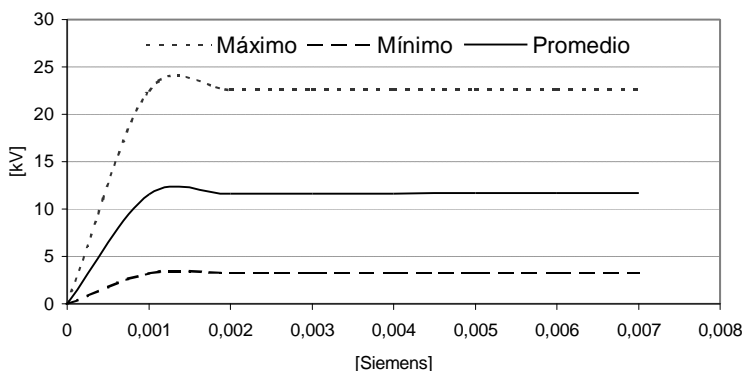


Figura N°II-31: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas buenas).

Sustraídos los oscilogramas mencionados en el párrafo anterior, ahora se puede observar el comportamiento más lógico tanto de la curva de valores promedios como la de los extremos en la figura anterior, donde es llamativo la forma de las tres curvas para el valor de conductancia de 0,001 [S] ya que aquí existe como una lomada para todas las curvas, pero inmediatamente luego de este valor, las curvas se estabilizan por el resto del rango de variación de la conductancia.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | Ver texto | Ver texto |
| Mínimo | $0,340839^2$ | $0,732556^0$ |
| Promedio | $0,165186^2$ | $0,530051^0$ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

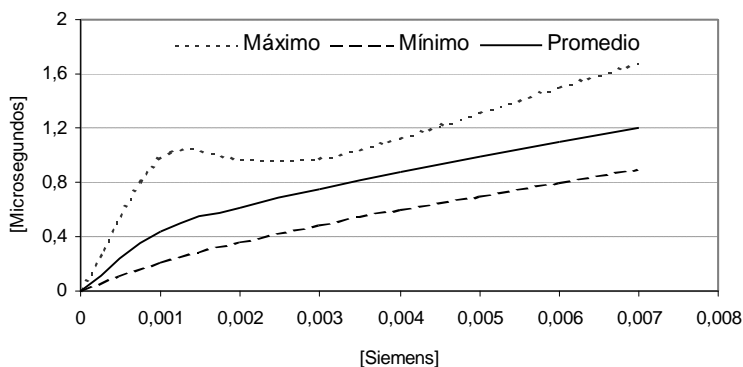


Figura N°II-32: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

En la figura anterior se puede observar el comportamiento de la constante de tiempo según la fórmula de Cassie calculada con el Método Asturiano. Aquí la curva que contiene los valores superiores tiene la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = 0,9854286$, $B = -50,589286$ y $C = 21832,143$) al igual que la curva de la desviación sigma (pero con $A = 0,2745714$, $B = -75$ y $C = 9857,1429$). La evolución de las tres curvas para este caso se la considera normal ya que responde a valores lógicos del parámetro estudiado.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,196012^2$ | $0,611937^0$ |
| Mínimo | $0,363581^4$ | $0,130580^2$ |
| Promedio | $0,239598^2$ | $0,730112^0$ |
| Sigma | $0,108647^2$ | $0,679641^0$ |

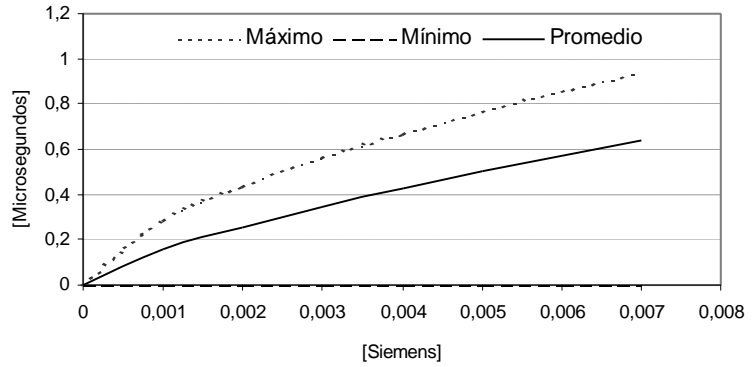


Figura N°II-28: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie (curvas malas).

En la curva anterior se puede observar la influencia de los valores calculados para el oscilograma D2-P856 (CR) el cual posee valores extremadamente pequeños para la constante de tiempo de la fórmula de Cassie, valores éstos que son treinta veces menores que los del resto de los oscilogramas por lo cual hubo que extraerlo de la muestra analizada con el fin de obtener mejores los valores y de dispersión. Entonces, la nueva figura se muestra a continuación.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,196012^2$ | $0,611937^0$ |
| Mínimo | $0,386985^2$ | $0,789747^0$ |
| Promedio | $0,318898^2$ | $0,729684^0$ |
| Sigma | $0,135438^0$ | $0,116977^0$ |

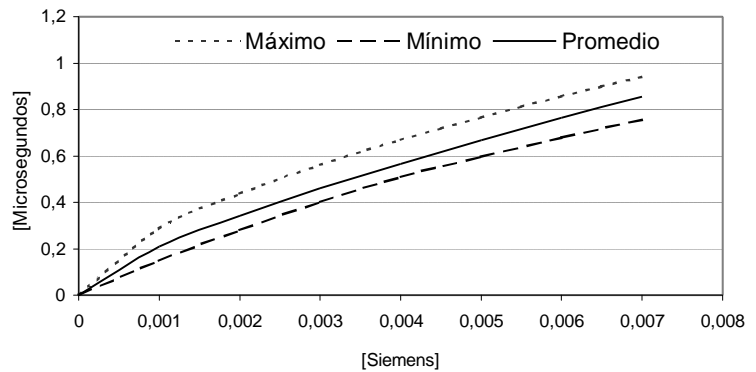


Figura N°II-29: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie (curvas buenas).

Habiendo eliminado los valores que corresponden al oscilograma D2-P856 (CR), se puede apreciar la forma de la evolución de los valores medios que corresponden a la constante de tiempo de la fórmula de Cassie y también los de las curvas extremas, siendo los comportamientos totalmente acordes con los ya vistos.

II-3.2.2.2.2.- Método Asturiano

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,205782^5$ | $0,432724^{-4}$ |
| Mínimo | $0,324773^4$ | $0,419774^{-10}$ |
| Promedio | $0,439376^5$ | $0,332084^{-1}$ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

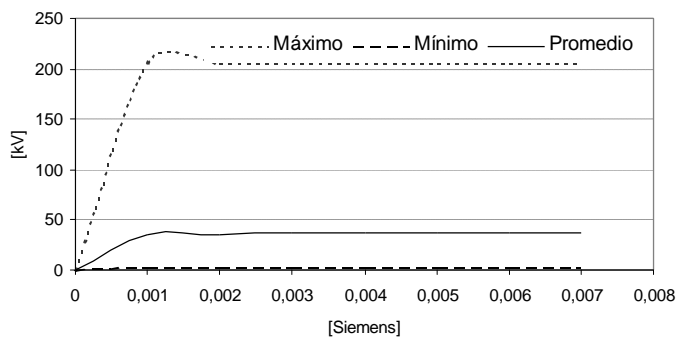


Figura N°II-30: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas malas).

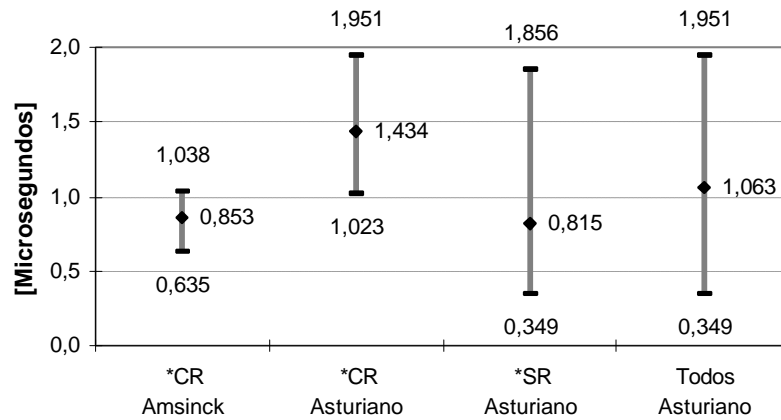


Figura N°II-26: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

De la figura anterior se desprende que los valores hallados se comportan como lógicos y lo único destacable es la diferencia entre los valores medios de los oscilogramas en los cuales hubo reignición siendo los calculados con el Método Asturiano superiores a los del Amsinck en un 80 % aproximadamente, no obstante son valores lógicos y coherentes como se dijo. En resumen, los valores son $Q = 0,853 \pm 0,16$ [μ s] y $Q = 1,063 \pm 0,54$ [μ s] para los métodos de Amsinck y Asturiano respectivamente.

II-3.2.2.2.- Parámetros variables

II-3.2.2.2.1.- Método de Amsinck

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | Ver texto | Ver texto |
| Mínimo | Ver texto | Ver texto |
| Promedio | 0,219366 ⁴ | -0,114155 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

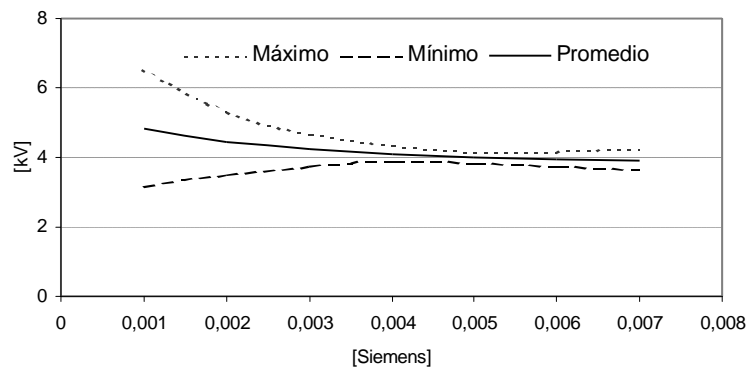


Figura N°II-27: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie.

Los valores de las curvas extremas para este caso tienen la forma $y = A+B.x+C.x^2$, con $A = 7595,7143$, $B = -1304142,9$ y $C = 1,19 \cdot 10^8$ para la curva de valores máximos y $A = 2782,5714$, $B = 469035,71$ y $C = -49821429$ para la curva de mínimos. Por su parte el sigma de dispersión tiene igual forma pero con estos valores, $A = 1708,2203$, $B = -632084,14$ y $C = 61089429$. En este caso es de notar que para el punto de conductancia igual a 0,005 [S] se entrecruzan los valores de los oscilogramas que conforman las curvas de valores extremos; así, antes de este valor, la curva de máximos corresponde al oscilograma D2-P856 (CR) y la de mínimos al D2-4940 (CR) y luego se invierten pasando a ser el D2-P856 (CR) el de la curva de mínimos valores y el D2-4940 (CR) el de valores máximos. Los restantes oscilogramas varían entre los anteriores. Otra consideración que es posible hacer, es que la forma general de las curvas mostradas no concuerdan con lo que es de suponer, una tensión del arco tendiendo hacia el cero para conductancia también tendiente a cero; lo que sí se verifica en el oscilograma D2-4940 (CR).

Los nuevos cálculos están presentados a continuación.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | Ver texto | Ver texto |
| Mínimo | 0,573672 ¹ | 0,447235 ⁰ |
| Promedio | 0,738479 ¹ | 0,437274 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

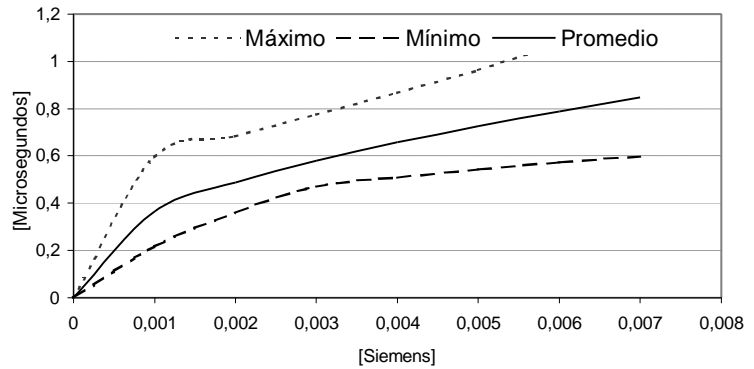


Figura N°II-24: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

Para este caso, donde se han eliminado los oscilogramas perjudiciales, se puede observar la forma de cómo evolucionan las curvas dentro de valores lógicos y coherentes con el resto de valores calculados anteriormente para el mismo parámetro. Analizando la forma de las curvas y realizando las aproximaciones deseadas, es posible determinar que la curva superior y la dispersión sigma, responden ambas a la misma forma de función del tipo $y = A+B.x+C.x^2$ (con $A=0,510257$, $B=83,38095$ y $C=1466,6667$, para la primera de ellas y $A = 0,1253$, $B = -18,022619$ y $C = 3455,9524$ para la aproximación de sigma).

II-3.2.2.- Modelo de Cassie

II-3.2.2.1.-Parámetros constantes

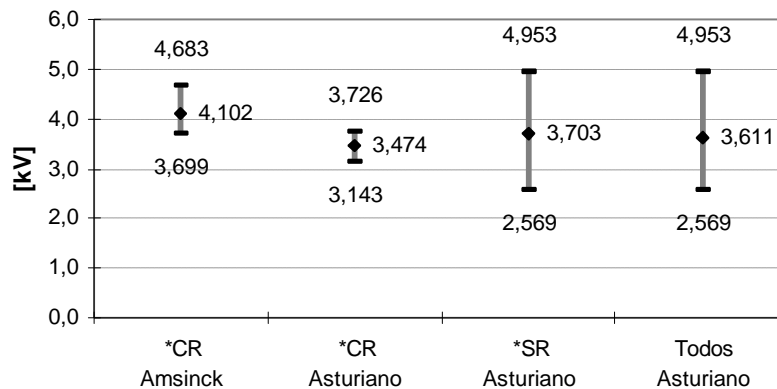


Figura N°II-25: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie.

En este caso el comportamiento de los valores medios y extremos se encuentra dentro de lo que podría decirse como bueno, ya que ninguno de ellos es llamativamente distinto del resto de valores; sólo sería de destacar la escasa dispersión que presentan los oscilogramas donde hubo reignición calculados según el Método Asturiano. Así, la tensión de la fórmula de Cassie calculada con Amsinck es $U_o = 4,102 \pm 0,36$ [kW] y calculada con el Asturiano es $U_o = 3,611 \pm 0,61$ [kV].

oscilogramas el D2-L83 (SR) y el D2-P805 (SR) para los cuales los resultados calculados son más de tres veces superiores al resto de valores lo que desvirtúa las aproximaciones y justifica realizar un nuevo análisis. Para este primer caso el sigma hallado responde a la forma $y = A+B.x+C.x^2+D.x^3$ (con $A = 183494,29$, $B = 4301436,5$, $C = -9,1008.10^8$ y $D = 5,8194 .10^{10}$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,373526 ⁷ | 0,592269 ⁰ |
| Mínimo | 0,877826 ⁵ | 0,233950 ⁰ |
| Promedio | 0,143713 ⁷ | 0,522681 ⁰ |
| Sigma | 0,887781 ⁶ | 0,582727 ⁰ |

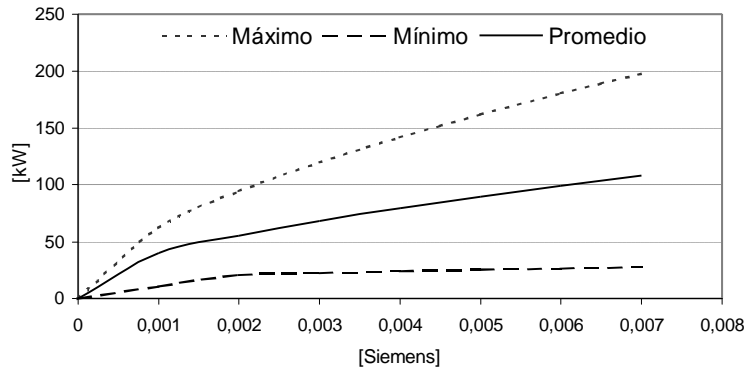


Figura N°II-22: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

Suprimida la influencia de los resultados calculados para los oscilogramas mencionados, se puede comprobar un mejor comportamiento de las curvas graficadas en la figura anterior ya que ahora tienen una suave evolución para todo el rango de valores de la conductancia y sus valores son de magnitud comparable a los hallados en otros apartados anteriores.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,152423 ⁶ | 0,194471 ¹ |
| Mínimo | 0,573672 ¹ | 0,447235 ⁰ |
| Promedio | 0,555697 ⁵ | 0,171162 ¹ |
| Sigma | 0,509093 ⁶ | 0,196914 ¹ |

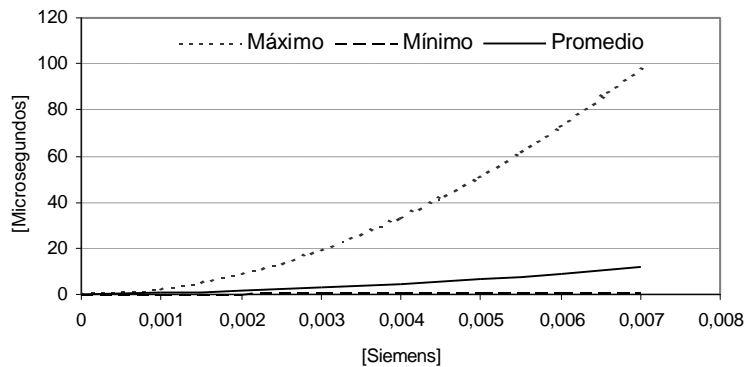


Figura N°II-23: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas malas).

Como sucediera anteriormente, la evolución de la curva de valores superiores y también la sola lectura de la escala del eje de ordenadas indican la posibilidad de la influencia excesiva de algún oscilograma sobre el resto de valores calculados. Para este caso en particular existen dos oscilogramas cuyos valores se alejan considerablemente del resto de valores; a saber, el D2-P817 (CR) que se aleja cerca de cien veces y el D2-P856 (CR) con más de diez veces el resto de valores. Tan marcada diferencia entre los valores, por ejemplo la constante sería de 98 [μs] para el primero de ellos, obligó a replantear el análisis anterior pero esta vez sin ambos de forma de encontrar una tendencia de valores lógicos y aceptables.

fórmula de Mayr es $P_o = 2928,6984.g^{0,6528881} \pm(20,558857+(-4981,5476.g)+552738,1.g^2)$, según el método de Amsinck.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | Ver texto | Ver texto |
| Mínimo | Ver texto | Ver texto |
| Promedio | 0,617427 ¹ | 0,464144 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

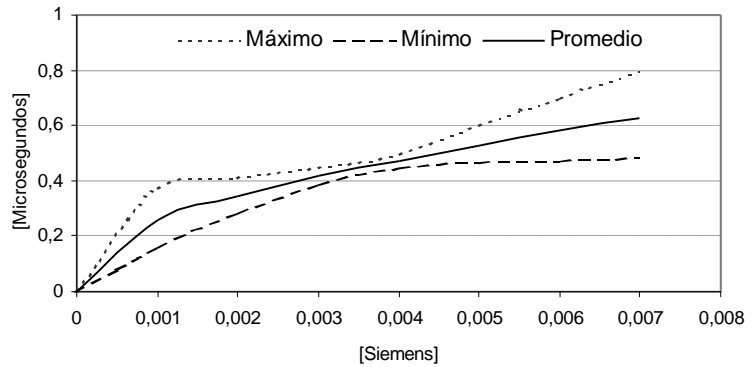


Figura N°II-20: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr.

Antecede a este párrafo, el comportamiento de la constante de tiempo de la fórmula de Mayr calculada con parámetros variables con la conductancia; en esta figura se observa que tanto la curva de valores inferiores como así también la de valores superiores están formadas por valores que responden a distintos oscilogramas. La curva superior tiene la siguiente forma general: $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A=0,36665714$, $B=2,6166667$ y $C=8516\ 667$) y la inferior es del tipo $y = A+Bx+Cx^2+Dx^3$ (con $A = -0,037385714$, $B=219,7$, $C=-30942,857$ y $D=1450000$). Por su parte la aproximación para sigma respeta la forma $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A=0,1324$, $B=-56,241667$ y $C=7701,1905$) con lo cual la forma general de la constante de tiempo según el método de Amsinck para la fórmula de Mayr es $Q = 6,2174276.g^{0,464144415} \pm(0,1324+(-56,241667).g+7701,1905.g^2)$. En esta figura es llamativo el comportamiento del oscilograma D2-P856 (CR) ya que su evolución de valores forma parte de la curva superior cuando la conductancia es menor que 0,002 [S] y también forma parte de la curva inferior pero para valores superiores a 0,005 [S], es decir que cruza al resto de los oscilogramas alrededor de 0,003 - 0,004 [S] con lo cual distorsiona los valores encontrados pero de una forma suave no preocupante y su influencia no es tan negativa.

II-3.2.1.2.2.- Método Asturiano

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,100993 ⁷ | 0,895204 ⁻¹ |
| Mínimo | 0,877826 ⁵ | 0,233950 ⁰ |
| Promedio | 0,551753 ⁶ | 0,209596 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

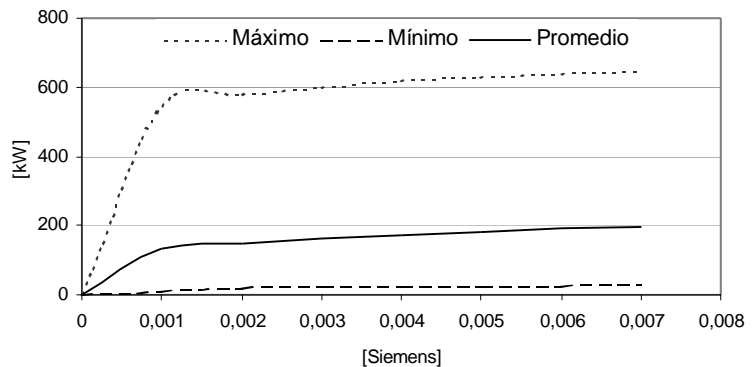


Figura N°II-21: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr (curvas malas).

El comportamiento de los valores calculados para la potencia se muestra en la figura anterior de la cual se desprende la necesidad de realizar un estudio más profundo de la evolución de las curvas dada la gran dispersión que existe entre los valores extremos y el promedio. Este análisis indica que la dispersión está originada en la influencia de dos

según el Método Asturiano son, en general, superiores a los calculados según Amsinck. Por lo tanto, los valores para tita son $Q = 0,633 \pm 0,114$ [μ s] y $Q = 0,982 \pm 0,15$ [μ s] respectivamente.

II-3.2.1.2.- Parámetros variables

II-3.2.1.2.1.- Método de Amsinck

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,286587 ⁴ | 0,689048 ⁰ |
| Mínimo | 0,691194 ⁴ | 0,848314 ⁰ |
| Promedio | 0,932741 ⁴ | 0,679234 ⁰ |
| Sigma | 0,110464 ⁵ | 0,691884 ⁰ |

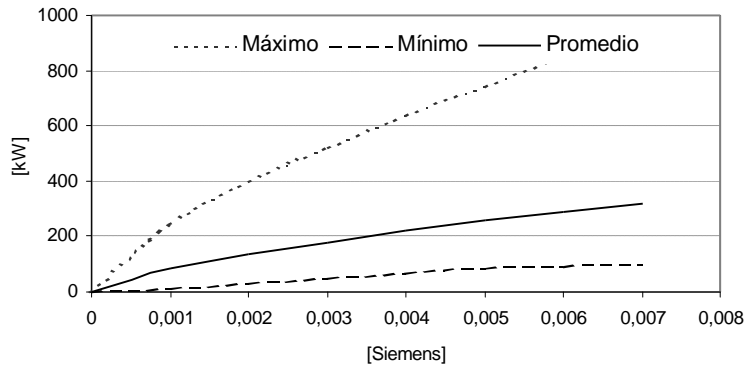


Figura N°II-18: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr (curvas malas).

El análisis de la figura anterior condujo al estudio en particular de la variación de los valores calculados para la potencia según el método de Amsinck; de él se determinó que tal variación está causada por el ensayo D2-P1025 (CR) que posee un dibujo particular de las variables eléctricas registradas en el oscilograma ya que durante los primeros instantes luego del paso por cero de la corriente pareciera como capaz de lograr la apertura satisfactoria pero transcurriendo el segundo microsegundo se produce la reignición estando la derivada de la corriente para este tiempo, fuera de los alcances de la hoja digitalizada. Este hecho tiene por consecuencia trabajar con la corriente directamente y es ella la que no presenta un comportamiento suave durante su evolución lo cual implica que la potencia obtenida de la ejecución de los programas de cálculo se aleje bastante del resto de valores; por ejemplo, para una conductancia de 0,007 [S] el valor de la potencia del oscilograma anterior es de 938,38 [kW] mientras que el promedio de los restantes oscilogramas da 115,4 [kW]. Entonces, recalculando la figura anterior pero ahora sin el oscilograma D2-P1025 (CR) se tiene los siguientes valores y dibujos.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,195486 ⁴ | 0,554039 ⁰ |
| Mínimo | 0,691194 ⁴ | 0,848314 ⁰ |
| Promedio | 0,292869 ⁴ | 0,652888 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

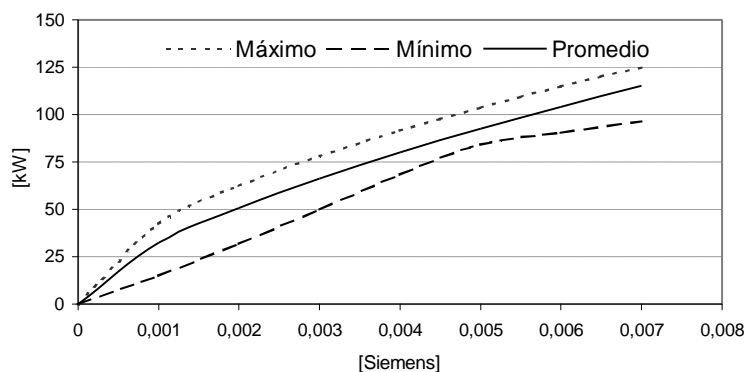


Figura N°II-19: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

Ahora sí se puede hablar de comportamientos suaves de las curvas involucradas. Por otra parte, el sigma calculado responde a una función del tipo $y = A+Bx+Cx^2$ (con $A = 20,558857$, $B = -4981,5476$ y $C = 552738,1$), por lo tanto el valor de la potencia de la

Debido a la suave variación de las curvas involucradas en la figura anterior se puede determinar que el valor de la constante de tiempo para la ecuación de Cassie calculada con el Método Asturiano es $Q = 49,4128.g^{0,746116} \pm 4,85359.g^{0,615945}$ [μ s].

II-3.2.- INTERRUPTOR “D2”

II-3.2.1.- Modelo de Mayr

II-3.2.1.1.-Parámetros constantes

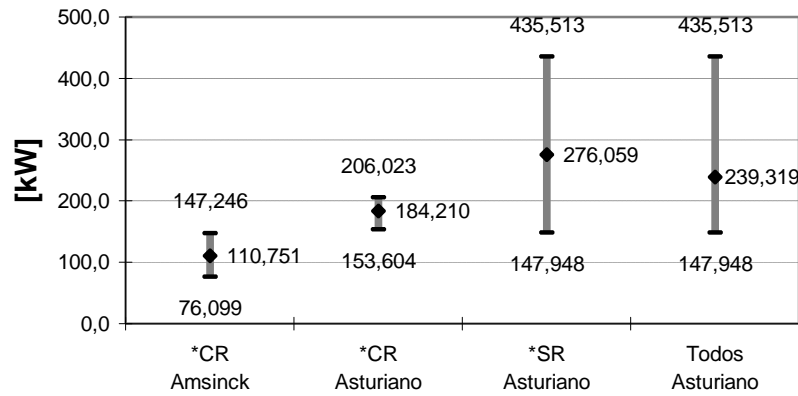


Figura N°II-16: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

Analizando los valores que posee la figura anterior para la potencia de la fórmula de Mayr, se puede apreciar como los ensayos en los cuales no hubo reignición tienen un espectro más amplio de variación que si los comparamos con los que sí tuvieron; en especial su valor máximo pareciera estar muy por encima del resto de valores pero este oscilograma, el D2-P805 (SR), no presenta ninguna particularidad por la cual haya que desechar los valores calculados. Respecto a los ensayos con reignición es llamativa la reducida variación de los valores calculados según el Método Asturiano ya que aquí se trabaja con cuatro ensayos con reignición; lo mismo podría decirse del método de Amsinck. De acuerdo a lo anterior, los valores para la potencia de la fórmula de Mayr son $110,7 \pm 25,3$ [kW] y $239,3 \pm 90$ [kW] para los métodos de Amsinck y Asturiano respectivamente.

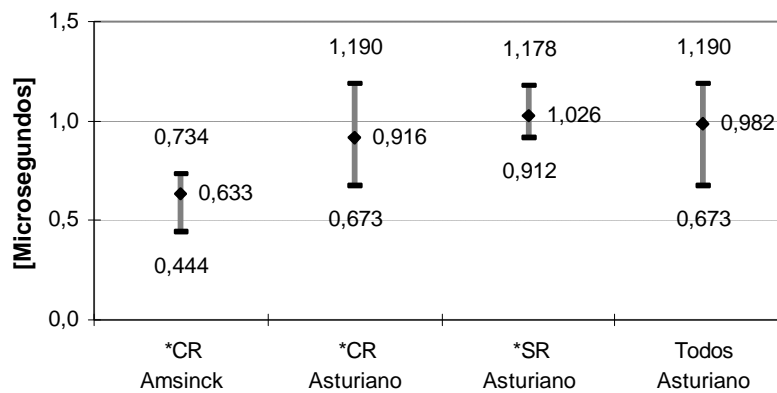


Figura N°II-17: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr.

La variación que presentan los valores de la constante de tiempo graficados en la figura anterior no muestran mayores problemas pero sí se puede decir que los valores calculados

En la figura anterior, la simple lectura de la escala del eje de ordenadas da una idea de que algo raro está pasando ya que toma valores extremadamente excesivos a causa de los valores calculados según el oscilograma D1 -4948 (SR). Este ensayo presenta una corriente de post-arco de varios amperes, muy superior a la que se tiene en un ensayo común sin reignición, lo que desvirtúa el cálculo de los parámetros. Así, el valor de la tensión de Cassie sería $U_o = 1348943000 \text{ g}^{1,4153045} \pm (-1,06301 \cdot 10^5 + 2,37491000 \cdot 10^8 \cdot \text{g} + 2,78637 \cdot 10^{10} \cdot \text{g}^2)$ [kV], ya que el sigma responde a una fórmula como $y = A+Bx+Cx^2$.

Con el fin de tener valores lógicos que se correspondan con la realidad hay que suprimir este oscilograma con lo cual se tiene el siguiente cuadro y gráfica.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,360853^5$ | $0,497728^{-1}$ |
| Mínimo | $0,478160^4$ | $0,614878^{-1}$ |
| Promedio | $0,183685^5$ | $0,324512^{-1}$ |
| Sigma | $0,162999^{10}$ | $0,145562^1$ |

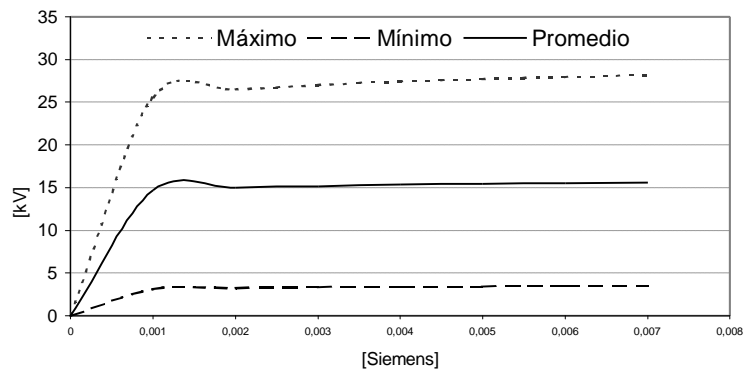


Figura N°II-14: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas buenas).

Nuevamente observando en primer medida los valores del eje de ordenadas, se puede apreciar una notable y correcta disminución de la escala ya que aquí se ha anulado la influencia del oscilograma que originaba la distorsión anterior. En esta gráfica se observa un comportamiento ya conocido de las tres curvas representadas, ya que concuerdan con lo expresado para la tensión de la fórmula de Cassie, pero determinados los valores de los parámetros con el método de Amsinck, por lo cual se debe repetir las dos consideraciones ya hechas respecto a la disminución o panza de los valores para una conductancia igual a 0,002 [S] y al incremento de la variación de los valores para conductancia cero. Por lo anterior, el valor de tensión es $U_o = 18368,47 \cdot \text{g}^{0,0324651} \pm 1,62999 \cdot 10^9 \cdot \text{g}^{1,4556207}$ [kV] según el Método Asturiano.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,473957^2$ | $0,703375^0$ |
| Mínimo | $0,288770^2$ | $0,752367^0$ |
| Promedio | $0,494128^2$ | $0,746116^0$ |
| Sigma | $0,485359^1$ | $0,61594^0$ |

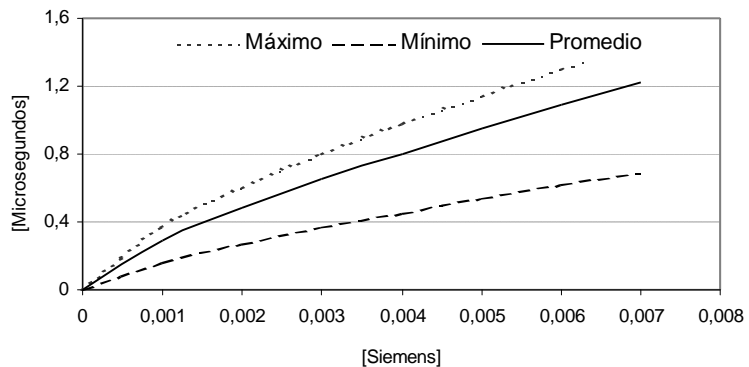


Figura N°II-15: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

La aplicación del método de Amsinck al conjunto de ensayos que corresponden al interruptor D1 sólo puede ser realizada en dos oportunidades y es por este motivo que los valores de los parámetros calculados con los programas desarrollados sólo pueden aparecer como las curvas extremas mostradas en la figura anterior. En ella es apreciable una disminución de los valores de las tres curvas alrededor de un valor de conductancia igual 0,002 [S] y también un incremento en la rapidez de variación cuando ésta última tiende a cero, lo que en tiempo equivale al primer instante de apagado del arco. Esto último también concuerda con lo sugerido por Cassie para los valores de tensión, que se deben mantener aproximadamente constantes para las regiones alejadas del cero de tiempo. Entonces, el valor de tensión es igual a $U_o = 12868,6.g^{0,185049} \pm 17359,53.g^{0,4798155}$ [kV] según el método de Amsinck.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,219067 ³ | 0,106929 ¹ |
| Mínimo | 0,675941 ² | 0,946298 ⁰ |
| Promedio | 0,135654 ³ | 0,102185 ¹ |
| Sigma | 0,121899 ³ | 0,125949 ¹ |

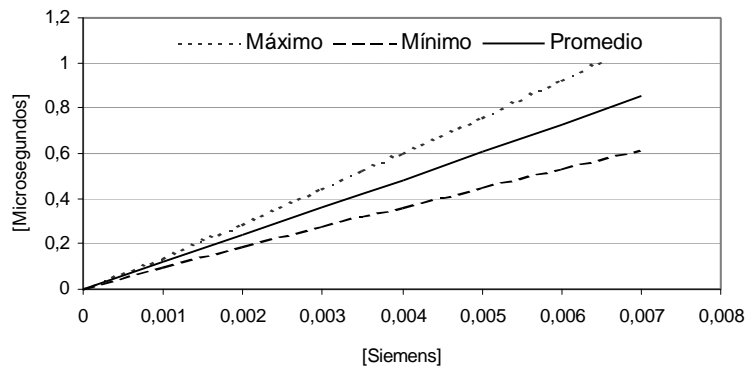


Figura N°II-12: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

La evolución de los valores extremos de la constante de tiempo para la fórmula de Cassie, que es mostrada en la figura anterior, no presenta ningún comportamiento extraño y es suave en todo el rango de variación representado, siendo su valor igual a $Q = 135,654.g^{1,02185} \pm 121,899.g^{1,259486}$ [μ s].

II-3.1.2.2.2.- Método Asturiano

A continuación se muestra una tabla con los valores extremos y medio como resultado de calcular los valores de los parámetros para todos los oscilogramas del interruptor D1 y su evolución, en el gráfico, respecto de la conductancia.

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | 0,111320 ¹¹ | 0,145033 ¹ |
| Mínimo | 0,478160 ⁴ | 0,614878 ⁻¹ |
| Promedio | 0,134894 ¹⁰ | 0,141530 ¹ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

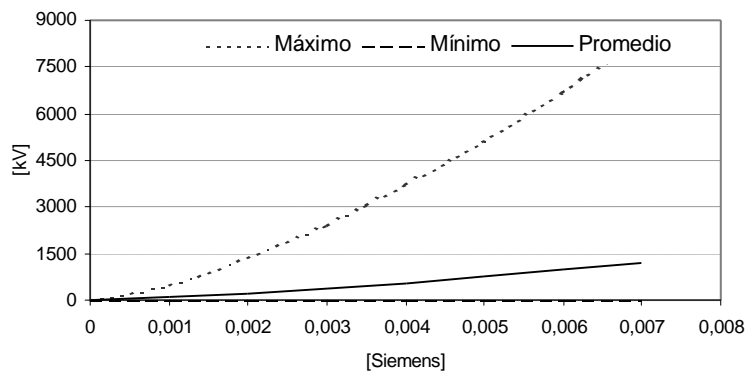


Figura N°II-13: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie (curvas malas).

La dispersión de valores calculados para la tensión de la fórmula de Cassie está presente en la figura anterior donde se observa que no existen marcadas diferencias entre sus valores medios y hasta se puede interpretar la menor tensión de los oscilogramas sin reignición como un valor lógico, ya que a mayor tensión de arco se fuerza más al medio aislante y con ello se reduce su capacidad de apertura. Por otra parte, las tensiones calculadas para los oscilogramas sin reigniciones están en un rango de mucho menor que el resto de valores hallados. Así, el valor de la tensión del modelo de Cassie calculado con el método de Amsinck es igual a $U_o = 4,47 \pm 0,9$ [kV] y con el Asturiano es $U_o = 3,57 \pm 0,67$ [kV].

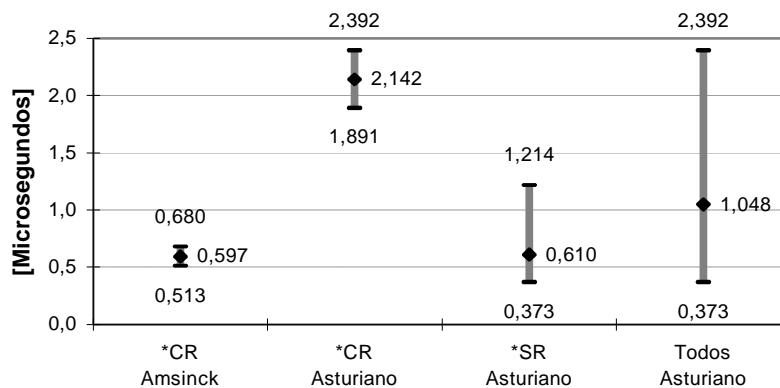


Figura N°II-10: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Cassie.

En la figura anterior se puede ver los valores promedios y extremos que corresponden a la constante de tiempo del modelo de Cassie, siendo en ellos llamativa la gran diferencia entre los valores extremos de las constantes de tiempo para los ensayos en que hubo reignición respecto de los que no la tuvieron. Si en particular se observa el valor de 2,392 [μs] que es el máximo de todos los oscilogramas según el Método Asturiano, dicho valor corresponde al ensayo D1-4913 (CR) que también dio el valor máximo de la tensión según el Asturiano para el punto anterior, mientras que no se verifica tal simultaneidad si se analizan los valores mínimos. Por otra parte, la mayor cantidad de oscilogramas en los que no hubo reignición para este interruptor influye en el promedio final del Método Asturiano acercándolo al promedio del Amsinck. De acuerdo a todo lo anterior y utilizando todos los oscilogramas, el valor de la constante de tiempo calculada según Amsinck es $Q = 0,597 \pm 0,08$ [μs] y según el Asturiano $Q = 1,048 \pm 0,75$ [μs].

II-3.1.2.2.- Parámetros variables

II-3.1.2.2.1.- Método de Amsinck

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|-----------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | $0,225315^5$ | $0,243544^0$ |
| Mínimo | $0,552611^4$ | $0,887914^{-1}$ |
| Promedio | $0,128686^5$ | $0,185049^0$ |
| Sigma | $0,173595^5$ | $0,479816^0$ |

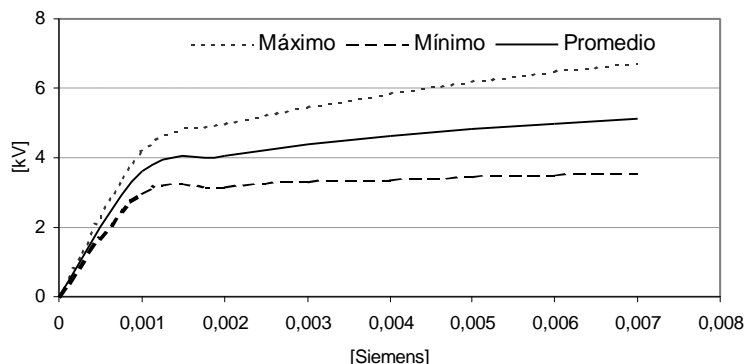


Figura N°II-11: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie.

El comportamiento de la constante de tiempo calculada según el Método Asturiano se presenta en el gráfico anterior que agrupa a los valores extremos calculados siendo la curva de máximos correspondiente al oscilograma D1-4915 (CR) al igual que el caso anterior alejándose notoriamente del resto de valores; por ejemplo para un valor de conductancia de 0,007 [S] el valor calculado para el oscilograma mencionado es de 75,66 [μ s] mientras que el segundo mayor valor es de 1,19 [μ s] también para un ensayo con reignición pero al contrario de lo sucedido anteriormente su peso sobre el valor final no se compensa con el resto de los ensayos, ya que el valor medio del resto de los oscilogramas combinados es de 0,926 [μ s] para el mismo valor de conductancia.

Debido a este notorio alejamiento para la constante de tiempo del oscilograma D1-4915 (CR), este valor se deja sin efecto para los cálculos posteriores ya que su influencia es negativa tanto para el valor medio como para el de sigma. Visto de ésta manera, los nuevos valores están agrupados en la figura que sigue donde la aproximación para sigma responde a $y = A+B.x+C.x^2$ (con $A = 0,0547657$, $B = -17,95631$ y $C = 4227,976$).

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| | Aq | Bq |
| Máximo | $0,399712^2$ | $0,714199^0$ |
| Mínimo | $0,159367^2$ | $0,602167^0$ |
| Promedio | $0,176802^2$ | $0,594871^0$ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

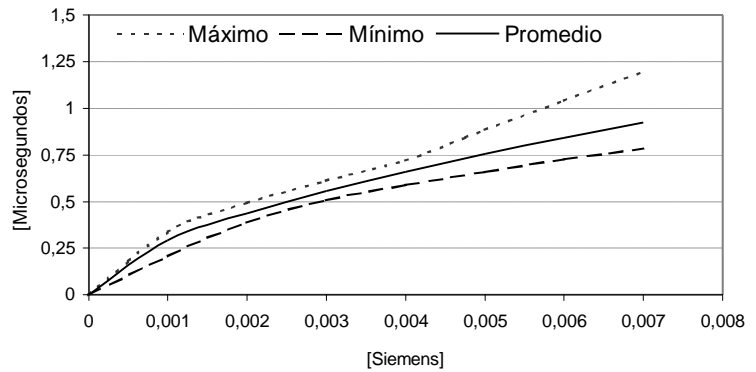


Figura N°II-8: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas buenas).

Por otra parte, las curvas de valores extremos son composiciones de varias otras curvas pero se las pudo aproximar a ambas hacia una fórmula potencial como la comúnmente utilizada cuyos valores de los coeficientes están mostrados en el recuadro. Así, el nuevo valor de la constante de tiempo según el Método Asturiano es $\Theta = 17,6802.g^{0,594871} \pm (23816,7 + 4904881.g + 6,5052.10^8.g^2)$ [μ s].

II-3.1.2.- Modelo de Cassie

II-3.1.2.1.-Parámetros constantes

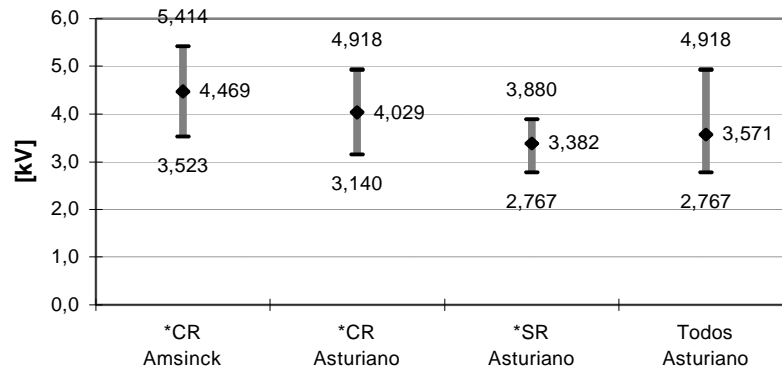


Figura N°II-9: Dispersión de valores para la tensión de la fórmula de Cassie.

El comportamiento de la constante de tiempo se observa en la figura anterior donde también se puede apreciar la evolución de los valores extremos y del valor promedio que ha tomado en función de la conductancia resultando con un valor numérico de $Q = 119,423.g^{1,00401} \pm 125,4717.g^{1,26289}$ [μ s].

II-3.1.1.2.2.- Método Asturiano

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Ap | Bp |
| Máximo | Ver texto | Ver texto |
| Mínimo | 0,325430 ⁵ | 0,430775 ⁰ |
| Promedio | 0,609761 ⁷ | 0,711722 ⁰ |
| Sigma | Ver texto | Ver texto |

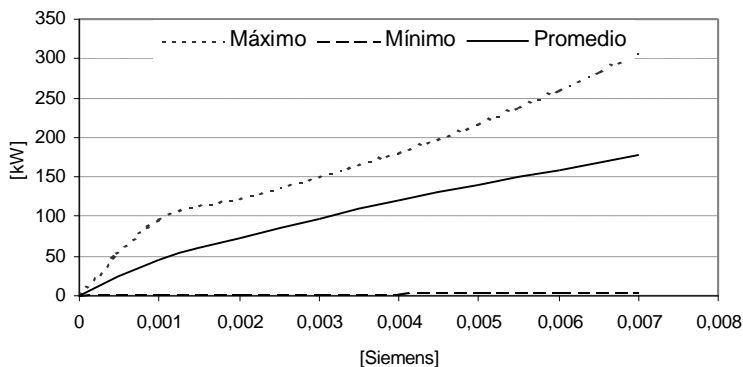


Figura N°II-6: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

En la figura anterior las curvas que se han hallado presentan comportamientos distintos para los valores extremos, por ejemplo la curva de valores mínimos corresponde a la evolución de la potencia para el oscilograma D1-4915 (CR), la cual se mantiene con valores muy inferiores al resto de oscilogramas mientras que la curva de valores máximos responde a la composición de los valores de varios oscilogramas y debido a ello es que no se la puede aproximar hacia una función potencial como la empleada hasta aquí. Para este caso en particular una posible curva, que no es la mejor aproximación pero sí la que involucra menor cantidad de parámetros y la que tiene forma más simple, es $y = A.x.B^x$ (con $A = 72575,116$ y $B = -41,487163$).

Si bien el comportamiento de los valores mínimos puede sugerir una llamativa primera atención, si se agrupa éste comportamiento con el resto de valores su influencia pierde peso a la hora de obtener el valor medio y la dispersión estadística sigma, respecto de la cual se debe decir que su mejor aproximación responde a una ecuación cuadrática de la forma $y = A+B.x+C.x^2$ (con $A = 23816,7$, $B = 4904881$ y $C = 6,5052^8$). Entonces, el valor de la potencia según el Asturiano es $P_o = 6097610.g^{0,711722} \pm (23816,7 + 4904881.g + 6,5052.10^8 .g^2)$ [kW].

| Valores de los coeficientes | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Aq | Bq |
| Máximo | 0,296403 ⁷ | 0,213142 ¹ |
| Mínimo | 0,159367 ² | 0,602167 ⁰ |
| Promedio | 0,179653 ⁶ | 0,194546 ¹ |
| Sigma | 0,121864 ⁷ | 0,216620 ¹ |

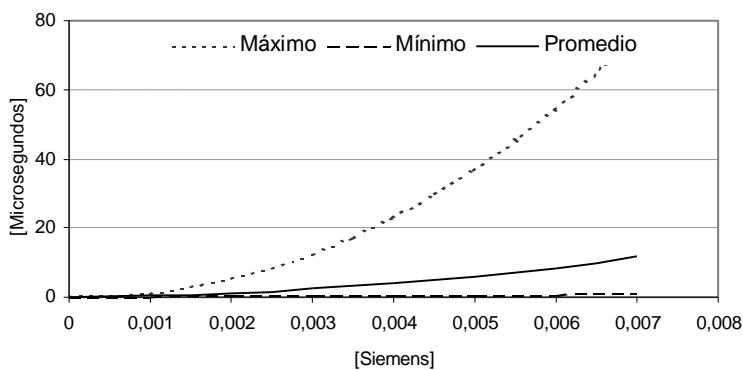


Figura N°II-7: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr (curvas malas).

Aquí se presentan los valores calculados para la constante de tiempo del modelo de Mayr y se observa que utilizando el Método Asturiano los valores son superiores a los calculados con el Amsinck, no obstante, el rango de variación para todos los casos es reducido y no se encontraron valores muy alejados de los promedios calculados en ambos métodos como fuera el caso precedente; aquí la mayor diferencia, que no es tal en sí, se encuentra entre los oscilogramas que contienen reigniciones. Los valores para la constante de tiempo son $0,57 \pm 0,07$ [μ s] y $1,21 \pm 0,1$ [μ s] aproximadamente, para los métodos de Amsinck y Asturiano respectivamente.

II-3.1.1.2.- Parámetros variables

II-3.1.1.2.1.- Método de Amsinck

En cambio, para parámetros variables tenemos los siguientes comportamientos.

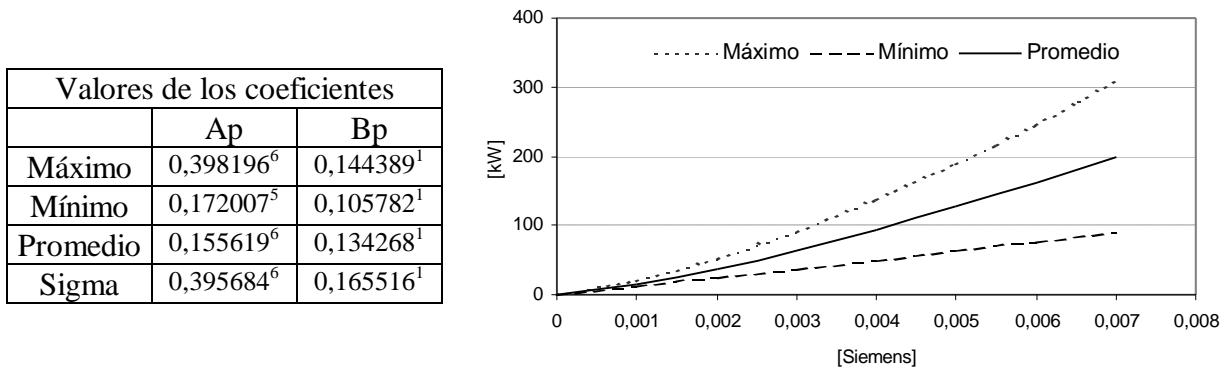


Figura N°II-4: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

Donde, recordando la fórmula de variación potencial de los parámetros, se tiene que los valores calculados de la potencia responden a una curva promedio como la línea continua mostrada en el gráfico anterior mientras que también están dibujados los valores extremos que toma la potencia dentro del rango de variación de la conductancia. El valor de sigma que se encuentra en la tabla responde a la curva que envuelve la dispersión que se tiene para este tipo de comportamiento; por lo tanto el valor final de la potencia del modelo de Mayr considerada con parámetros variables con la conductancia es $P_o = 155619,4 \cdot g^{1,3426812} \pm 395684,08 \cdot g^{1,65516045}$ [kW].

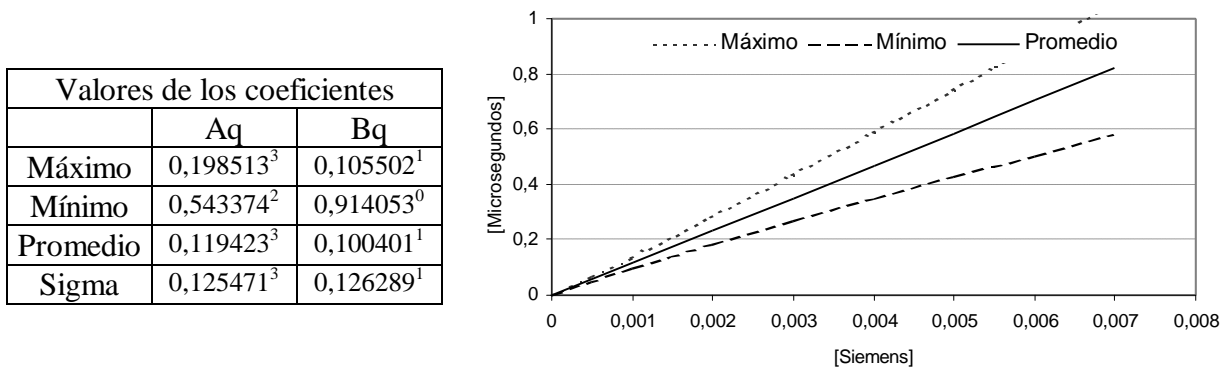


Figura N°II-5: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr.

Como se dijo anteriormente, existen dos formas de comportamiento de los parámetros del modelo; aquí se analizan ambas para las cuales se presentan los valores obtenidos del empleo de los programas de cálculo dentro de las figuras (parámetros constantes) y tablas resúmenes con las aproximaciones que se obtienen de reunir a los valores extremos máximos y mínimos para el rango de variación de la conductancia junto con los valores promedios generales (parámetros variables).

II-3.1.- INTERRUPTOR “D1”

II-3.1.1.- Modelo de Mayr

II-3.1.1.1.- Parámetros constantes

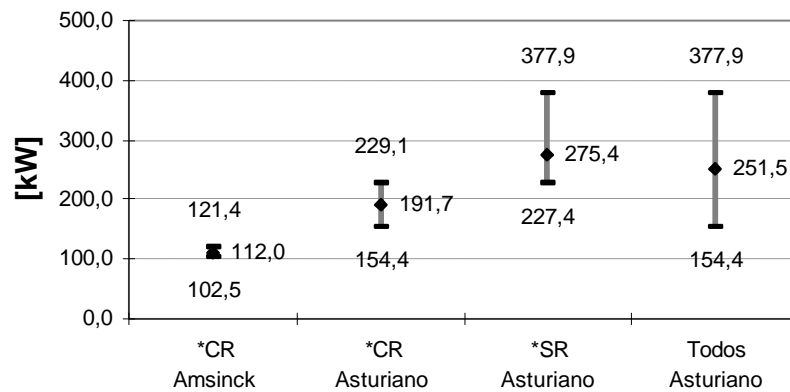


Figura N°II-2: Dispersión de valores para la potencia de la fórmula de Mayr.

En la figura anterior se observa como el método de Amsinck aplicado a los dos oscilogramas que contienen reigniciones para el interruptor D1, da valores para la potencia del modelo de Mayr muy parecidos entre sí y con sólo un 10% de variación entre ambos extremos respecto del valor medio, mientras que el Método Asturiano aplicado a los mismos oscilogramas da valores un poco superiores a los anteriores y también más dispersos. No obstante, como el método también es aplicable a oscilogramas sin reignición, los resultados mostrados para los casos en los cuales hubo apertura exitosa, dan valores para la potencia mayores que los anteriores, cosa que se condice con lo que sucede en la realidad ya que no existe reignición del arco, lo que presupone una mayor capacidad del interruptor para enfriar el arco y así abrir definitivamente. Entonces el valor de la potencia tomada como constante según el método de Amsinck es 112 ± 10 [kW] y según el Método Asturiano es 251 ± 63 [kW].

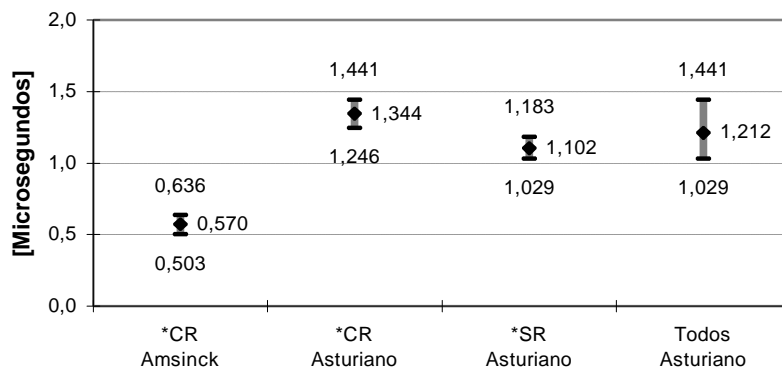


Figura N°II-3: Dispersión de valores para Tita de la fórmula de Mayr.

II-2.2.2.2.- Modelo de Cassie

| Interruptor D2 – Asturiano – Modelo de Cassie | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Tensión [kV] | Tita [μ s] |
| D2-4946 (SR) | $0,256934 \cdot 10^1$ | $0,840825 \cdot 10^0$ |
| D2-L83 (SR) | $0,393160 \cdot 10^1$ | $0,399640 \cdot 10^0$ |
| D2-P1022 (SR) | $0,356040 \cdot 10^1$ | $0,349419 \cdot 10^0$ |
| D2-P805 (SR) | $0,404401 \cdot 10^1$ | $0,795783 \cdot 10^0$ |
| D2-P844 (SR) | $0,315993 \cdot 10^1$ | $0,650196 \cdot 10^0$ |
| D2-P860 (SR) | $0,495323 \cdot 10^1$ | $0,185598 \cdot 10^1$ |
| D2-4940 (CR) | $0,370611 \cdot 10^1$ | $0,195092 \cdot 10^1$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,314318 \cdot 10^1$ | $0,114359 \cdot 10^1$ |
| D2-P817 (CR) | $0,331933 \cdot 10^1$ | $0,161886 \cdot 10^1$ |
| D2-P856 (CR) | $0,372631 \cdot 10^1$ | $0,102263 \cdot 10^1$ |

Tabla N°II-15: Valores de parámetros constantes para el interruptor D2.

| Interruptor D2 – Asturiano – Modelo de Cassie | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D2-4946 (SR) | $0,207499 \cdot 10^5$ | $0,724517 \cdot 10^{-3}$ | $0,483124 \cdot 10^2$ | $0,730460 \cdot 10^0$ |
| D2-L83 (SR) | $0,179509 \cdot 10^6$ | $0,178996 \cdot 10^0$ | $0,565525 \cdot 10^2$ | $0,709755 \cdot 10^0$ |
| D2-P1022 (SR) | $0,225632 \cdot 10^5$ | $0,118161 \cdot 10^{-8}$ | $0,502295 \cdot 10^2$ | $0,713672 \cdot 10^0$ |
| D2-P805 (SR) | $0,205782 \cdot 10^5$ | $0,432724 \cdot 10^{-4}$ | $0,442973 \cdot 10^2$ | $0,717684 \cdot 10^0$ |
| D2-P844 (SR) | $0,196461 \cdot 10^5$ | $0,122429 \cdot 10^{-1}$ | $0,346358 \cdot 10^2$ | $0,679029 \cdot 10^0$ |
| D2-P860 (SR) | $0,172969 \cdot 10^5$ | $0,200228 \cdot 10^{-9}$ | $0,350381 \cdot 10^2$ | $0,670723 \cdot 10^0$ |
| D2-4940 (CR) | $0,789334 \cdot 10^4$ | $0,129019 \cdot 10^0$ | $0,340839 \cdot 10^2$ | $0,732556 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,324773 \cdot 10^4$ | $0,419774 \cdot 10^{-10}$ | $0,259660 \cdot 10^1$ | $0,194222 \cdot 10^0$ |
| D2-P817 (CR) | $0,368632 \cdot 10^4$ | $0,977538 \cdot 10^{-9}$ | $0,678067 \cdot 10^1$ | $0,383475 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,371557 \cdot 10^4$ | $0,627862 \cdot 10^{-9}$ | $0,102507 \cdot 10^1$ | $0,767127 \cdot 10^3$ |

Tabla N°II-16: Valores de parámetros variables para el interruptor D2.

II-3.- GENERALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Con las tablas calculadas en el punto anterior, aquí se comienza con la generalización de estos resultados en busca de obtener la cantidad mínima de pares de valores de parámetros que sean representativos del funcionamiento de cada modelo empleado y según el interruptor ensayado. No obstante, se tomaron recaudos especiales en el tratamiento de determinados valores debidos principalmente a la dispersión que presentan, de forma de poder generalizar al resto de valores bajo la forma de un promedio más menos un sigma de variación suponiendo una distribución del tipo gaussiana de la muestra de valores obtenidos.

II-2.2.2.- Método Asturiano

II-2.2.2.1.- Modelo de Mayr

| Interruptor D2 – Asturiano – Modelo de Mayr | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Potencia [kW] | Tita [μ s] |
| D2-4946 (SR) | $0,175684 \cdot 10^3$ | $0,117764 \cdot 10^1$ |
| D2-L83 (SR) | $0,335124 \cdot 10^3$ | $0,107813 \cdot 10^1$ |
| D2-P1022 (SR) | $0,323496 \cdot 10^3$ | $0,109427 \cdot 10^1$ |
| D2-P805 (SR) | $0,435513 \cdot 10^3$ | $0,914951 \cdot 10^0$ |
| D2-P844 (SR) | $0,238591 \cdot 10^3$ | $0,978393 \cdot 10^0$ |
| D2-P860 (SR) | $0,147948 \cdot 10^3$ | $0,911593 \cdot 10^0$ |
| D2-4940 (CR) | $0,195767 \cdot 10^3$ | $0,118963 \cdot 10^1$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,181444 \cdot 10^3$ | $0,858495 \cdot 10^0$ |
| D2-P817 (CR) | $0,206023 \cdot 10^3$ | $0,943949 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,153604 \cdot 10^3$ | $0,673350 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-13: Valores de parámetros constantes para el interruptor D2.

| Interruptor0 D2 – Asturiano – Modelo de Mayr | | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D2-4946 (SR) | $0,126510 \cdot 10^7$ | $0,468680 \cdot 10^0$ | $0,134255 \cdot 10^2$ | $0,553239 \cdot 10^0$ |
| D2-L83 (SR) | $0,463002 \cdot 10^6$ | $0,400669 \cdot 10^{-4}$ | $0,128906 \cdot 10^2$ | $0,486454 \cdot 10^0$ |
| D2-P1022 (SR) | $0,373519 \cdot 10^7$ | $0,592265 \cdot 10^0$ | $0,889304 \cdot 10^1$ | $0,477872 \cdot 10^0$ |
| D2-P805 (SR) | $0,100993 \cdot 10^7$ | $0,895204 \cdot 10^{-1}$ | $0,119503 \cdot 10^2$ | $0,498743 \cdot 10^0$ |
| D2-P844 (SR) | $0,241155 \cdot 10^7$ | $0,566881 \cdot 10^0$ | $0,696850 \cdot 10^1$ | $0,454271 \cdot 10^0$ |
| D2-P860 (SR) | $0,490576 \cdot 10^6$ | $0,340578 \cdot 10^0$ | $0,250952 \cdot 10^1$ | $0,288987 \cdot 10^0$ |
| D2-4940 (CR) | $0,623043 \cdot 10^8$ | $0,125804 \cdot 10^1$ | $0,340838 \cdot 10^2$ | $0,732555 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,802449 \cdot 10^6$ | $0,395079 \cdot 10^0$ | $0,947156 \cdot 10^0$ | $0,613728 \cdot 10^{-1}$ |
| D2-P817 (CR) | $0,877826 \cdot 10^5$ | $0,233950 \cdot 10^0$ | $0,152423 \cdot 10^6$ | $0,194471 \cdot 10^1$ |
| D2-P856 (CR) | $0,123618 \cdot 10^0$ | $0,188929 \cdot 10^0$ | $0,486033 \cdot 10^4$ | $0,125470 \cdot 10^1$ |

Tabla N°II-14: Valores de parámetros variables para el interruptor D2.

| Interruptor D2 – Amsinck – Modelo de Mayr | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D2-4940 (CR) | $0,288662 \cdot 10^5$ | $0,109500 \cdot 10^1$ | $0,497754 \cdot 10^2$ | $0,833705 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,286587 \cdot 10^4$ | $0,689048 \cdot 10^0$ | $0,388676 \cdot 10^1$ | $0,371657 \cdot 10^0$ |
| D2-P817 (CR) | $0,192268 \cdot 10^4$ | $0,551702 \cdot 10^0$ | $0,994480 \cdot 10^1$ | $0,560274 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,741627 \cdot 10^3$ | $0,410928 \cdot 10^0$ | $0,919743 \cdot 10^0$ | $0,129148 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-10: Valores de parámetros variables para el interruptor D2.

II-2.2.1.2.- Modelo de Cassie

| Interruptor D2 – Amsinck – Modelo de Cassie | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Tensión [kV] | Tita [μ s] |
| D2-4940 (CR) | $0,407796 \cdot 10^4$ | $0,779745 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,369893 \cdot 10^4$ | $0,103836 \cdot 10^1$ |
| D2-P817 (CR) | $0,394858 \cdot 10^4$ | $0,959492 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,468324 \cdot 10^4$ | $0,635220 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-11: Valores de parámetros constantes para el interruptor D2.

| Interruptor D2 – Amsinck – Modelo de Cassie | | | | |
|---|-----------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D2-4940 (CR) | $0,867234 \cdot 10^4$ | $0,144708 \cdot 10^0$ | $0,774685 \cdot 10^2$ | $0,905724 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,171721 \cdot 10^4$ | $-0,153068 \cdot 10^0$ | $0,196012 \cdot 10^2$ | $0,611937 \cdot 10^0$ |
| D2-P817 (CR) | $0,259902 \cdot 10^4$ | $-0,871738 \cdot 10^{-1}$ | $0,251054 \cdot 10^2$ | $0,705644 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,834508 \cdot 10^3$ | $-0,297719 \cdot 10^0$ | $0,363581 \cdot 10^4$ | $0,130580 \cdot 10^2$ |

Tabla N°II-12: Valores de parámetros variables para el interruptor D2.

II-2.1.2.2.- Modelo de Cassie

| Interruptor D1 – Asturiano – Modelo de Cassie | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Tensión [kV] | Tita [μ s] |
| D1-4910 (SR) | $0,276731 \cdot 10^1$ | $0,589640 \cdot 10^0$ |
| D1-4917 (SR) | $0,301653 \cdot 10^1$ | $0,372715 \cdot 10^0$ |
| D1-4931 (SR) | $0,382073 \cdot 10^1$ | $0,482354 \cdot 10^0$ |
| D1-4948 (SR) | $0,387988 \cdot 10^1$ | $0,121427 \cdot 10^1$ |
| D1-4949 (SR) | $0,345588 \cdot 10^1$ | $0,394829 \cdot 10^0$ |
| D1-4913 (CR) | $0,491810 \cdot 10^1$ | $0,239217 \cdot 10^1$ |
| D1-4915 (CR) | $0,313999 \cdot 10^1$ | $0,189147 \cdot 10^1$ |

Tabla NºII-7: Valores de parámetros constantes para el interruptor D1.

| Interruptor D1 – Asturiano – Modelo de Cassie | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D1-4910 (SR) | $0,360853 \cdot 10^5$ | $0,497728 \cdot 10^{-1}$ | $0,551408 \cdot 10^2$ | $0,753966 \cdot 10^0$ |
| D1-4917 (SR) | $0,162314 \cdot 10^5$ | $0,277565 \cdot 10^{-9}$ | $0,411808 \cdot 10^2$ | $0,707515 \cdot 10^0$ |
| D1-4931 (SR) | $0,231523 \cdot 10^5$ | $0,302362 \cdot 10^{-9}$ | $0,473957 \cdot 10^2$ | $0,703515 \cdot 10^0$ |
| D1-4948 (SR) | $0,111320 \cdot 10^{11}$ | $0,145033 \cdot 10^1$ | $0,522731 \cdot 10^2$ | $0,746490 \cdot 10^0$ |
| D1-4949 (SR) | $0,161272 \cdot 10^5$ | $0,331602 \cdot 10^{-9}$ | $0,441962 \cdot 10^2$ | $0,698652 \cdot 10^0$ |
| D1-4913 (CR) | $0,255746 \cdot 10^5$ | $0,270594 \cdot 10^0$ | $0,104392 \cdot 10^3$ | $0,900771 \cdot 10^0$ |
| D1-4915 (CR) | $0,478160 \cdot 10^4$ | $0,614878 \cdot 10^{-1}$ | $0,288770 \cdot 10^2$ | $0,752367 \cdot 10^0$ |

Tabla NºII-8: Valores de parámetros variables para el interruptor D1.

II-2.2.- INTERRUPTOR “D2”

II-2.2.1.- Método de Amsinck

II-2.2.1.1.- Modelo de Mayr

| Interruptor D2 – Amsinck – Modelo de Mayr | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Potencia [kW] | Tita [μ s] |
| D2-4940 (CR) | $0,113562 \cdot 10^3$ | $0,715459 \cdot 10^0$ |
| D2-P1025 (CR) | $0,106096 \cdot 10^3$ | $0,639267 \cdot 10^0$ |
| D2-P817 (CR) | $0,147246 \cdot 10^3$ | $0,734389 \cdot 10^0$ |
| D2-P856 (CR) | $0,760990 \cdot 10^2$ | $0,444801 \cdot 10^0$ |

Tabla NºII-9: Valores de parámetros constantes para el interruptor D2.

II-2.1.1.2.- Modelo de Cassie

| Interruptor D1 - Amsinck – Modelo de Cassie | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Tensión [kV] | Tita [μ s] |
| D1-4913 (CR) | $0,541427 \cdot 10^1$ | $0,513443 \cdot 10^0$ |
| D1-4915 (CR) | $0,352278 \cdot 10^1$ | $0,680165 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-3: Valores de parámetros constantes para el interruptor D1.

| Interruptor D1 – Amsinck – Modelo de Cassie | | | | |
|---|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D1-4913 (CR) | $0,225315 \cdot 10^5$ | $0,243544 \cdot 10^0$ | $0,219067 \cdot 10^3$ | $0,106929 \cdot 10^1$ |
| D1-4915 (CR) | $0,552611 \cdot 10^4$ | $0,887914 \cdot 10^{-1}$ | $0,675941 \cdot 10^2$ | $0,946298 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-4: Valores de parámetros variables para el interruptor D1.

II-2.1.2.- Método Asturiano

II-2.1.2.1.- Modelo de Mayr

| Interruptor D1 – Asturiano – Modelo de Mayr | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Potencia [kW] | Tita [μ s] |
| D1-4910 (SR) | $0,227363 \cdot 10^3$ | $0,116638 \cdot 10^1$ |
| D1-4917 (SR) | $0,250942 \cdot 10^3$ | $0,102880 \cdot 10^1$ |
| D1-4931 (SR) | $0,377865 \cdot 10^3$ | $0,118315 \cdot 10^1$ |
| D1-4948 (SR) | $0,237762 \cdot 10^3$ | $0,106051 \cdot 10^1$ |
| D1-4949 (SR) | $0,282772 \cdot 10^3$ | $0,105900 \cdot 10^1$ |
| D1-4913 (CR) | $0,229054 \cdot 10^3$ | $0,144134 \cdot 10^1$ |
| D1-4915 (CR) | $0,154436 \cdot 10^3$ | $0,124594 \cdot 10^1$ |

Tabla N°II-5: Valores de parámetros constantes para el interruptor D1.

| Interruptor D1 – Asturiano – Modelo de Mayr | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D1-4910 (SR) | $0,170118 \cdot 10^7$ | $0,499359 \cdot 10^0$ | $0,121508 \cdot 10^2$ | $0,542514 \cdot 10^0$ |
| D1-4917 (SR) | $0,328220 \cdot 10^7$ | $0,614541 \cdot 10^0$ | $0,101821 \cdot 10^2$ | $0,516135 \cdot 10^0$ |
| D1-4931 (SR) | $0,508100 \cdot 10^7$ | $0,595854 \cdot 10^0$ | $0,139202 \cdot 10^2$ | $0,537933 \cdot 10^0$ |
| D1-4948 (SR) | $0,204532 \cdot 10^7$ | $0,469439 \cdot 10^0$ | $0,139037 \cdot 10^2$ | $0,548440 \cdot 10^0$ |
| D1-4949 (SR) | $0,463513 \cdot 10^7$ | $0,647217 \cdot 10^0$ | $0,107300 \cdot 10^2$ | $0,505960 \cdot 10^0$ |
| D1-4913 (CR) | $0,654056 \cdot 10^9$ | $0,154119 \cdot 10^1$ | $0,104391 \cdot 10^3$ | $0,900770 \cdot 10^0$ |
| D1-4915 (CR) | $0,325430 \cdot 10^5$ | $0,430775 \cdot 10^0$ | $0,296403 \cdot 10^7$ | $0,213142 \cdot 10^1$ |

Tabla N°II-6: Valores de parámetros variables para el interruptor D1.

tendiendo a cero, lo que dará la ecuación diferencial a emplear. Luego y a partir de los datos de ensayos que se tengan se tendrá que escoger el método para la determinación de los parámetros que podrán ser variables o no, según la calidad de la representación buscada. El problema de la simulación así planteado se traduce a seleccionar el mejor camino de los 12 posibles, véase la figura anterior.

II-2.- RESULTADOS NUMÉRICOS DE EMPLEAR LA METODOLOGÍA DESARROLLADA

Para realizar este ítem se trabajó en base a la totalidad de los oscilogramas que corresponden a ensayos sobre dos interruptores de SF6 de 145 [kV] de tensión nominal. Partiendo de los registros de derivada de corriente y de tensión, que son los que se miden directamente durante el ensayo, luego de limpiarlos y digitalizarlos se confeccionaron los archivos de entrada para poder emplear los programas con los cuales se determinaron los valores de los parámetros según la dependencia y la ecuación diferencial escogida.

Recordando que las funciones de los parámetros de los modelos tienen la forma siguiente,

$$P_0 = Ap \cdot g^{Bp} \qquad U_0 = Ap \cdot g^{Bp} \qquad Q = Aq \cdot g^{Bq}$$

las tablas que se presentarán responden a los valores de estos parámetros.

II-2.1.- INTERRUPTOR “D1”

II-2.1.1.- Método de Amsinck

II-2.1.1.1.- Modelo de Mayr

| Interruptor D1 – Amsinck – Modelo de Mayr | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Potencia [kW] | Tita [μ s] |
| D1-4913 (CR) | $0,121414 \cdot 10^3$ | $0,503001 \cdot 10^0$ |
| D1-4915 (CR) | $0,102517 \cdot 10^3$ | $0,636376 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-1: Valores de parámetros constantes para el interruptor D1.

| Interruptor D1 – Amsinck – Modelo de Mayr | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Oscilograma | Ap | Bp | Aq | Bq |
| D1-4913 (CR) | $0,398106 \cdot 10^6$ | $0,144389 \cdot 10^1$ | $0,198513 \cdot 10^3$ | $0,105502 \cdot 10^1$ |
| D1-4915 (CR) | $0,172007 \cdot 10^5$ | $0,105782 \cdot 10^1$ | $0,543374 \cdot 10^2$ | $0,914053 \cdot 10^0$ |

Tabla N°II-2: Valores de parámetros variables para el interruptor D1.

APÉNDICE II:

Análisis y Generalización de Resultados para ± 4 [μ s]

II-1.- INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo del Capítulo 3, se comenzó mostrando tanto los modelos básicos como los avanzados del arco eléctrico, junto con el proceso a seguir para su simulación utilizando la técnica de cajas negras. Seguidamente, se trabajó en la determinación de los parámetros de la ecuación diferencial en sus distintas maneras como también en las posibilidades que existen a partir de los datos de ensayo que se posean; también se expuso la metodología empleada y los programas realizados junto con sus posibilidades. Para finalizar se realizó una comparación gráfica a partir de la cual se concluyó que la ecuación de Mayr utilizada con parámetros variables y usando el método de determinación de parámetros al Asturiano, representaría mejor al arco eléctrico.

En este Apéndice se empleará la metodología desarrollada y ya descrita en el apéndice anterior, a todos los oscilogramas que se poseen de ensayos en interruptores de SF6, buscando una generalización en los valores de los parámetros para poder simular los ensayos con el ATP y así verificar cual es el camino más correcto para la simulación del arco eléctrico.

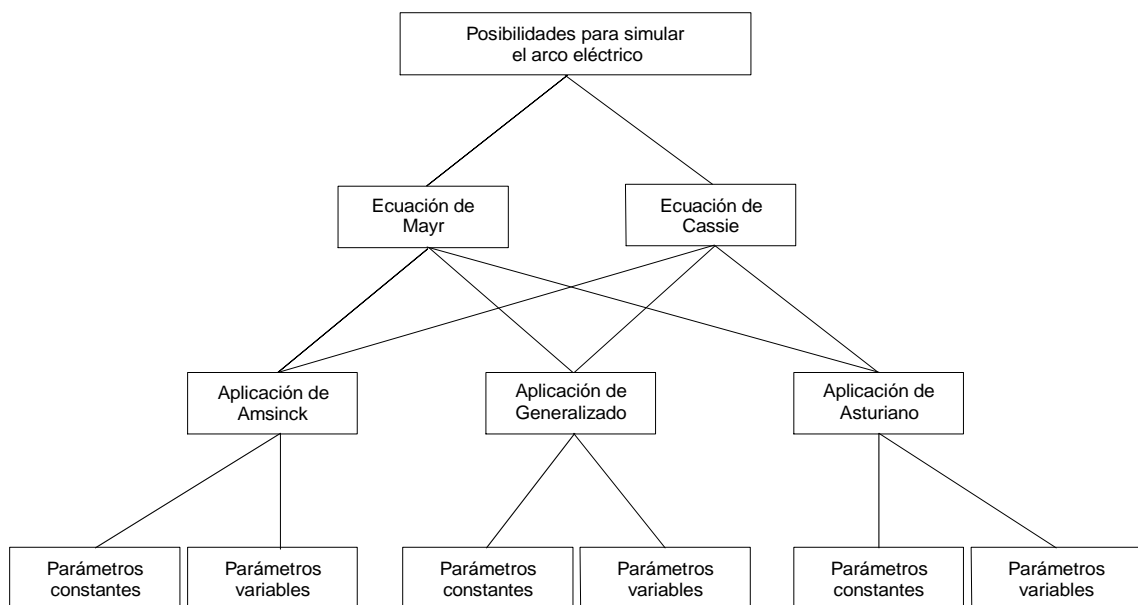
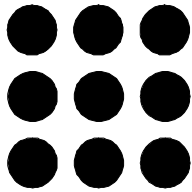


Figura N°II-1: Posibilidades para representar al arco eléctrico.

Si bien el objetivo es poder simular al arco eléctrico de la mejor manera posible se debe tener en claro que región del arco se necesita simular, región de alta corriente o de corriente



Universitat Politècnica de Catalunya
Departament d'Enginyeria Elèctrica

APÉNDICE II:

ANÁLISIS Y

GENERALIZACION

DE RESULTADOS

PARA $\pm 4[\mu\text{s}]$