

Universidad de la República
Facultad de Ingeniería
Instituto de Ingeniería Eléctrica

Disparo Automático de Carga mediante Algoritmos Genéticos

Proyecto de Fin de Carrera

Julio 2012

Michelle Guichon
Magdalena Melo
Ana Nieto

Índice general

1. Redes de Potencia	3
1.1. Definiciones	3
1.2. Clasificación de sistemas eléctricos	3
1.3. Descripción general de un Sistema de Energía	4
1.4. Clasificación de redes	4
2. Cantidad en Por Unidad (<i>pu</i>)	7
2.1. Introducción	7
2.2. Cálculo de las bases en los sistemas eléctricos de potencia	7
2.3. Cálculo para Transformadores en sistemas eléctricos monofásicos	8
2.4. Valores en “pu” en sistemas trifásicos	9
3. Modelado de la red	11
3.1. Generadores	11
3.2. Transformadores	11
3.3. Cargas	11
3.4. Líneas de Transmisión	12
3.4.1. Líneas de transmisión cortas	12
3.4.2. Líneas de transmisión medias	13
3.4.3. Líneas de transmisión largas	15
3.4.4. Circuito equivalente de una línea larga	16
3.4.5. Flujo de potencia a través de una línea de transmisión	17
3.4.6. Modelado de líneas en flujo DC	19
4. Flujo de Potencia	21
4.1. Resumen	21
4.2. Introducción al problema de flujo de potencia	21
4.2.1. Matriz Ybus	21
4.3. El problema del flujo de potencia	24
5. Flujo DC	31
5.1. Resumen	31
5.2. El Método de Newton-Raphson	31
5.2.1. El método de Newton-Raphson aplicado al problema del flujo de cargas	32
5.2.2. El método de Flujo de Potencia Desacoplado	38

5.3.	Ejemplos de Flujo DC	41
5.3.1.	Ejemplo 1	41
5.3.2.	Ejemplo 2	43
5.4.	Comparación entre Flujo AC y DC	45
5.4.1.	Introducción	45
5.4.2.	Red de ejemplo	46
5.4.3.	Análisis	50
6.	Algoritmos Genéticos	55
6.1.	Introducción	55
6.2.	Terminología biológica	55
6.3.	Elementos de Algoritmos Genéticos	56
6.3.1.	Selección	56
6.3.2.	Cruzamiento	57
6.3.3.	Mutación	57
6.4.	Función de Evaluación o Ajuste (Fitness)	58
6.5.	Criterios de parada	59
6.6.	Ejemplo de un Algoritmo Genético simple	60
6.7.	Algoritmos Genéticos en comparación con los métodos tradicionales	64
6.8.	Implementación del Programa	64
6.8.1.	Codificación de los habitantes	64
6.8.2.	Operadores genéticos	64
6.9.	Breve reseña histórica	66
7.	Función de Fitness	67
7.1.	Introducción	67
7.2.	Diseño de la función de fitness	67
7.2.1.	¿Donde se valida el fitness?	67
7.2.2.	Validación del fitness	70
7.3.	Contingencia BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500	77
7.4.	Nueva función de fitness	80
8.	Contingencias	87
8.1.	Introducción	87
8.2.	Contingencia MVI500-SCA500	90
8.2.1.	Verano	90
8.2.2.	Invierno	92
8.3.	Contingencia MVA500-MVI500	93
8.3.1.	Verano	93
8.3.2.	Invierno	94
8.4.	Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500	97
8.4.1.	Verano	97
8.4.2.	Invierno	98

8.5. Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500	100
8.5.1. Verano	100
8.5.2. Invierno	101
8.6. Contingencias PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500	102
8.6.1. Verano	102
8.6.2. Invierno	105
8.7. Contingencia SJA500-PAL500	108
8.7.1. Verano	108
8.7.2. Invierno	112
8.8. Contingencias BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500	115
8.8.1. Verano	115
8.8.2. Invierno	119
8.9. Conclusiones	122
9. Seudocódigo del Programa Principal	123
9.1. Lectura y procesamiento de datos	123
9.2. Cuerpo del programa	123
10. Tutorial	125
A. Flujo de cargas para contingencia MVI500-SCA500	137
B. Evolución de Fitness	141
B.1. Fitness 1	141
B.1.1. 250 habitantes, 200 generaciones	141
B.2. Fitness 2	143
B.2.1. 250 habitantes, 200 generaciones	143
B.3. Fitness 3	147
B.3.1. 250 habitantes, 200 generaciones	148
B.4. Fitness 4	152
B.4.1. 250 habitantes, 200 generaciones	152
B.4.2. 1000 habitantes, 75 generaciones	156
C. Comparación de fitness	161
C.1. Introducción	161
C.2. Comparación de datos	161
C.2.1. Red Uruguay Verano	162
C.2.2. Red Uruguay Invierno	177
D. Desarrollo Fitness2 y Fitness 3	197
D.1. Fitness 2	197
D.2. Fitness 3	197
E. Método Montecarlo	203

F. Matriz A	205
G. Tablas Contingencias	207
G.1. Contingencia MVI500-SCA500	207
G.1.1. Verano	207
G.1.2. Invierno	209
G.2. Contingencia MVA500-MVI500	211
G.2.1. Verano	211
G.2.2. Invierno	213
G.3. Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500	216
G.3.1. Verano	216
G.3.2. Invierno	219
G.4. Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500	221
G.4.1. Verano	221
G.4.2. Invierno	223
Bibliografía	227

Prólogo

En los sistemas eléctricos de potencia, la demanda de energía eléctrica se concentra en general en las ciudades y centros poblados. La generación en cambio puede encontrarse muy lejos de cualquier ciudad, respondiendo muchas veces al tipo de fuente primaria de energía que utiliza la planta. El ejemplo más claro lo componen las centrales hidroeléctricas que utilizan el embalse de un río creado mediante una represa, transformando la energía potencial gravitatoria del agua para mover una turbina y generar energía eléctrica.

Para transportar la energía desde los centros de generación hasta los de demanda se utilizan las redes de Transmisión de alta y extra alta tensión. En nuestro país alta tensión comprende tensiones de 150kV y extra alta tensión 500kV. Debido a la importancia de la red de transmisión en el sistema eléctrico de potencia, en general se diseña y construye para que sea confiable y permita el funcionamiento del sistema incluso ante la falta de uno o varios elementos que la componen, a saber: líneas aéreas, cables subterráneos, transformadores, etc. De todos modos, existen muchas contingencias para las cuales es necesario desconectar parte de la demanda para asegurar la estabilidad de todo el sistema y la seguridad de los equipos. En la mayoría de los casos la desconexión se debe realizar tan rápidamente que sólo es posible hacerlo de manera automática, habiendo elegido las estaciones a desconectar de manera conveniente y con anterioridad.

El proyecto comprende el estudio del comportamiento de los algoritmos genéticos (AG) con el fin de calcular de manera óptima la menor cantidad de carga que es necesario desconectar del sistema eléctrico luego de ocurrida una contingencia, que asegure que ningún equipo quede cargado más allá de su condición de emergencia.

El sistema eléctrico se modelará de manera simplificada, utilizando sólo los parámetros necesarios para la implementación de flujos DC. Los componentes del sistema eléctrico que se incluirán serán: generadores, líneas y/o cables, transformadores, carga activa modelada como potencia constante.

1. Redes de Potencia

1.1. Definiciones

- Sistema eléctrico: Es un circuito, con una determinada tensión nominal, cuyo objetivo es llevar la energía eléctrica generada en el sistema (o recibida de otro sistema), hasta los puntos de utilización donde se conecta el equipamiento eléctrico, por medio de líneas de transmisión de potencia.
- Tensión nominal: Es el valor de la tensión al cual se refieren las características de los equipos.
- Corriente admisible de un conductor: Es aquella corriente que circulando continuamente por el conductor, produce el equilibrio térmico (calor producido en el conductor por efecto Joule igual al disipado), a la temperatura máxima admisible de servicio continuo. Esta temperatura depende del tipo de aislamiento del cable y la misma está determinada por las normas IEC 60502 e IEC 60702.

Como pueden existir distintos límites (límite para régimen permanente, límite para situaciones de contingencia, ajuste de protecciones, etc) el programa tiene la capacidad para definir hasta 2 límites: Rate A y Rate B.

- Rate A: capacidad térmica del equipo en régimen permanente
- Rate B: capacidad térmica que soporta el equipo solo durante una hora y no más. Por eso el rate B es más grande que el rate A.

1.2. Clasificación de sistemas eléctricos

Los sistemas eléctricos se pueden clasificar de acuerdo a su nivel de tensión y usualmente se divide de la siguiente forma:

- Baja tensión (BT), sistemas de hasta 1000V
- Media tensión (MT), sistema hasta 72kV. En la normativa vigente cuando las tensiones se encuentran en el rango de 24kV a 72kV se denomina Subtransmisión superior (ST)
- Alta tensión (AT): sistemas hasta 245 kV
- Extra alta tensión (EAT): sistemas por encima de 300 kV

Las tensiones utilizadas en Uruguay son:

	U(kV)
Baja tensión (BT)	0.23-0.4
Media tensión (MT)	6-15-20
Subtransmisión (ST)	30-60
Alta tensión (AT)	110-150
Extra alta tensión (EAT)	500

Cuadro 1.1.: Niveles de tensión de Uruguay

1.3. Descripción general de un Sistema de Energía

Los sistemas de energía eléctricos (SEE) pueden dividirse en varias etapas:

- A) Producción: Actividad de generación de energía eléctrica en base a Centrales con Máquinas Sincrónicas (Térmicas, Hidráulicas, Eólicas, Solar, etc.)
- B) Estación elevadora: Emplaza “al lado” de la Central con el objetivo de elevar la tensión para realizar el Transporte de la energía teniendo en cuenta distancia y/o potencia.
- C) Red de transporte: Vincula las Centrales con los Centros de Consumo y entre Centrales entre sí.
- D) Subestación de transmisión: ubicada “cerca” de los Centros de Carga con el objetivo de reducir la tensión para la distribución de la energía.
- E) Red de Subtransmisión: Vincula las subestaciones de Transmisión con zonas de consumo específico de cierta magnitud hasta llegar a Estaciones de Distribución o Clientes en 30 o 60 kV.
- F) Estaciones de Distribución y Subestaciones de usuarios: Emplazadas “en” las zonas de consumo, con el fin de reducir nuevamente la tensión y segmentar la carga a una segunda etapa de distribución o conectar con clientes en MT.
- G) Red de Distribución en MT: Vincula las estaciones de distribución con subestaciones de menor nivel de tensión y carga.
- H) Subestaciones: reduce las tensiones de MT a BT.
- I) Red de Distribución en BT: Vincula subestaciones con clientes

1.4. Clasificación de redes

- Redes radiales

Estas redes se caracterizan por la alimentación por un solo extremo, transmitiendo la energía en forma radial a los receptores. Dentro de sus ventajas destacan su

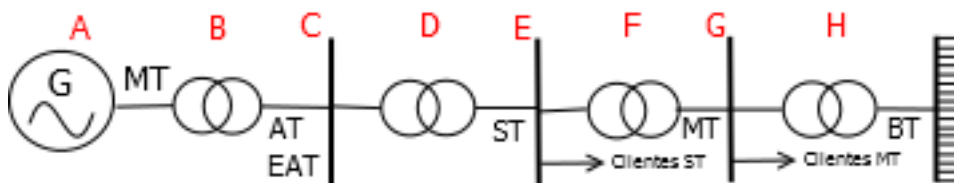


Figura 1.1.: Sistemas eléctricos de energía

simplicidad y la facilidad que presentan para ser equipadas de protecciones selectivas. Como inconveniente tiene una falta de garantía de servicio.

- Redes en anillo

La red en bucle o anillo se caracteriza por tener dos de sus extremos alimentados, quedando estos puntos intercalados con el anillo. Como ventaja fundamental podemos citar su seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento, presentando el inconveniente de una mayor complejidad y sistemas de protección así mismo más complicados.

- Redes en operación radial

Las estaciones o subestaciones están siempre alimentadas de un solo extremo pero puede cambiarse el punto de alimentación. Esta red tiene mayor confiabilidad.

- Red mallada

La red mallada es el resultado de entrelazar anillos y líneas radiales formando mallas. Sus ventajas radican en la seguridad de servicio, flexibilidad de alimentación y facilidad de conservación y manutención. Sus inconvenientes, la mayor complejidad, extensiva a las protecciones y el rápido aumento de las potencias de cortocircuito.

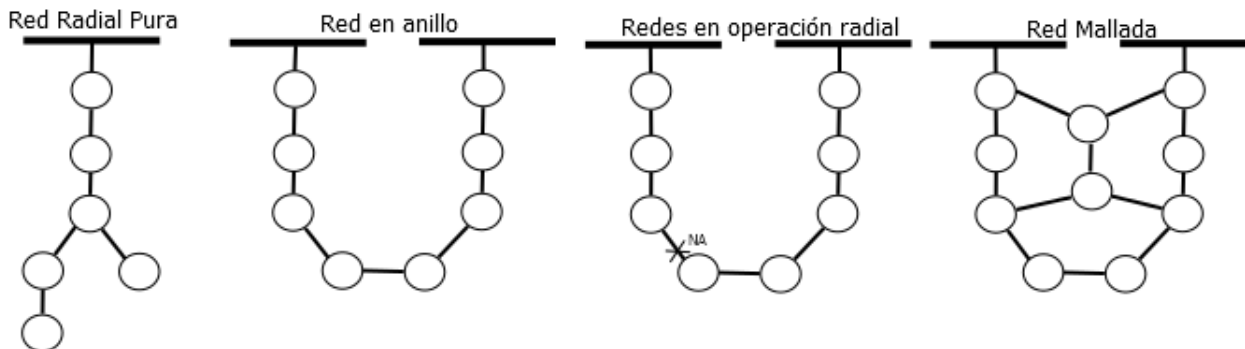


Figura 1.2.: Distintas configuraciones de redes

2. Cantidad en Por Unidad (*pu*)

2.1. Introducción

Las líneas de transmisión de potencia se operan a niveles en los que el kilovolt (kV) es la unidad más conveniente para expresar sus voltajes. Debido a que se transmite una gran cantidad de potencia, los términos comunes son los kilowatt o megawatt y los kilovoltamperes o megavoltamperes. Sin embargo, estas cantidades, al igual que el ampere y el ohm, se expresan frecuentemente en por ciento o en por unidad de un valor base o de referencia especificado para cada una.

El valor en pu de cualquier cantidad se define como la relación de la cantidad a su base y se expresa como un decimal, como muestra la siguiente ecuación:

$$x = \frac{X}{X_{base}}$$

La relación en por ciento es 100 veces el valor en por unidad.

Ambos métodos de cálculo son más simples y más informativos que el volt, el ampere y el ohm reales. El método en pu tiene una ventaja sobre el porcentual: el producto de dos cantidades expresadas en pu se expresa también en pu, mientras que el producto de dos cantidades dadas en por ciento se debe dividir entre 100 para obtener el resultado en por ciento.

2.2. Cálculo de las bases en los sistemas eléctricos de potencia

El voltaje, la corriente, la potencia y la impedancia no son independientes, están relacionados de tal manera que la selección de los valores base de dos de ellos determina la base de los dos restantes.

$$S = V \star I$$

$$V = Z \star I$$

En general se elige S y V como valores base: entonces los otros valores quedan determinados de la siguiente manera:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{V_{base}}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base}}{I_{base}} = \frac{V_{base}^2}{S_{base}}$$

2.3. Cálculo para Transformadores en sistemas eléctricos monofásicos

En un sistema eléctrico aparecen distintos niveles de voltaje. Con el objeto de eliminar este inconveniente, se requiere determinar qué relación deben cumplir las bases elegidas en los diferentes niveles de tensión en *pu*.

Objetivo: encontrar valores base para que el transformador pueda ser representado por uno ideal de relación de transformación 1:1.

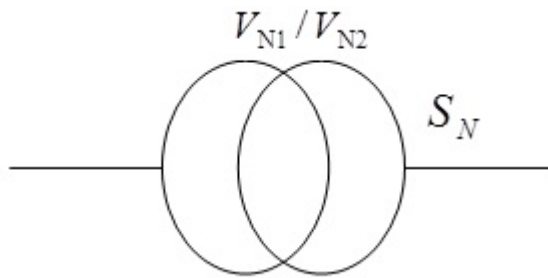


Figura 2.1.: Transformador monofásico

Supongamos un transformador como el de la figura anterior con valores nominales: V_{N1}, V_{N2}, S_N y los valores base: $V_{b1}, V_{b2}, S_{b1}, S_{b2}$

Sabemos que: $V_2 = \frac{1}{n} \star V_1$ donde n es la relación de transformación.

En pu:

$$v_1 = \frac{V_1}{V_{b1}}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{V_{b2}} = \frac{V_1}{n} \star \frac{1}{V_{b2}}$$

Objetivo: $v_1 = v_2 \rightarrow$

$$\frac{V_1}{V_{b1}} = \frac{V_2}{V_{b2}} = \frac{V_1}{n} \star \frac{1}{V_{b2}} \rightarrow \frac{V_{b1}}{V_{b2}} = n = \frac{V_{n1}}{V_{n2}} \quad (2.1)$$

Transformador ideal sin pérdidas: $S_1 = S_2$

Objetivo: $s_1 = s_2$;

$$\frac{S_1}{S_{b1}} = \frac{S_2}{S_{b2}} \rightarrow S_{b1} = S_{b2} \quad (2.2)$$

Entonces cuando los valores base del lado primario y secundario del transformador cumplen con las ecuaciones Ecuación 2.1 y Ecuación 2.2 se puede concluir que en “pu” este puede ser representado por uno de relación de transformación 1:1

2.4. Valores en “pu” en sistemas trifásicos

Los circuitos trifásicos balanceados se resuelven como si fueran una línea con un neutro de retorno.

$$U_b = \sqrt{3} \star V_b$$

$$S_b = 3 \star S_{bf}$$

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}U_b} = \frac{3 \star S_{bf}}{3 \star V_b} = \frac{S_{bf}}{V_b} = I_{bf}$$

$$Z_b = \frac{U_b}{\sqrt{3}} \star \frac{1}{I_b} = \frac{U_b}{\sqrt{3}} \star \frac{\sqrt{3} \star U_b}{S_b} = \frac{U_b^2}{S_b} = \frac{V_b^2}{S_{bf}}$$

De estas ecuaciones (y haciendo un par de cuentas) surge que el valor en por unidad de un voltaje línea a neutro sobre el voltaje base línea a neutro es igual al valor en por unidad del voltaje línea a línea en el mismo punto sobre el voltaje base línea a línea, siempre que el sistema este balanceado.

3. Modelado de la red

3.1. Generadores

Los generadores se modelan como una barra PV típica en flujo de cargas, a las que se les define la potencia activa y la tensión. En este caso la tensión, al igual que en el resto de las barras en flujo *DC*, es de $1 pu$.

3.2. Transformadores

La figura siguiente muestra el modelo estrella equivalente de un transformador real del lado del primario:

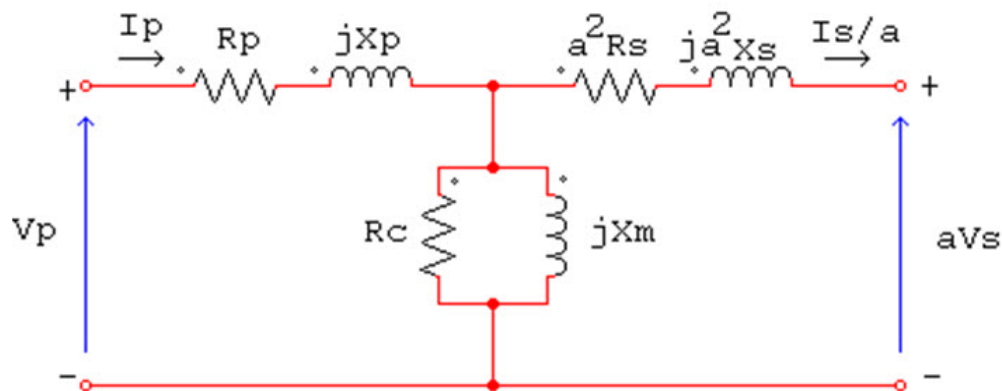


Figura 3.1.: Modelo del transformador real

Para el modelo del transformador en flujo *DC* se desprecian las resistencias series y la rama magnetizante quedando solo las reactancias serie.

3.3. Cargas

Las barras de carga se modelan como potencia activa constante sin tener en cuenta potencia reactiva.

3.4. Líneas de Transmisión

Los 4 parámetros de una línea de transmisión están uniformemente distribuidos en la línea. Se distinguen los modelos para líneas cortas y medias. Si una línea es clasificada como corta, la capacidad shunt es tan pequeña que puede ser omitida enteramente. Se perderá precisión y se considera solo R y L , para el modelado total de la línea. Para el modelo de línea media se considera la imagen Figura 3.2.

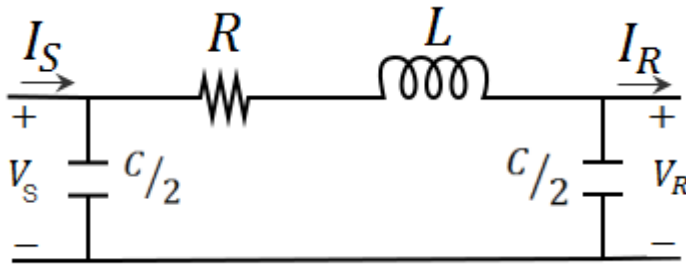


Figura 3.2.: Modelo de línea de transmisión

La capacidad de la línea está dividida en dos partes iguales, ubicada entre el neutro de la línea y la propia línea, al final de cada circuito equivalente. La conductancia shunt G usualmente se desprecia. Si los capacitores son omitidos, este circuito también representa al modelo de líneas cortas.

Las líneas pueden clasificarse de acuerdo a su longitud. Las menores a una distancia de 80 km se consideran circuitos con modelo de líneas cortas. Las que pertenecen a un largo entre 80 km y 240 km, se consideran como línea media. Líneas mayores a 240 km requieren cálculos en términos de constantes distribuidas, (en caso de querer un nivel de precisión alto).

Para distinguir entre la impedancia serie total de una línea y la impedancia serie por unidad de línea, se adopta la siguiente nomenclatura:

z = impedancia serie, por unidad de longitud, por fase

y = admitancia shunt, por unidad de longitud, por fase hasta el neutro

l = largo de línea

$Z = z.l$ impedancia serie total por fase.

$Y = y.l$ admitancia shunt total por fase a neutro.

3.4.1. Líneas de transmisión cortas

El circuito equivalente de una línea de transmisión corta es el mostrado en la figura Figura 3.3.

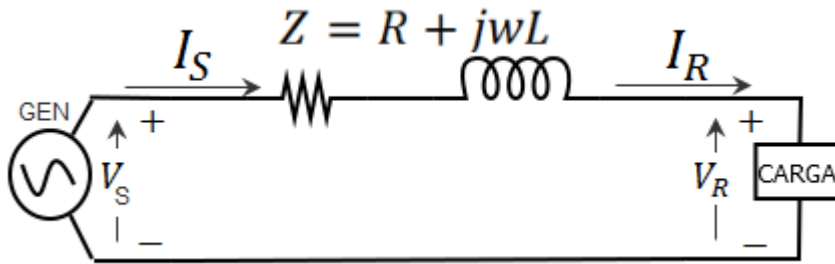


Figura 3.3.: Modelo de línea corta

Donde I_S e I_R son las corrientes salientes y entrantes respectivamente, V_S y V_R son los voltajes de las líneas respecto al neutro entre la fuente y la carga que alimenta. El circuito es resuelto:

$$I_S = I_R \quad (3.1)$$

$$V_S = V_R + I_R \times Z \quad (3.2)$$

donde $Z = z.l$, la impedancia serie total. La reactancia inductiva de una línea de transmisión es más grande que la resistencia.

3.4.2. Líneas de transmisión medias

La admitancia shunt, usualmente capacitiva pura, es incluida en los cálculos para líneas de longitud media. Si la admitancia shunt total de la línea es dividida en dos partes iguales, colocadas en la entrada y salida de la línea, al circuito se lo conoce como π nominal.

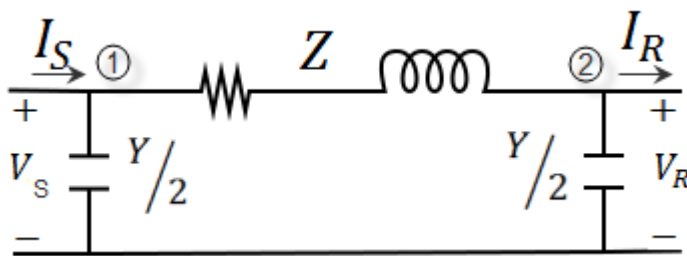


Figura 3.4.: Circuito π nominal

Para obtener una expresión de V_S , se nota que, la corriente en el capacitor en el

nodo 1 es $V_S Y/2$ y la corriente en la rama serie es $V_R Y/2 + I_R$, entonces:

$$V_S = (V_R Y/2 + I_R)Z + V_R \quad (3.3)$$

$$V_S = \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) V_R + I_R \cdot Z \quad (3.4)$$

Para hallar I_S , se realiza Kirchoff en el nodo1, donde la I de la capacidad shunt es $V_S Y/2$, la cual es sumada a la corriente en la rama serie:

$$I_S = V_S Y/2 + V_R Y/2 + I_R \quad (3.5)$$

Sustituyendo V_S por la (Ecuación 3.4), en la (Ecuación 3.5) queda:

$$I_S = \left[\left(\frac{YZ}{2} + 1\right) V_R + I_R Z\right] Y/2 + V_R Y/2 + I_R = Y \left(\frac{YZ}{4} + 1\right) V_R + \left(\frac{YZ}{2} + 1\right) I_R \quad (3.6)$$

La Ecuación 3.4 y Ecuación 3.6 pueden ser expresadas en la forma general de

$$V_S = AV_R + BI_R \quad (3.7)$$

$$I_S = CV_R + DI_R \quad (3.8)$$

Donde:

$$\begin{cases} B = Z \\ A = D = \frac{YZ}{2} + 1 \\ C = Y\left(\frac{YZ}{4} + 1\right) \end{cases} \quad (3.9)$$

Las constantes $ABCD$ son conocidas como *constantes de líneas de transmisión*. En general son números complejos. A y D son adimensionadas e iguales, esto último solo si, la línea es la misma *mirada* de los dos lados. Las dimensiones de B y C son *ohms*. Las constantes se aplican a cualquier línea pasiva. Si I_R es 0 en la Ecuación 3.7, se observa que A es la relación entre V_S y V_R . De la misma forma, B es la relación entre V_S e I_R , cuando la línea receptora esta en cortocircuito.

3.4.3. Líneas de transmisión largas

Para obtener una solución con precisión, se pueden utilizar herramientas de ecuaciones diferenciales. Después de sucesivos cálculos se llega a que

$$V = \frac{V_R + Z_C I_R}{2} e^{\gamma x} + \frac{V_R - Z_C I_R}{2} e^{-\gamma x} \quad (3.10)$$

$$I = \frac{V_R/Z_C + I_R}{2} e^{\gamma x} - \frac{V_R/Z_C - I_R}{2} e^{-\gamma x} \quad (3.11)$$

Las funciones hiperbólicas están definidas con exponenciales de la siguiente forma:

$$\sinh \theta = (e^{\theta} - e^{-\theta}) / 2 \quad (3.12)$$

$$\cosh \theta = (e^{\theta} + e^{-\theta}) / 2 \quad (3.13)$$

Las nuevas ecuaciones, sustituyendo en la Ecuación 3.12 y en la Ecuación 3.13 en Ecuación 3.10 y Ecuación 3.11 son:

$$V = V_R \cosh \gamma x + I_R Z_C \sinh \gamma x \quad (3.14)$$

$$I = I_R \cosh \gamma x + (V_R/Z_C) \sinh \gamma x \quad (3.15)$$

Siendo $x = l$, para obtener el voltaje y corriente en el nodo entrante, se tiene que:

$$V_S = V_R \cosh \gamma l + I_R Z_C \sinh \gamma l \quad (3.16)$$

$$I_S = I_R \cosh \gamma l + (V_R/Z_C) \sinh \gamma l \quad (3.17)$$

Donde $\gamma = \alpha + j\beta$, $Z_C = \sqrt{(z/y)}$; impedancia características de la línea; $\gamma = \sqrt{yz}$ constante de propagación; $\beta = jw\sqrt{LC}$ constante de fase.

Se observa que las constantes generalizadas del circuito valen:

$$\begin{cases} A = \cosh \gamma l \\ B = Z_C \sinh \gamma l \\ C = \sinh \gamma l / Z_C \\ D = \cosh \gamma l \end{cases} \quad (3.18)$$

Resolviendo la (Ecuación 3.16) y (Ecuación 3.17) para V_R e I_R en términos de V_S e I_S , se obtiene:

$$V_R = V_S \cosh \gamma l - I_S Z_C \sinh \gamma l \quad (3.19)$$

$$I_R = I_S \cosh \gamma l - (V_S / Z_C) \sinh \gamma l \quad (3.20)$$

Para cargas balanceadas trifásicas, las corrientes en la Ecuación 3.19 y Ecuación 3.20, es corriente de línea, y el voltaje es, entre línea y neutro, (voltaje de fase), eso es voltaje de línea dividido $\sqrt{3}$. Como γl es usualmente complejo, entonces las funciones hiperbólicas también lo son.

3.4.4. Circuito equivalente de una línea larga

El circuito π nominal, no representa la línea de transmisión exactamente, porque no toma en cuenta los parámetros que están distribuidos uniformemente. Las diferencias entre el circuito nominal π y la línea real se vuelve cada vez más grande cuanto más extensa es la línea. Sin embargo es posible encontrar un circuito equivalente de la línea larga y representarla realmente como es. Se asume que el circuito π nominal similar al de la Figura 3.4 es el equivalente (circuito π *equivalente*) al circuito de una línea larga, pero llamando a la rama serie Z' y a las ramas shunt $Y'/2$, para así distinguirlas del circuito π *nominal*.

Sustituyendo Z e $Y/2$ por Z' e $Y'/2$ en la Ecuación 3.4 se obtiene:

$$V_S = \left(\frac{Y'Z'}{2} + 1 \right) V_R + I_R Z' \quad (3.21)$$

Para que el circuito sea equivalente al de línea larga, los coeficientes de V_R e I_R en Ecuación 3.21, deben ser idénticos respectivamente a los coeficientes de V_R e I_R en la Ecuación 3.16. Queda entonces:

$$Z' = Z_C \sinh \gamma l$$

$$Z' = (\sinh \gamma l) \sqrt{\gamma l} = \left(z l / l \sqrt{z y} \right) \sinh \gamma l$$

$$Z' = Z (\sinh \gamma l / \gamma l)$$

Donde Z es equivalente a $z l$, la impedancia total de la línea. El término $(\sinh \gamma l) / \gamma l$ es el factor por el cual la impedancia serie debe ser multiplicado para pasar del circuito π nominal al π equivalente. Para valores bajos de γl , $\sinh \gamma l$ y γl son casi idénticos. Este factor muestra que el circuito π nominal representa a la línea media de forma bastante precisa (respecto a lo que concierne a la rama serie). Para la rama shunt del circuito π equivalente, equiparamos los coeficientes de V_R en la Ecuación 3.16 y Ecuación 3.19, por lo que se obtiene:

$$\frac{Y' Z'}{2} + 1 = \cosh \gamma l$$

Sustituyendo $Z' = \sinh \gamma l$

$$Y' Z_C \sinh (\gamma l / 2) + 1 = \cosh \gamma l$$

$$(Y' / 2) = \frac{(\cosh \gamma l - 1)}{Z_c} \sinh \gamma l$$

Utilizando que:

$\tanh (\gamma l / 2) = (\cosh \gamma l - 1) / \sinh \gamma l$ y $\tanh \theta = \sinh \theta / \cosh \theta$ Sustituyendo en la ecuación anterior, se tiene que:

$$Y' / 2 = \frac{\tanh (\gamma l / 2)}{Z_C} = \left(\frac{Y}{2} \right) \frac{\tanh (\gamma l / 2)}{(\gamma l / 2)} \quad (3.22)$$

Donde Y es igual a $y l$, la admitancia shunt total de la línea. La Ecuación 3.22 muestra el factor de corrección usado para convertir la rama de la admitancia shunt del circuito π nominal al circuito π equivalente,. Como la $\tanh (\gamma l / 2)$ y $\gamma l / 2$ son muy parecidos para valores chicos de γl , el circuito π nominal representa la línea de transmisión media, bastante acertada. En la Figura 3.5 se puede ver al circuito π equivalente.

3.4.5. Flujo de potencia a través de una línea de transmisión

Aunque el flujo de potencia en cualquier punto a lo largo de la línea puede ser encontrado si el voltaje, corriente y factor de potencia son conocidos o pueden ser

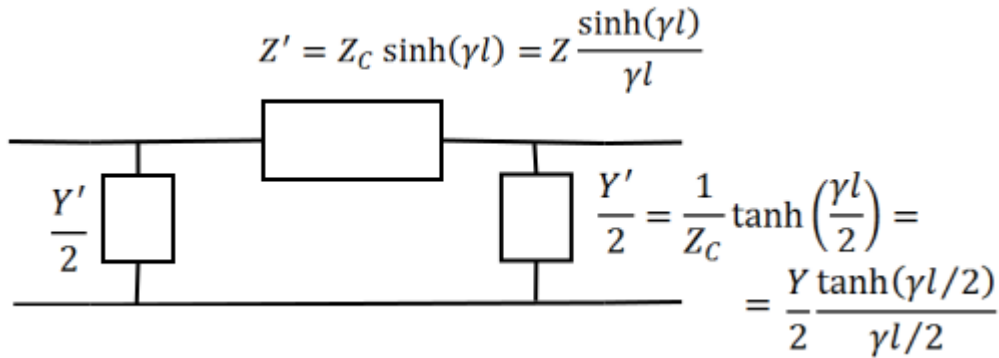


Figura 3.5.: Circuito π equivalente

calculados, surgen ecuaciones en términos de constantes $ABCD$. Las ecuaciones se aplican a cualquier red con dos nodos. Repitiendo la Ecuación 3.7 y la Ecuación 3.8, resolviendo por Kirchoff en los nodos se tiene que:

$$V_S = AV_R + BI_R$$

$$I_R = (V_S - AV_R) / B$$

Siendo: $A = |A| \angle \alpha$, $B = |B| \angle \beta$, $V_R = |V_R| \angle 0^\circ$ y $V_S = |V_S| \angle \delta$

Se obtiene:

$$I_R = \frac{(|V_S| \angle \delta)}{|B| \angle \beta} - \frac{(|A| \angle \alpha)(|V_R| \angle 0^\circ)}{|B| \angle \beta}$$

$$I_R = \left(\frac{|V_S|}{|B|} \angle \delta - \beta \right) - \left(\frac{|A||V_R|}{|B|} \angle \alpha - \beta \right)$$

Después la potencia compleja $V_R \widehat{I}_R$ en el nodo 2 es:

$$P_R + jQ_R = \left(\frac{|V_R||V_S|}{|B|} \angle \beta - \delta \right) - \left(\frac{|V_R|^2|A|}{|B|} \angle \beta - \alpha \right)$$

La potencia activa y reactiva en dicho no es:

$$P_R = \left(\frac{|V_R||V_S|}{|B|} \right) \cos(\beta - \delta) - \left(\frac{|V_R|^2|A|}{|B|} \right) \cos(\beta - \alpha)$$

$$Q_R = \left(\frac{|V_R| |V_S|}{|B|} \right) \sin(\beta - \delta) - \left(\frac{|V_R|^2 |A|}{|B|} \right) \sin(\beta - \alpha)$$

3.4.6. Modelado de líneas en flujo DC

En este modelo se desprecian la resistencia serie, la conductancia y susceptancia shunt, quedando únicamente la reactancia serie.

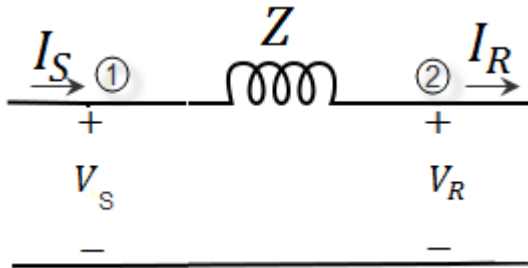


Figura 3.6.: Modelado de líneas

4. Flujo de Potencia

4.1. Resumen

Los estudios de flujo de potencia tienen gran importancia en la planificación y diseño de futuras expansiones de las redes eléctricas, así como también determinar la mejor operación de las redes ya existentes. La información principal obtenida de un estudio de flujo de potencia es la magnitud y fase del voltaje en los nodos o barras, y la potencia activa y reactiva que fluye por cada línea.

Hay programas de computación, utilizados por las compañías eléctricas, quienes a partir de los datos obtenidos por el flujo de carga, imprimen en pantalla información muy valiosa. Estos programas son muy importantes a la hora de operar y diseñar, así como detectar problemas.

Se examina alguno de los métodos por los cuáles se resuelve el problema de flujo de potencia, y se hará una introducción a los conceptos básico que lo definen.

4.2. Introducción al problema de flujo de potencia

4.2.1. Matriz Y_{bus}

Una red de transmisión típica se extiende por una gran área geográfica e involucra un gran número y variedad de componentes eléctricos. El comportamiento en régimen de todos estos componentes actuando juntos como un sistema es dado por la Matriz Nodal de Admitancias Y_{bus} , basada en el análisis de las ecuaciones nodales de la red, como se mostrará. Dicha matriz, para un sistema típico de potencia, es muy grande y debido a esto, se emplean técnicas de ahorro para su construcción con el fin de incrementar la eficiencia computacional de los programas que se utilizan para resolver los problemas de sistemas de redes de potencia.

Para poder examinar las características de las ecuaciones de los nodos y determinar la matriz Y_{bus} , se parte del análisis del siguiente ejemplo:

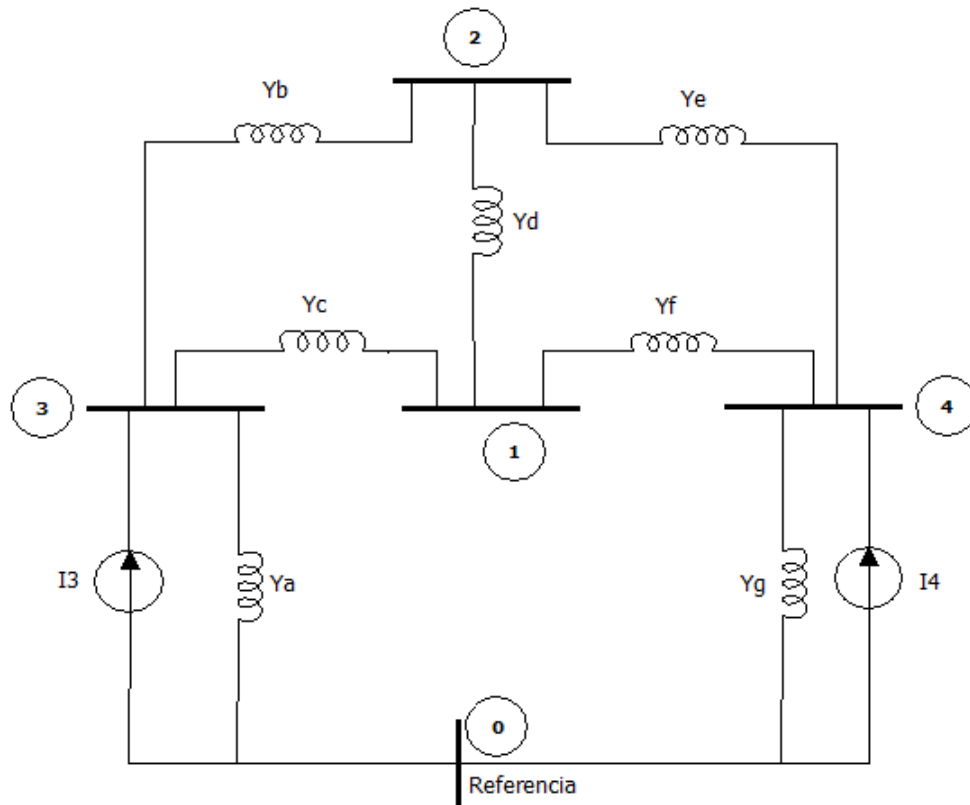


Figura 4.1.: Circuito

Fuentes de corriente se encuentran conectadas en los nodos 3 y 4, los restantes elementos son representados como admitancias. El nodo 0 se toma como referencia de tensión. Aplicando la ley de Kirchoff al nodo 1 de la Figura 4.1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$(V_1 - V_3) Y_c + (V_1 - V_2) Y_d + (V_1 - V_4) Y_f = 0$$

Y para el nodo 3:

$$V_3 Y_a + (V_3 - V_2) Y_b + (V_3 - V_1) Y_c = I_3$$

Reordenando las ecuaciones se llega a las siguientes igualdades:

$$V_1(Y_c + Y_d + Y_f) - V_2 Y_d - V_3 Y_c - V_4 Y_f = 0$$

$$-V_1 Y_c - V_2 Y_b + V_3 (Y_a + Y_b + Y_c) = I_3$$

Ecuaciones similares a las anteriores pueden ser desarrolladas para los nodos 2 y 4, y las cuatro ecuaciones pueden ser resueltas simultáneamente para los voltajes V_1, V_2, V_3 y V_4 . Todas las corrientes de rama se pueden encontrar cuando estos voltajes son conocidos, y la ecuación del nodo de referencia no dará mayor información. Ya que el número de ecuaciones independientes es una menor que el número de nodos.

Se observa que en cualquier nodo que se tome, uno de los productos es el voltaje de ese nodo por la suma de todas las admitancias que terminan en ese nodo. Este producto toma en cuenta la corriente que sale del nodo si el voltaje es cero en cada uno de los otros nodos. Cada uno de los otros productos es igual al negativo del voltaje en otro nodo por la admitancia que está conectada directamente ente ese nodo y el nodo del cual se está formulando la ecuación.

El formato matricial usual para cuatro ecuaciones nodales independientes es:

$$\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix}$$

El orden de los subíndices las admitancias Y es el de causa-efecto, es decir, el primer subíndice corresponde al nodo del que se expresa la corriente, mientras que el segundo corresponde al voltaje que causa esta componente de corriente.

A la matriz Y se la denomina matriz nodal de admitancias Y_{bus} . Las reglas usuales cuando se forma la matriz Y_{bus} son las siguientes:

- Los elementos de la diagonal Y_{jj} son iguales a la suma de las admitancias directamente conectadas al nodo j .
- Los elementos fuera de la diagonal Y_{ij} son iguales al negativo de la admitancia neta conectada entre los nodos i y j .

Los elementos de la diagonal se llaman admitancias propias de los nodos, y los elementos fuera de la diagonal admitancias mutuas de los nodos.

De las reglas anteriores para el circuito del ejemplo, la matriz Y_{bus} queda de la forma,

$$\begin{bmatrix} (Y_c + Y_d + Y_f) & -Y_d & -Y_c & -Y_f \\ -Y_d & (Y_b + Y_d + Y_c) & -Y_b & -Y_c \\ -Y_c & -Y_b & (Y_a + Y_b + Y_c) & 0 \\ -Y_f & -Y_c & 0 & (Y_c + Y_f + Y_g) \end{bmatrix}$$

4.3. El problema del flujo de potencia

El estudio se hará utilizando el método de admitancias (Y_{bus}). El punto de partida a la hora de obtener los datos, los cuales serán ingresados en el programa de computación, es el diagrama de líneas del sistema. Las líneas de transmisión son representadas (por fase) por su circuito π nominal equivalente, como el mostrado en la Figura 4.2.

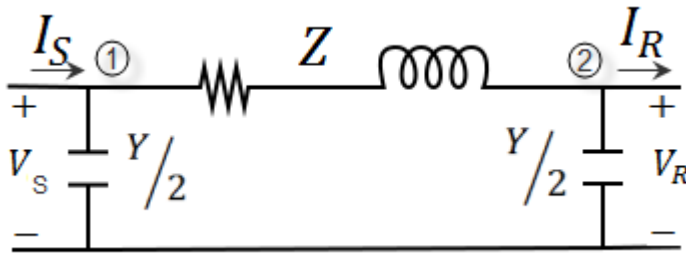


Figura 4.2.: Circuito pi

Los valores de la impedancia serie Z y la admitancia total Y , están presentes en cada línea, en el caso de este proyecto como ya se mencionó solo se toma en cuenta el valor imaginario de la impedancia serie Z .

Los elementos de la matriz de admitancias $N \times N$ son del tipo Y_{ij}

$$Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| \cos \theta_{ij} + j |Y_{ij}| \sin \theta_{ij} = G_{ij} + jB_{ij} \quad (4.1)$$

El voltaje en una barra i y en otra j del sistema está dado en coordenadas polares como:

$$V_i = |V_i| \angle \delta_i = |V_i| (\cos \delta_i + j \sin \delta_i) \quad (4.2)$$

$$V_j = |V_j| \angle \delta_j = |V_j| (\cos \delta_j + j \sin \delta_j)$$

El ángulo δ es medido respecto a alguna referencia angular, que se definirá más adelante.

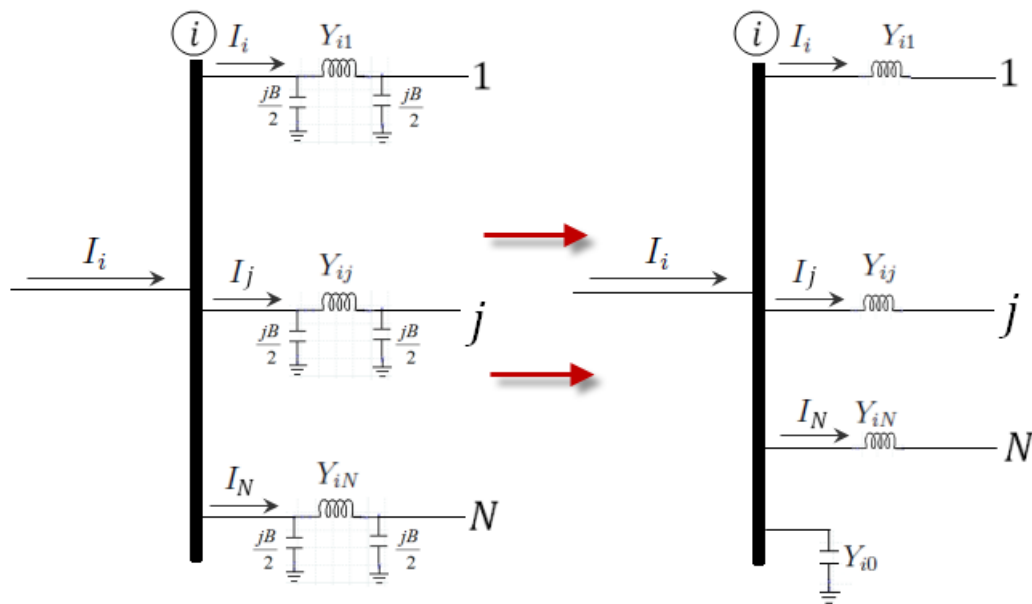


Figura 4.3.: Análisis de Red arbitraria

Llamaremos Y_{i0} a la suma de todos los elementos Y_{shunt} (reactancias capacitivas) de todas las líneas en las cuales una de las barras que la unen es la i .

De acuerdo a la Figura 4.3 se puede observar que haciendo nodos en la barra i :

$$I_i = Y_{i1}(V_i - V_1) + \dots + Y_{ij}(V_i - V_j) + \dots + Y_{iN}(V_i - V_N) + Y_{i0}V_i \quad \forall i = 1 \dots N$$

$$I_i = (-Y_{i1})V_1 + \dots + (-Y_{ij})V_j + \dots + (Y_{i0} + Y_{i1} + \dots + Y_{ij} + \dots + Y_{iN})V_i + \dots + (-Y_{iN})V_N \quad (4.3)$$

Los factores que multiplican a cada uno de los voltajes en la ecuación Ecuación 4.3, se corresponden la fila i de la matriz Y_{bus} definida en Subsección 4.2.1.

Entonces la corriente entrante a la red por la barra i , respecto a los elementos Y_{in} ($n = 1 \dots N$,) de la Y_{bus} , esta dado por:

$$I_i = Y_{i1}V_1 + Y_{i2}V_2 + \dots + Y_{iN}V_N = \sum_{n=1}^N Y_{in}V_n \quad (4.4)$$

Sustituyendo Ecuación 4.1 y Ecuación 4.2 en Ecuación 4.3 se tiene:

$$I_i = \sum_{n=1}^N (|Y_{in}| \angle \theta_{in}) (|V_n| \angle \delta_n) = \sum_{n=1}^N (|Y_{in}| |V_n| \angle (\delta_n + \theta_{in})) \quad (4.5)$$

Aplicando la definición de potencia aparente:

$$\widehat{S}_i = \widehat{V}_i I_i = (|V_i| \angle -\delta_i) \cdot \left(\sum_{n=1}^N (|Y_{in}| |V_n| \angle (\delta_n + \theta_{in})) \right)$$

$$\widehat{S}_i = \sum_{n=1}^N (|V_i| |Y_{in}| |V_n| \angle -\delta_i + \delta_n + \theta_{in})$$

$$\widehat{S}_i = \sum_{n=1}^N (|V_i| |Y_{in}| |V_n| e^{j(-\delta_i + \delta_n + \theta_{in})})$$

$$\widehat{S}_i = P_i - jQ_i$$

La potencia activa y reactiva entrante a la barra i es P_i y Q_i . La potencia inyectada conjugada en la barra i es

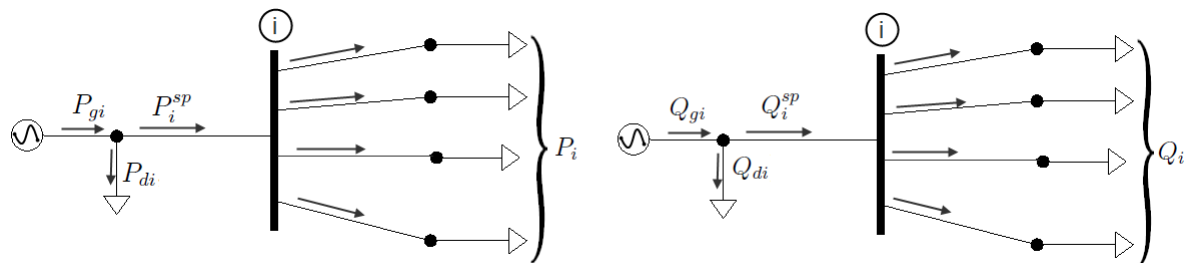
$$P_i - jQ_i = \sum_{n=1}^N (|V_i| |Y_{in}| |V_n| \angle -\delta_i + \delta_n + \theta_{in}) \quad (4.6)$$

Tomando parte real e imaginaria de la Ecuación 7.6 se obtiene

$$P_i = \sum_{n=1}^N |V_i| |Y_{in}| |V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (4.7)$$

$$Q_i = - \sum_{n=1}^N |V_i| |Y_{in}| |V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (4.8)$$

La Ecuación 4.7 y la Ecuación 4.8 constituyen las ecuaciones en forma polar del flujo de potencia; proveen el valor de la potencia activa P_i y la potencia reactiva Q_i entrante a la barra i . Sea P_{gi} la potencia generada especificada y P_{di} la potencia demandada especificada en el nodo i . Entonces $P_i^{sp} = P_{gi} - P_{di}$, es la potencia entrante en la barra i , como se muestra en la Ecuación 4.3.



Se denota al valor calculado de P_i como P_i^{calc} . El error ΔP_i es la diferencia entre el

valor P_i^{sp} y el valor de P_i^{calc} .

$$\Delta P_i = P_i^{sp} - P_i^{calc} = (P_{gi} - P_{di}) - P_i^{calc} \quad (4.9)$$

De la misma forma para la potencia reactiva en el nudo 1 se tiene:

$$\Delta Q_i = Q_i^{sp} - Q_i^{calc} = (Q_{gi} - Q_{di}) - Q_i^{calc} \quad (4.10)$$

Los errores ocurren en el transcurso de resolver el problema del flujo de potencia, cuando se calculan los valores de P_i y Q_i , y estos no coinciden con los valores especificados. Si los valores calculados P_i^{calc} y Q_i^{calc} coinciden con los valores especificados P_i^{sp} y Q_i^{sp} perfectamente, entonces se dice que el error ΔP_i y ΔQ_i son ceros en la barra i , y las ecuaciones del balance de potencia quedan:

$$P_i - P_i^{sp} = P_i - (P_{gi} - P_{di}) = 0 \quad (4.11)$$

$$Q_i - Q_i^{sp} = Q_i - (Q_{gi} - Q_{di}) = 0 \quad (4.12)$$

Para cada nodo i , hay 4 cantidades asociadas, P_i , Q_i , δ_i y $|V_i|$. Como máximo hay dos ecuaciones de la forma de Ecuación 4.11 y Ecuación 4.12 disponibles para cada nodo, entonces se debe considerar de que forma el número de las cantidades desconocidas (P_i , Q_i , δ_i y $|V_i|$) puede ser reducido, para coincidir con el número de ecuaciones disponibles antes de empezar a resolver el problema del flujo de potencia. La práctica general en estos estudios, es identificar tres tipos de barras en la red. En cada barra i , dos de esas 4 cantidades P_i , Q_i , δ_i y $|V_i|$ son especificadas y dos son calculadas. Las cantidades especificadas son elegidas de acuerdo al tipo de barras:

- Barras de carga: En cada barra en donde no hay generación, llamada barra de carga, P_{gi} y Q_{gi} son cero. La potencia activa P_{di} y la potencia reactiva Q_{di} , demandadas por la carga desde el sistema (entrada negativa al sistema) son conocidas de los registros históricos, por mediciones o por pronósticos de carga. Es frecuente, en la práctica, que solo la potencia activa sea conocida, y la potencia reactiva se calcula en base a un factor de potencia mayor a 0.85. Una barra que tiene una carga conectada, se la conoce como barra PQ , porque los valores especificados $P_i^{sp} = -P_{di}$ y $Q_i^{sp} = -Q_{di}$ son conocidos y los errores ΔP_i y ΔQ_i pueden ser definidos. Las dos cantidades desconocidas a determinar para la barra i son δ_i y $|V_i|$.
- Barras de generación: Cualquier barra de un sistema en la cual la magnitud del voltaje es mantenido constante, se le dice barra de *tensión controlada*. En cada barra de generación i , se puede especificar P_{gi} y $|V_i|$. Una barra que tiene conectados generadores es usualmente llamada barra PV .
- Barra Slack: Por conveniencia aquí se le designara a la barra 1, como barra

Slack. El ángulo de desfase del voltaje de esta barra δ_1 servirá como referencia para los desfases del resto de las barras del sistema. El ángulo del voltaje asignado a la barra slack puede ser cualquiera, no es importante, porque las diferencias $(\delta_n - \delta_i)$ en ángulo-voltaje son quienes determinan el valor calculado de P_i y Q_i en la Ecuación 4.7 y en Ecuación 4.8. La práctica usual, es imponer que $\delta_1 = 0^\circ$. Los errores no son definidos por la barra Slack, y por lo tanto la magnitud del voltaje $|V_1|$ es especificado junto con $\delta_1 = 0^\circ$. Entonces, no hay requerimientos de incluir ni la Ecuación 4.11 o la Ecuación 4.12 para la barra de Slack en el problema del flujo de potencia.

Para entender por qué P_i y Q_i no son especificados en la barra Slack, se considera que, en cada una de las N barras del sistema una ecuación similar a la Ecuación 4.11 puede ser escrita dejando que i varíe desde 1 hasta N . Cuando se juntan todas las N , se obtiene:

$$P_L = \sum_{i=1}^N P_i = \sum_{i=1}^N P_{gi} - \sum_{i=1}^N P_{di} \quad (4.13)$$

donde:

P_L = Pérdidas totales

$\sum_{i=1}^N P_{gi}$ = Generación total

$\sum_{i=1}^N P_{di}$ = Carga total

El termino P_L en esta ecuación es evidentemente el total de las perdidas (I^2R) en las líneas de transmisión y en los transformadores de la red. Las corrientes individuales en varias líneas de transmisión no puede ser calculada hasta después que $|V_i|$ y δ_i son conocidas en cada barra de la red. Por lo tanto, P_L es inicialmente desconocida y no es posible pre-especificar todas las cantidades en las sumas de la Ecuación 4.13. En la formulación del problema del flujo de potencia se elige una sola barra, la barra Slack, en la cual P_g no es especificado anteriormente. Después que el problema del flujo ha sido resuelto, la diferencia ente la P total especificada que va hacia el interior del sistema por todas las otras barras y la salida total de P , mas las perdidas (I^2R), se le asignan a la barra Slack. Por esta razón, se debe seleccionar una barra con generación como la barra Slack.

Las funciones P_i y Q_i de la Ecuación 4.7 y la Ecuación 4.8, son funciones no lineales de variables δ_i y $|V_i|$. Por lo tanto los cálculos para el flujo de potencia son mediante métodos iterativos como, Gauss-Seidel y Newton-Raphson.

El método de Newton-Raphson resuelve en forma polar las ecuaciones del flujo hasta que ΔP y ΔQ tienen un error en todas las barras del sistema, con una tolerancia dada.

El método de Gauss-Seidel resuelve en coordenadas rectangulares las ecuaciones del flujo, hasta que en cada barra, las diferencias entre una iteración y la siguiente sea muy chica.

4.3 El problema del flujo de potencia

Los dos métodos son basados en ecuaciones de admitancias (Y_{BUS}).

5. Flujo DC

5.1. Resumen

Cuando una línea de la red sale de servicio, las corrientes de línea son redistribuidas a través del sistema y los voltajes en las barras cambian. Los modelos en gran escala de la red usados para la evaluación de contingencias, como los calculados para fallas, no tienen por qué ser exactos ya que los operadores del sistema, quienes deben de evaluar cientos de estudios en un corto período de tiempo, se preocupan más por saber si los niveles de sobrecarga de corriente y voltajes no admisibles existen antes que por encontrar los valores exactos de dichas cantidades. Debido a esto se hace aproximaciones. Frecuentemente la resistencia de las líneas y transformadores se considera despreciable y el modelo de la red se convierte en reactivo puro. En muchos casos los modelos lineales son considerados satisfactorios y el principio de superposición es empleado.

Los métodos de análisis de contingencias que emplean las matrices Z_{bus} e Y_{bus} se vuelven entonces atractivos desde el punto de vista computacional, especialmente si las cargas pueden ser tratadas como corrientes constantes inyectadas a las barras del sistema. El método más simple es el denominado Flujo DC, el cual se trata en este capítulo partiendo del análisis del modelo de Newton Raphson para flujos de carga.

5.2. El Método de Newton-Raphson

Sea $F : \Omega \subset R^n \rightarrow R^n$, un sistema de n ecuaciones *no* lineales en n variables, $X \in R^n$,

$$\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ y } \vec{F} = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix}$$

$$\vec{F}(X) = \vec{0} \implies \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{bmatrix}$$

Si se supone que F es diferenciable, por el teorema de Taylor:

$$F(x^{k+1}) = F(x^k) + J_F(x^k)(x^{k+1} - x^k) + O(\|x^{k+1} - x^k\|^2)$$

Suponiendo que $F(x) \approx 0$ y truncando el último término en la ecuación anterior,

$$x^{k+1} = x^k - J_F(x^k)^{-1} F(x^k) \quad x^0 \in R^n \quad (5.1)$$

donde x^{k+1} y x^k dos iteraciones consecutivas de la solución de $F(x) = 0$, siendo x^{k+1} la mejor iteración.

Si se considera el incremento de F para $x = x^k$: $\Delta F(x^k) = F(x^{k+1}) - F(x^k)$

$$\begin{aligned} \Delta F(x^k) &= \begin{bmatrix} f_1(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1}) \\ f_2(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1}) \\ \vdots \\ f_n(x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_n^{k+1}) \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} f_1(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) \\ f_2(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) \\ \vdots \\ f_n(x_1^k, x_2^k, \dots, x_n^k) \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} \nabla f_1(x^k) \cdot \Delta(x^k) \\ \nabla f_2(x^k) \cdot \Delta(x^k) \\ \vdots \\ \nabla f_n(x^k) \cdot \Delta(x^k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \nabla f_1(x^k) \\ \nabla f_2(x^k) \\ \vdots \\ \nabla f_n(x^k) \end{bmatrix} \cdot \Delta(x^k) \end{aligned}$$

Siendo $x^{k+1} - x^k = \Delta x^k \implies J_F(x^k) = \begin{bmatrix} \nabla f_1(x^k) \\ \nabla f_2(x^k) \\ \vdots \\ \nabla f_n(x^k) \end{bmatrix}$

El determinante de $J_F(x^k)$ debe de ser no nulo para todo k para poder definir el método.

5.2.1. El método de Newton-Raphson aplicado al problema del flujo de cargas

En un sistema con N cantidad de barras, N_g es la cantidad de barras PV (sin incluir la Slack), 1 barra Slack, y $N - N_g - 1 = N_c$ cantidad de barras PQ . Hay dos ecuaciones por cada barra PQ , 1 ecuación por cada barra PV y ninguna ecuación disponible para la barra Slack.

Reescribiendo $I_i = \sum_{n=1}^N (|Y_{in}| \angle \theta_{in}) (|V_n| \angle \delta_n)$ y usando que $Y_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = G_{ij} + jB_{ij}$ se tiene:

$$I_i = \sum_{n=1}^N (G_{in} + jB_{in}) (|V_n| \angle \delta_n) \Rightarrow \widehat{S}_i = \sum_{n=1}^N \left((G_{in} + jB_{in}) |V_i| |V_n| e^{j(-\delta_i + \delta_n)} \right)$$

$$P_i - jQ_i = \sum_{n=1}^N (G_{in} + jB_{in}) \cdot (|V_i| |V_n| \cos(\delta_n - \delta_i) + j \sin(\delta_n - \delta_i)) \implies$$

$$P_i = \sum_{n=1}^N |V_i| |V_n| (G_{in} \cos(\delta_n - \delta_i) - B_{in} \sin(\delta_n - \delta_i)) \quad (5.2)$$

$$Q_i = - \sum_{n=1}^N |V_i| |V_n| (B_{in} \cos(\delta_n - \delta_i) + G_{in} \sin(\delta_n - \delta_i)) \quad (5.3)$$

La Ecuación 5.2 y la Ecuación 5.3 son como la Ecuación 4.8 y la Ecuación 4.7 cambiando la notación de Y_{in} de forma polar a rectangular. Si se distingue $n = i$ de las sumatorias se tiene:

$$P_i = G_{ii} |V_i|^2 + \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i| |V_n| (G_{in} \cos(\delta_n - \delta_i) - B_{in} \sin(\delta_n - \delta_i))$$

$$P_i = G_{ii} |V_i|^2 + \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i Y_{in} V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.4)$$

$$Q_i = -B_{ii} |V_i|^2 - \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i| |V_n| (B_{in} \cos(\delta_n - \delta_i) + G_{in} \sin(\delta_n - \delta_i))$$

$$Q_i = -B_{ii} |V_i|^2 - \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i Y_{in} V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.5)$$

Por ahora no se considerara las barras PV, así que todas las barras serán del tipo PQ, menos una, que es la Slack. En dichas barras se conoce la demanda P_{di} y Q_{di} . La barra Slack tiene especificado los valores de δ_1 y $|V_1|$, y los variables δ_i y $|V_i|$ para cada una del resto de las barras de la red, se calcularan mediante el flujo de carga.

El error para las barras PQ, como se había visto de acuerdo a la Ecuación 4.9 y a la Ecuación 4.10 es:

$$\Delta P_i = P_i^{sp} - P_i^{calc} \text{ y } \Delta Q_i = Q_i^{sp} - Q_i^{calc}$$

En cada barra, que no sea la Slack, los valores estimados de δ_i y $|V_i|$ se corresponden con x_1^0 y x_2^0 , especificando los valores P_i y Q_i , en el modelo de Newton-Raphson. Haciendo series de Taylos de primer orden, se llega al siguiente sistema de ecuaciones lineales:

$$\Delta P_i^k = \frac{\partial P_i^k}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial P_i^k}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \dots + \frac{\partial P_i^k}{\partial \delta_{N_c}} \Delta \delta_{N_c} + \frac{\partial P_i^k}{\partial |V_2|} \Delta |V_2| + \frac{\partial P_i^k}{\partial |V_3|} \Delta |V_3| + \dots + \frac{\partial P_i^k}{\partial |V_{N_c}|} \Delta |V_{N_c}|$$

$$\Delta Q_i^k = \frac{\partial Q_i^k}{\partial \delta_2} \Delta \delta_2 + \frac{\partial Q_i^k}{\partial \delta_3} \Delta \delta_3 + \dots + \frac{\partial Q_i^k}{\partial \delta_{N_c}} \Delta \delta_{N_c} + \frac{\partial Q_i^k}{\partial |V_2|} \Delta |V_2| + \frac{\partial Q_i^k}{\partial |V_3|} \Delta |V_3| + \dots + \frac{\partial Q_i^k}{\partial |V_{N_c}|} \Delta |V_{N_c}|$$

Juntando las ecuaciones anteriores, se las puede escribir en forma matricial como:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2^k}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2^k}{\partial \delta_{N_c}} & \frac{\partial P_2^k}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_2^k}{\partial |V_{N_c}|} \\ \vdots & J_{11} & \vdots & \vdots & J_{12} & \vdots \\ \frac{\partial P_{N_c}^k}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_{N_c}^k}{\partial \delta_{N_c}} & \frac{\partial P_{N_c}^k}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial P_{N_c}^k}{\partial |V_{N_c}|} \\ \frac{\partial Q_2^k}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2^k}{\partial \delta_{N_c}} & \frac{\partial Q_2^k}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_2^k}{\partial |V_{N_c}|} \\ \vdots & J_{21} & \vdots & \vdots & J_{22} & \vdots \\ \frac{\partial Q_{N_c}^k}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_{N_c}^k}{\partial \delta_{N_c}} & \frac{\partial Q_{N_c}^k}{\partial |V_2|} & \dots & \frac{\partial Q_{N_c}^k}{\partial |V_{N_c}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta \delta_{N_c} \\ \Delta |V_2| \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta |V_{N_c}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2^k \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c}^k \\ \Delta Q_2^k \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c}^k \end{bmatrix} \quad (5.6)$$

$$\begin{bmatrix} J_{11} & J_{11} \\ J_{11} & J_{11} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

La ecuación anterior es de la forma $J_F(\vec{X}^k) \cdot \Delta \vec{X} = \Delta \vec{F}$, donde: $\vec{X} = (\vec{\delta}, |\vec{V}|) =$

$$(\delta_2, \delta_3, \dots, \delta_{N_c}, |V_2|, |V_3|, \dots, |V_{N_c}|) \text{ y } F(\vec{X}) = \begin{bmatrix} P_2 \\ \vdots \\ P_{N_c} \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_{N_c} \end{bmatrix} \text{ y}$$

$$X^{k+1} - X^k = \Delta X^k \implies \delta_i^{k+1} - \delta_i^k = \Delta \delta_i^k \text{ y } |V_i|^{k+1} - |V_i|^k = \Delta |V_i|^k \quad (5.7)$$

$$\Delta F(X^k) = F(X^{k+1}) - F(X^k) \implies \begin{bmatrix} P_2^{k+1} \\ \vdots \\ P_{N_c}^{k+1} \\ Q_2^{k+1} \\ \vdots \\ Q_{N_c}^{k+1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} P_2^k \\ \vdots \\ P_{N_c}^k \\ Q_2^k \\ \vdots \\ Q_{N_c}^k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2^k \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c}^k \\ \Delta Q_2^k \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c}^k \end{bmatrix}$$

No se incluyen los errores de la barra Slack ΔP_1 y ΔQ_1 porque estos son indefinidos cuando P_1 y Q_1 no son especificados. También se omiten los términos que involucran $\Delta \delta_1$ y $\Delta |V_1|$ de las ecuaciones porque estos dan cero en la barra Slack.

El procedimiento para encontrar la solución al flujo de cargas es: Primero estimar los valores δ_i^0 y $|V_i^0|$, con esa estimación, se calculará: por medio de las ecuaciones Ecuación 5.4 y Ecuación 5.5, $P_i^{calc(0)}$ y $Q_i^{calc(0)}$; los errores ΔP_i^0 y ΔQ_i^0 se calcularán por medio de las Ecuación 4.9 y de la Ecuación 4.10, y finalmente los elementos de la matriz Jacobiana $J_F(\vec{X}^k)$. Después se resuelve la ecuación de Newton-Raphson Ecuación 5.6. Mediante la Ecuación 5.7 se hallan los valores de la iteración siguiente y así continua el proceso, hasta que el error $\Delta \delta_i$ y $\Delta |V_i|$ entre una iteración y la siguiente sea muy chico. Se pueden utilizar la (Ecuación 5.4) y la (Ecuación 5.5) cuando se complete la solución para calcular P_1 y Q_1 de la barra Slack y también la potencia reactiva Q en las barras PV.

Los elementos de la diagonal de J_{11} son de la forma:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i Y_{in} V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) = - \sum_{n=1, n \neq i}^N \frac{\partial P_i}{\partial \delta_n} \quad (5.8)$$

Sustituyendo Ecuación 5.5 en Ecuación 5.8 se tiene:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = -Q_i - B_{ii} |V_i|^2 \quad (5.9)$$

Los elementos fuera de la diagonal de J_{11} son de la forma:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_n} = - |V_i Y_{in} V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.10)$$

Los elementos de la diagonal de J_{21} son de la forma:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{n=1, n \neq i}^N |V_i Y_{in} V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) = - \sum_{n=1, n \neq i}^N \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n} \quad (5.11)$$

Sustituyendo Ecuación 5.4 en Ecuación 5.11 se tiene:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = P_i - G_{ii} |V_i|^2 \quad (5.12)$$

Los elementos fuera de la diagonal de J_{21} son de la forma:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n} = - |V_i Y_{in} V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.13)$$

Los elementos de la diagonal de J_{12} son de la forma:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2 |V_i| G_{ii} + \sum_{n=1, n \neq i}^N |Y_{in} V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in})$$

$$|V_i| \frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = |V_i| \left[2 |V_i| G_{ii} + \sum_{n=1, n \neq i}^N |Y_{in} V_n| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \right] \quad (5.14)$$

Sustituyendo Ecuación 5.11 y Ecuación 5.12 en Ecuación 5.14 se tiene:

$$|V_i| \frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} + 2 |V_i|^2 G_{ii} = P_i + G_{ii} |V_i|^2 \quad (5.15)$$

Los elementos fuera de la diagonal de J_{12} son de la forma:

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_n|} = |V_i Y_{in}| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in})$$

$$|V_n| \frac{\partial P_i}{\partial |V_n|} = |V_n| |V_i Y_{in}| \cos(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.16)$$

Sustituyendo Ecuación 5.13 en Ecuación 5.16 se tiene:

$$|V_n| \frac{\partial P_i}{\partial |V_n|} = - \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n} \quad (5.17)$$

Finalmente los elementos de la diagonal de J_{22} son de la forma:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2 |V_i| B_{ii} - \sum_{n=1, n \neq i}^N |Y_{in} V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in})$$

$$|V_i| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = |V_i| \left[-2 |V_i| B_{ii} - \sum_{n=1, n \neq i}^N |Y_{in} V_n| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \right] \quad (5.18)$$

Sustituyendo Ecuación 5.8 y Ecuación 5.9 en Ecuación 5.18 se tiene:

$$|V_i| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} - 2 |V_i|^2 B_{ii} = Q_i - B_{ii} |V_i|^2 \quad (5.19)$$

Los elementos fuera de la diagonal de J_{22} son de la forma:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|} = - |V_i Y_{in}| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in})$$

$$|V_n| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|} = - |V_n| |V_i Y_{in}| \sin(\delta_n - \delta_i + \theta_{in}) \quad (5.20)$$

Sustituyendo Ecuación 5.10 en Ecuación 5.20 se tiene:

$$|V_n| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_n} \quad (5.21)$$

Resumiendo lo anterior:

- Elementos fuera de la diagonal $n \neq i$: $M_{in} \triangleq \frac{\partial P_i}{\partial \delta_n} = |V_n| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|}$ y $N_{in} \triangleq \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_n} = - |V_n| \frac{\partial P_i}{\partial |V_n|}$
- Elementos de la diagonal $n = i$: $M_{ii} \triangleq \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = |V_i| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -M_{ii} - 2 |V_i|^2 B_{ii}$ y $N_{ii} \triangleq \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = |V_i| \frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = N_{ii} + 2 |V_i|^2 G_{ii}$

La relación entre las 4 submatrices se puede ver:

$$\begin{bmatrix}
 M_{22} & M_{2n} & M_{2N_c} & N_{22} + 2 |V_2|^2 G_{22} & & -N_{2n} & & -N_{2N_c} \\
 M_{n2} & M_{nn} & M_{N_cn} & -N_{n2} & & N_{nn} + 2 |V_n|^2 G_{nn} & & -N_{nN_c} \\
 M_{N_c2} & M_{N_cn} & M_{N_cN_c} & -N_{N_c2} & & -N_{N_cn} & & N_{N_cN_c} + 2 |V_{N_c}|^2 G_{N_cN_c} \\
 N_{22} & N_{2n} & N_{2N_c} & -M_{22} - 2 |V_2|^2 B_{22} & & M_{n2} & & M_{N_c2} \\
 N_{n2} & N_{nn} & N_{nN_c} & M_{n2} & & -M_{nn} - 2 |V_n|^2 B_{nn} & & M_{N_cn} \\
 N_{N_c2} & N_{N_cn} & N_{N_cN_c} & M_{N_c2} & & M_{N_cn} & & -M_{N_cN_c} - 2 |V_{N_c}|^2 B_{N_cN_c}
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 \Delta\delta_2 \\
 \Delta\delta_n \\
 \Delta\delta_{N_c} \\
 \Delta |V_2| / |V_2| \\
 \Delta |V_n| / |V_n| \\
 \Delta |V_{N_c}| / |V_{N_c}|
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 \Delta P_2 \\
 \Delta P_n \\
 \Delta P_{N_c} \\
 \Delta Q_2 \\
 \Delta Q_n \\
 \Delta Q_{N_c}
 \end{bmatrix}$$

Tomando en cuenta las barras PV , se sabe que $|V_i|$ es fijo para una barra i del tipo PV , por lo tanto $\Delta |V_i| / |V_i|$ es 0, lo que implica que la columna correspondiente a dicha barra en la matriz jacobiana de la ecuación anterior debe ser 0. A su vez, para las barras PV , Q_i no está especificado, los errores ΔQ_i no pueden definirse, entonces se omite la fila correspondiente a Q_i . De todas formas Q_i se puede calcular después que se tiene la solución del flujo de potencia.

Los flujos de las líneas se pueden calcular como la diferencia entre los voltajes de las barras y los parámetros de dichas líneas.

Este método tiene la desventaja que en cada iteración la matriz jacobiana se recalcula. Partiendo la matriz jacobiana en bloques, se refleja la ventaja de tiempos menores de ejecución para la misma matriz jacobiana en los programas que utilizan Newton-Raphson.

5.2.2. El método de Flujo de Potencia Desacoplado

El método de Newton-Raphson es computacionalmente costoso, se calcula para cada iteración. Este método evita calcular el Jacobiano en todas las iteraciones. Cuando se resuelven problemas de gran escala de flujos de carga, una estrategia para reducir los tiempos de ejecución de los programas es utilizar el *método de desacoplado de flujos de potencia*, el cual utiliza una aproximación del método de Newton-Raphson.

Observaciones:

- $\partial P_i / \partial \delta_n$ es mucho mayor que $\partial Q_i / \partial \delta_n$, ahora consideraremos que este último vale 0.
- $\partial Q_i / \partial |V_n|$ es mucho mayor que $\partial P_i / \partial |V_n|$, ahora consideraremos que este último vale 0.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{N_c}} & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & J_{11} & \vdots & 0 & J_{12} & 0 \\ \frac{\partial P_{N_c}}{\partial \delta_2} & \cdots & \frac{\partial P_{N_c}}{\partial \delta_{N_c}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_{N_c}|} \\ 0 & J_{21} & 0 & \vdots & J_{22} & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial Q_{N_c}}{\partial |V_2|} & \cdots & \frac{\partial Q_{N_c}}{\partial |V_{N_c}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta \delta_{N_c} \\ \Delta |V_2| \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta |V_{N_c}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c} \\ \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c} \end{bmatrix}$$

Como se nota en la ecuación anterior, los elementos de las sub matrices J_{21} y J_{12} valen 0, por lo tanto

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{N_c}} \\ \frac{\partial P_n}{\partial \delta_2} & J_{11} & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_{N_c}} \\ \frac{\partial P_{N_c}}{\partial \delta_2} & \frac{\partial P_{N_c}}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_{N_c}}{\partial \delta_{N_c}} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_{N_c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c} \end{bmatrix} \quad (5.22)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial Q_2}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_n|} & \frac{\partial Q_2}{\partial |V_{N_c}|} \\ \frac{\partial Q_n}{\partial |V_2|} & J_{22} & \frac{\partial Q_n}{\partial |V_{N_c}|} \\ \frac{\partial Q_{N_c}}{\partial |V_2|} & \frac{\partial Q_{N_c}}{\partial |V_n|} & \frac{\partial Q_{N_c}}{\partial |V_{N_c}|} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta |V_2| \\ \vdots \\ \Delta |V_{N_c}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c} \end{bmatrix} \quad (5.23)$$

Estas ecuaciones están desacopladas en el sentido que los errores $\Delta \delta$ y $\Delta |V|$ están calculados usando solo los errores de ΔP y ΔQ , los coeficientes de las matrices J_{11} y J_{22} son independientes, porque los elementos de la primera dependen del ángulo en la Ecuación 5.22 y los elementos de la segunda dependen de la magnitud del voltaje en la ecuación Ecuación 5.23.

Simplificaciones aplicadas a sistemas de transmisión de potencia bien definidos:

- Las diferencias en ángulo ($\delta_i - \delta_n$) entre barras de una línea, es frecuentemente muy bajo, entonces:

$$\cos(\delta_i - \delta_n) = 1; \quad \sin(\delta_i - \delta_n) \approx (\delta_i - \delta_n) \quad (5.24)$$

- Las susceptancias de las líneas B_{in} son mucho más grande que las conductancias de dichas líneas G_{in} , entonces:

$$G_{in} \sin(\delta_i - \delta_n) \ll B_{in} \cos(\delta_i - \delta_n) \quad (5.25)$$

- La potencia reactiva Q_i inyectada a la barra i del sistema en régimen de operación normal es mucho menor que la potencia reactiva que fluiría por todas

las líneas que salen desde dicha barra i , si estas, fuesen todas cortocircuitadas a la referencia (tierra en este caso). Esto significa:

$$Q_i \ll |V_i|^2 B_{ii} \quad (5.26)$$

Estas aproximaciones pueden ser utilizadas para simplificar los elementos de la Jacobiana. Utilizando las simplificaciones Ecuación 5.25 y Ecuación 5.24 en la Ecuación 5.21 (elementos fuera de la diagonal de J_{22}) y usando

$P_i = \sum_{n=1}^N |V_i| |V_n| (G_{in} \cos(\delta_n - \delta_i) - B_{in} \sin(\delta_n - \delta_i))$ se tiene que para los elementos fuera de la diagonal de J_{22} y J_{11} :

$$|V_n| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_n|} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_n} \cong -|V_i V_n| B_{in} \quad (5.27)$$

Para los elementos de la diagonal de J_{22} y J_{11} , aplico la simplificación Ecuación 5.26 a la Ecuación 5.19 y en la Ecuación 5.9, se tiene:

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} \cong |V_i| \frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} \cong -B_{ii} |V_i|^2 \quad (5.28)$$

Sustituyendo la Ecuación 5.28 y la Ecuación 5.27 en Ecuación 5.22 y Ecuación 5.23:

$$\begin{bmatrix} -B_{22} |V_2|^2 & -B_{2n} |V_2 V_n| & -B_{2N_c} |V_2 V_{N_c}| \\ -B_{n2} |V_n V_2| & -B_{nn} |V_n|^2 & -B_{nN_c} |V_n V_{N_c}| \\ -B_{N_c 2} |V_{N_c} V_2| & -B_{in} |V_{N_c} V_n| & -B_{N_c N_c} |V_{N_c}|^2 \end{bmatrix} \times \quad (5.29)$$

$$\times \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_{N_c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -B_{22} |V_2|^2 & -B_{2n} |V_2 V_n| & -B_{2N_c} |V_2 V_{N_c}| \\ -B_{n2} |V_n V_2| & -B_{nn} |V_n|^2 & -B_{nN_c} |V_n V_{N_c}| \\ -B_{N_c 2} |V_{N_c} V_2| & -B_{in} |V_{N_c} V_n| & -B_{N_c N_c} |V_{N_c}|^2 \end{bmatrix} \times \quad (5.30)$$

$$\times \begin{bmatrix} \Delta |V_2| / |V_2| \\ \vdots \\ \Delta |V_{N_c}| / |V_{N_c}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta Q_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c} \end{bmatrix}$$

Dividiendo la última columna por $|V_i|$:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} -B_{22} & -B_{2n} & -B_{2N_c} \\ -B_{n2} & -B_{nn} & -B_{nN_c} \\ -B_{N_c2} & -B_{in} & -B_{N_cN_c} \end{bmatrix}}_{\bar{B}} \times \begin{bmatrix} \Delta |V_2| \\ \vdots \\ \Delta |V_{N_c}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta Q_2 / |V_2| \\ \vdots \\ \Delta Q_{N_c} / |V_{N_c}| \end{bmatrix}$$

La matriz \bar{B} es simétrica e igual al negativo de las susceptancias de la Y_{bus} . En barras PV , Q no es especificado y $|\Delta V|$ es 0.

Si de \bar{B} se omiten los elementos que afectan principalmente el flujo de $MVars$, como las capacitancias shunt, y se ignoran las resistencias en serie, en el modelo π equivalente de líneas de transmisión a la hora de armar la matriz Y_{bus} , se obtiene la matriz B' . Cuando \bar{B} es intercambiado con B' el sistema se convierte en una red sin pérdidas. A su vez, tomando que todas las magnitudes de los voltajes $|V|$ valen 1.0 pu, se le conoce como *MODELO DE FLUJO DE CARGAS DC*. Bajo estas hipótesis no es necesaria la Ecuación 5.30, porque $\Delta |V_i| = 0$, en cada barra i , y la Ecuación 5.29 para el flujo de potencia queda:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} -B_{22} & -B_{2n} & -B_{2N_c} \\ -B_{n2} & -B_{nn} & -B_{nN_c} \\ -B_{N_c2} & -B_{in} & -B_{N_cN_c} \end{bmatrix}}_{B'} \times \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_{N_c} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_{N_c} \end{bmatrix} \quad (5.31)$$

donde, todos los elementos de B' son calculados, asumiendo que todas las líneas son sin pérdidas. Los flujos DC son aceptados donde es aceptable aproximar las soluciones, especialmente en los estudios de contingencia.

$$\Delta P_i = \sum_{n=2}^{N_c} (-B_{in} \times \Delta \delta_i) \rightarrow P_i = - \sum_{n=2}^{N_c} B_{in} \times (\delta_n - \delta_i) \quad (5.32)$$

5.3. Ejemplos de Flujo DC

En esta sección se realizarán dos ejemplos con el fin de validar el Flujo DC desarrollado en el programa con los resultados teóricos esperados.

5.3.1. Ejemplo 1

Se muestra el ejemplo 1 en la Figura 5.2.

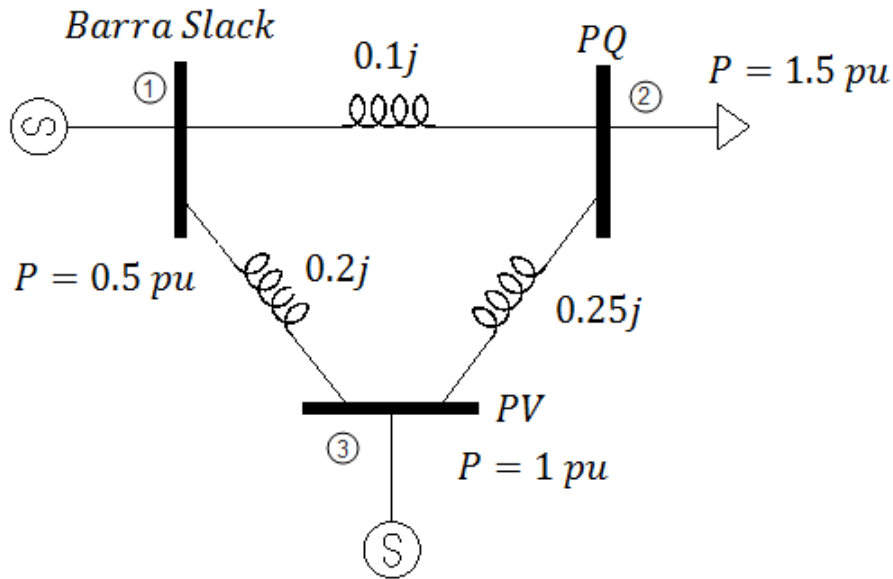


Figura 5.1.: Circuito dado para el Ejemplo 1

Se elige como origen de desfase $\delta_1 = 0$ que corresponde al argumento de la barra Slack.

En la Figura 5.1 se muestra el primer ejemplo, dado que se tiene tres barras la matriz Y_{BUS} será de 3×3 de la siguiente forma:

$$Y'_{12} = Y'_{21} = \frac{1}{0.1j} = 10j \Rightarrow Y_{12} = -10j$$

$$Y'_{13} = Y'_{31} = \frac{1}{0.2j} = 5j \Rightarrow Y_{13} = -5j$$

$$Y'_{23} = Y'_{32} = \frac{1}{0.25j} = 4j \Rightarrow Y_{23} = -4j$$

$$Y_{11} = -Y_{12} - Y_{13} = -15j$$

$$Y_{22} = -Y_{21} - Y_{23} = -14j$$

$$Y_{33} = -Y_{31} - Y_{32} = -9j$$

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -15j & 10j & 5j \\ 10j & -14j & 4j \\ 5j & 4j & -9j \end{bmatrix}$$

De la Ecuación 5.32 se deducen las siguientes ecuaciones:

$$P_1 = \sum_{n=1}^3 (-B_{1n}(\delta_n - \delta_1)) = B_{11}(\delta_1 - \delta_1) + B_{12}(\delta_1 - \delta_2) + B_{13}(\delta_1 - \delta_3)$$

$$0.5 = B_{12}(-\delta_2) + B_{13}(-\delta_3) = 10(-\delta_2) + 5(-\delta_3)$$

$$\rightarrow 0.5 = -10\delta_2 - 5\delta_3 \tag{5.33}$$

$$P_2 = \sum_{n=1}^3 (-B_{2n} (\delta_n - \delta_2))$$

$$\rightarrow -1,5 = 14\delta_2 - 4\delta_3 \quad (5.34)$$

$$P_3 = \sum_{n=1}^3 (-B_{3n} (\delta_n - \delta_3))$$

$$\rightarrow 1 = 9\delta_3 - 4\delta_2 \quad (5.35)$$

Se nota que el sistema de ecuaciones dada por la Ecuación 5.33, la Ecuación 5.34 y la Ecuación 5.35, es linealmente dependiente, ya que son 3 ecuaciones y dos variables, del cual se obtienen los valores $\delta_2 = -0,0863$ y $\delta_3 = 0,0727$

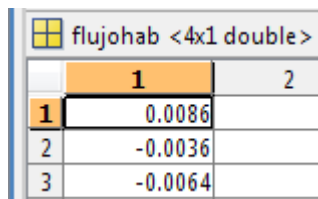
Con los datos hallados se obtienen los flujos DC por las líneas:

$$Flujo_{12} = (0 - (-0,0863)) \times 10/100 = 0,00863pu$$

$$Flujo_{23} = (-0,0863 - 0,0727) \times 4/100 = -0,00636pu$$

$$Flujo_{13} = -0,0727 \times 5/100 = -0,00364pu$$

En la Figura 5.2 se puede ver la impresión de pantalla dada por el Matlab, donde *flujohab* devuelve el resultado de flujo DC.



flujohab <4x1 double>		
	1	2
1	0.0086	
2	-0.0036	
3	-0.0064	

Figura 5.2.: Impresión de pantalla para el ejemplo 1

5.3.2. Ejemplo 2

Se muestra el ejemplo 2 en la Figura 5.3.

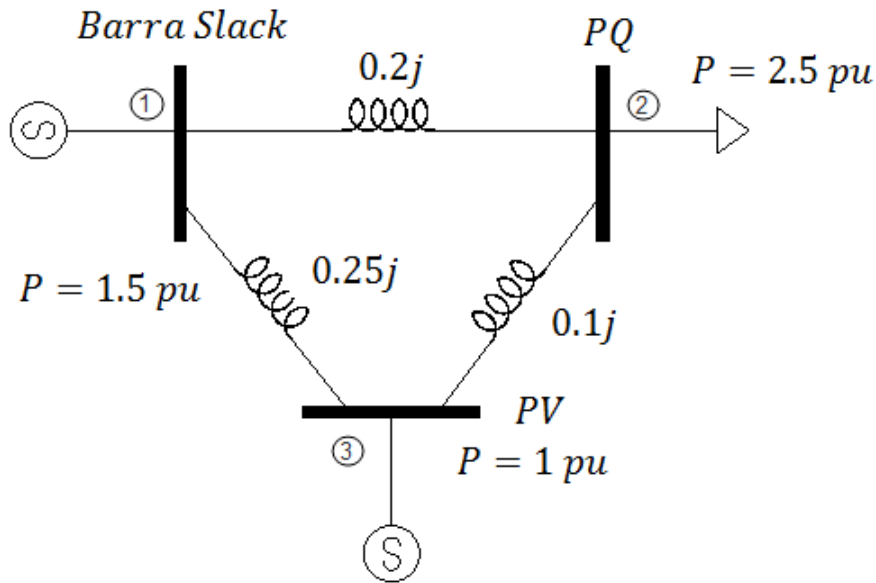


Figura 5.3.: Circuito dado para el Ejemplo 2

Se elije como origen de desfase $\delta_1 = 0$ que corresponde al argumento de la barra Slack.

Dado que se tiene tres barras la matriz Y_{BUS} sera de 3×3 de la siguiente forma:

$$Y'_{12} = Y'_{21} = \frac{1}{0,2j} = -5j \Rightarrow Y_{12} = 5j$$

$$Y'_{13} = Y'_{31} = \frac{1}{0,25j} = -4j \Rightarrow Y_{13} = 4j$$

$$Y'_{23} = Y'_{32} = \frac{1}{0,1j} = -10j \Rightarrow Y_{23} = 10j$$

$$Y_{11} = Y_{12} + Y_{13} = -9j$$

$$Y_{22} = Y_{21} + Y_{23} = -15j$$

$$Y_{33} = Y_{31} + Y_{32} = -14j$$

$$Y_{BUS} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -9j & 5j & 4j \\ 5j & -15j & 10j \\ 4j & 10j & -14j \end{bmatrix}$$

De la Ecuación 5.32 se deducen las siguientes ecuaciones:

$$P_1 = \sum_{n=1}^3 (-B_{1n} (\delta_n - \delta_1))$$

$$\rightarrow 1,5 = -5\delta_2 - 4\delta_3 \tag{5.36}$$

$$P_2 = \sum_{n=1}^3 (-B_{2n} (\delta_n - \delta_2))$$

$$\rightarrow -2,5 = 15\delta_2 - 10\delta_3 \tag{5.37}$$

$$P_3 = \sum_{n=1}^3 (-B_{3n} (\delta_n - \delta_3))$$

$$\rightarrow 1 = 14\delta_3 - 10\delta_2 \tag{5.38}$$

Al igual que para el ejemplo anterior el sistema de ecuaciones dado por la Ecuación 5.36, la Ecuación 5.37 y la Ecuación 5.38, es linealmente dependiente, se obtienen los valores $\delta_2 = -0,2273$ y $\delta_3 = -0,0909$

Con los datos hallados se tienen los flujos DC por las líneas:

$$Flujo_{12} = (0 - (-0,2273)) \times 5/100 = 0,0114pu$$

$$Flujo_{23} = (-0,2273 + 0,0909) \times 10/100 = -0,0136pu$$

$$Flujo_{13} = 0,0909 \times 4/100 = 0,0036pu$$

En la Figura 5.4 se puede ver la impresión de pantalla dada por el Matlab, donde la variable *flujohab* devuelve el resultado de flujo DC.

flujohab <4x1 double>	
	1
1	0.0114
2	0.0036
3	-0.0136

Figura 5.4.: Impresión de pantalla para el ejemplo2

De los dos ejemplos analizados, se constata que el programa devuelve lo mismo que se desarrolla a nivel teórico, por lo que el flujo DC se valida.

5.4. Comparación entre Flujo AC y DC

5.4.1. Introducción

En Subsección 5.2.1 se desarrollan las ecuaciones de flujos de carga AC y finalmente se deducen las ecuaciones simplificadas correspondientes a flujos DC. En este capítulo se realiza la comparación entre los resultados de un flujo de carga AC y uno DC para una red de ejemplo.

En esta parte se realiza un estudio comparativo entre el flujo AC y el flujo DC, a través de una red de ejemplo. Este análisis es importante para conocer los errores que se introducen al usar un flujo en vez de otro.

5.4.2. Red de ejemplo

Este ejemplo se basa en la red de Transmisión de Uruguay simplificada donde se modela la red de alta y extra alta tensión (150kV y 500kV respectivamente). En las siguientes tablas se especifica la red:

Barras de carga

Barras	P generación(MW)	P carga(MW)	Q carga(MVAr)
SG.A_500	577	0	0
4BOCA150	0	25,7	13,3
ACOR_150	0	13,6	5,5
ACOR1150	0	0	0
ACOR2150	0	0	0
ARAPE150	0	4,3	1,2
ARTIG150	0	10,52	3,2
BAY__150	100	0	0
BIFUR150	0	34,04	17,7
CGRIL150	0	0	0
COLON150	0	21,8	10.4
DURAZ150	0	11,3	5
EMART150	0	15,04	1.6
FLORI150	0	19,04	2.3
L.PIE_150	0	37,872	17.9
LIBER150	0	8,6	3.5
MALD_150	0	39,45	16.1
MCORR150	0	4,9	2
MDIAZ150	0	0	0
MELO_150	0	12,7	8.7
MERC_150	0	27,4	0
MERC_150	0	0	13.8
MON_A150	1	32,4	0
MON_A500	0	0	0
MON_B150	1	33,3	16.3
MON_B500	0	0	0
MON_C150	1	59,4	24.9
MON_D150	0	0	0
MON_E150	1	101,9	38.4
MON_F150	0	0	0

5.4 Comparación entre Flujo AC y DC

Barras	P generación(MW)	P carga(MW)	Q carga(MVAr)
MON_G150	0	0	0
MON_H150	1	73,5	32.4
MON_I150	0	0	0
MON_I500	0	0	0
MON_J150	1	48,7	21.2
MON_K150	1	37,6	16.3
MON_L150	0	0	0
MON_M150	0	0	0
MON_N150	1	92,7	27.5
MON_R150	0	0	0
N.PAL150	0	14,3	9.7
PAL__150	0	0	0
PAL__500	300	0	0
PALC_500	0	0	0
PANDO150	0	63,4	32.2
PAYSA150	0	40,6	18.5
PDAZ_150	0	19,462	8.6
PDELE150	0	50,3	9.8
PSC	0	0	0
RIVE_150	0	15,78	6.9
ROCHA150	0	23,8	5.2
RODR_150	0	23,8	5.2
ROSA_150	0	21,6	8.1
S.JAV150	0	0	0
S.JAV500	0	0	0
S.VAZ150	0	0	5.9
SALTO150	0	0	0
SCARL150	0	7,05	2.9
SCARL500	0	0	0
SCM1	0	0	0
SCM2	0	0	0
SCR	0	0	0
SG.AC500	540	631,2	0
SG.U_500	0	0	0
SG.UC500	135	0	0
SOLY_150	0	25,8	13.5
T.GOM150	0	8,1	2.8
TACUA150	0	17,04	9.4
TERRA150	140	5,5	3.5
TRINI150	0	7,6	3.3
TYTR_150	0	22,092	6

Barras	P generación(MW)	P carga(MW)	Q carga(MVAr)
VALEN150	0	6,2	2.6
YOUNG150	0	9,05	3.7

Cuadro 5.1.: Barras de Carga*Líneas de red*

Barra inicial	Barra final	X (ohm)	R(ohm)	Rate A	Rate B
MON_E150	MON_F150	0,00339	0.00145	418	720
MON_F150	MON_H150	0,0018	0.00077	418	745
MON_A150	MON_B150	0,008205	0.001275	558	960
MON_B150	MON_C150	0,01295	0.00201	1116	1920
L.PIE_150	MON_B150	0,0124	0.00383	371	480
MON_C150	MON_D150	0,00199	0.00031	1116	1600
MON_D150	MON_E150	0,00134	0.00061	736	1440
MON_A150	MON_N150	0,00412	0.001465	800	1280
MON_I150	MON_A150	0,0307	0.00477	558	960
MON_I150	MON_M150	0,0103	0.00159	558	960
MON_A150	MON_M150	0,0204	0.00318	558	960
MON_H150	MON_I150	0,00061	0.00029	798	1428
MON_B150	MON_L150	0,0165	0.00232	558	720
MON_A150	MON_L150	0,0184	0.00257	558	720
MON_M150	SOLY_150	0,0238	0.0722	400	675
MON_E150	MON_J150	0,00241	0.00102	973	1440
MON_J150	MON_G150	0,00164	0.00068	431	720
MON_G150	MON_F150	0,00214	0.00086	431	720
MON_F150	MON_I150	0,00367	0.00151	431	720
MON_I150	MON_K150	0,00851	0.00259	400	675
MON_L150	MON_R150	0,00538	0.00221	384	720
MON_R150	MON_N150	0,00373	0.00154	384	720
TERRA150	BAY__150	0,0731	0.023	371	618
TERRA150	DURAZ150	0,0923	0.0329	720	720
FLORI150	DURAZ150	0,132	0.0469	368	616
TERRA150	YOUNG150	0,21	0.126	250	415
PAL__150	BAY__150	0,167	0.0552	371	480
PAL__150	TRINI150	0,167	0.0551	371	480
TRINI150	RODR_150	0,18	0.0596	742	960
RODR_150	MON_B150	0,0918	0.0304	371	618
BAY__150	RODR_150	0,358	0.119	360	360
RODR_150	ACOR1150	0,0288	0.00953	371	480
ACOR1150	ACOR_150	0,0103	0.00301	371	480

5.4 Comparación entre Flujo AC y DC

Barra inicial	Barra final	X (ohm)	R(ohm)	Rate A	Rate B
ACOR2150	ACOR_150	0,0097	0.00259	371	480
ACOR2150	MON_B150	0,063	0.0208	371	618
DURAZ150	MON_A150	0,28	0.0997	368	616
S.JAV150	MERC_150	0,163	0.0541	368	616
YOUNG150	MERC_150	0,144	0.085	250	415
YOUNG150	PAYSA150	0,111	0.0666	250	415
PAYSA150	4BOCA150	0,187	0.0625	371	480
4BOCA150	SALTO150	0,0231	0.00774	371	480
SALTO150	ARAPE150	0,108	0.0359	240	240
ARAPE150	T.GOM150	0,101	0.0333	240	240
T.GOM150	ARTIG150	0,166	0.0551	240	240
TERRA150	TACUA150	0,248	0.0822	368	680
TACUA150	MDIAZ150	0,0723	0.0211	368	480
RIVE_150	MDIAZ150	0,123	0.036	368	616
MCORR150	MDIAZ150	0,0366	0.0266	60	60
TERRA150	VALEN150	0,264	0.0874	368	480
VALEN150	TYTR_150	0,115	0.038	368	480
TYTR_150	MELO_150	0,19	0.0629	120	120
TYTR_150	EMART150	0,106	0.0998	240	240
MERC_150	N.PAL150	0,249	0.149	240	240
LIBER150	S.VAZ150	0,0599	0.0327	240	240
S.VAZ150	MON_C150	0,0172	0.0098	500	830
RODR_150	ROSA_150	0,134	0.044	400	480
ROSA_150	COLON150	0,0904	0.0264	240	240
MON_A150	PANDO150	0,0431	0.0143	368	480
MON_A150	BIFUR150	0,0515	0.03105	500	830
BIFUR150	PDAZ_150	0,0351	0.02115	500	830
PDAZ_150	MALD_150	0,0668	0.0402	250	415
MALD_150	CGRIL150	0,00295	0.00162	500	780
CGRIL150	PDELE150	0,00055	0.00034	644	800
PDAZ_150	PSC	0,045	0.0271	250	415
PSC	SCARL150	0,015	0.0045	400	480
SCARL150	SCR	0,0133	0.00355	400	480
SCR	ROCHA150	0,137	0.045	368	616
SCARL150	SCM1	0,0133	0.004	400	675
SCM1	MALD_150	0,019	0.00543	400	675
SCARL150	SCM2	0,015	0.0045	400	675
SCM2	MALD_150	0,0253	0.0152	368	616
SG.AC500	SG.A_500	0,0000825	0.0000075	1600	2700
SG.UC500	SG.U_500	0,0000825	0.0000075	1600	2700
SG.A_500	SG.U_500	0,0004	0.00004	1600	2700

Barra inicial	Barra final	X (ohm)	R(ohm)	Rate A	Rate B
SG.A_500	C.EL.500	0,0174	0.00183	1600	2700
SG.U_500	S.JAV500	0,0161	0.00169	1600	2700
S.JAV500	PAL__500	0,00429	0.00045	2400	2400
PAL__500	MON_B500	0,0243	0.00256	1600	2700
PAL__500	MON_A500	0,0253	0.00256	1600	2700
MON_B500	MON_A500	0,0011	0.0001	1600	2700
MON_I500	MON_A500	0,00206	0.00022	1200	1200
MON_I500	SCARL500	0,0133	0.0013	600	600
SG.U_500	SALTO150	0,107	0	173	191
S.JAV500	S.JAV150	0,107	0	173	191
MON_A500	MON_A150	0,0216	0.0006	533	693
MON_I500	MON_I150	0,02	0	626	815
MON_B500	MON_B150	0,0145	0.0006	536	696
PAL__500	PAL__150	0,04	0.0011	231	300
SCARL500	SCARL150	0,04	0	318	412

Cuadro 5.2.: Líneas de Red

5.4.3. Análisis

En la siguiente tabla se muestra el flujo AC y el flujo DC para la red que se menciona anteriormente.

Líneas		Flujo DC (MW)	Flujo AC (MW)	Dif (valor absoluto) (MW)
MON_E150	MON_F150	-56.5	-58.7	2.2
MON_F150	MON_H150	-115.1	-117.2	2.1
MON_A150	MON_B150	-3.2	-11.9	8.7
MON_B150	MON_C150	119.1	115.9	3.2
L.PIE_150	MON_B150	36.0	36.1	0.1
MON_C150	MON_D150	36.1	32.5	3.6
MON_D150	MON_E150	36.1	32.5	3.6
MON_A150	MON_N150	64.5	68.7	4.2
MON_I150	MON_A150	29.0	32.0	3.0
MON_I150	MON_M150	-12.7	-31.9	19.3 *
MON_A150	MON_M150	37.3	40.3	3.0
MON_H150	MON_I150	-184.0	-186.2	2.2
MON_B150	MON_L150	19.4	12.7	6.8
MON_A150	MON_L150	3.2	5.9	2.7
MON_M150	SOLY_150	24.6	24.7	0.0
MON_E150	MON_J150	-3.3	-4.7	1.4
MON_J150	MON_G150	-48.6	-50.0	1.4

5.4 Comparación entre Flujo AC y DC

Líneas		Flujo DC (MW)	Flujo AC (MW)	Dif (valor absoluto) (MW)
MON_G150	MON_F150	-48.6	-50.0	1.4
MON_F150	MON_I150	-87.0	-88.7	1.7
MON_I150	MON_K150	34.8	34.8	0.0
MON_L150	MON_R150	22.7	18.6	4.1
MON_R150	MON_N150	22.7	18.6	4.1
TERRA150	BAY__150	-34.1	-37.2	3.1
TERRA150	DURAZ150	-60.9	-55.3	5.6 *
FLORI150	DURAZ150	-18.1	-18.1	0.0
TERRA150	YOUNG150	18.8	21.3	2.6
PAL__150	BAY__150	19.9	17.9	2.1
PAL__150	TRINI150	41.6	40.1	1.5
TRINI150	RODR_150	-34.3	-31.3	3.0
RODR_150	MON_B150	4.3	-0.3	4.6
BAY__150	RODR_150	-46.0	-42.2	3.7
RODR_150	ACOR1150	11.9	8.1	3.8
ACOR1150	ACOR_150	11.9	8.1	3.8
ACOR2150	ACOR_150	1.0	4.8	3.8
ACOR2150	MON_B150	-1.0	-4.8	3.8
DUR150	MON_A150	32.1	26.4	5.7 *
S.JAV150	MERC_150	30.4	32.2	1.8
YOUNG150	MERC_150	-9.3	-8.6	0.7
YOUNG150	PAYSA150	0.9	-3.2	4.1
PAYSA150	4BOCA150	37.7	36.2	1.5
4BOCA150	SALTO150	-63.2	-60.7	2.5
SALTO150	ARAPE150	-21.8	-22.0	0.2
ARAPE150	T.GOM150	17.7	17.9	0.2
T.GOM150	ARTIG150	-10.0	-10.0	0.0
TERRA150	TACUA150	35.9	37.1	1.2
TACUA150	MDIAZ150	19.7	19.9	0.2
RIVE_150	MDIAZ150	-15.0	-15.0	0.0
MCORR150	MDIAZ150	4.7	4.7	0.0
TERRA150	VALEN150	-53.3	-54.6	1.3
VALEN150	TYTR_150	47.4	48.7	1.3
TYTR_150	MELO_150	12.1	12.2	0.1
TYTR_150	EMART150	14.3	14.6	0.3
MERC_150	N.PAL150	13.6	14.0	0.4
LIBER150	S.VAZ150	-8.2	-8.2	0.0
S.VAZ150	MON_C150	-27.5	-27.6	0.1
RODR_150	ROSA_150	-41.4	-41.9	0.5
ROSA_150	COLON150	20.8	21.3	0.5
MON_A150	PANDO150	-60.3	-60.3	0.0

Líneas		Flujo DC (MW)	Flujo AC (MW)	Dif (valor absoluto) (MW)
MON_A150	BIFUR150	-46.5	-36.7	9.8 *
BIFUR150	PDAZ_150	13.8	4.0	9.8 *
PDAZ_150	MALD_150	8.6	2.6	6.0
MALD_150	CGRIL150	47.8	47.8	0.0
CGRIL150	PDELE150	47.8	47.8	0.0
PDAZ_150	PSC	-13.3	-17.3	4.0
PSC	SCARL150	13.3	17.4	4.1
SCARL150	SCR	22.7	22.9	0.2
SCR	ROCHA150	22.7	22.9	0.2
SCARL150	SCM1	-42.6	-49.3	6.7
SCM1	MALD_150	42.6	49.3	6.7
SCARL150	SCM2	-34.1	-33.9	0.2
SCM2	MALD_150	34.1	33.9	0.2
SG.AC500	SG.A_500	-60.0	-60.0	0.0
SG.UC500	SG.U_500	-135.0	-135.0	0.0
SG.A_500	SG.U_500	-526.1	-563.9	37.8 **
SG.U_500	S.JAV500	576.1	615.8	39.7 **
S.JAV500	PAL__500	-545.7	-575.5	29.9 **
PAL__500	MON_B500	415.6	429.9	14.3 **
PAL__500	MON_A500	408.4	422.3	13.9 **
MON_B500	MON_A500	210.5	213.1	2.6
MON_I500	MON_A500	383.5	393.4	9.9
MON_I500	SCARL500	119.4	130.6	11.2
SG.U_500	SALTO150	65.0	63.5	1.5
S.JAV500	S.JAV150	23.2	24.6	1.3
MON_A500	MON_A150	190.0	190.5	0.6
MON_I500	MON_I150	210.2	208.9	1.3
MON_B500	MON_B150	140.5	145.4	5.0
PAL__500	PAL__150	16.4	17.4	1.0
SCARL500	SCARL150	95.1	103.8	8.7

Cuadro 5.3.: Flujo Ac y flujo DC

De la comparación surge que en las zonas donde hay redes radiales el error es menor a 0,4MW y las diferencias son de un orden de magnitud similar al de las pérdidas en las líneas.

El error es mayor donde las líneas de 150KV están en paralelo con líneas de 500KV. Estos casos están resaltados con un asterisco (*). Se destaca el caso peor, MON_I150-MON_M150 con 19.8 MW de diferencia. Esta línea está en paralelo con MON_I500-MON_A500. También se destacan las líneas MON_A150- BIFUR150 y BIFUR150-PDAZ_150 con 9.8 MW de diferencia, que están en paralelo con MON_I500-

SCARL500. En el resto de los casos las diferencias son en general mucho menores a 6MW.

Con dos asteriscos se resaltan las líneas de 500kV con diferencias de 15, 30 y hasta 40MW. Esta diferencia, a favor del flujo AC, puede parecer grande en términos de potencia pero representan diferencias porcentuales menores al 7% del flujo de la línea. Se deben principalmente a que el despacho que se simula es completamente hidráulico con gran aporte de potencia de la central de Salto Grande. Por lo tanto, el flujo de potencia viaja desde el norte del país hacia el sur donde se concentra el 70% de la carga del país, a través de las líneas de 500kV. La diferencia entre ambos flujos está determinada por la ausencia de pérdidas de potencia activa en los flujos DC.

Se concluye que los flujos de potencia que se obtienen como resultado del flujo DC programado son una aproximación razonable a los de un flujo AC, donde las diferencias que se encuentran son las esperadas de acuerdo a las aproximaciones que se realizan.

6. Algoritmos Genéticos

6.1. Introducción

Los algoritmos genéticos son métodos adaptativos, generalmente usados en problemas de búsqueda y optimización de parámetros, basados en la reproducción sexual y en el principio de supervivencia del más apto. Combinan la supervivencia del más apto entre estructuras de secuencias, con un intercambio de información estructurada, aunque aleatorizada, para constituir así un algoritmo de búsqueda.

6.2. Terminología biológica

Todos los seres vivos consisten en células y cada una contiene el mismo conjunto de uno o más cromosomas –cadenas de **ADN**-. Un cromosoma puede ser conceptualmente dividido en **genes** –bloques funcionales de ADN, cada uno de los cuales codifica una proteína-. Se podría pensar como que los genes codifican una característica como el color de los ojos. Las diferentes posibilidades de esas características, como ser azul, marrón, verde son llamados **alelos**. Cada gen es localizado en un **locus** (posición) particular del cromosoma.

Muchos organismos tienen múltiples cromosomas en sus células. El material completo de información genética (conjunto de todos los cromosomas puestos juntos) es llamado **genotipo**. El término genotipo se refiere al conjunto particular de genes contenidos en el genoma. Dos individuos que tienen idénticos genomas se dicen que tienen el mismo genotipo.

Los organismos cuyos cromosomas vienen en pares se llaman diploides (Las células que contienen dos copias con los mismos genes en la misma secuencia de cada cromosoma); organismos cuyos cromosomas son impares se llaman haploides (células que tienen un único conjunto de cromosomas, cada uno de los cuales consiste en una única secuencia de genes). En la naturaleza la mayoría de las especies que se reproducen sexualmente son diploides. Los seres humanos tienen cada uno 23 pares de cromosomas en cada núcleo de cada célula. La mayoría de las aplicaciones de los AG emplean individuos haploides.

Durante la reproducción sexual, ocurre la *recombinación* o *cruzamiento*. Los hijos están sujetos a la *mutación*, en la cual únicos nucleótidos (bits de ADN) son

modificados desde los padres a hijos, los cambios usualmente resultan por copiar errores.

En los Algoritmos Genéticos (AG), el término cromosoma se refiere a una posible solución a un problema, usualmente codificada como una cadena de bits. El número de bits asignados dependerá del grado de ajuste que se desee alcanzar. Los genes son, únicos bits o sub-cadenas adyacentes de bits, que codifican un elemento particular del candidato a solución. Un alelo en una cadena de bits, es 0 o 1. La figura Figura 6.1 muestra un ejemplo de un individuo binario que codifica 3 características.

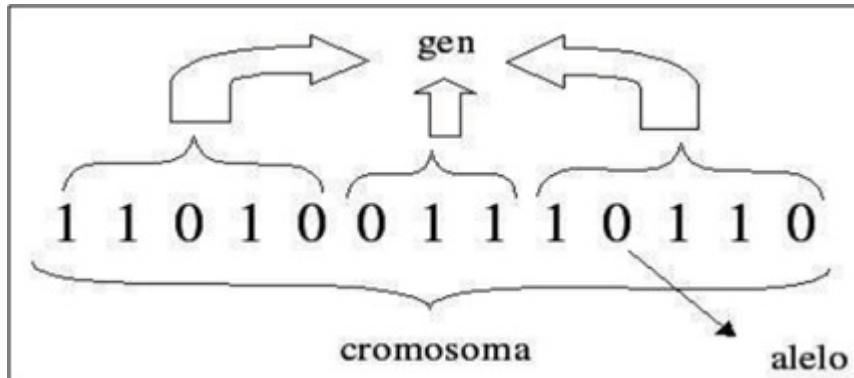


Figura 6.1.: Individuo

Un AG, empieza con una población de cadenas y de ahí en adelante genera sucesivas poblaciones de cadenas.

Cruzamiento típicamente consiste en intercambio de material genético entre dos únicos cromosomas haploides (padres). Mutación consiste en cambiar un bit en una posición elegida aleatoriamente.

6.3. Elementos de Algoritmos Genéticos

La forma más simple de algoritmos genéticos involucra tres tipos de operaciones: *selección – reproducción*, *cruzamiento – recombinación* (crossover en un único punto) y *mutación*. Estas operaciones son las que los lleva a buenos resultados en muchos problemas prácticos.

6.3.1. Selección

Este operador selecciona cromosomas en la población para la reproducción. La selección (reproducción) de un individuo está relacionada con su valor de ajuste. Cuanto mejor ajuste tenga un habitante (individuo) (cuanto más cerca de ser el mejor candidato a solución), mayor probabilidad tendrá de ser elegido para la reproducción.

En la selección se escogen los individuos que van a tener oportunidad de reproducirse. Los individuos que son menos aptos no se deben eliminar por completo, porque en pocas generaciones la población se puede volver homogénea. Este operador puede ser implementado en este algoritmo de varias formas, un método para elegir la población que va a participar en el cruzamiento es el de *selección por ruleta*.

Lo más fácil es crear una rueda de ruleta donde cada individuo de la población se le asigna una porción de la ruleta proporcional a su valor de ajuste (*fitness*), de tal forma que la suma total de todas las porciones sea la unidad. Los individuos con mejor ajuste recibirán una porción mayor de ruleta que la recibida por los peores. Para seleccionar un individuo se genera un número aleatorio en el intervalo $[0,1]$, se devuelve el individuo situado en esa porción de la ruleta. Esta porción se suele obtener recorriendo los individuos de la población y acumulando sus proporciones de ruleta hasta que la suma excede el valor obtenido. (Se lo conoce como método Montecarlo dado en el anexo Apéndice E). Presenta el inconveniente que el peor individuo puede ser seleccionado más de una vez y es ineficiente para poblaciones muy grandes. Cada vez que se quiere otro hijo, simplemente se gira la ruleta y resulta en un nuevo candidato a ser reproducido. Una vez que una cadena ha sido seleccionada para la reproducción, se crea una réplica exacta de la cadena. Esta cadena después es colocada en una “*piscina de reproducción*”, una población tentativa para futuras operaciones genéticas.

6.3.2. Cruzamiento

Después de ser seleccionados los individuos, estos se cruzan (recombinan) para producir la descendencia que se insertara en la siguiente generación. Este operador elige de forma *aleatoria* un punto de cruzamiento (crossover) e intercambia la subsecuencia antes y después del crossover entre dos individuos para crear dos hijos. Por ejemplo, las cadenas 10000100 y 11111111 podrían cruzarse cada uno después del tercer crossover, para producir dos hijos: 100111111 y 11100100. Las tasas de cruzamiento usualmente son del orden del 90 %. A este cruce se lo conoce como SPX (*Single Point Crossover*).

6.3.3. Mutación

Este operador cambia aleatoriamente algún bit del cromosoma. Por ejemplo, la cadena 00000100 podría ser mutada en la segunda posición y quedar 01000100. La mutación puede ocurrir en cada posición de un bit en una cadena con una probabilidad usualmente del orden de 1 %. La mutación se suele hacer de manera conjunta con el operador de cruce. Primero se seleccionan los dos individuos de la población a ser cruzados, si el cruce tiene éxito entonces uno de los descendientes o ambos, se mutan con una cierta probabilidad p_m . Se imita a la naturaleza, pues cuando se da

una descendencia siempre se puede producir algún tipo de error, por lo general sin mayor trascendencia en el paso de la carga genética de padres a hijos.

6.4. Función de Evaluación o Ajuste (Fitness)

El fitness en la naturaleza de un organismo se puede definir como la probabilidad en que el organismo sobreviva hasta la edad de reproducción (viabilidad) y se reproduzca (fertilidad, número de hijos que el organismo tiene). Intuitivamente se puede pensar a la función *fitness* como una medida numérica de ganancia, utilidad o “bondad” de una solución, que se podría maximizar.

Hay 4 tipos de fitness:

- Fitness Puro: $r(i, t)$, establece el cálculo del valor de bondad de un individuo i en un instante t

$$r(i, t) = \sum_{j=1}^{N_C} |s(i, j) - c(i, j)|$$

siendo:

$s(i, j)$ = valor deseado para el individuo i en el caso j ;

$c(i, j)$ = valor obtenido por el individuo i para el caso j ;

N_C = número de casos

- Fitness Estandarizado: $s(i, t)$, para solucionar la dualidad ante problemas de minimización o maximización se modifica el ajuste puro de acuerdo a:

$$s(i, t) = \begin{cases} r(i, t) & \text{Minimización} \\ r_{max} - r(i, t) & \text{Maximización} \end{cases}$$

Donde r_{max} es una cota superior del error. La bondad de un individuo será mayor cuanto más cercano este a cero el valor del ajuste. Dentro de la generación t , un individuo i siempre será mejor que uno j si se verifica que $s(i, t) < s(j, t)$.

- Fitness Ajustado: $a(i, t) = \frac{1}{1+s(i, t)}$, de esta forma el fitness ajustado tomara siempre valores del intervalo $[0,1]$. Cuando más se aproxima el fitness ajustado a 1 mayor será su bondad.
- Fitness normalizado: Este indica la bondad de una solución respecto al resto de las soluciones representadas en la población. Sea N el tamaño de población. Siempre tomara valores del intervalo $[0...1]$, con mejores individuos, cuanto más próximo a la unidad estén.

$$n(i, t) = \frac{a(i, j)}{\sum_{k=1}^N a(k, t)}$$

No solo esto indica que este individuo represente una buena solución al problema sino que además es una solución destacadamente mejor que las proporcionadas por el resto de la población. La suma de los valores de fitness normalizados de todos los individuos de población dará siempre 1. Este es el ajuste que se va a usar, este es empleado en la mayoría de los métodos de selección promocionales al fitness.

El número de individuos de la población se ha de mantener constante. Podría no hacerlo como por ejemplo: con una tasa de cruzamiento del 90 %, una tasa de mutación del 0,02 % y trabajando con 100 individuos se pasara a la siguiente generación cuando se alcancen 45 cruces (cada cruce genera dos individuos, con lo que se habría insertado en la población 90 individuos, esto es el 90 %) o 2 mutaciones.

Cada vez que se trabaja con una única población, sobre la que se realizan las selecciones (población de reproducción o “piscina de reproducción”) deberá de tenerse en cuenta que, para insertar un nuevo individuo, se deberá de eliminar previamente otro de la población, hay varios métodos de reemplazo. Pero vamos a utilizar una copia de cada uno de los padres, en el caso que no exista punto de cruce. La copia a diferencia del cruce, consiste en la copia del individuo en la nueva generación. El porcentaje de copias de una generación a la siguiente es reducido, porque si no lo es, hay riesgos de convergencia prematura de la población hacia ese individuo. Lo que generalmente se suele hacer es seleccionar dos individuos para el cruce, y si este finalmente no tiene lugar, se insertan en la siguiente generación de individuos seleccionado (en la “*piscina de reproducción*”).

En muchos métodos de optimización se debe moverse desde un único punto en el espacio de búsqueda al siguiente usando alguna regla de transición para determinar el siguiente punto. Este método de punto a punto es peligroso porque es una forma perfecta para localizar picos falsos (*óptimos locales*) es espacios de búsquedas *multimodales* (muchos picos). Por el contrario el algoritmo genético trabaja desde una base de datos de puntos (población de cadenas), trepando simultáneamente varios picos en paralelo; por lo tanto la probabilidad de encontrar un pico falso es reducida con respecto a los métodos que van de punto a punto.

6.5. Criterios de parada

Algunos criterios de parada pueden ser:

1. Los mejores individuos de la población representan soluciones suficientemente buenas para el problema que se desea resolver.
2. La población ha convergido. Un gen ha convergido cuando el 95 % de la población tiene el mismo valor que él. Una vez que todos los genes alcanzan la convergencia se dice que la población ha convergido. Cuando esto ocurre la media de bondad de la población se aproxima a la bondad del mejor individuo.
3. Se ha alcanzado el número de generaciones máximo especificado.

6.6. Ejemplo de un Algoritmo Genético simple

Considerándose un dispositivo de caja negra con un banco de 5 entradas pulsadores, por cada conjunto de 5 pulsadores, hay una señal de salida, matemáticamente $f = f(s)$, donde s es un conjunto particular de los 5 pulsadores. El objetivo del problema es poner los pulsadores para obtener el mayor valor posible de f . Con otros métodos de optimización quizás trabajamos directamente con el conjunto de parámetros (conjunto de pulsadores) y conmutamos los pulsadores desde una configuración a otra usando reglas de transición de un método en particular. Con algoritmos genéticos, primero se codifica los pulsadores como una cadena de largo finito. Un código simple puede ser generado, considerando una cadena binaria de largo 5, donde cada uno de los cinco pulsadores puede ser representado por un 1, si el pulsador está prendido y 0 si está apagado. Con esta codificación, la cadena con el código 11110 representa que los primeros 4 pulsadores están prendido y el quinto apagado.

Se considera que la población inicial es de tamaño $n = 4$ (pequeña para ser de algoritmos genéticos). El tamaño de la población se genero, usando de forma aleatoria, una única moneda (equiprobable) y fue tirada de forma sucesiva 20 veces, generando una población inicial de tamaño 4 (cara = 1, cruz = 0).

01101 11000 01000 10011

En este caso se quiere maximizar la función de fitness $f(x) = x^2$ en el intervalo $x = [0, 31]$.

El primer paso en el proceso de optimización es codificar el parámetro x como una cadena de largo finito. Cada habitante está representado por un número en código binario. Entonces para calcular su fitness se pasa a codificación decimal y ese número se eleva al cuadrado. Por ejemplo el habitante No. 1 representa al número 13 decimal y al multiplicarlo por si mismo se obtiene su valor de fitness que es 169. Siguiendo este criterio se llega la siguiente tabla:

No.	String	Fitness	% total
1	01101	169	14,44
2	11000	576	49,23
3	01000	64	5,47
4	10011	361	30,85
Total		1170	100

Sumando el fitness de todas las 4 cadenas, se llega a un total de 1170, el porcentaje de fitness total es mostrado en la tabla. El peso correspondiente en la rueda de ruleta para esta generación se ve en el siguiente grafico dado por laFigura 6.2:

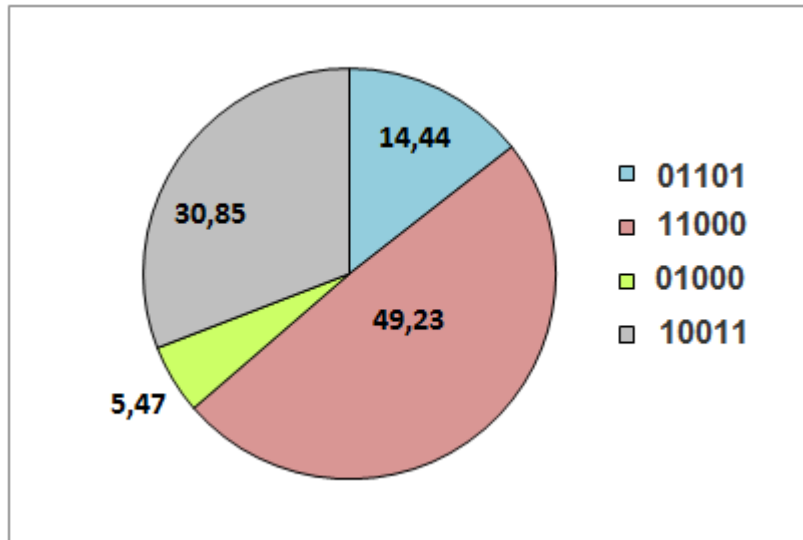


Figura 6.2.: Peso en la rueda de ruleta

Para este ejemplo, la cadena número 1 (01101=A1) tiene un fitness con un valor 169, el cual representa un porcentaje del 14.4% del fitness total. Como resultado, a la cadena 1 se le da un 14.4% en la rueda de ruleta. Para reproducirse, simplemente se gira la ruleta 4 veces.

Del grafico se deduce que el habitante con más chance de ser sorteado para ser reproducido es el número 2 (11000=A2) con una probabilidad de 49.23%, el que le sigue es el número 4 (10011=A4) con probabilidad 30.85%.

Luego de girar la ruleta (sortear los habitantes que van a ser reproducidos) y obtener 4 habitantes hay que aplicarles el operador cruzamiento para obtener la próxima generación.

Luego de tener a los habitantes “padres” se sortea un número entre uno y el largo del habitante, este será un índice (punto de corte) en el cual se producirá el cruzamiento.

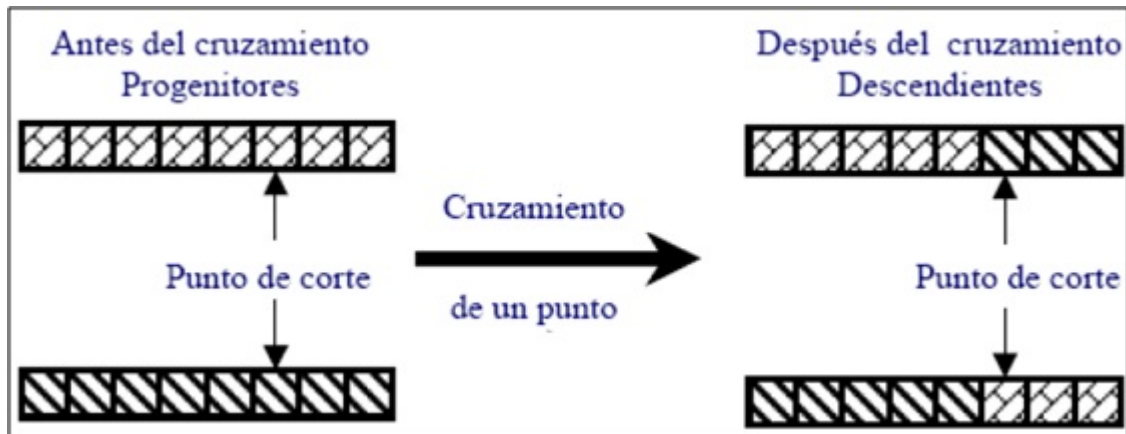


Figura 6.3.: Cruzamiento

Por ejemplo si se considera las cadenas A2 y A4 del ejemplo anterior:

A2= 11000 A4= 10011

Suponiendo que el índice sorteado de cruceamiento es 4. El resultado del cruceamiento, da dos nuevas cadenas, una nueva generación.

A2' = 11001 A4' = 10010.

Se gira 4 veces la ruleta y se obtuvo que el habitante 1 y 4 salieron sorteados 1 vez, el habitante 2 salió sorteado en 2 oportunidades y la cadena 3 no apareció en ninguna tirada, como se muestra en la tabla dada por la figura Figura 6.4:

Resultado de la reproducción (posición de cruzamiento)	Pareja (seleccionada aleatoriamente)	Posición Cruzamiento (seleccionada aleatoriamente)	Nueva Población	f(x)= x^2	prob de selección (%)
(1) 0 1 1 0 1	2	4	0 1 1 0 0	144	8,21
(2) 1 1 0 0 0	1	4	1 1 0 0 1	625	35,63
(3) 1 1 0 0 0	4	2	1 1 0 1 1	729	41,56
(4) 1 0 0 1 1	3	2	1 0 0 0 0	256	14,6
Total				1754	

Figura 6.4.: Tabla 2

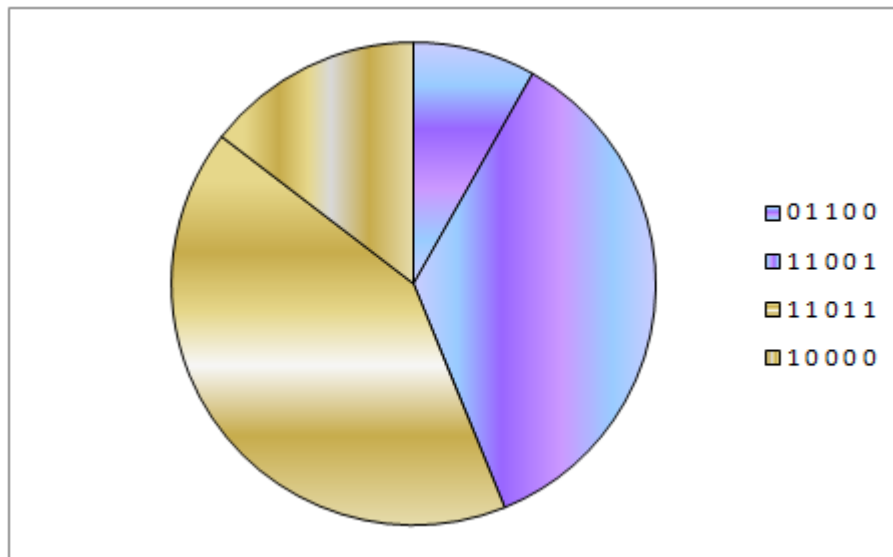


Figura 6.5.: Gráfica

La aleatoria selección de parejas ha seleccionado la cadena 2 para ser apareada con la cadena 1. En la posición 4 de cruzamiento, las dos cadenas **01101** y **11000** se cruzan y quedan dos nuevas cadenas **01100** y **11001**. Las otras dos cadenas son cruzadas en la posición 2.

La mutación es una operación de bit a bit, juega un rol secundario en los AG. Se nota que la frecuencia de obtener buenos resultados en estudios de algoritmos genéticos empíricos es del orden de transferencia de una mutación por 1000 bits (posición). La tasa de mutación es más baja en la población natural, dando la conclusión que es apropiado que lo consideremos como un mecanismo secundario de la adaptación de algoritmos genéticos. Se asume que la probabilidad de mutar en este test es 0,001%. Con 20 posiciones de bits en total (4 población x 5 largo), debiéndose de esperar $20 \times 0,001 = 0,02$ bits sometido a la mutación durante una generación dada. Por lo tanto ningún bit se va a cambia de 0 a 1 o viceversa.

Después de la reproducción, cruzamiento y mutación, la nueva población esta pronta para ser testeada. Para hacer esto, simplemente se decodifica las nuevas cadenas por los algoritmos genéticos simples y se calculan los valores x de su función de fitness. Los resultados están mostrados en la tabla anterior. Notar que se obtiene una mejora del fitness máximo, pasando de 1170 a 1754.

6.7. Algoritmos Genéticos en comparación con los métodos tradicionales

- AG trabajan con una codificación del conjunto de parámetros, y no con los parámetros mismos.
- AG busca desde una población de puntos, no desde un único punto. (trabajan sobre una población de individuos)
- AG usa reglas de transición probabilísticas, no deterministas.

6.8. Implementación del Programa

El dimensionado y mantenimiento de las redes de transmisión eléctricas en extra alta y alta tensión plantea nuevos retos a los operadores. Por un lado los flujos energéticos han aumentado de forma significativa, por otro lado las redes de tensión alta y extra alta llegan cada vez con más frecuencia al límite de su capacidad de transmisión y a problemas de alimentación, debido a contingencias que ocurren a lo largo de la línea. Esto dificulta notablemente la gestión de la regulación de la tensión y del flujo de carga. Para solucionar este problema se necesita despejar rápidamente la falta ya que si perdura en el tiempo esto conlleva a sobrecargas en los conductores y posibles roturas de máquinas.

En este proyecto se analizan los Algoritmos Genéticos como herramienta para buscar una solución óptima que implica cual es la mínima carga a quitar para solucionar el problema antes detallado.

6.8.1. Codificación de los habitantes

Cada habitante de la población se codifica como un vector de ceros y unos, creados aleatoriamente, de largo definido como la cantidad de barras que se tienen disponibles en la red. Los ceros representan barras donde no hay carga conectada y los unos representan aquellas barras en la que sí la tienen, estas últimas son las que se van a disparar en el correr del programa.

6.8.2. Operadores genéticos

En esta sección se muestra en detalle cómo se implementan los algoritmos genéticos para el problema el disparo de carga.

- Reproducción

Se sortean aleatoriamente tantos habitantes como el largo de la población para que sean reproducidos. La probabilidad de ser escogidos la llamamos *pcruz* y depende de la función de fitness. Como se explico anteriormente aquellos habitantes que tengan mayor fitness son los que tienen mayor probabilidad de salir sorteados.

Se maximiza la siguiente función de fitness:

$$fitness = \begin{cases} Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^9 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ \frac{1}{\left(e^{\frac{sobrecargadas}{10}}\right)^2} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax^2}\right) & \text{sobrecargadas} \geq 1 \end{cases}$$

Los detalles de los parámetros están explicado en el Capítulo 7.

El sorteo antes mencionado utiliza una función *creaRuleta*, la cual crea una ruleta representada por el vector *ruleta*, en el cual se guardan los valores de fitness de la siguiente manera: en la primera posición se guarda el fitness del primer habitante, en la segunda posición se guarda el fitness del segundo habitante sumando el fitness anterior y así sucesivamente. En la última posición se tiene la suma de todos los valores de fitness de cada habitante de la población.

El sorteo se implementa generando una variable auxiliar llamada *sorteados*, la cual es la multiplicación de un vector con números aleatorios, creado con el comando *rnd* de Matlab, por el fitness acumulado de toda la población. El primer índice de la población a ser cruzada y mutada se obtienen buscando la posición en donde el vector ruleta (vector de fitness) es mayor al valor de la primera posición de sorteados. Para obtener todos los habitantes a cruzar y mutar se hace un ciclo repetitivo del largo la población querida.

- Cruzamiento y Mutación

Para realizar estos operadores primero se sortea aleatoriamente 1 valor, *rnd*. Si el valor aleatorio es menor a la probabilidad de cruzamiento, *pcruz*, entonces se realiza el cruzamiento y se sortea otro valor aleatorio que va a ser el índice donde se debe de realizar el intercambio de información genética de los padres. Se toman los padres de 2 en 2, el primer habitante se lo cruza con el segundo, el tercer habitante con el cuarto y así sucesivamente hasta cruzar a toda la población sorteada. El cruzamiento se realiza de la siguiente manera: se toman los padres y se intercambian entre si la cola (vector desde el índice de cruzamiento más uno hasta el final).

El operador mutación se aplica a un solo bit de los hijos (población nueva) con *pmut* (probabilidad de mutación). En este caso también se debe elegir aleatoriamente 2 valores. Si el primer *rnd* es menor a *pmut* entonces se realiza la mutación en el índice que corresponde al segundo valor aleatorio.

6.9. Breve reseña histórica

Charles Darwin y Alfred Russell Wallace son los padres de la teoría evolutiva que se acepta actualmente. Ambos científicos llegaron a las mismas conclusiones por separado.

Charles Darwin, naturalista de nacionalidad inglesa, vivió entre los años 1809 y 1882. Su obra “Sobre el origen de las especies por selección natural” publicada el 24 de noviembre de 1859, revolucionó los conceptos de la época y abrió un campo de discusión polémica.

Su pensamiento afloró tras observar la flora y la fauna del archipiélago de las islas Galápagos en un viaje que duró cinco años. Darwin observó en este viaje, aves, llamadas pinzones, de las cuales halló siete especies diferentes, pero con un tronco común, del que se fueron separando, al adaptarse a los distintos ambientes.

Darwin, en su libro, nos dice que en cada generación se van presentando diferencias hereditarias sin explicación aparente, que hacen que los organismos evolucionen por selección natural. Las especies con mayor adaptación al medio son las que se multiplican, mientras que el resto, se encamina hacia su desaparición, lo que significaría una razón de supervivencia.

Está comprobado a través de los restos fósiles, que muchas especies de la antigüedad se han extinguido, y otras fueron adoptando nuevas formas.

Un clérigo inglés llamado Thomas Malthus publicó, en 1797, un libro llamado “Ensayo sobre el principio de la población”, en el cual advertía a sus conciudadanos ingleses de que la mayoría de las políticas diseñadas para ayudar a los pobres estaban condenadas al fracaso debido a la presión implacable del crecimiento poblacional. Un país podía doblar fácilmente su población en unos pocos decenios, lo cual llevaría a la hambruna y la miseria para todos.

Cuando Darwin y Wallace leyeron a Malthus, se les ocurrió a ambos que los animales y las plantas también debían de estar experimentando esta misma presión poblacional. Debería llevar muy poco tiempo que el mundo estuviera cubierto hasta la rodilla de escarabajos o lombrices, pero el mundo no está plagado de ellos, ni de ninguna otra especie, porque no pueden reproducirse en todo su potencial. Muchos de ellos mueren antes de convertirse en adultos. Son vulnerables a las sequías y a los inviernos fríos, y a otras agresiones ambientales, y su provisión de alimento como la de cualquier nación no es infinita. Los individuos deben competir, aunque sea de manera inconsciente, por la poca comida existente.

Los recursos limitados y la competencia permitieron la supervivencia de los más aptos.

La evolución es el proceso por el que una especie cambia con las generaciones. Dado que se lleva a cabo de manera muy lenta han de sucederse muchas generaciones antes de que empiece a hacerse evidente alguna variación.

7. Función de Fitness

7.1. Introducción

En los algoritmos genéticos cada solución se representa por una cadena de bits (habitante). Luego de cada simulación, la idea es borrar las n peores soluciones y reproducir n nuevas a partir de las mejores soluciones del diseño. Cada habitante, necesita entonces ser calificado para indicar que tan cerca se encuentra de lo especificado, y esto se genera al aplicarle la función de fitness en cada iteración. La razón por la cual los algoritmos genéticos no son triviales, es precisamente por el esfuerzo que conlleva la realización de un diseño factible de dicha función. Si esta se diseña incorrectamente, el algoritmo puede converger a una solución incorrecta o puede directamente no converger. Por otra parte, la función de fitness no solo debe estar correlacionada estrechamente con la meta del diseñador, sino que también debe ser calculada con rapidez. La velocidad de ejecución es muy importante, ya que un algoritmo genético típico debe ser iterado muchas veces en orden de producir un resultado utilizable en un problema no trivial.

Definir la función de fitness no es una tarea sencilla, con frecuencia se realiza en forma iterativa si la solución más apta producida por los AG no es la deseada. En algunos casos, es muy difícil y hasta imposible llegar a una suposición de cómo sería la función de fitness para un problema dado.

7.2. Diseño de la función de fitness

7.2.1. ¿Donde se valida el fitness?

Para comprobar la viabilidad de la función de fitness, aparece la necesidad de trabajar con una red pequeña con el objetivo de manejar de antemano los resultados teóricos esperados.

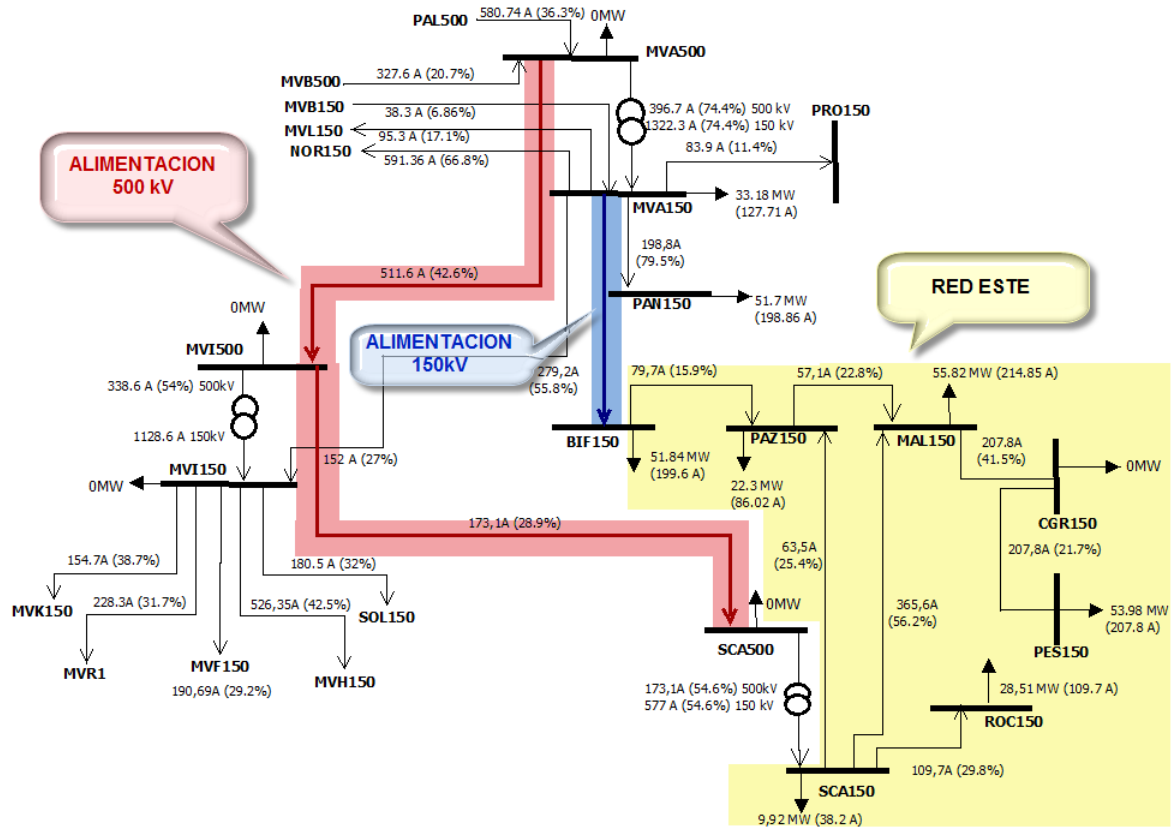


Figura 7.1.: Circuito Este

Se utiliza el circuito Este de la red Uruguaya. Frente a la contingencia MVI500-SCA500, se generan sobrecargas desde la salida de la barra MVA150 hacia el Este como se muestra en la figura Figura 7.2. Para los cálculos se considera el RateA y la red de Verano, ya que son más restrictivas.

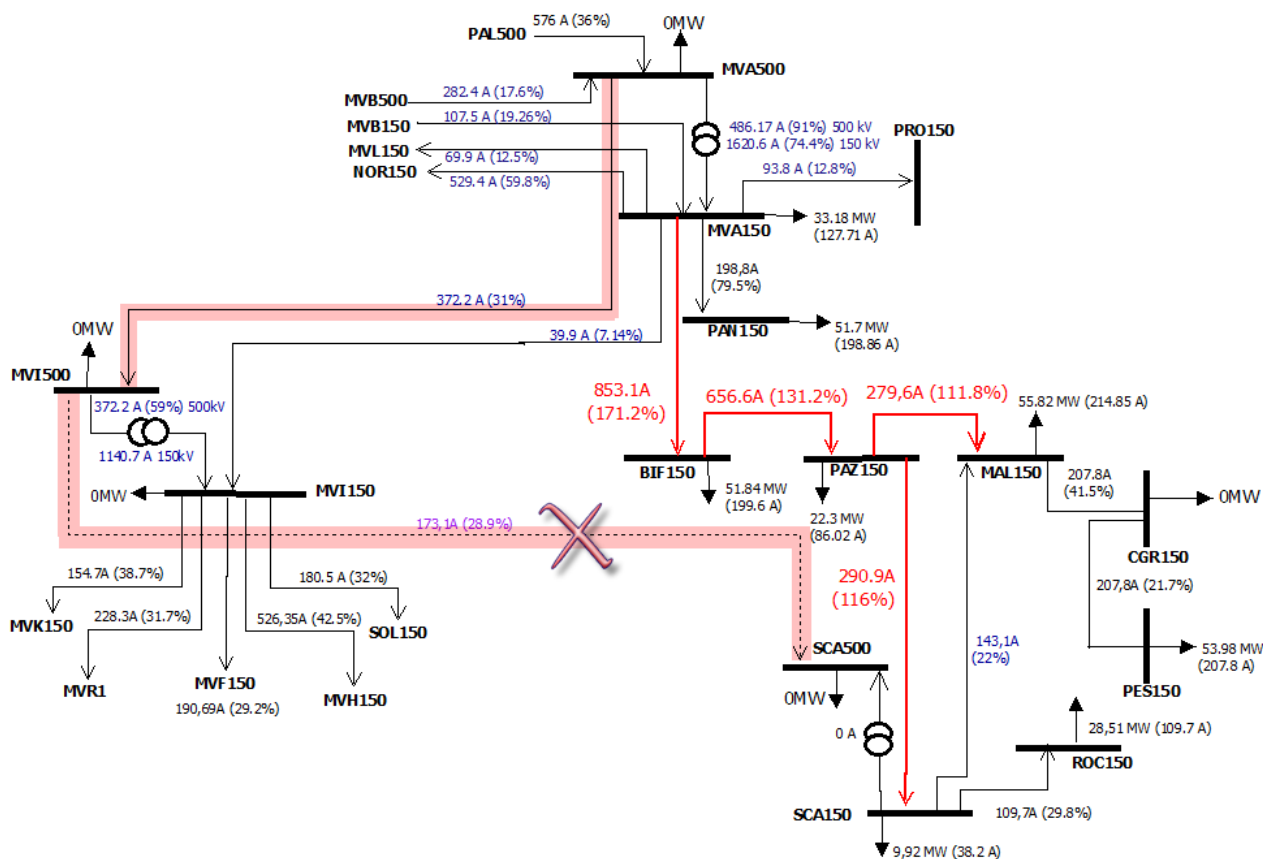


Figura 7.2.: Circuito este con contingencia MVI500-SCA500

Se observa que la línea mas sobrecargada es MVA150-BIF150 con un 71 % de sobrecarga. Para quitar la sobrecarga y de esta forma aliviar también las líneas aguas abajo, se debe disparar carga.

El flujo de la línea MVA150-BIF150 es 853.15 A, y su rateA es 500A, el exceso de corriente que sobrecarga la línea es entonces $853,1A - 500A = 353,1A$ por lo que la potencia a quitar es:

$$P = \sqrt{3} \times 150kV \times 353,1A = 92,53MW$$

Dado que los escalones de carga para disparar son discretos, el disparo óptimo es la carga cuyo valor sea el más cercano por encima al calculado. Esto se encuentra con la combinación de las estaciones SCA150 (9,92 MW), ROC150 (28,5 MW) y MAL150 (55,82 MW), sumando un total de 94,25MW. En el Apéndice A se desglosan los flujos de carga con cada solución posible de disparos de carga en el Este.

En la Figura 7.3 se puede ver cómo queda el flujo de cargas con el disparo anterior. Las potencias con 0 MW en rojo corresponden a la carga que el algoritmo disparó.

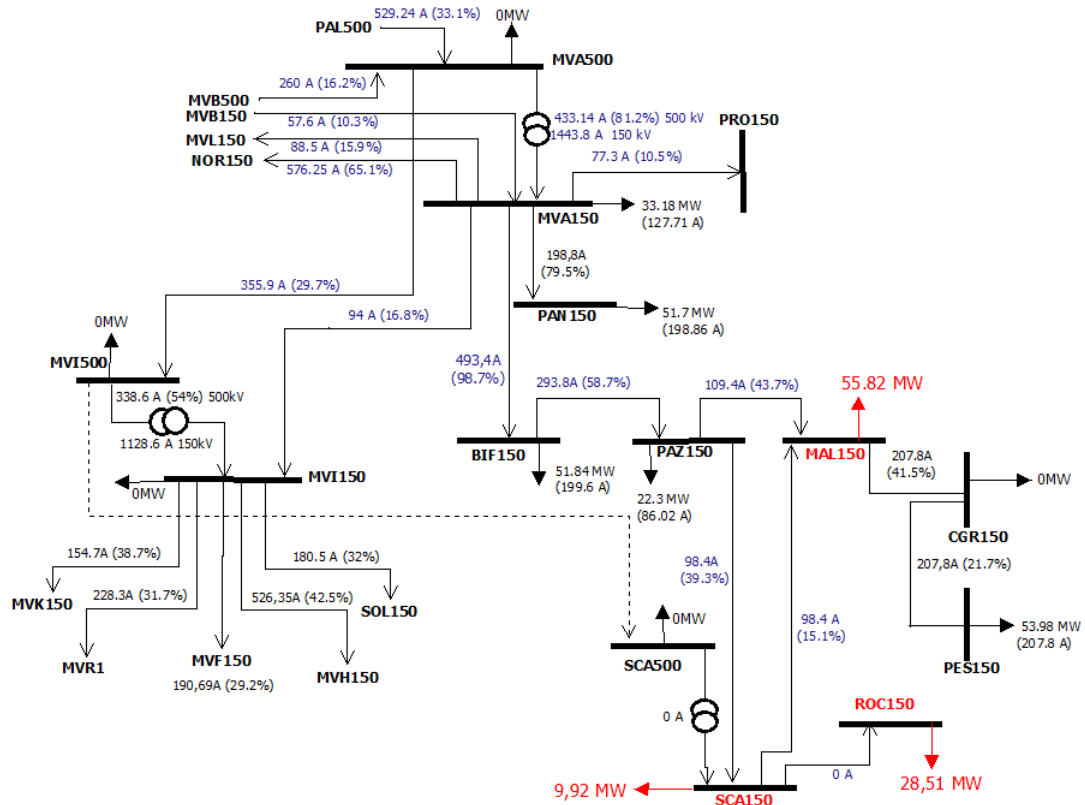


Figura 7.3.: Circuito este con el disparo

Este valor calculado se estima como referencia para la validación de la función de fitness.

7.2.2. Validación del fitness

El objetivo del programa es encontrar el disparo óptimo de carga frente a una sobrecarga en la red. Con esto en mente se desarrolla la función de fitness que premie las características que se desea para el habitante solución, castigando las que no se consideren apropiadas. De esta manera, el objetivo se traduce en maximizar la función de fitness.

Lo primero que se toma en consideración es la carga conectada en la red, como se quiere que esta sea máxima siempre, se premia en la función de fitness. Para esto se crean dos variables que cuantifican la carga conectada, la primera es la cantidad de carga conectada en la red ($P_{conectada}$), la segunda es la cantidad de barras en servicio ($cantbarras$). Se la implementa como una función creciente en las variables antes mencionadas:

$$fitness(cantbarras, P_{conectada}) = P_{conectada} \times cantbarras$$

A su vez se debe de tomar en cuenta la sobrecarga en la red. El objetivo más importante es que ésta no exista, por lo tanto se castiga en el fitness. En este caso se crean dos variables que cuantifican la sobrecarga: *sobrecargadas*, cantidad de líneas sobrecargadas y *Smax*, valor de la línea más cargada. Se lo implementa como una función decreciente en la variable *sobrecargadas* y como un polinomio de grado 1 en la variable *Smax* en el denominador, teniendo en cuenta que la función de fitness debe ser siempre positiva.

$$fitness = \underbrace{\left(\frac{Total - sobrecargadas}{Total} \right)}_{Primer\ Término} \times \underbrace{\left(\frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \right)}_{Segundo\ Término} \quad (7.1)$$

En la Tabla 7.1 se desglosa el porcentaje de fitness que tomara cada habitante de acuerdo a la cantidad de líneas sobrecargadas.

Cantidad de líneas sobrecargadas	% Fitness
0	100
1	98.91
2	97.83
3	96.74
4	95.65
5	94.57
6	93.48
7	92.39

Cuadro 7.1.: Variación del fitness con la cantidad de líneas sobrecargadas

Se aprecia que cuando no existen líneas sobrecargadas el valor de fitness no se modifica respecto al segundo término (100% fitness), en cambio a medida que las líneas sobrecargadas aumentan el fitness disminuye en un 1.09% en forma lineal.

Como se ve en el Apéndice B, Subsubsección B.1.1.1 esta función dispara carga de forma excesiva dentro y fuera del este, esto último es más grave ya que no aporta para eliminar la sobrecarga. Se decide entonces premiar más la carga conectada tanto en magnitud como en número de estaciones aumentando el orden de convergencia de *Pconectado* y *cantbarras*. Se llega a que el orden 3 en los términos anteriores es quien se acerca mas a que el resultado quite menos carga fuera del Este. (Ver Apéndice B, Subsubsección B.2.1.1 y Subsubsección B.3.1.1). Surge ahora el problema que no se quita totalmente la sobrecarga en el Este por lo que se pasa a analizar el primer

término para intentar llegar a un equilibrio.

$$fitness = \frac{Total - sobrecargadas}{Total} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \right) \quad (7.2)$$

Se busca una función que siga siendo decreciente con la cantidad de líneas sobrecargadas, pero que sea más estricta con las primeras sobrecargas. De esta forma se quiere penalizar más a una, dos o tres sobrecargas. Con la recta anterior siempre decrece de la misma forma en un 1.09%, no importando el número de líneas sobrecargadas.

Se analizan curvas decrecientes y se elige la siguiente función:

$$f = \frac{a}{\ln(sobrecargadas + 3)}$$

donde $a = \ln(3)$ cuando $sobrecargadas = 0$. Se utiliza $sobrecargadas + 3$ porque $1/\ln(sobrecargadas) > 1$ si $sobrecargadas = 2$. En la Tabla 7.2 se puede ver el porcentaje de Fitness que toma la función anterior con la cantidad de líneas sobrecargadas.

Cantidad de líneas sobrecargadas	% Fitness
0	100
1	72.13
2	62.13
3	55.81
4	51.38
5	48.10
6	45.51
7	43.43

Cuadro 7.2.: Variación del fitness con la cantidad de líneas sobrecargadas

Cuando no se tienen sobrecargas en las líneas el fitness no varía respecto al segundo término, al aparecer la primera sobrecarga el fitness decae en un 27.87%, y luego en un 10% para la segunda sobrecarga.

La función de fitness queda de la siguiente forma:

$$fitness = \frac{a}{\ln(sobrecargadas + 3)} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \right) \quad (7.3)$$

Como se ve en el Apéndice B, Subsubsección B.4.1.1, con este nuevo fitness se está más cerca de eliminar completamente la sobrecarga disparando exclusivamente estaciones del Este. Sin embargo en algunas corridas del programa, el mismo muestra como mejor resultado no solo disparar cargas dentro del circuito este sino además alguna fuera de él, aunque la misma es de baja magnitud.

Cabe resaltar que con este fitness se soluciona además el problema de disparo de carga sin contingencias. (Ver Apéndice B, Subsubsección B.4.1.2 en comparación con Subsubsección B.3.1.2 y Subsubsección B.2.1.2)

Se exploran otros parámetros de los algoritmos genéticos, como ser *probabilidad de mutación*, *probabilidad de cruzamiento*, *cantidad de generaciones* y *tamaño de población*.

7.2.2.1. Modificando las probabilidades de mutación y cruzamiento.

En los resultados anteriores, se viene usando por defecto una probabilidad de mutación de 0.1 % y una probabilidad de cruzamiento de 70 %.

En primera instancia, se aumenta diez veces el valor de probabilidad de mutación (1 %) y fijando la probabilidad de cruzamiento en 70 %, se corre el algoritmo. Al evaluar los resultados, es claro que la variación de esta probabilidad no afecta el resultado final. Esto puede deberse a que dicha probabilidad es muy baja considerando que se tiene un *cromosoma* de largo 75, y con una probabilidad del 1 % no llegaría a mutar ni un bit. A su vez un 30 % de los alelos son *don't care* ya que son barras sin carga, no afectando su mutación el resultado.

		Pm = 0,1 %								P total (MW)
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	
	1	SCA150	9,9225	ROC150	28,5069	MAL150	55,8207			94,2501
	2	BIF150	51,8489	PAZ150	22,349	ROC150	28,5069			102,7048
	3	PES150	53,9882	BIF150	51,8489					105,8371
	4	MAL150	55,8207	PES150	53,9882					109,8089
		Pm = 1 %								P total (MW)
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	
	1	MAL150	55,8207	PES150	53,9882					109,8089
	2	PAZ150	22,349	ROC150	28,5069	BIF150	51,8489			102,7048
	3	MAL150	55,8207	SCA150	9,9225	ROC150	28,5069			94,2501
	4	BIF150	51,8489	PES150	53,9882					105,8371
		Pc = 70 %								P total (MW)
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	
	1	BIF150	51,8489	PES150	53,9882					105,8371
	2	MAL150	55,8207	PES150	53,9882					109,8089
	3	PES150	53,9882	BIF150	51,8489					105,8371
	4	PAZ150	22,349	ROC150	28,5069	PES150	53,9882			104,8441
		Pc = 80 %								P total (MW)
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	
	1	BIF150	51,8489	PES150	53,9882					105,8371
	2	PES150	53,9882	BIF150	51,8489					105,8371
	3	MAL150	55,8207	PES150	53,9882					109,8089
	4	PES150	53,9882	MAL150	55,8207					109,8089
		Pc = 60 %								P total (MW)
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	
	1	PES150	53,9882	BIF150	51,8489					105,8371
	2	PES150	53,9882	MAL150	55,8207					109,8089
	3	MAL150	55,8207	ROC150	28,5069	PAZ150	22,349			106,6766
	4	BIF150	51,8489	MAL150	55,8207					107,6696

Figura 7.4.: Resultados variando las probabilidades

Con la misma idea se varía la probabilidad de cruzamiento a 60 y 80 %. En este caso tampoco se constatan variaciones en los resultados, con lo cual se decide quedarse con el valor original de 70 %, como es recomendado en la bibliografía.

7.2.2.2. Modificando la cantidad de generaciones y el tamaño de la población.

Para darle más diversidad a la población, se decide aumentar el tamaño de la misma. Partiendo desde el valor original de 250 habitantes, pasando por 500, 1000, 2000 hasta 4000 habitantes. A su vez se disminuyen a 50 la cantidad de iteraciones para darle agilidad al programa.

En la Figura 7.5 se muestran los resultados.

7.2 Diseño de la función de fitness

		250								P total (MW)	
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)		
	1	SCA150	9,92	MAL150	55,82	BIF150	51,85				117,59
	2	PES150	53,99	MAL150	55,82	FBE150	8,81	SCA150	9,92		128,54
	3	PAZ150	22,35	BIF150	51,85	MAL150	55,82				130,02
	4	SCA150	9,92	ROC150	28,51	PES150	53,99	VAL150	5,39		97,81
		500								P total (MW)	
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)		
	1	BIF150	51,85	MAL150	55,82						107,67
	2	MAL150	53,99	STE150	5,33	BIF150	51,85				111,17
	3	PAZ150	22,35	ROC150	28,51	MAL150	55,82	SCA150	9,92		116,6
	4	PES150	53,99	PAZ150	22,35	ROC150	28,51				104,85
		1000								P total (MW)	
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)		
	1	SCA150	9,92	PAZ150	22,35	MAL150	55,82	ROC150	28,51		116,6
	2	BIF150	51,85	MAL150	55,82	SCA150	9,92				117,59
	3	ROC150	28,51	SCA150	9,92	MAL150	55,82				94,25
	4	BIF150	51,85	MAL150	55,82						107,67
		2000								P total (MW)	
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)		
	1	MAL150	55,82	SCA150	9,92	BIF150	51,85				117,59
	2	PAZ150	22,35	BIF150	51,85	ROC150	28,51				102,71
	3	BIF150	51,85	MAL150	55,82						107,67
	4	MAL150	55,82	PES150	53,99						109,81
		4000								P total (MW)	
Estaciones Disparadas		ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)	ESTACION	Pot (MW)		
	1	SCA150	9,92	MAL150	55,82	BIF150	51,85				117,59
	2	MAL150	55,82	SCA150	9,92	ROC150	28,51				94,25
	3	ROC150	28,51	SCA150	9,92	MAL150	55,82				94,25
	4	BIF150	51,85	MAL150	55,82						107,67

Figura 7.5.: Resultados variando la cantidad de habitantes.

A partir de 1000 habitantes el resultado no muestra ceros en cargas fuera del circuito este, siendo 1000 el límite inferior se decide tomar este valor.

Ahora se pasa a modificar la variable cantidad de iteraciones. Se grafica el valor del fitness en función de las iteraciones para valores de 50, 75 y 100.

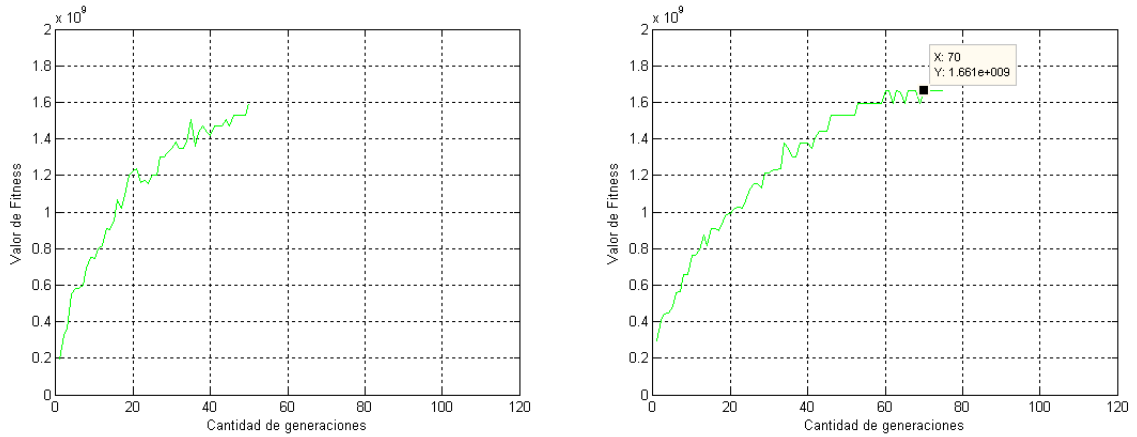


Figura 7.6.: Valor de Fitness para 50 y 75 iteraciones.

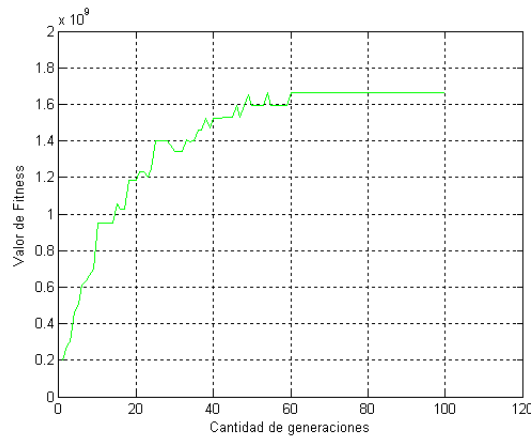


Figura 7.7.: Valor de Fitness para 100 iteraciones.

En las gráficas se observa que para el ejemplo en cuestión (MVI500-SCA500) a partir de 60 iteraciones el algoritmo converge a un valor. Por lo que no es necesario exagerar con el número de iteraciones para llegar al resultado óptimo, esto último trata de evitarse para no extender el tiempo de ejecución del programa.

En conclusión se valida el fitness dado por la Ecuación 7.3 con una probabilidad de mutación de 0.1 %, probabilidad de cruzamiento de 70 %, 60 generaciones y 1000 habitantes.

En el Apéndice B, Subsubsección B.4.2.1 se observa como esta función de fitness (Ecuación 7.3) logra en cada corrida los objetivos deseados. Por lo que se la valida.

7.3. Contingencia BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500

Para el estudio de la performance del programa se pasan a analizar 8 contingencias diferentes. Se toma la que el resultado del flujo DC da más cantidad de líneas sobrecargadas para comenzar con el caso más limitante para el fitness.

Esta contingencia es BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500 y en la Tabla 7.3 se muestra lo dicho anteriormente.

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Flujo DC(A)	Carga Lineas(%)
MVI500	MVI150	627,4642726	179,3773651	28,58766195
SGU500	SJA500	1599,953066	750,8258197	46,92799031
ACO150	MVB150	371,043773	951,6031023	256,4665335
ARA150	TGO150	240,177712	101,4158087	42,22532051
BAY150	PAL150	371,043773	-1101,139976	296,7682133
BAY150	TRI150	359,8816678	559,0678107	155,3476769
BIF150	PAZ150	500,3702333	248,0969958	49,58268484
BOT150	FBE150	240,177712	3,49825E-10	1,45653E-10
CGR150	PES150	959,9410476	207,8006787	21,64723336
COL150	ROS150	240,177712	281,7475547	117,3079518
COL150	JLA150	250,1851166	567,0586289	226,6556206
CON150	COL150	250,1851166	928,7203135	371,2132544
DUR150	FLO150	735,9291431	1357,076404	184,403134
EFI150	SVA150	240,177712	479,3541193	199,5830984
FBE150	MER150	367,9645716	975,1821768	265,020671
FLO150	PRO150	735,9291431	1253,044813	170,2670461
JLA150	LIB150	240,177712	567,0586289	236,0996048
LIB150	EFI150	265,966024	506,5280719	190,448413
MAL150	CGR150	500,3702333	207,8006787	41,52938462
MDI150	RIV150	367,9645716	69,52913822	18,89560669
MDI150	STE150	60,044428	20,52364737	34,18076923
MER150	NPA150	240,177712	1008,241845	419,7899285
MVA150	NOR150	885,2704128	-44,70908451	5,050330822
MVA150	BIF150	500	447,663505	89,53270099
MVA150	PAN150	250,1851166	198,857523	79,48415385
MVA500	MVI500	1199,964799	301,9255135	25,16119753
MVB150	MVC150	1116,21052	415,6682774	37,23923667
MVB150	MVL150	558,1052602	382,6567299	68,56354118
MVB150	MVA150	558,1052602	487,4913553	87,34756507
MVB150	PIE150	371,043773	175,8797521	47,40134855
MVB500	MVA500	1599,953066	172,8342649	10,80245843

Cuadro 7.3.: Contingencia BUR500-MVB500 PAL500-MVA500

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Flujo DC(A)	Carga Lineas(%)
MVI500	MVI150	627,4642726	179,3773651	28,58766195
MVC150	MVD150	1116,21052	555,750209	49,78901371
MVD150	MVE2__	523,8491442	555,750209	106,0897427
MVF150	MVE1__	638,9342979	27,03149831	4,230716428
MVF150	MVG150	652,020904	103,0967083	15,81187163
MVG150	MVJ150	652,020904	118,0955069	18,11222711
MVG150	MVR1__	720,1482358	-65,80061861	9,137093634
MVH150	MVF150	638,9342979	224,828969	35,18812024
MVI150	MVH150	1237,838977	526,3513018	42,52179092
MVI150	MVF150	652,020904	190,6911737	29,24617486
MVI150	MVR1__	720,1482358	228,3177835	31,70427589
MVI150	MVK150	399,9112865	154,7010046	38,68383061
MVI150	MVM2__	558,1052602	180,5335802	32,34758621
MVI150	MVM1__	558,1052602	-682,6702934	122,3192724
MVI500	SCA500	599,9823997	122,5481484	20,42529055
MVJ150	MVE1__	720,1482358	-66,01148649	9,166374812
MVL150	MVA150	558,1052602	101,9620343	18,2693197
MVL150	MVR2__	586,9727737	185,9503618	31,67955485
MVM1__	MVA150	558,1052602	-682,6702934	122,3192724
MVM2__	SOL150	399,9112865	180,5335802	45,14340712
MVR1__	MVE1__	720,1482358	38,97998819	5,41277285
NOR150	MVR2__	586,9727737	-185,9503618	31,67955485
NOR150	MVE2__	720,1482358	-161,4018849	22,41231414
NPA150	CON150	250,1851166	931,8037489	372,4457159
PAL150	TRI150	371,043773	1671,053808	450,365679
PAL500	BRU500	1599,953066	2,49763E-11	1,56107E-12
PAY150	YOU150	250,1851166	575,9129222	230,1947174
PAZ150	MAL150	250,1851166	122,052138	48,78473173
PAZ150	SCA150	250,1851166	40,02351672	15,99756103
PRO150	MVA150	735,9291431	1253,044813	170,2670461
PTI500	BRU500	1599,953066	-9,42629E-11	5,8916E-12
ROD150	ACO150	371,043773	1024,68025	276,1615542
ROD150	MVB150	371,043773	1210,878321	326,3437927
ROS150	ROD150	399,9112865	149,2872372	37,3300885
SAL150	PAY150	371,043773	741,2506433	199,7744464
SCA150	ROC150	367,9645716	109,7231093	29,81893305
SCA150	MAL150	650,0964031	300,6025152	46,23968287
SGU150	ARA150	240,177712	129,7028927	54,00288462
SGU150	SAL150	500,3702333	890,7331713	178,0148202
SJA150	FBE150	367,9645716	1009,109588	274,2409639

Cuadro 7.3.: Contingencia BUR500-MVB500 PAL500-MVA500

7.3 Contingencia BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Flujo DC(A)	Carga Lineas(%)
MVI500	MVI150	627,4642726	179,3773651	28,58766195
SJA500	PAL500	2401,77712	448,0929433	18,65672462
SVA150	MVC150	250,1851166	392,6195581	156,9316206
TAC150	MDI150	367,9645716	90,05278559	24,47322176
TER150	TAC150	367,9645716	181,17059	49,23587866
TER150	VAL150	367,9645716	245,0667141	66,60062761
TER150	BAY150	371,043773	-923,1233427	248,790954
TER150	DUR150	719,7633356	1421,026414	197,429675
TGO150	ART150	240,177712	46,78731111	19,48028846
TRI150	ROD150	742,087546	2192,465679	295,4456911
TYT150	MEL150	120,088856	64,71288227	53,8875
TYT150	EMA150	240,177712	55,5430204	23,12580128
VAL150	TYT150	367,9645716	224,2871081	60,95345188
YOU150	TER150	250,1851166	398,9544726	159,4637115
YOU150	MER150	250,1851166	129,363233	51,70700591
SGU500	SGU150	173,2050808	306,1308192	176,7447109
SJA500	SJA150	173,2050808	302,7328764	174,7829077
PAL500	PAL150	230,9401077	832,6082226	360,5299361
MVB500	MVB150	535,6655798	-172,8342649	32,26532961
MVA500	MVA150	533,4716487	-129,0912486	24,19833349
SCA500	SCA150	317,1962379	122,5481484	38,63480513

Cuadro 7.3.: Contingencia BUR500-MVB500 PAL500-MVA500

El resultado no fue el esperado, en la impresión de pantalla dada por la Figura 7.8 se muestra claramente que no se eliminan las sobrecargas, quedando la línea más sobrecargada en un 450 %.

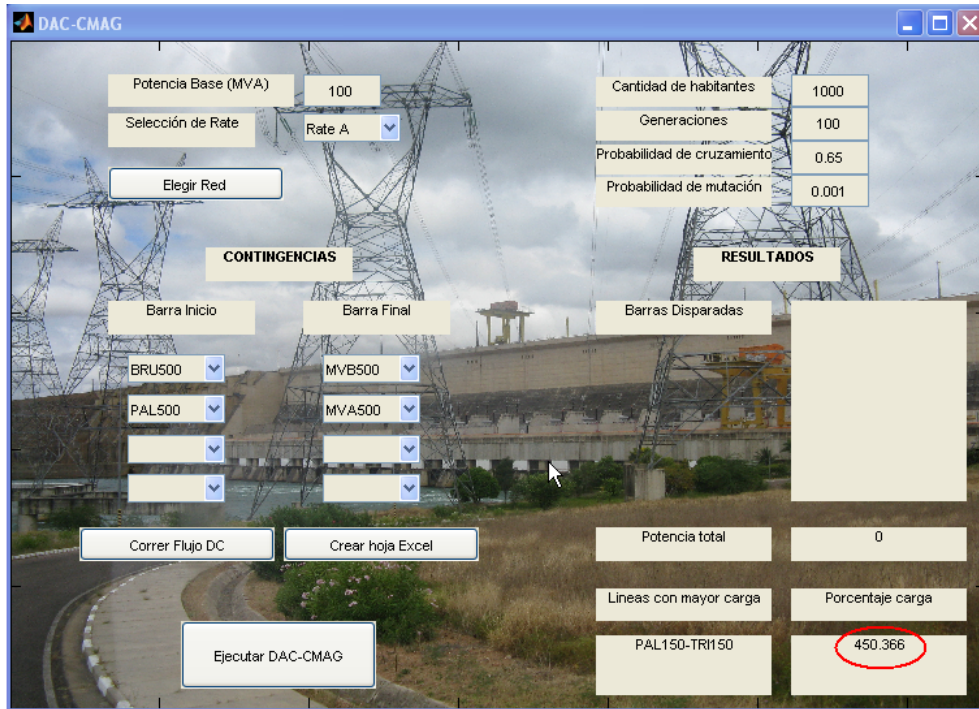


Figura 7.8.: Resultado después de ejecutado el programa

Luego de analizar las posibles causas del fracaso de la función de fitness, se concluye que esto se debe a que en el primer término, $\log(\text{sobrecargadas} + 3)$ presenta muy pocas variaciones cuando el valor de sobrecargadas es mayor que 5 y a partir de cierto valor no castiga lo suficiente al fitness. Por esta razón se decide buscar nuevas funciones de fitness intentando esquivar este problema, concentrándose más que nada en el primer término.

7.4. Nueva función de fitness

En esta sección se analiza una función de fitness que busca resolver el problema visto en la sección anterior. Se encontraron tres funciones distintas cuya comparación experimental se encuentra en el Apéndice C.

A continuación se detalla el desarrollo de la función cuya performance fue la mejor.

$$fitness = g(\text{sobrecargadas}) \times \left(\frac{P_{conectada}^3 \times \text{cantbarras}^3}{S_{max}} \right) \quad (7.4)$$

Como se ve en la Tabla 7.5, por encima de cinco líneas sobrecargadas cambia muy poco el porcentaje que toma del valor del fitness dado por el segundo término. Se quiere cambiar esto, penalizando más la cantidad de líneas sobrecargadas.

Se encuentra la función dada por la Ecuación 7.5 cuyo comportamiento con respecto a la sobrecarga se muestra en la Tabla 7.4, apreciándose que para valores altos de líneas sobrecargadas el porcentaje que toma del fitness es notablemente más pequeño que en el caso del logaritmo, y además que la diferencia entre valores consecutivos es mayor.

$$g(\text{sobrecargadas}) = \frac{1}{\left(e^{\frac{\text{sobrecargadas}}{10}}\right)^2} \quad (7.5)$$

En la tabla Tabla 7.4

1	81,873	11	11,080	21	1,500
2	67,032	12	9,072	22	1,228
3	54,881	13	7,427	23	1,005
4	44,933	14	6,081	24	0,823
5	36,788	15	4,979	25	0,674
6	30,119	16	4,076	26	0,552
7	24,660	17	3,337	27	0,452
8	20,190	18	2,732	28	0,370
9	16,530	19	2,237	29	0,303
10	13,534	20	1,832	30	0,248

Cuadro 7.4.: Porcentaje del fitness en función de la cantidad de líneas sobrecargadas para la exponencial

1	72,135	11	37,892	21	31,466
2	62,133	12	36,927	22	31,067
3	55,811	13	36,067	23	30,693
4	51,390	14	35,296	24	30,341
5	48,090	15	34,598	25	30,010
6	45,512	16	33,962	26	29,697
7	43,429	17	33,381	27	29,401
8	41,703	18	32,846	28	29,121
9	40,243	19	32,352	29	28,854
10	38,987	20	31,893	30	28,600

Cuadro 7.5.: Porcentaje del fitness en función de la cantidad de líneas sobrecargadas para el logaritmo

Una aproximación a la nueva función de fitness es:

$$\text{fitness} = \frac{1}{\left(e^{\frac{\text{sobrecargadas}}{10}}\right)^2} \times \left(\frac{P\text{conectada}^3 \times \text{cantbarras}^3}{S\text{max}^2}\right) \quad (7.6)$$

Se nota también que se pasó de S_{max} a S_{max}^2 para castigar en exceso el hecho de que la sobrecarga tome un valor elevado.

Para la contingencia MVI500-SCA500 los resultados se muestran en la Tabla 7.6:

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
BOT150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

7.4 Nueva función de fitness

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		105.84	105.84	94.25	105.84	105.84	105.84	105.84	105.84	105.84	105.84

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
-------	----	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

Cuadro 7.6.: Habitantes para contingencia MVI500-SCA500

Cabe la pena destacar que este resultado son solo 10 corridas del programa sobre un total de 40, mostrando que en menos de un 10 % de los resultados, la aproximación de la nueva función de fitness prefiere disparar 105.84 MW (PES150, BIF150) en lugar de 94.25MW (SCA150, MAL150, ROC150). En este caso se está en la situación en donde *sobrecargadas* = 0, por lo que solo se toma en cuenta el *Segundo Término* del Fitness. Hay un total de 92 líneas (incluyendo transformadores). La potencia conectada total en verano es 1487,35 MW. El valor de *Smax* (valor de la sobrecarga máxima por cada línea) para el disparo correspondiente a 94.25 MW es 0.987 y para 105.84 MW es 0.898 , como se puede observar en la siguiente Tabla 7.7.

BIF150	PAZ150	500,370	293,822	0,587	448,790	0,897
Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Disparo PES150 y BIF150		Disparo SCA150, MAL150 y ROC150	
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Flujo DC(A)	Carga Lineas
CGR150	PES150	959,941	207,801	0,216	0,000	0,000
MAL150	CGR150	500,370	207,801	0,415	0,000	0,000
MVA150	BIF150	500,000	493,389	0,987	448,790	0,898
MVA500	MVI500	1199,965	355,977	0,297	353,980	0,295
PAZ150	MAL150	250,185	109,413	0,437	170,168	0,680
PAZ150	SCA150	250,185	98,387	0,393	192,601	0,770
SCA150	ROC150	367,965	0,000	0,000	109,723	0,298
SCA150	MAL150	650,096	98,387	0,151	44,686	0,069
MVA500	MVA150	533,472	433,144	0,812	426,625	0,800
MVI500	MVI150	627,464	355,977	0,567	353,980	0,564
SCA500	SCA150	317,196	0,000	0,000	0,000	0,000

Cuadro 7.7.: Flujos de carga con los disparos PES150-BIF150 y SCA150-MAL150-ROC150

Sustituyendo los valores anteriores en $\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax^2}$ se tiene que para el disparo de 94,25 MW, $cantbarras = 92 - 3 = 89$, $Smax = 0,987$ y $Pconectada = 1487,35 MW - 94,25 MW = 1393,1 MW$, el *Segundo Término* vale $2,381 \times 10^{15}$. Para el disparo de 105.84 MW, $cantbarras = 92 - 2 = 90$, $Smax = 0,898$ y $Pconectada = 1487,35 MW - 105,84 MW = 1381,51 MW$, el *Segundo Término* vale $2,384 \times 10^{15}$. La aproximación de la función de fitness definida en la ecuación Ecuación 7.6 premia el disparo de 105,84MW sobre el optimo que es 94.25 MW.

Se exagera la diferencia entre que no existan sobrecargas en absoluto y que haya al

menos una. Para que la función premie 94.25 MW sobre otros disparos en el este, cuando $sobrecargadas = 0$, se llega a:

$$fitness = \begin{cases} Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^4 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ \frac{1}{\left(e^{\frac{sobrecargadas}{10}}\right)^2} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax^2}\right) & \text{sobrecargadas} \geq 1 \end{cases}$$

Para el diparo 94.25 MW se tiene $Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^4 = 1,81 \times 10^{23}$ y para el disparo 105.84 MW $Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^4 = 1,25 \times 10^{23}$.

La Figura 7.9 muestra, en 40 corridas del programa consecutivos, como varía la frecuencia con que se dispara el óptimo con respecto al aumento en el exponente de $(Smax \times 100)$ a partir del grado 4.

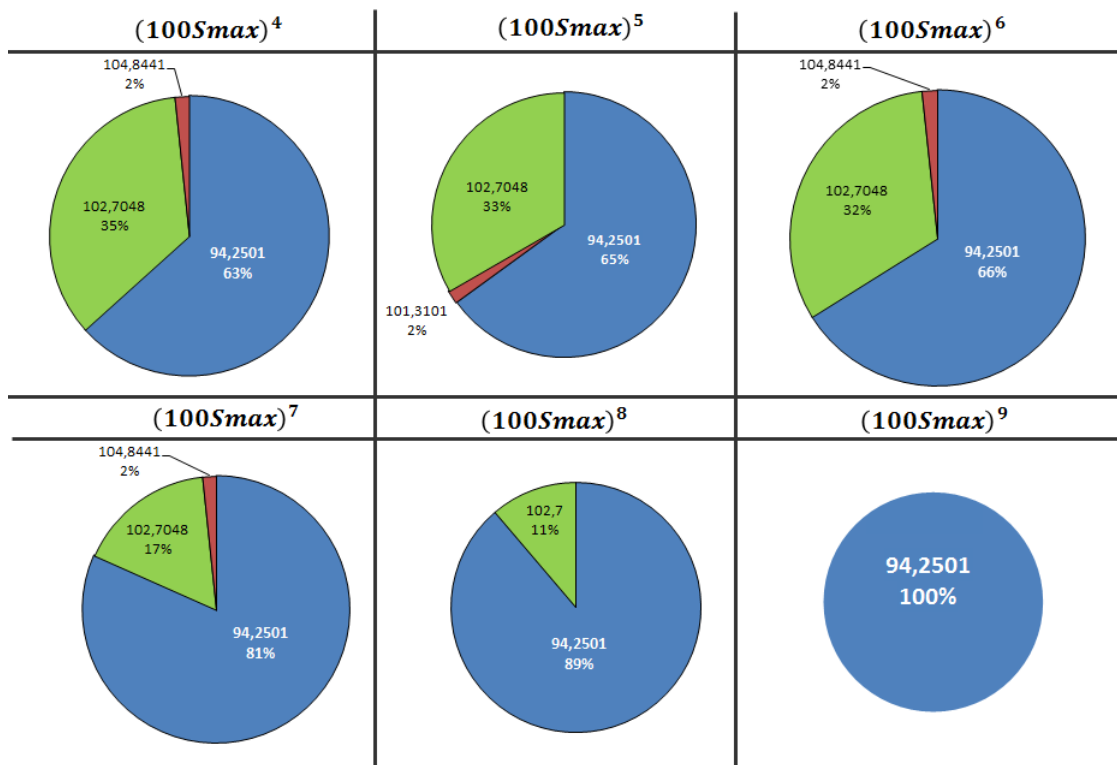


Figura 7.9.: Frecuencia de disparo del optimo

Se llega entonces a la función de fitness definitiva de acuerdo a la ecuación:

$$fitness = \begin{cases} Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^9 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ \frac{1}{\left(e^{\frac{sobrecargadas}{10}}\right)^2} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax^2}\right) & \text{sobrecargadas} \geq 1 \end{cases}$$

En las algunas contingencias (en su mayoría donde hay líneas sobrecargadas por toda la red) en las cuales no se distingue donde tiene que disparar, se implementa un ajuste (detallado en Capítulo 9) para garantizarse que quite la mínima carga posible.

8. Contingencias

8.1. Introducción

En este capítulo se analiza el comportamiento de la herramienta desarrollada en este proyecto para calcular el disparo de carga necesario en las contingencias más severas de 500kV de la red de UTE.

Rate A: capacidad térmica del equipo en régimen permanente

Rate B: capacidad térmica que soporta el equipo solo durante una hora y no más.

Se trabaja con el Rate B, que es el adecuado en este régimen, y se estudia la red para demandas de pico de verano e invierno de 2012.

Se trabaja con una probabilidad de mutación de 0.1 %, de cruzamiento 70 %, tamaño de población de 1000 habitantes y en un principio con 100 generaciones. Esto puede variar de acuerdo a la cantidad de líneas sobrecargadas que puedan haber.

En el Apéndice G se encuentran las tablas de los datos correspondientes de cada diagrama que se presentan en esta parte.

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	912,215	57,015	MVL150	MVA150	-95,287	17,073
ACO150	MVB150	-15,356	4,139	MVL150	MVR2	143,570	24,459
ARA150	TGO150	101,416	42,225	MVM1	MVA150	-151,993	27,234
BAY150	PAL150	-13,092	3,528	MVM2	SOL150	180,534	45,143
BAY150	TRI150	162,950	45,279	MVR1	MVE1	38,980	5,413
BIF150	PAZ150	79,672	15,923	NOR150	MVR2	-143,570	24,459
BOT150	FBE150	0,000	0,000	NOR150	MVE2	432,283	60,027
BRU500	MVB500	588,510	36,783	NPA150	CON150	79,557	31,799
CGR150	PES150	207,801	21,647	PAL150	TRI150	191,049	51,490
COL150	ROS150	4,819	2,006	PAL500	BRU500	588,510	36,783
COL150	JLA150	-8,259	3,301	PAL500	MVA500	580,736	36,297
CON150	COL150	76,474	30,567	PAY150	YOU150	37,950	15,169
DUR150	FLO150	187,957	25,540	PAZ150	MAL150	57,102	22,824
EFI150	SVA150	-95,963	39,955	PAZ150	SCA150	-63,451	25,362
FBE150	MER150	183,710	49,926	PRO150	MVA150	83,926	11,404

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
FLO150	PRO150	83,926	11,404	PTI500	BRU500	0,000	0,000
JLA150	LIB150	-8,259	3,439	ROD150	ACO150	57,721	15,556
LIB150	EFI150	-68,789	25,864	ROD150	MVB150	24,786	6,680
MAL150	CGR150	207,801	41,529	ROS150	ROD150	-127,642	31,917
MDI150	RIV150	69,529	18,896	SAL150	PAY150	203,288	54,788
MDI150	STE150	20,524	34,181	SCA150	ROC150	109,723	29,819
MER150	NPA150	155,995	64,950	SCA150	MAL150	365,553	56,231
MVA150	NOR150	591,356	66,799	SGU150	ARA150	129,703	54,003
MVA150	BIF150	279,238	55,848	SGU150	SAL150	352,770	70,502
MVA150	PAN150	198,858	79,484	SJA150	FBE150	217,637	59,146
MVA500	MVI500	511,656	42,639	SJA500	PAL500	846,924	35,262
MVB150	MVC150	397,301	35,594	SVA150	MVC150	-182,698	73,025
MVB150	MVL150	143,028	25,627	TAC150	MDI150	90,053	24,473
MVB150	MVA150	38,298	6,862	TER150	TAC150	181,171	49,236
MVB150	PIE150	175,880	47,401	TER150	VAL150	245,067	66,601
MVB500	MVA500	327,586	20,475	TER150	BAY150	-231,193	62,309
MVC150	MVD150	-37,935	3,399	TER150	DUR150	251,907	34,999
MVD150	MVE2__	-37,935	7,242	TGO150	ART150	46,787	19,480
MVF150	MVE1__	27,031	4,231	TRI150	ROD150	316,343	42,629
MVF150	MVG150	103,097	15,812	TYT150	MEL150	64,713	53,887
MVG150	MVJ150	118,096	18,112	TYT150	EMA150	55,543	23,126
MVG150	MVR1__	-65,801	9,137	VAL150	TYT150	224,287	60,953
MVH150	MVF150	224,829	35,188	YOU150	TER150	-78,235	31,271
MVI150	MVH150	526,351	42,522	YOU150	MER150	68,589	27,415
MVI150	MVF150	190,691	29,246	SGU500	SGU150	144,742	83,567
MVI150	MVR1	228,318	31,704	SJA500	SJA150	65,291	37,696
MVI150	MVK150	154,701	38,684	PAL500	PAL150	62,192	26,930
MVI150	MVM2	180,534	32,348	MVB500	MVB150	260,924	48,710
MVI150	MVM1	-151,993	27,234	MVA500	MVA150	396,666	74,356
MVI500	SCA500	173,076	28,847	MVI500	MVI150	338,581	53,960
MVJ150	MVE1	-66,011	9,166	SCA500	SCA150	173,076	54,564

Cuadro 8.1.: Estado de la red en Verano

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1163,856	72,743	MVL150	MVA150	-150,010	26,878
ACO150	MVB150	2,799	0,754	MVL150	MVR2	190,917	32,526
ARA150	TGO150	73,066	30,422	MVM1	MVA150	-201,077	36,029
BAY150	PAL150	-59,406	16,010	MVM2	SOL150	217,825	54,468

8.1 Introducción

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
BAY150	TRI150	159,176	44,230	MVR1	MVE1	62,640	8,698
BIF150	PAZ150	6,394	1,278	NOR150	MVR2	-190,917	32,526
BOT150	FBE150	-165,004	68,701	NOR150	MVE2	539,198	74,873
BRU500	MVB500	685,824	42,865	NPA150	CON150	59,741	23,879
CGR150	PES150	96,109	10,012	PAL150	TRI150	231,447	62,377
COL150	ROS150	-11,173	4,652	PAL500	BRU500	685,824	42,865
COL150	JLA150	-10,306	4,119	PAL500	MVA500	675,275	42,206
CON150	COL150	56,824	22,713	PAY150	YOU150	101,890	40,726
DUR150	FLO150	193,372	26,276	PAZ150	MAL150	21,085	8,428
EFI150	SVA150	-92,103	38,348	PAZ150	SCA150	-66,153	26,441
FBE150	MER150	122,764	33,363	PRO150	MVA150	75,676	10,283
FLO150	PRO150	75,676	10,283	PTI500	BRU500	0,000	0,000
JLA150	LIB150	-10,306	4,291	ROD150	ACO150	63,111	17,009
LIB150	EFI150	-63,886	24,021	ROD150	MVB150	39,435	10,628
MAL150	CGR150	96,109	19,208	ROS150	ROD150	-149,443	37,369
MDI150	RIV150	103,798	28,209	SAL150	PAY150	288,516	77,758
MDI150	STE150	21,720	36,173	SCA150	ROC150	57,166	15,536
MER150	NPA150	139,333	58,012	SCA150	MAL150	251,914	38,750
MVA150	NOR150	870,176	98,295	SGU150	ARA150	87,745	36,533
MVA150	BIF150	6,394	1,279	SGU150	SAL150	445,130	88,960
MVA150	PAN150	237,131	94,782	SJA150	FBE150	329,327	89,500
MVA500	MVI500	581,643	48,472	SJA500	PAL500	1065,058	44,345
MVB150	MVC150	560,129	50,181	SVA150	MVC150	-206,781	82,651
MVB150	MVL150	233,125	41,771	TAC150	MDI150	125,517	34,111
MVB150	MVA150	68,142	12,210	TER150	TAC150	214,688	58,345
MVB150	PIE150	212,362	57,234	TER150	VAL150	251,385	68,318
MVB500	MVA500	347,272	21,705	TER150	BAY150	-281,281	75,808
MVC150	MVD150	-2,509	0,225	TER150	DUR150	259,689	36,080
MVD150	MVE2__	-2,509	0,479	TGO150	ART150	47,574	19,808
MVF150	MVE1__	32,209	5,041	TRI150	ROD150	349,273	47,066
MVF150	MVG150	151,428	23,224	TYT150	MEL150	71,295	59,369
MVG150	MVJ150	151,468	23,230	TYT150	EMA150	24,243	10,094
MVG150	MVR1__	-108,291	15,037	VAL150	TYT150	219,407	59,627
MVH150	MVF150	322,685	50,504	YOU150	TER150	-73,803	29,499
MVI150	MVH150	726,428	58,685	YOU150	MER150	126,610	50,607
MVI150	MVF150	268,967	41,251	SGU500	SGU150	159,863	92,297
MVI150	MVR1	307,734	42,732	SJA500	SJA150	98,798	57,041
MVI150	MVK150	203,658	50,926	PAL500	PAL150	88,474	38,310
MVI150	MVM2	217,825	39,029	MVB500	MVB150	338,552	63,202
MVI150	MVM1	-201,077	36,029	MVA500	MVA150	440,904	82,648
MVI500	SCA500	124,583	20,764	MVI500	MVI150	457,061	72,842

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVJ150	MVE1	-94,849	13,171	SCA500	SCA150	124,583	39,276

Cuadro 8.2.: Estado de la red en Invierno

8.2. Contingencia MVI500-SCA500

8.2.1. Verano

Red en regimen de contingencia

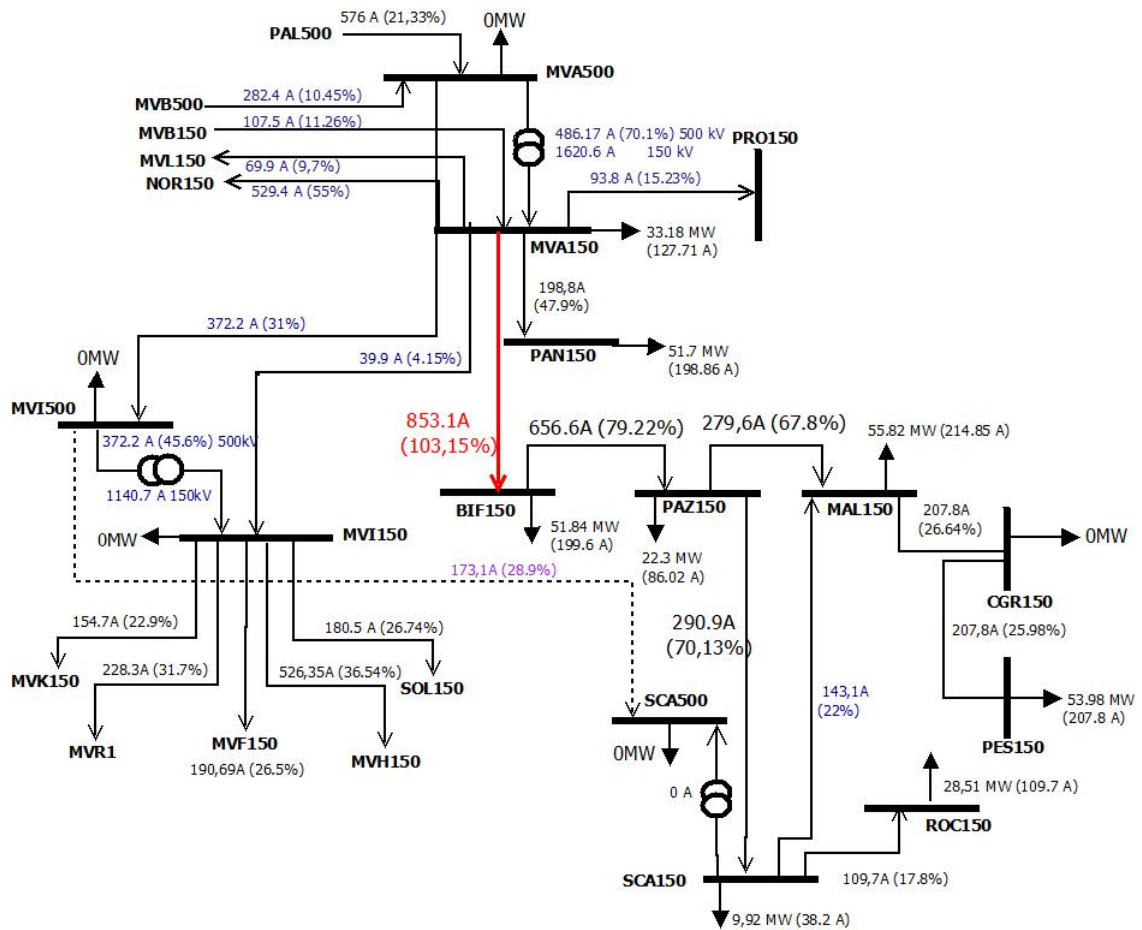


Figura 8.1.: Radial Este con contingencia

Se observa en la figura Figura 8.1 que cuando sale de servicio en la línea MVI500-SCA500, se tiene una sobrecarga de un 3 % en la línea MVA150-BIF150.

Red aplicando el DAC calculado

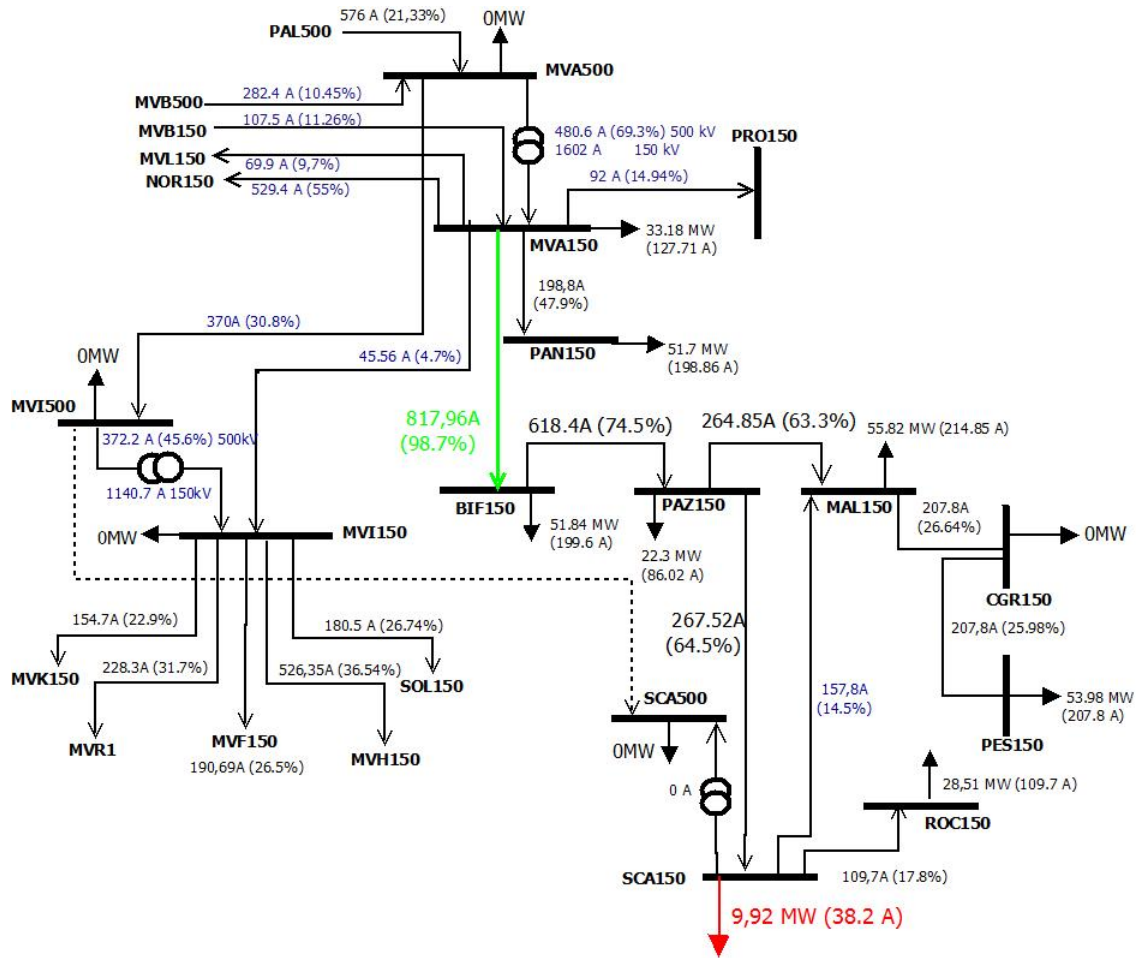


Figura 8.2.: Solución con el DAC aplicado

Segun el programa, SCA150 (9,925MW) es el disparo óptimo para aliviar la sobrecarga en la línea, como se puede ver en Figura 8.2, dejando la carga de esa linea en un 98,7%.

Como muestra la figura Figura 8.3 se necesitan 82 generaciones para que se llegue a la convergencia y por tanto al resultado óptimo.

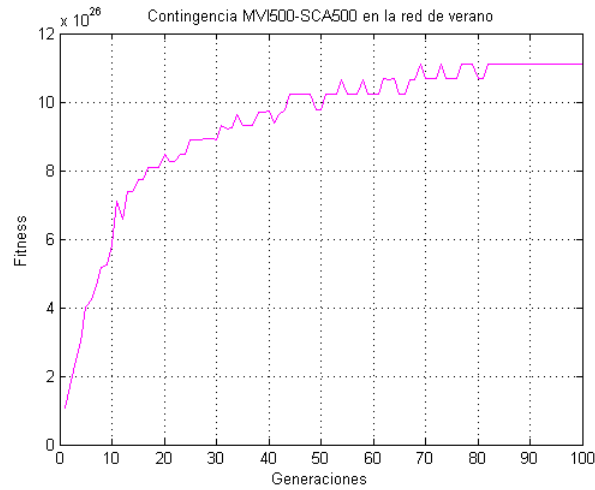


Figura 8.3.: Mayor fitness de cada generación

8.2.2. Invierno

Red con contingencia

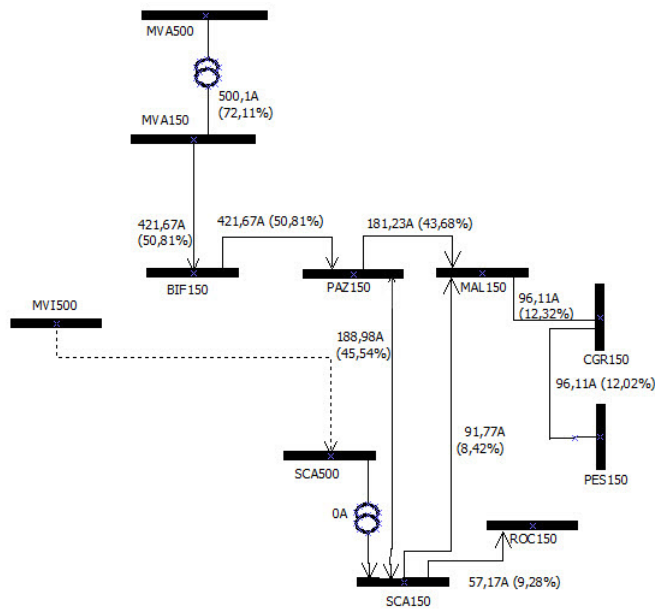


Figura 8.4.: Red de invierno con contingencia

Como se puede ver en invierno cuando ocurre una falla en la línea MVI500-SCA500 no se sobrecarga ninguna línea. Esto sucede porque este circuito tiene menos carga en invierno que en verano.

8.3. Contingencia MVA500-MVI500

8.3.1. Verano

Red con contingencia

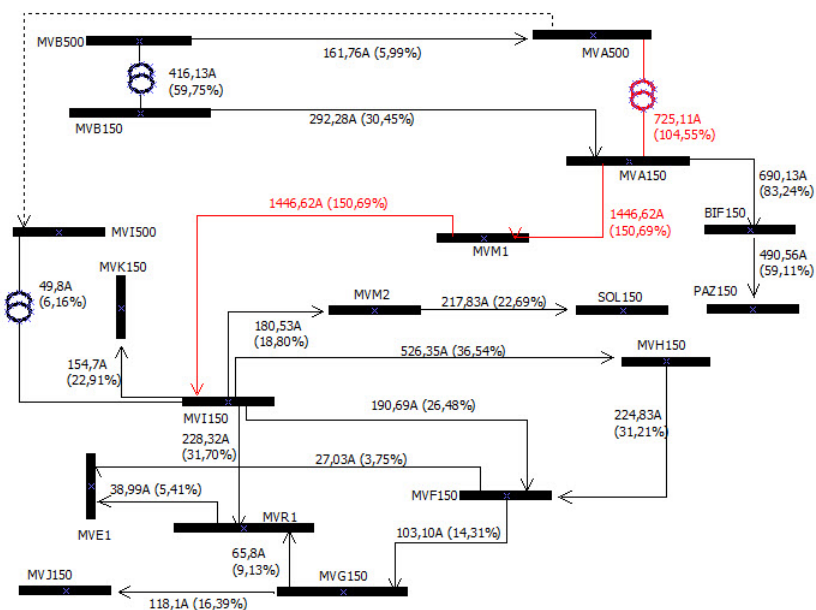


Figura 8.5.: Red simplificada con contingencia

En esta situación se puede ver en la figura Figura 8.5 que se sobrecargan 2 líneas y un transformador de MontevideoA.

En este caso el disparo óptimo para aliviar las líneas es de 160,7895MW compuesto por las siguientes estaciones: MVG150, MVJ150, MVK150 y SOL150

Red aplicando el DAC calculado

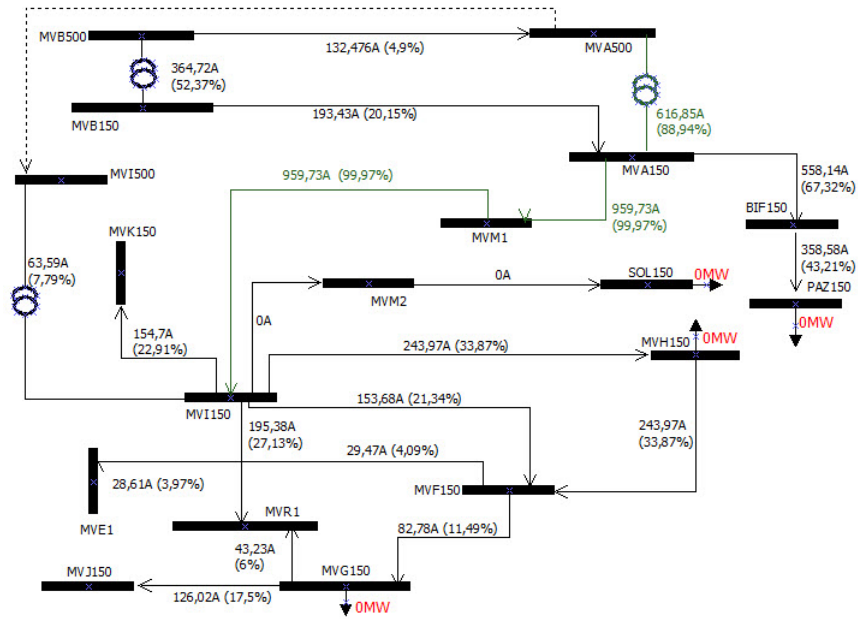


Figura 8.6.: Red solución

Como muestra la figura Figura 8.7 en 70 generaciones se llega a la convergencia, a partir de ese valor se llega al resultado óptimo.

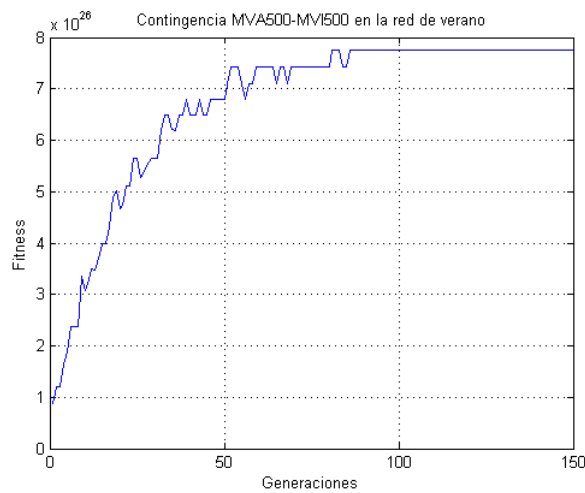


Figura 8.7.: Mayor fitness en cada generación

8.3.2. Invierno

Red en régimen con contingencia

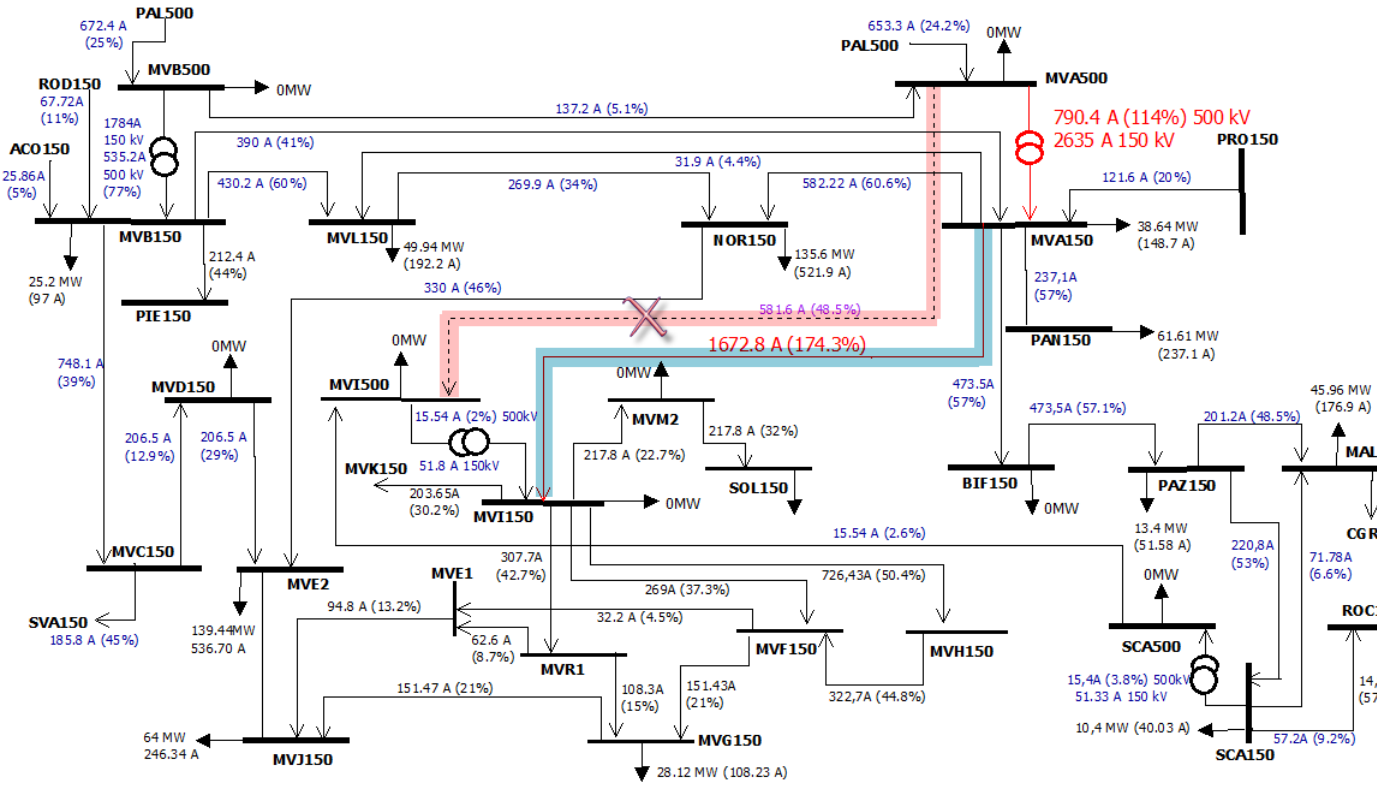


Figura 8.8.: Red de Montevideo simplificada en invierno con contingencia

En este caso se ve que para quitar la sobrecarga en la red, se deben disparar 242,293 MW que corresponden a quitar las cargas en MAL150, SCA150, MVG150, MVH150 y MVK150.

Red aplicando el DAC calculado

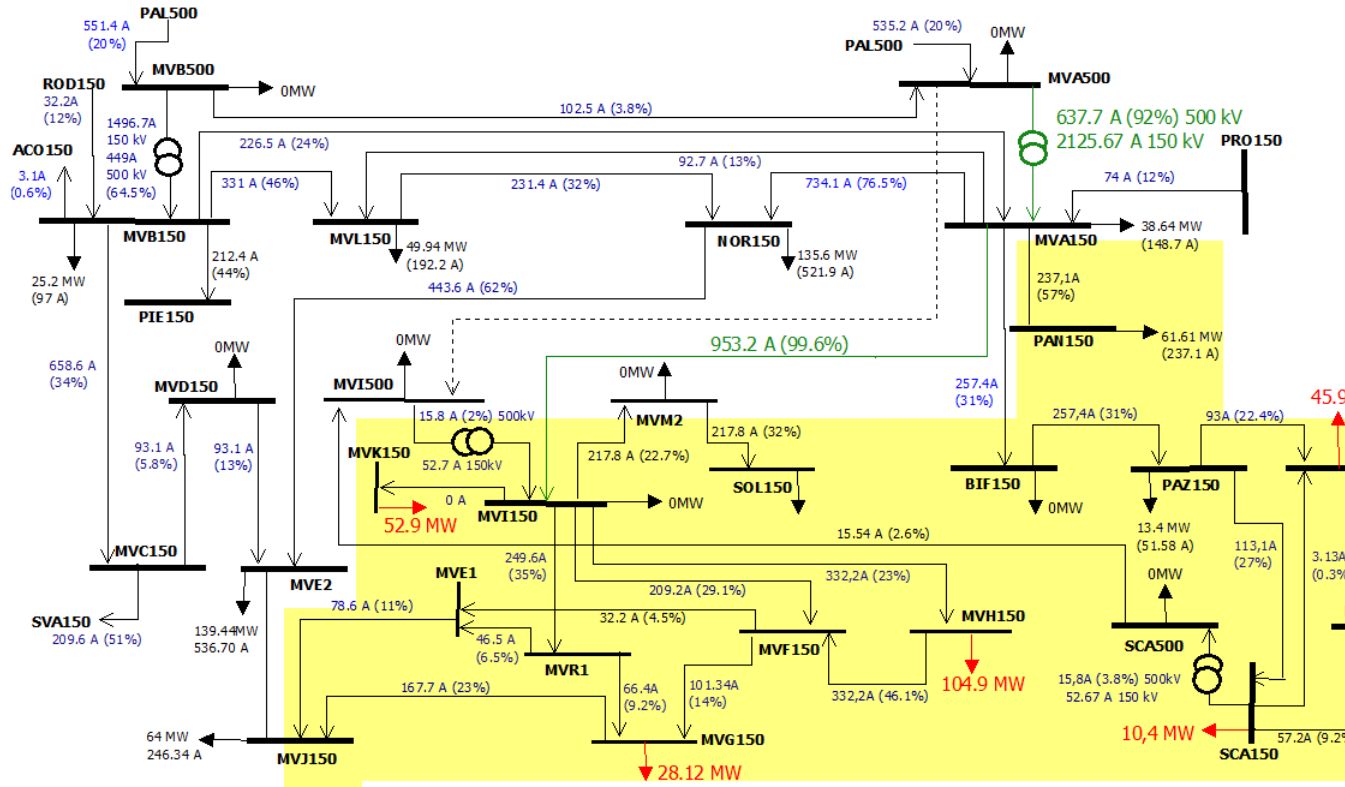


Figura 8.9.: Estado luego del DAC

Se observa en el gráfico Figura 8.10 que son necesarias más de 60 generaciones para llegar a la convergencia.

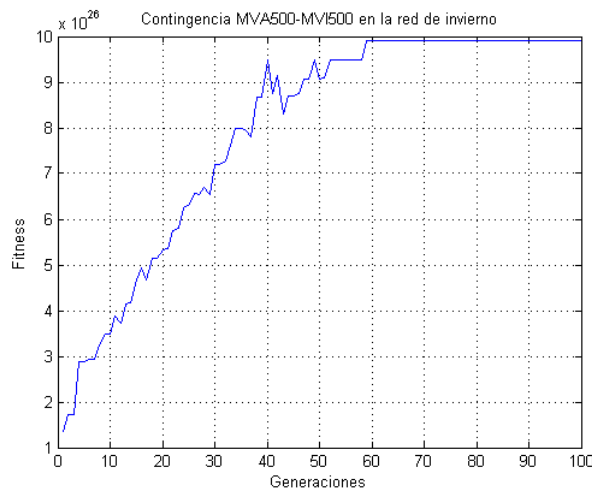


Figura 8.10.: Mayor fitness en cada generación

8.4. Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

8.4.1. Verano

Red con contingencia

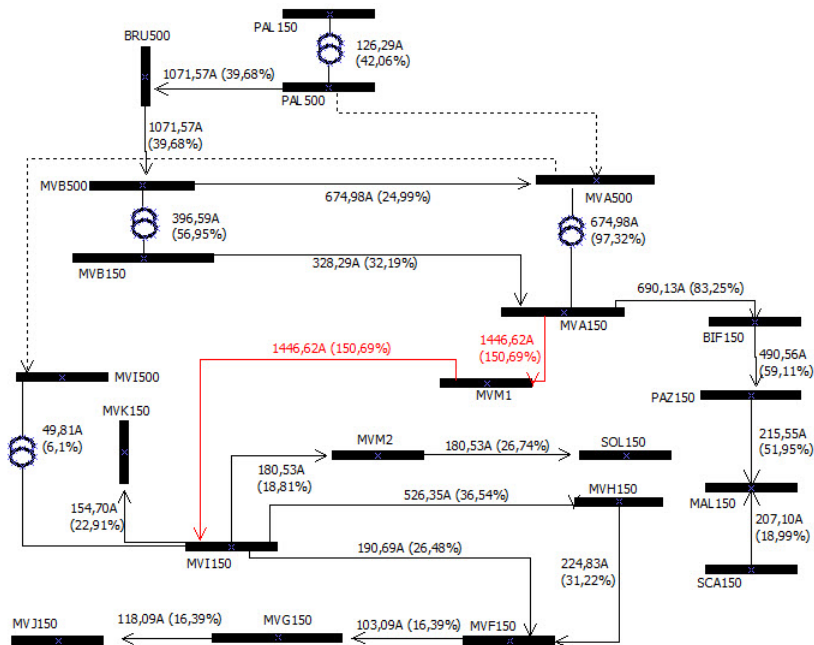


Figura 8.11.: Red con contingencia

En esta situación se necesitan disparar 160,7895MW lo que equivale a disparar las estaciones: MVG150, MVH150, SOL150 y PAZ150.

Red aplicando el DAC calculado

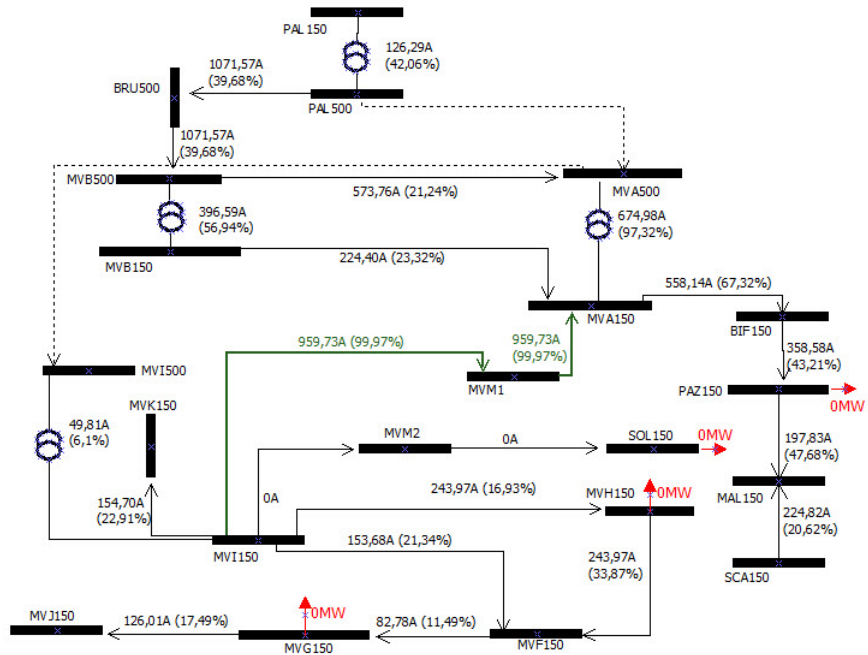


Figura 8.12.: Red solución luego del DAC

Se observa en el gráfico Figura 8.13 que se necesitan cerca de 60 generaciones para llegar a un resultado óptimo, que en los caso anteriores.

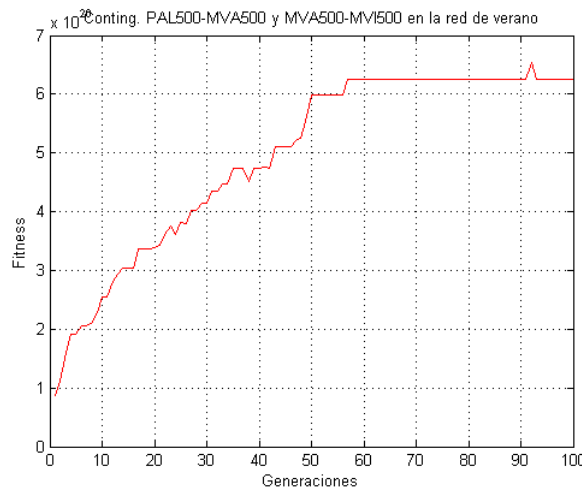


Figura 8.13.: Mayor fitness en cada generación

8.4.2. Invierno

Red con contingencia

8.4 Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

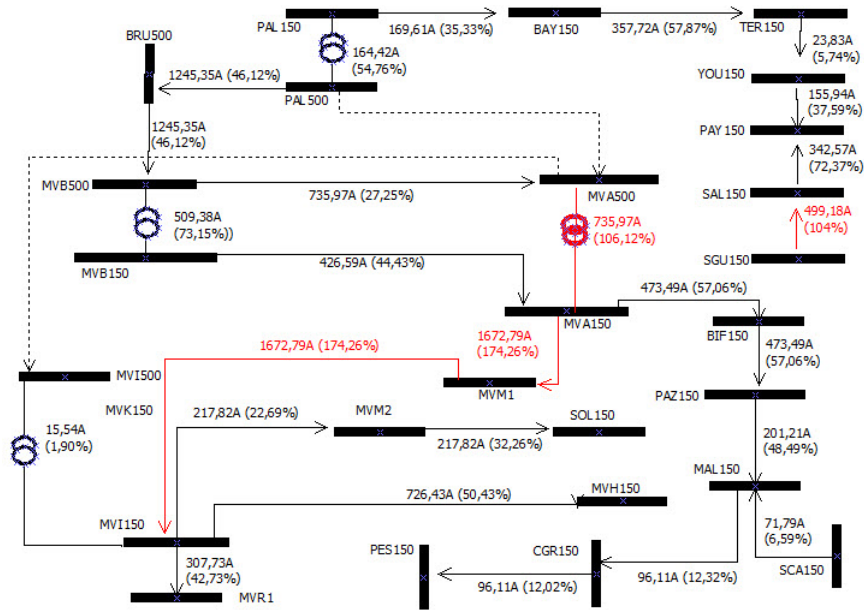


Figura 8.14.: Contingencia en invierno

Para solucionar el problema con esta contingencia se necesitan disparar 232,4039 MW lo que corresponde a las estaciones: MVH150, MVR1, PES150, SCA150 y SOL150.

Red aplicando el DAC calculado

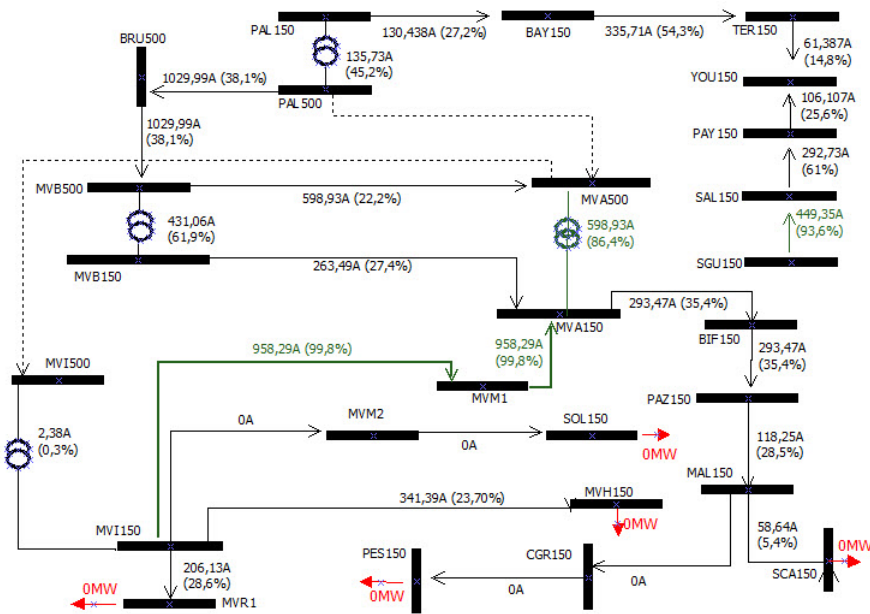


Figura 8.15.: Resultado del DAC

Como muestra el gráfico Figura 8.16 aproximadamente con 85 generaciones se llega a la convergencia.

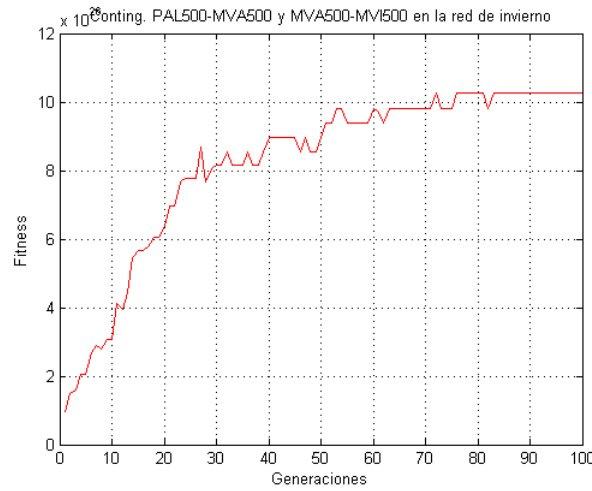


Figura 8.16.: Mayor fitness de cada generación

8.5. Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

8.5.1. Verano

Red con contingencia

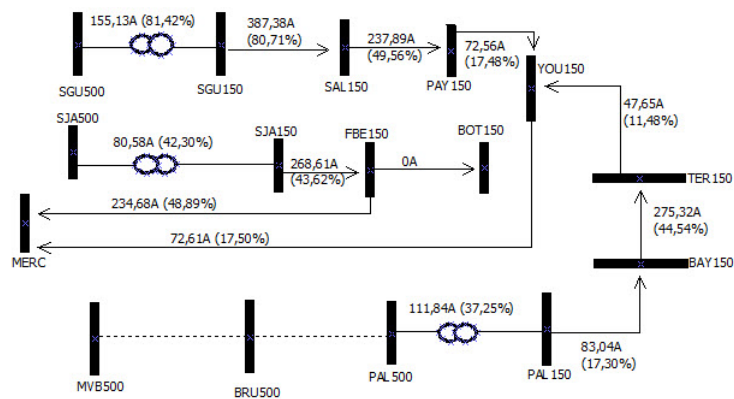


Figura 8.17.: Contingencia PAL500-BRU500 BRU500-MVB500

En este caso no hay líneas ni transformadores sobrecargados.

8.5.2. Invierno

Red con contingencia

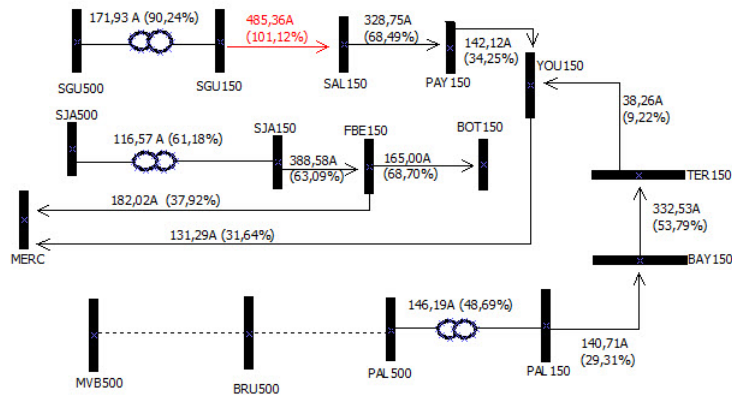


Figura 8.18.: Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

Según el DAC se debe disparar la estación FBE150, con 10,7972MW, para aliviar la red. La línea mas cargada es la que une las estaciones SGU150 y SAL150 y queda con un 99,77 % de carga.

Red aplicando el DAC calculado

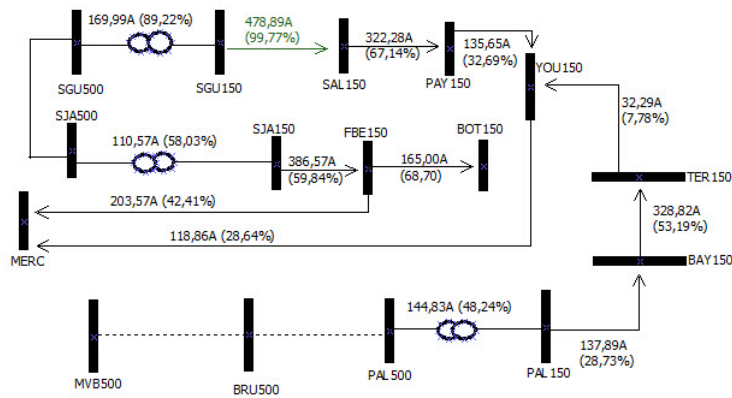


Figura 8.19.: Contingencias PAL500-BRU500 y BU500-MVB500

Se observa en el gráfico Figura 8.20 que con 50 generaciones se llega a la convergencia.

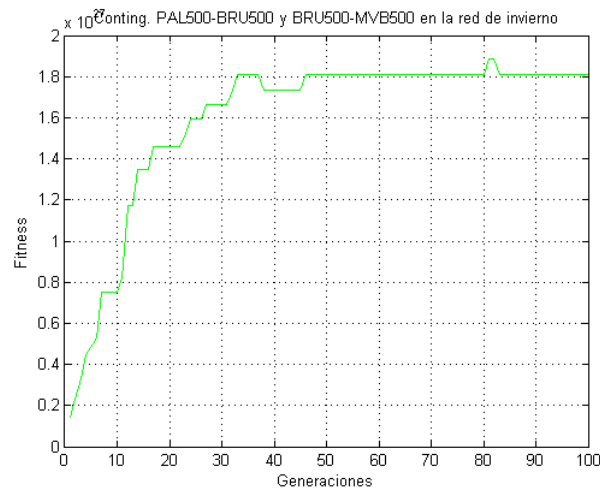


Figura 8.20.: Mayor fitness en cada generación

8.6. Contingencias PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500

8.6.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	110.675	26.840
SGU500	SJA500	884.595	32.762	MVL150	MVA150	357.584	49.654
ACO150	MVB150	121.301	23.327	MVL150	MVR2	441.824	61.352
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-807.376	84.107
BAY150	PAL150	-202.532	42.197	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	TRI150	208.538	57.946	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BIF150	PAZ150	287.676	34.666	NOR150	MVR2	-441.824	61.352
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	-381.825	53.020
BRU500	MVB500	975.533	36.130	NPA150	CON150	214.653	51.733
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL150	TRI150	423.127	88.157
COL150	ROS150	31.435	13.088	PAL500	BRU500	975.533	36.130
COL150	JLA150	100.221	24.154	PAY150	YOU150	130.016	31.335
CON150	COL150	211.570	58.789	PAZ150	MAL150	137.315	33.094
DUR150	FLO150	420.907	68.347	PAZ150	SCA150	64.339	15.506
EFI150	SVA150	12.516	5.211	PRO150	MVA150	316.875	51.454
FBE150	MER150	315.837	65.803	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	316.875	51.454	ROD150	ACO150	194.378	40.498

8.6 Contingencias PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	110.675	26.840
JLA150	LIB150	100.221	33.860	ROD150	MVB150	192.412	31.127
LIB150	EFI150	39.690	11.029	ROS150	ROD150	-101.025	21.048
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	295.354	61.536
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	285.340	26.177
MER150	NPA150	291.092	121.198	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	-521.006	54.275	SGU150	SAL150	444.837	92.680
MVA150	BIF150	487.242	58.775	SJA150	FBE150	349.765	56.795
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	779.665	32.462
MVA500	MVI500	252.640	21.054	SVA150	MVC150	-74.219	17.887
MVB150	MVC150	1102.929	57.448	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVL150	894.153	124.162	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	1267.857	132.077	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	BAY150	-375.045	60.672
MVC150	MVD150	776.173	48.498	TER150	DUR150	484.857	67.363
MVD150	MVE2	776.173	107.780	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TRI150	ROD150	594.009	61.880
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	MEL150	64.713	53.888
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	TER150	10.863	2.618
MVI150	MVH150	526.351	36.545	YOU150	MER150	71.558	17.246
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SGU500	SGU150	172.362	90.467
MVI150	MVR1	228.318	31.704	SJA500	SJA150	104.929	55.074
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	188.648	62.836
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVB500	MVB150	975.533	140.082
MVI150	MVM1	-807.376	84.107	MVA500	MVA150	-252.640	36.429
MVI500	SCA500	110.675	18.446	MVI500	MVI150	141.966	17.405

Cuadro 8.3.: PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500 Verano

Con estas contingencias se necesitan disparar 346,5843MW para aliviar la red. Se disparan las estaciones:

COL150	MVG150	PES150	TRI150
MAL150	MVL150	ROC150	
MVB150	MVR1	ROD150	

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	512.050	18.965	MVL150	MVA150	247.971	34.433
ACO150	MVB150	101.521	19.523	MVL150	MVR2	388.339	53.925
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-530.670	55.282
BAY150	PAL150	-112.524	23.444	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	TRI150	161.690	44.929	MVR1	MVE1	34.810	4.834
BIF150	PAZ150	52.143	6.283	NOR150	MVR2	-388.339	53.925
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	-133.683	18.563
BRU500	MVB500	694.265	25.713	NPA150	CON150	109.877	26.481
CGR150	PES150	0.000	0.000	PAL150	TRI150	285.275	59.436
COL150	ROS150	28.242	11.759	PAL500	BRU500	694.265	25.713
COL150	JLA150	78.552	18.932	PAY150	YOU150	37.830	9.117
CON150	COL150	106.794	29.675	PAZ150	MAL150	-13.065	3.149
DUR150	FLO150	313.939	50.977	PAZ150	SCA150	-20.814	5.016
EFI150	SVA150	-9.153	3.811	PRO150	MVA150	209.908	34.085
FBE150	MER150	239.440	49.886	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	209.908	34.085	ROD150	ACO150	174.598	36.377
JLA150	LIB150	78.552	26.539	ROD150	MVB150	168.149	27.202
LIB150	EFI150	18.021	5.007	ROS150	ROD150	-104.218	21.713
MAL150	CGR150	0.000	0.000	SAL150	PAY150	203.167	42.329
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	0.000	0.000
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	13.065	1.199
MER150	NPA150	186.315	77.574	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	-219.379	22.853	SGU150	SAL150	352.650	73.473
MVA150	BIF150	251.709	30.363	SJA150	FBE150	273.368	44.389
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	430.039	17.905
MVA500	MVI500	139.065	11.589	SVA150	MVC150	-95.888	23.110
MVB150	MVC150	876.457	45.652	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVL150	636.310	88.358	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	895.240	93.260	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	BAY150	-331.885	53.690
MVC150	MVD150	528.031	32.993	TER150	DUR150	377.889	52.502
MVD150	MVE2	528.031	73.323	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	-30.993	4.304	TRI150	ROD150	446.965	46.562
MVF150	MVG150	-40.056	5.562	TYT150	MEL150	64.713	53.888
MVG150	MVJ150	-3.817	0.530	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-36.239	5.032	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	101.402	14.081	YOU150	TER150	-52.944	12.760
MVI150	MVH150	402.924	27.975	YOU150	MER150	43.179	10.406
MVI150	MVF150	112.942	15.683	SGU500	SGU150	144.706	75.951
MVI150	MVR1	71.049	9.866	SJA500	SJA150	82.010	43.044
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	120.290	40.067

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVB500	MVB150	694.265	99.693
MVI150	MVM1	-530.670	55.282	MVA500	MVA150	-139.065	20.052
MVI500	SCA500	21.621	3.604	MVI500	MVI150	117.444	14.398
MVJ150	MVE1	-3.817	0.530	SCA500	SCA150	21.621	5.243
MVJ150	MVE1	-58.088	8,1	SCA500	SCA150	84.895	20,6

Cuadro 8.5.: PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500 Verano

Se observa en el gráfico Figura 8.21 que al tener más líneas sobrecargadas se necesitan más de 100 generaciones para llegar a un resultado convergente.

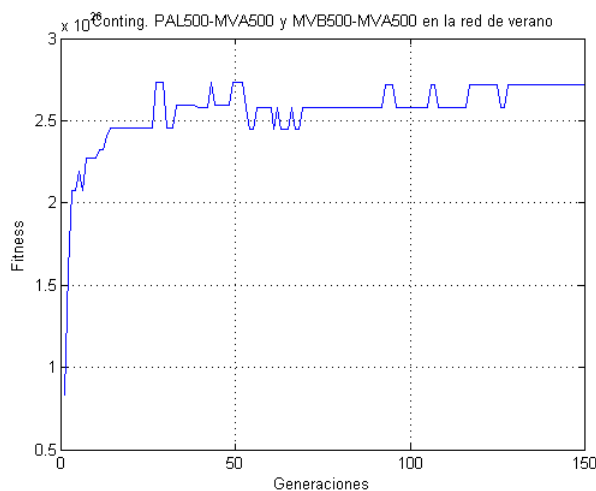


Figura 8.21.: Mejor fitness de cada generación

8.6.2. Invierno

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1132.435	41.941	MVL150	MVA150	359.412	49.908
ACO150	MVB150	158.661	30.512	MVL150	MVR2	526.208	73.069
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-999.556	107.745
BAY150	PAL150	-274.873	57.269	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	211.344	58.726	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	259.814	32.637	NOR150	MVR2	-526.208	73.069
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	-377.133	52.369

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
BRU500	MVB500	1140.638	42.245	NPA150	CON150	213.578	51.474
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL150	TRI150	495.758	103.289
COL150	ROS150	19.393	8.075	PAL500	BRU500	1140.638	42.245
COL150	JLA150	112.965	27.226	PAY150	YOU150	206.628	49.799
CON150	COL150	210.662	58.536	PAZ150	MAL150	118.812	29.659
DUR150	FLO150	457.928	74.358	PAZ150	SCA150	89.540	23.212
EFI150	SVA150	31.168	12.977	PRO150	MVA150	340.233	55.247
FBE150	MER150	273.122	56.904	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	340.233	55.247	ROD150	ACO150	218.973	45.622
JLA150	LIB150	112.965	38.165	ROD150	MVB150	230.618	37.308
LIB150	EFI150	59.385	16.501	ROS150	ROD150	-118.877	24.768
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	393.254	81.933
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	154.187	13.755
MER150	NPA150	293.170	122.064	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	NOR150	-381.446	39.736	SGU150	SAL150	549.868	114.563
MVA150	BIF150	259.814	32.637	SJA150	FBE150	479.685	77.891
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	988.530	41.158
MVA500	MVI500	266.074	21.030	SVA150	MVC150	-83.510	20.127
MVB150	MVC150	1353.189	70.483	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVL150	1077.838	149.669	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	MVA150	1451.034	151.159	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	BAY150	-444.580	71.921
MVC150	MVD150	913.822	57.099	TER150	DUR150	524.246	72.836
MVD150	MVE2	913.822	126.894	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	665.752	69.353
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	27.455	6.617
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	130.090	31.353
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	191.284	100.398
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	143.905	75.531
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	232.407	77.412
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	1140.638	163.791
MVI150	MVM1	-999.556	107.745	MVA500	MVA150	-266.074	36.387
MVI500	SCA500	48.557	7.542	MVI500	MVI150	217.517	25.390
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	48.557	10.974

Cuadro 8.6.: PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500 Invierno

8.6 Contingencias PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500

En este caso se deben disparar 529,2779MW, que corresponde a sacar las estaciones:

ACO150	MVC150	PAN150
EFI150	MVE2	PIE150
MAL150	MVF150	STE150

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	561.977	20.814	MVL150	MVA150	234.133	32.512
ACO150	MVB150	82.727	15.909	MVL150	MVR2	280.608	38.965
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-776.358	80.876
BAY150	PAL150	-140.402	29.252	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	162.498	45.153	MVR1	MVE1	23.544	3.269
BIF150	PAZ150	174.705	21.053	NOR150	MVR2	-280.608	38.965
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	-597.457	82.963
BRU500	MVB500	696.269	25.787	NPA150	CON150	81.429	19.625
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL150	TRI150	312.966	65.205
COL150	ROS150	-14.357	5.978	PAL500	BRU500	696.269	25.787
COL150	JLA150	14.566	3.511	PAY150	YOU150	70.964	17.103
CON150	COL150	78.512	21.816	PAZ150	MAL150	61.068	14.718
DUR150	FLO150	287.474	46.680	PAZ150	SCA150	62.175	14.985
EFI150	SVA150	-39.014	16.244	PRO150	MVA150	169.779	27.569
FBE150	MER150	170.087	35.437	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	169.779	27.569	ROD150	ACO150	82.727	17.236
JLA150	LIB150	14.566	4.921	ROD150	MVB150	101.475	16.416
LIB150	EFI150	-39.014	10.841	ROS150	ROD150	-152.628	31.799
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	257.590	53.668
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	0.000	0.000	SCA150	MAL150	35.041	3.215
MER150	NPA150	161.021	67.042	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	NOR150	-356.170	37.103	SGU150	SAL150	414.204	86.298
MVA150	BIF150	174.705	21.053	SJA150	FBE150	376.650	61.160
MVA150	PAN150	0.000	0.000	SJA500	PAL500	448.982	18.694
MVA500	MVI500	183.094	15.258	SVA150	MVC150	-153.693	37.041
MVB150	MVC150	751.150	39.125	TAC150	MDI150	103.798	21.626
MVB150	MVL150	706.960	98.169	TER150	TAC150	192.968	40.204
MVB150	MVA150	950.007	98.965	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB150	PIE150	0.000	0.000	TER150	BAY150	-358.955	58.069
MVC150	MVD150	597.457	37.331	TER150	DUR150	353.791	49.154
MVD150	MVE2	597.457	82.963	TGO150	ART150	47.574	19.808

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVF150	MVE1	67.017	9.306	TRI150	ROD150	434.114	45.223
MVF150	MVG150	196.416	27.274	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	155.755	21.628	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-67.590	9.386	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	121.314	16.846	YOU150	TER150	-79.094	19.062
MVI150	MVH150	525.057	36.455	YOU150	MER150	100.976	24.336
MVI150	MVF150	142.119	19.735	SGU500	SGU150	150.585	79.036
MVI150	MVR1	227.937	31.651	SJA500	SJA150	112.995	59.307
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	137.228	45.709
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	696.269	99.981
MVI150	MVM1	-776.358	80.876	MVA500	MVA150	-183.094	26.401
MVI500	SCA500	21.023	3.504	MVI500	MVI150	162.072	19.870
MVJ150	MVE1	-90.562	12.575	SCA500	SCA150	21.023	5.098

Cuadro 8.8.: PAL500-MVA500 y MVB500-MVA500 Invierno

Se observa en el gráfico Figura 8.22 que son necesarias cerca de 120 generaciones para llegar a la convergencia en este caso.

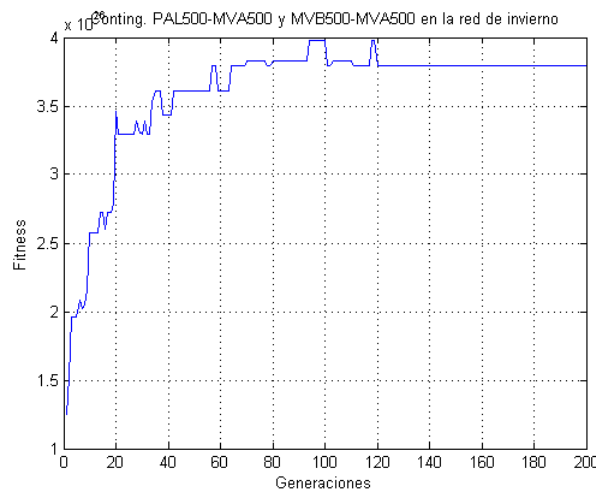


Figura 8.22.: Mayor fitness de cada generación

8.7. Contingencia SJA500-PAL500

8.7.1. Verano

Red con contingencia

8.7 Contingencia SJA500-PAL500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	545.979	20.2	MVL150	MVA150	-2.371	0.3
ACO150	MVB150	309.855	59.6	MVL150	MVR2	105.002	14.6
ARA150	TGO150	101.416	42.2	MVM1	MVA150	-427.922	44.6
BAY150	PAL150	582.820	121.4	MVM2	SOL150	180.534	26.7
BAY150	TRI150	456.110	126.7	MVR1	MVE1	38.980	5.4
BIF150	PAZ150	167.246	20.2	NOR150	MVR2	-105.002	14.6
BOT150	FBE150	0.000	0	NOR150	MVE2	-7.275	1
BRU500	MVB500	288.574	10.7	NPA150	CON150	1386.588	334.2
CGR150	PES150	207.801	26	PAL150	TRI150	-60.866	12.7
COL150	ROS150	687.695	286.3	PAL500	BRU500	288.574	10.7
COL150	JLA150	615.895	148.4	PAL500	MVA500	288.097	10.7
CON150	COL150	1383.504	384.4	PAY150	YOU150	1258.735	303.4
DUR150	FLO150	814.934	132.3	PAZ150	MAL150	90.873	21.9
EFI150	SVA150	528.191	219.9	PAZ150	SCA150	-9.649	2.3
FBE150	MER150	1786.004	372.1	PRO150	MVA150	710.902	115.4
FLO150	PRO150	710.902	115.4	PTI500	BRU500	0.000	0
JLA150	LIB150	615.895	208.1	ROD150	ACO150	382.932	79.8
LIB150	EFI150	555.365	154.3	ROD150	MVB150	423.696	68.5
MAL150	CGR150	207.801	26.6	ROS150	ROD150	555.234	115.7
MDI150	RIV150	69.529	11.3	SAL150	PAY150	1424.072	296.7
MDI150	STE150	20.524	34.2	SCA150	ROC150	109.723	17.8
MER150	NPA150	1463.026	609.1	SCA150	MAL150	331.782	30.4
MVA150	NOR150	190.366	19.8	SGU150	ARA150	129.703	54
MVA150	BIF150	366.812	44.2	SGU150	SAL150	1573.555	327.8
MVA150	PAN150	198.858	47.9	SJA150	FBE150	1819.931	295.5
MVA500	MVI500	402.605	33.6	SVA150	MVC150	441.456	106.4
MVB150	MVC150	212.705	11.1	TAC150	MDI150	90.053	18.8
MVB150	MVL150	197.376	27.4	TER150	TAC150	181.171	37.7
MVB150	MVA150	192.154	20	TER150	VAL150	245.067	51.1
MVB150	PIE150	175.880	36.6	TER150	BAY150	657.879	106.4
MVB500	MVA500	237.804	8.8	TER150	DUR150	878.884	122.1
MVC150	MVD150	401.624	25.1	TGO150	ART150	46.787	19.5
MVD150	MVE2	401.624	55.8	TRI150	ROD150	357.588	37.3
MVF150	MVE1	27.031	3.8	TYT150	MEL150	64.713	53.9
MVF150	MVG150	103.097	14.3	TYT150	EMA150	55.543	23.1
MVG150	MVJ150	118.096	16.4	VAL150	TYT150	224.287	46.7
MVG150	MVR1	-65.801	9.1	YOU150	TER150	1437.814	346.5
MVH150	MVF150	224.829	31.2	YOU150	MER150	-226.674	54.6
MVI150	MVH150	526.351	36.5	SGU500	SGU150	510.977	268.2
MVI150	MVF150	190.691	26.5	SJA500	SJA150	545.979	286.6

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVR1	228.318	31.7	PAL500	PAL150	-192.156	64
MVI150	MVK150	154.701	99.8	MVB500	MVB150	50.770	99.8
MVI150	MVM2	180.534	18.8	MVA500	MVA150	123.295	17.8
MVI150	MVM1	-427.922	44.6	MVI500	MVI150	255.802	31.4
MVI500	SCA500	146.804	24.5	SCA500	SCA150	146.804	35.6
MVJ150	MVE1	-66.011	9.2				

Cuadro 8.9.: SJA500-PAL500 Verano

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	121.359	4.5	MVL150	MVA150	-24.511	3.4
ACO150	MVB150	92.038	17.7	MVL150	MVR2	60.349	8.4
ARA150	TGO150	101.416	42.2	MVM1	MVA150	-236.401	24.6
BAY150	PAL150	212.475	44.3	MVM2	SOL150	180.534	26.7
BAY150	TRI150	211.322	58.7	MVR1	MVE1	31.516	4.4
BIF150	PAZ150	48.229	5.8	NOR150	MVR2	-60.349	8.4
BOT150	FBE150	0.000	0	NOR150	MVE2	-49.623	6.9
BRU500	MVB500	220.248	8.2	NPA150	CON150	239.928	57.8
CGR150	PES150	207.801	26	PAL150	TRI150	27.139	5.7
COL150	ROS150	110.323	45.9	PAL500	BRU500	220.248	8.2
COL150	JLA150	126.522	30.5	PAL500	MVA500	218.918	8.1
CON150	COL150	236.845	65.8	PAY150	YOU150	110.941	26.7
DUR150	FLO150	314.566	51.1	PAZ150	MAL150	14.704	3.5
EFI150	SVA150	126.522	52.7	PAZ150	SCA150	-52.496	12.7
FBE150	MER150	370.602	77.2	PRO150	MVA150	210.534	34.2
FLO150	PRO150	210.534	34.2	PTI500	BRU500	0.000	0
JLA150	LIB150	126.522	42.7	ROD150	ACO150	92.038	19.2
LIB150	EFI150	126.522	35.2	ROD150	MVB150	112.896	18.3
MAL150	CGR150	207.801	26.6	ROS150	ROD150	110.323	23
MDI150	RIV150	0.000	0	SAL150	PAY150	276.279	57.6
MDI150	STE150	20.524	34.2	SCA150	ROC150	0.000	0
MER150	NPA150	239.928	99.9	SCA150	MAL150	193.096	17.7
MVA150	NOR150	192.671	20.1	SGU150	ARA150	129.703	54
MVA150	BIF150	247.796	29.9	SGU150	SAL150	425.762	88.7
MVA150	PAN150	0.000	0	SJA150	FBE150	404.530	65.7
MVA500	MVI500	261.526	21.8	SVA150	MVC150	126.522	30.5
MVB150	MVC150	175.639	9.1	TAC150	MDI150	20.524	4.3
MVB150	MVL150	130.582	18.1	TER150	TAC150	20.524	4.3

8.7 Contingencia SJA500-PAL500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVB150	MVA150	102.376	10.7	TER150	VAL150	245.067	51.1
MVB150	PIE150	0.000	0	TER150	BAY150	42.747	6.9
MVB500	MVA500	159.149	5.9	TER150	DUR150	314.566	43.7
MVC150	MVD150	49.623	3.1	TGO150	ART150	46.787	19.5
MVD150	MVE2	49.623	6.9	TRI150	ROD150	200.805	20.9
MVF150	MVE1	33.677	4.7	TYT150	MEL150	64.713	53.9
MVF150	MVG150	111.685	15.5	TYT150	EMA150	55.543	23.1
MVG150	MVJ150	118.914	16.5	VAL150	TYT150	224.287	46.7
MVG150	MVR1	-58.031	8.1	YOU150	TER150	97.717	23.6
MVH150	MVF150	264.279	36.7	YOU150	MER150	-34.371	8.3
MVI150	MVH150	264.279	18.3	SGU500	SGU150	166.639	87.5
MVI150	MVF150	166.475	23.1	SJA500	SJA150	121.359	63.7
MVI150	MVR1	213.084	29.6	PAL500	PAL150	-54.651	18.2
MVI150	MVK150	0.000	99.8	MVB500	MVB150	61.099	99.8
MVI150	MVM2	180.534	18.8	MVA500	MVA150	116.541	16.8
MVI150	MVM1	-236.401	24.6	MVI500	MVI150	176.391	21.6
MVI500	SCA500	85.135	14.2	SCA500	SCA150	85.135	20.65
MVJ150	MVE1	-65.193	9.1				

Cuadro 8.10.: SJA500-PAL500 Verano

En esta contingencia se observa que hay varias líneas sobrecargadas. La limitante es la línea MER150-NPL150 ya que después del DAC, la misma queda a un 99,9% de su carga máxima. Para llegar a esta situación se disparan 665,9375MW que se corresponde a las cargas:

ACO150	LIB150	MVE2	PAN150	ROS150
COL150	MAL150	MVH150	PIE150	SVA150
DUR150	MVA150	MVK150	RIV150	TAC150
EFI150	MVB150	NPA150	ROC150	

El gráfico Figura 8.23 muestra que son necesarias 200 generaciones.

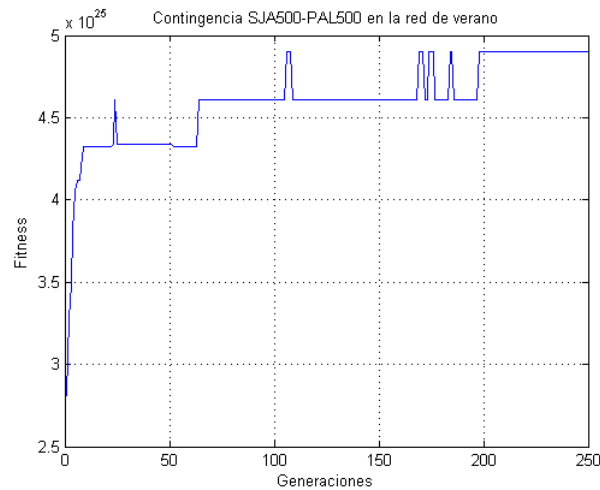


Figura 8.23.: Mayor fitness de cada generación

8.7.2. Invierno

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	703.275	26.047	MVL150	MVA150	-41.767	5.8
ACO150	MVB150	410.423	78.927	MVL150	MVR2	136.551	18.961
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-579.339	60.352
BAY150	PAL150	693.248	144.436	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	527.668	146.623	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	126.446	15.237	NOR150	MVR2	-136.551	18.961
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	1.356	0.188
BRU500	MVB500	309.304	11.456	NPA150	CON150	1703.038	410.447
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL150	TRI150	-88.676	18.475
COL150	ROS150	848.083	353.106	PAL500	BRU500	309.304	11.456
COL150	JLA150	773.735	186.477	PAL500	MVA500	308.570	11.428
CON150	COL150	1700.121	472.411	PAY150	YOU150	1637.160	394.570
DUR150	FLO150	979.124	158.990	PAZ150	MAL150	67.381	16.239
EFI150	SVA150	691.938	288.094	PAZ150	SCA150	7.603	1.832
FBE150	MER150	2137.689	445.379	PRO150	MVA150	861.428	139.879
FLO150	PRO150	861.428	139.879	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	773.735	261.407	ROD150	ACO150	470.735	98.076
LIB150	EFI150	720.155	200.109	ROD150	MVB150	539.435	87.266
MAL150	CGR150	96.109	12.325	ROS150	ROD150	709.812	147.887
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SAL150	PAY150	1823.786	379.979

8.7 Contingencia SJA500-PAL500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MER150	NPA150	1782.630	742.213	SCA150	MAL150	205.618	18.863
MVA150	NOR150	386.701	40.284	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	BIF150	126.446	15.237	SGU150	SAL150	1980.400	412.609
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA150	FBE150	2344.251	380.659
MVA500	MVI500	432.149	36.013	SVA150	MVC150	577.260	139.125
MVB150	MVC150	313.930	16.351	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVL150	287.002	39.853	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	MVA150	238.068	24.800	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	BAY150	839.864	135.867
MVB500	MVA500	249.759	9.250	TER150	DUR150	1045.441	145.248
MVC150	MVD150	535.333	33.450	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVD150	MVE2	535.333	74.337	TRI150	ROD150	397.642	41.424
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	YOU150	TER150	1833.094	441.792
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	MER150	-245.017	59.051
MVI150	MVH150	726.428	50.436	SGU500	SGU150	620.443	325.648
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SJA500	SJA150	703.275	369.124
MVI150	MVR1	307.734	42.732	PAL500	PAL150	-233.359	77.729
MVI150	MVK150	203.658	30.166	MVB500	MVB150	59.546	8.550
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVA500	MVA150	126.180	18.194
MVI150	MVM1	-579.339	60.352	MVI500	MVI150	343.582	42.122
MVI500	SCA500	88.567	14.762	SCA500	SCA150	88.567	21.479
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171				

Cuadro 8.12.: SJA500-PAL500 Invierno

Al igual que en el caso anterior, en invierno se sobrecargan varias líneas. Pero al tener más carga en este período de tiempo es necesario disparar 867,8526MW, lo que se corresponde a las siguientes estaciones:

EFI150	MVE2	MVK150	PIE150	STE150
MEL150	MVF150	MVR1	PIE150	TAC150
MVA150	MVJ150	PAN150	ROS150	
MVC150	MVL150	PES150	SOL150	

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	151.954	5.6	MVL150	MVA150	-41.675	5.8
ACO150	MVB150	11.205	2.2	MVL150	MVR2	121.073	16.8
ARA150	TGO150	73.066	30.4	MVM1	MVA150	-75.082	7.8
BAY150	PAL150	163.402	34	MVM2	SOL150	0.000	0
BAY150	TRI150	190.333	52.9	MVR1	MVE1	16.176	2.2
BIF150	PAZ150	83.517	10.1	NOR150	MVR2	-121.073	16.8
BOT150	FBE150	-165.004	68.7	NOR150	MVE2	-41.257	5.7
BRU500	MVB500	209.811	7.8	NPA150	CON150	152.821	36.8
CGR150	PES150	0.000	0	PAL150	TRI150	51.336	10.7
COL150	ROS150	18.228	7.6	PAL500	BRU500	209.811	7.8
COL150	JLA150	53.373	12.9	PAL500	MVA500	207.106	7.7
CON150	COL150	149.904	41.7	PAY150	YOU150	134.531	32.4
DUR150	FLO150	238.341	38.7	PAZ150	MAL150	37.284	9
EFI150	SVA150	-0.208	0.1	PAZ150	SCA150	-5.230	1.3
FBE150	MER150	299.952	62.5	PRO150	MVA150	120.645	19.6
FLO150	PRO150	120.645	19.6	PTI500	BRU500	0.000	0
JLA150	LIB150	53.373	18	ROD150	ACO150	71.517	14.9
LIB150	EFI150	-0.208	0.1	ROD150	MVB150	49.746	8
MAL150	CGR150	0.000	0	ROS150	ROD150	18.228	3.8
MDI150	RIV150	103.798	16.9	SAL150	PAY150	321.156	66.9
MDI150	STE150	0.000	0	SCA150	ROC150	57.166	9.3
MER150	NPA150	232.413	96.8	SCA150	MAL150	139.606	12.8
MVA150	NOR150	359.565	37.5	SGU150	ARA150	87.745	36.5
MVA150	BIF150	83.517	10.1	SGU150	SAL150	477.770	99.5
MVA150	PAN150	0.000	0	SJA150	FBE150	506.515	82.2
MVA500	MVI500	203.687	17	SVA150	MVC150	-114.886	27.7
MVB150	MVC150	156.143	8.1	TAC150	MDI150	103.798	21.6
MVB150	MVL150	79.398	11	TER150	TAC150	103.798	21.6
MVB150	MVA150	33.366	3.5	TER150	VAL150	180.090	37.5
MVB150	PIE150	0.000	0	TER150	BAY150	-27.316	4.4
MVB500	MVA500	118.330	4.4	TER150	DUR150	304.658	42.3
MVC150	MVD150	41.257	2.6	TGO150	ART150	47.574	19.8
MVD150	MVE2	41.257	5.7	TRI150	ROD150	200.319	20.9
MVF150	MVE1	0.061	0	TYT150	MEL150	0.000	0
MVF150	MVG150	50.085	7	TYT150	EMA150	24.243	10.1
MVG150	MVJ150	-16.237	2.3	VAL150	TYT150	148.112	30.9
MVG150	MVR1	-41.930	5.8	YOU150	TER150	42.945	10.4
MVH150	MVF150	-9.543	1.3	YOU150	MER150	42.503	10.2
MVI150	MVH150	394.200	27.4	SGU500	SGU150	169.655	89
MVI150	MVF150	59.689	8.3	SJA500	SJA150	151.954	79.8
MVI150	MVR1	58.106	8.1	PAL500	PAL150	-32.402	10.8

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVK150	0.000	99.8	MVB500	MVB150	91.481	99.8
MVI150	MVM2	0.000	0	MVA500	MVA150	121.749	17.6
MVI150	MVM1	-75.082	7.8	MVI500	MVI150	131.074	16.1
MVI500	SCA500	72.614	12.100	SCA500	SCA150	72.614	17.6
MVJ150	MVE1	-16.237	2.3				

Cuadro 8.14.: SJA500-PAL500 Invierno

Se observa, en este caso, que no solo la limitante es la línea MEC150-NPA150 sino también la línea SGU150-SAL150 ya que la última queda cargada en un 99,5 %.

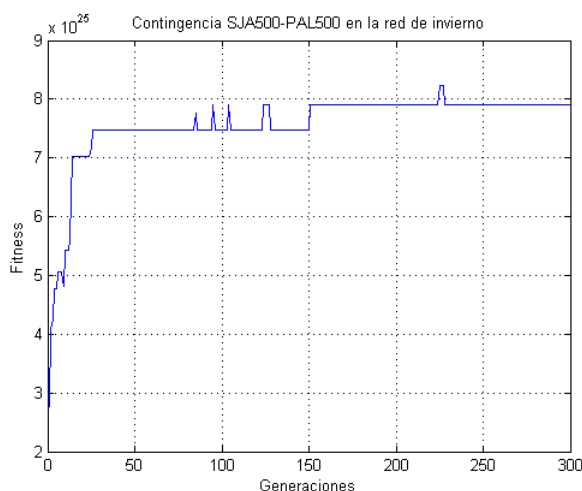


Figura 8.24.: Mayor fitness en cada generación

8.8. Contingencias BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500

8.8.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	750.826	27.808	MVL150	MVA150	101.962	14.158
ACO150	MVB150	951.603	183.001	MVL150	MVR2	185.950	25.821
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-682.670	71.116

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
BAY150	PAL150	-1101.140	229.418	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	TRI150	559.068	155.348	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BIF150	PAZ150	248.097	29.897	NOR150	MVR2	-185.950	25.821
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	-161.402	22.412
CGR150	PES150	207.801	25.981	NPA150	CON150	931.804	224.573
COL150	ROS150	281.748	117.308	PAL150	TRI150	1671.054	348.158
COL150	JLA150	567.059	136.666	PAL500	BRU500	0.000	0.000
CON150	COL150	928.720	258.063	PAY150	YOU150	575.913	138.800
DUR150	FLO150	1357.076	220.362	PAZ150	MAL150	122.052	29.416
EFI150	SVA150	479.354	199.583	PAZ150	SCA150	40.024	9.646
FBE150	MER150	975.182	203.175	PRO150	MVA150	1253.045	203.469
FLO150	PRO150	1253.045	203.469	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	567.059	191.581	ROD150	ACO150	1024.680	213.488
LIB150	EFI150	506.528	140.749	ROD150	MVB150	1210.878	195.888
MAL150	CGR150	207.801	26.648	ROS150	ROD150	149.287	31.103
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SAL150	PAY150	741.251	154.437
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MER150	NPA150	1008.242	419.790	SCA150	MAL150	300.603	27.577
MVA150	NOR150	-44.709	4.657	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	BIF150	447.664	54.000	SGU150	SAL150	890.733	185.581
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA150	FBE150	1009.110	163.859
MVA500	MVI500	301.926	25.161	SJA500	PAL500	448.093	18.657
MVB150	MVC150	415.668	21.651	SVA150	MVC150	392.620	94.625
MVB150	MVL150	382.657	53.136	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVA150	487.491	50.783	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB500	MVA500	172.834	6.401	TER150	BAY150	-923.123	149.337
MVC150	MVD150	555.750	34.725	TER150	DUR150	1421.026	197.430
MVD150	MVE2	555.750	77.172	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TRI150	ROD150	2192.466	228.396
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	MEL150	64.713	53.887
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	TER150	398.954	96.152
MVI150	MVH150	526.351	36.545	YOU150	MER150	129.363	31.178
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SGU500	SGU150	306.131	160.677
MVI150	MVR1__	228.318	31.704	SJA500	SJA150	302.733	158.894
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	832.608	277.331
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVB500	MVB150	-172.834	24.818
MVI150	MVM1	-682.670	71.116	MVA500	MVA150	-129.091	18.614
MVI500	SCA500	122.548	20.425	MVI500	MVI150	179.377	21.991

8.8 Contingencias BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	122.548	29.720

Cuadro 8.15.: BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500 Verano

En este caso, al igual que en la contingencia anterior, se sobrecargan más de 10 líneas. Por ese motivo se necesitan disparar 858,1114MW. Estaciones disparadas:

COI150	MEL150	MVE2	MVJ150	NPA150	PIE150
FLO150	MVA150	MVF150	MVK150	PAL150	ROC150
MAL150	MVC150	MVH150	NOR150	PES150	SOL150

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	-73.283	2.714	MVL150	MVA150	2.721	0.378
ACO150	MVB150	195.268	37.551	MVL150	MVR2	-9.988	1.387
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-94.286	9.822
BAY150	PAL150	-216.514	45.110	MVM2	SOL150	0.000	0.000
BAY150	TRI150	246.611	68.526	MVR1	MVE1	-21.699	3.013
BIF150	PAZ150	-36.721	4.425	NOR150	MVR2	9.988	1.387
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	-37.072	5.148
CGR150	PES150	0.000	0.000	NPA150	CON150	234.731	56.572
COL150	ROS150	102.917	42.850	PAL150	TRI150	478.268	99.645
COL150	JLA150	128.731	31.025	PAL500	BRU500	0.000	0.000
CON150	COL150	231.647	64.368	PAY150	YOU150	20.069	4.837
DUR150	FLO150	397.670	64.574	PAZ150	MAL150	-14.161	3.413
EFI150	SVA150	41.026	17.082	PAZ150	SCA150	-22.560	5.437
FBE150	MER150	305.566	63.663	PRO150	MVA150	397.670	64.574
FLO150	PRO150	397.670	64.574	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	128.731	43.492	ROD150	ACO150	268.345	55.909
LIB150	EFI150	68.200	18.951	ROD150	MVB150	283.141	45.805
MAL150	CGR150	0.000	0.000	ROS150	ROD150	-29.543	6.155
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SAL150	PAY150	185.406	38.629
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	ROC150	0.000	0.000
MER150	NPA150	234.731	97.732	SCA150	MAL150	14.161	1.299
MVA150	NOR150	-27.084	2.821	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	BIF150	162.846	19.644	SGU150	SAL150	334.889	69.773
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA150	FBE150	339.493	55.127
MVA500	MVI500	46.490	3.874	SJA500	PAL500	-175.131	7.292
MVB150	MVC150	82.780	4.312	SVA150	MVC150	-45.708	11.016

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVB150	MVL150	87.477	12.147	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVA150	89.231	9.296	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	PIE150	0.000	0.000	TER150	VAL150	180.354	37.576
MVB500	MVA500	28.275	1.047	TER150	BAY150	-350.953	56.775
MVC150	MVD150	37.072	2.316	TER150	DUR150	461.620	64.135
MVD150	MVE2	37.072	5.148	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	26.107	3.625	TRI150	ROD150	687.224	71.590
MVF150	MVG150	57.209	7.944	TYT150	MEL150	0.000	0.000
MVG150	MVJ150	-4.408	0.612	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	10.815	1.502	VAL150	TYT150	159.574	33.247
MVH150	MVF150	51.116	7.098	YOU150	TER150	-52.995	12.772
MVI150	MVH150	51.116	3.549	YOU150	MER150	25.469	6.138
MVI150	MVF150	32.199	4.471	SGU500	SGU150	139.378	73.154
MVI150	MVR1	91.024	12.640	SJA500	SJA150	101.848	53.456
MVI150	MVK150	0.000	0.000	PAL500	PAL150	209.385	69.743
MVI150	MVM2	0.000	0.000	MVB500	MVB150	-28.275	4.060
MVI150	MVM1	-94.286	9.822	MVA500	MVA150	-18.215	2.626
MVI500	SCA500	22.474	3.746	MVI500	MVI150	24.016	2.944
MVJ150	MVE1	-4.408	0.612	SCA500	SCA150	22.474	5.450

Cuadro 8.17.: BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500 Verano

Al igual que en la contingencia anterior, para el mismo período de tiempo, la línea que limita el DAC es la línea que une MER150 con NPA150.

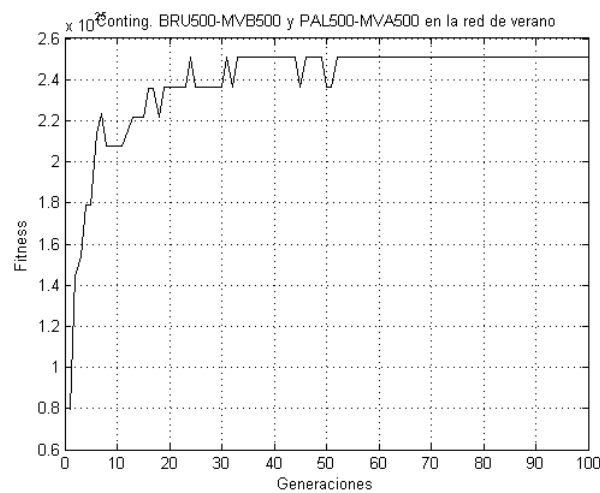


Figura 8.25.: Mayores fitness en cada generación

8.8.2. Invierno*Red con contingencia*

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	976.017	36.148	MVL150	MVA150	64.852	9.005
ACO150	MVB150	1129.246	217.163	MVL150	MVR2	230.026	31.942
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-876.215	91.278
BAY150	PAL150	-1325.661	276.196	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	620.993	172.555	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	220.668	26.591	NOR150	MVR2	-230.026	31.942
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	-126.772	17.604
CGR150	PES150	96.109	12.016	NPA150	CON150	1052.041	253.551
COL150	ROS150	311.871	129.850	PAL150	TRI150	1954.756	407.266
COL150	JLA150	658.949	158.813	PAL500	BRU500	0.000	0.000
CON150	COL150	1049.124	291.519	PAY150	YOU150	728.021	175.459
DUR150	FLO150	1552.945	252.167	PAZ150	MAL150	103.716	24.996
EFI150	SVA150	577.152	240.302	PAZ150	SCA150	65.490	15.784
FBE150	MER150	1044.069	217.528	PRO150	MVA150	1435.250	233.055
FLO150	PRO150	1435.250	233.055	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	658.949	222.627	ROD150	ACO150	1189.558	247.840
LIB150	EFI150	605.369	168.213	ROD150	MVB150	1421.159	229.905
MAL150	CGR150	96.109	12.325	ROS150	ROD150	173.601	36.169
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SAL150	PAY150	914.647	190.563
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MER150	NPA150	1131.633	471.165	SCA150	MAL150	169.283	15.530
MVA150	NOR150	165.097	17.199	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	BIF150	220.668	26.591	SGU150	SAL150	1071.260	223.193
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA150	FBE150	1250.631	203.077
MVA500	MVI500	314.820	26.236	SJA500	PAL500	600.828	25.016
MVB150	MVC150	556.843	29.004	SVA150	MVC150	462.474	111.460
MVB150	MVL150	487.096	67.638	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	550.485	57.346	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	193.991	7.185	TER150	BAY150	-1085.719	175.640
MVC150	MVD150	663.461	41.456	TER150	DUR150	1619.262	224.971
MVD150	MVE2	663.461	92.128	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	2534.399	264.016
MVG150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	481.332	116.005

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	197.606	47.625
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	347.702	182.496
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	375.189	196.923
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	985.343	328.205
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	-193.991	27.856
MVI150	MVM1	-876.215	91.278	MVA500	MVA150	-120.829	17.423
MVI500	SCA500	60.301	10.050	MVI500	MVI150	254.519	31.203
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	60.301	14.624

Cuadro 8.18.: BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500 Invierno

Aquí se tienen 30 líneas sobrecargadas. El DAC dispara 1056,5356MW para liberar la red de las sobrecargas. Las estaciones que se disparan son:

ACO150	LIB150	MVE2	MVH150	PAN150	RIV150	SOL150
COL150	MAL150	MVF150	MVR1	PAZ150	ROD150	TRI150
CON150	MVC150	MVG150	NOR150	PIE150	ROS150	TYT150

Red aplicando el DAC calculado

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga
MVJ150	MVE1	-77.312	10.736	SCA500	SCA150	32.081	7.780
SGU500	SJA500	-39.362	1.458	MVL150	MVA150	2.446	0.340
ACO150	MVB150	324.216	62.349	MVL150	MVR2	-36.763	5.105
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-238.058	24.799
BAY150	PAL150	-225.918	47.069	MVM2	SOL150	0.000	0.000
BAY150	TRI150	239.861	66.650	MVR1	MVE1	34.610	4.806
BIF150	PAZ150	86.383	10.409	NOR150	MVR2	36.763	5.105
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	-109.227	15.167
CGR150	PES150	96.109	12.016	NPA150	CON150	138.884	33.472
COL150	ROS150	2.129	0.887	PAL150	TRI150	479.917	99.989
COL150	JLA150	136.755	32.959	PAL500	BRU500	0.000	0.000
CON150	COL150	138.884	38.592	PAY150	YOU150	46.010	11.089
DUR150	FLO150	483.132	78.451	PAZ150	MAL150	46.853	11.292
EFI150	SVA150	108.539	45.191	PAZ150	SCA150	39.529	9.527
FBE150	MER150	234.055	48.764	PRO150	MVA150	365.437	59.340
FLO150	PRO150	365.437	59.340	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	136.755	46.203	ROD150	ACO150	324.216	67.549
LIB150	EFI150	136.755	38.000	ROD150	MVB150	397.691	64.336
MAL150	CGR150	96.109	12.325	ROS150	ROD150	2.129	0.444

8.8 Contingencias BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga
MVJ150	MVE1	-77.312	10.736	SCA500	SCA150	32.081	7.780
MDI150	RIV150	0.000	0.000	SAL150	PAY150	232.636	48.469
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MER150	NPA150	218.476	90.964	SCA150	MAL150	49.255	4.519
MVA150	NOR150	-72.464	7.549	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	BIF150	86.383	10.409	SGU150	SAL150	389.249	81.099
MVA150	PAN150	0.000	0.000	SJA150	FBE150	440.618	71.547
MVA500	MVI500	95.656	7.972	SJA500	PAL500	-171.547	7.142
MVB150	MVC150	115.367	6.009	SVA150	MVC150	-6.139	1.480
MVB150	MVL150	157.901	21.926	TAC150	MDI150	21.720	4.525
MVB150	MVA150	158.408	16.502	TER150	TAC150	110.891	23.104
MVB150	PIE150	0.000	0.000	TER150	VAL150	127.516	26.568
MVB500	MVA500	57.975	2.147	TER150	BAY150	-367.108	59.388
MVC150	MVD150	109.227	6.825	TER150	DUR150	549.449	76.337
MVD150	MVE2	109.227	15.167	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	42.703	5.930	TRI150	ROD150	719.778	74.981
MVF150	MVG150	114.984	15.967	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	169.004	23.468	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-54.020	7.501	VAL150	TYT150	95.538	19.905
MVH150	MVF150	96.745	13.434	YOU150	TER150	-97.537	23.507
MVI150	MVH150	96.745	6.717	YOU150	MER150	94.463	22.767
MVI150	MVF150	60.942	8.462	SGU500	SGU150	143.098	75.107
MVI150	MVR1	88.629	12.307	SJA500	SJA150	132.185	69.379
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	212.968	70.937
MVI150	MVM2	0.000	0.000	MVB500	MVB150	-57.975	8.325
MVI150	MVM1	-238.058	24.799	MVA500	MVA150	-37.681	5.433
MVI500	SCA500	32.081	5.347	MVI500	MVI150	63.575	7.794

Cuadro 8.20.: BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500 Invierno

En este caso tenemos 2 líneas limitantes, la primera es en PAL150-TRI150 y la segunda es el transformador MVB500-MVB150, a pesar que no se sobrecarga con la contingencia.

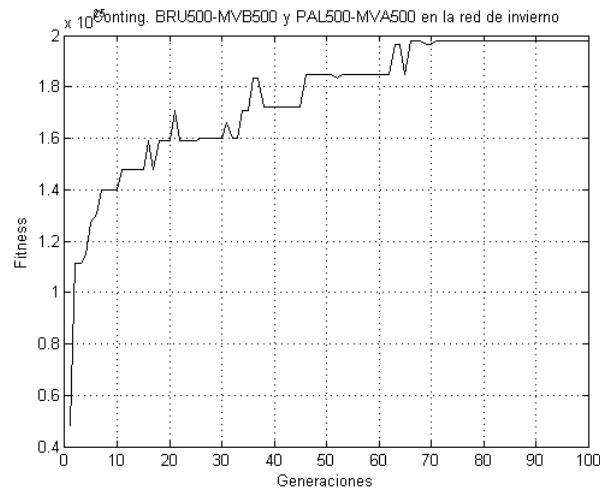


Figura 8.26.: Mayor fitness en cada generación

8.9. Conclusiones

En este capítulo se presentaron ejemplos de aplicación del algoritmo desarrollado. En todos los casos la solución encontrada es una red que no tiene sobrecargas, y las líneas más cargadas están muy cerca del 100 % de su capacidad. Si bien estas dos características no son condiciones suficientes para garantizar que la solución encontrada corresponde al disparo óptimo, son estrictamente necesarias para que la solución sea válida y eran las premisas del proyecto.

Las contingencias elegidas son las más exigentes para la red de 500kV de Uruguay, tanto desde el punto de vista de la cantidad de equipos sobrecargados (contingencia de BRU500-MVB500 y PAL500-MVA500), como en porcentaje de sobrecarga (contingencia de SJA500-PAL50). Además se contempló la sensibilidad de las contingencias con la época del año, donde se resalta la salida de la línea MVI500-SCA500.

El resultado se logra en un tiempo relativamente corto (dependiendo del rendimiento del ordenador con que se trabaje varía entre 4 y 8 minutos). Un programa de búsqueda exhaustiva que pruebe con todas las posibilidades llevaría meses de ejecución del programa.

Parte del éxito del programa se lo atribuye a la dedicación a la función del Fitness en conjunto con el ajuste final que se le realiza al resultado encontrado por los algoritmos genéticos. A su vez se buscó llegar a una solución óptima también con los restantes parámetros que componen los AG.

9. Seudocódigo del Programa Principal

En este capítulo se analiza la implementación del programa principal que da el mejor DAC para las distintas contingencias que pueden ocurrir en la red utilizando como herramientas el flujo DC y los algoritmos genéticos.

9.1. Lectura y procesamiento de datos

Los datos de la red se leen de una planilla Excel como se explica a continuación. De la primer hoja, llamada Barras, se leen las estaciones con sus respectivas potencias de carga y de generación, las cuales están expresadas en MW. En algunos casos, según los requerimientos del usuario, se necesita dejar ciertas estaciones fijas, es decir que no se disparen. Esta opción se incluye en la primer hoja, donde el usuario debe poner un 1 donde se quiere que la barra se dispare y un cero en aquellas barras donde no se deseen disparar. De la segunda y tercer hoja se leen los datos de líneas y transformadores, respectivamente. En ellas se encuentran los datos de la impedancia de cada línea, expresadas en pu, y hasta 2 límites de corriente máximos (A y B), expresados en Amper. También se expresa la base de tensión sobre la que están referidos los datos.

Los datos de la red se leen cuando se carga la red con la que se quiere trabajar a través de la interfaz gráfica del programa. La función *devuelveDatos.m* es quién se encarga de procesar los mismos para ser utilizados en el resto del programa.

Luego se ejecutan las funciones *DevuelveXY.m* y *armaMatrizA.m*. La primera devuelve las matrices X e Y correspondientes a las impedancias y admitancias de las líneas y transformadores. La segunda da como resultado la matriz A (la misma es desarrollada en el Apéndice F). Estos tres resultados son utilizados para calcular el flujo DC más adelante.

9.2. Cuerpo del programa

Se crea una población aleatoria de vectores de ceros y unos, de tamaño igual al número de habitantes definido por el usuario, donde la longitud de cada habitante coincide con el número de barras de la red.

Se comienza una iteración donde en cada paso se crea una nueva generación donde se realizan los siguientes puntos:

1. Se comprueba si hay barras fijas. Si esto es así, se modifica la población creada colocando unos en las posiciones correspondientes a las estaciones que no se quiere disparar.
2. Se le calcula el fitness a cada habitante de la población. Para calcular el fitness se calcula el flujo DC a través de la función *flujoDChabitante.m*.
 - Como primer paso se realiza un balance de potencias en la barra slack (la primera en la lista de barras)
 - Se calcula la matriz de admitancias nodal, Ybus, con la ayuda de la función *elem.m*
 - Se calcula el flujo DC con la función *flujoDePotencia.m* ingresándole las matrices calculadas anteriormente: Ybus y A. A continuación se calcula la sobrecarga de las líneas con la función *Sobrecarga.m*
 - El fitness se calcula con la función detallada en el capítulo 7.
3. En la matriz *habmax* se guarda en el habitante con mayor fitness de cada generación.
4. Se sortean los habitantes a cruzar y mutar mediante la función *sorteo.m* la que utiliza *ruleta.m* (cuya funcionalidad se encuentra explicada en el capítulo de algoritmos genéticos)
5. Los habitantes sorteados se cruzan y mutan mediante la función *cruzaymuta.m*, creando una nueva población.

Este proceso se repite hasta alcanzar el número total de generaciones.

Se toma el habitante con mayor fitness de todas las generaciones como solución parcial.

A este habitante se le realiza un ajuste, para asegurar que el habitante resultante no dispare carga en exceso.

1. Se recorre cada bit del habitante cambiando cada cero por uno y volviendo a correr el flujo DC. En cada prueba, si el nuevo habitante no presenta sobrecargas se guarda en una matriz. La matriz resultante contiene todas las modificaciones exitosas.
2. Se elije el habitante de la matriz con menor potencia disparada y se borra la matriz.
3. Con este nuevo habitante se vuelve a repetir el proceso.
4. Esto se termina cuando ninguna modificación es exitosa.

Al habitante ajustado se le calcula la potencia disparada, la línea más sobrecargada y se despliega en la interfaz.

10. Tutorial

1. Para inicializar el programa hacer doble click en el archivo DAC-CMAG.m
2. A continuación se abre una ventana como se muestra en la figura siguiente.

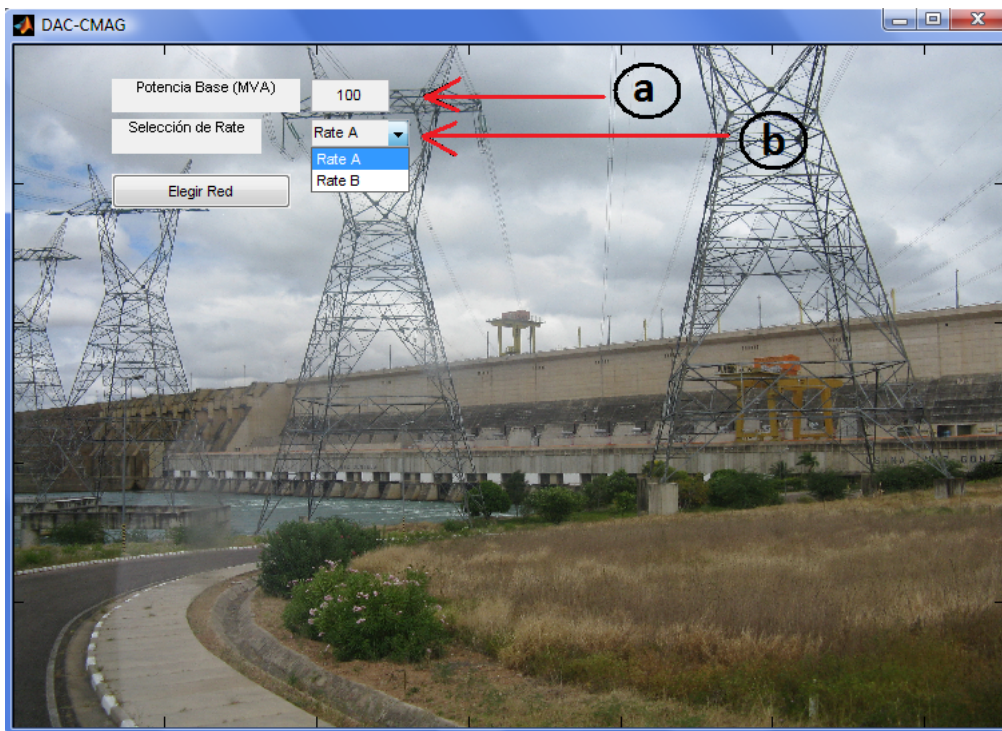


Figura 10.1.: Impresión de pantalla 1

- (a) Se modifica aquí el valor de la Potencia Base en MVA cuyo valor por defecto es de 100MVA.
 - (b) En segundo lugar se selecciona el Rate, A o B según la necesidad del usuario.
3. A continuación se pasa a elegir la red que con la que se quiere trabajar. Para esto se hace click sobre el botón “Elegir Red” y como consecuencia se abre una ventana que permite seleccionar el archivo en formato .xls

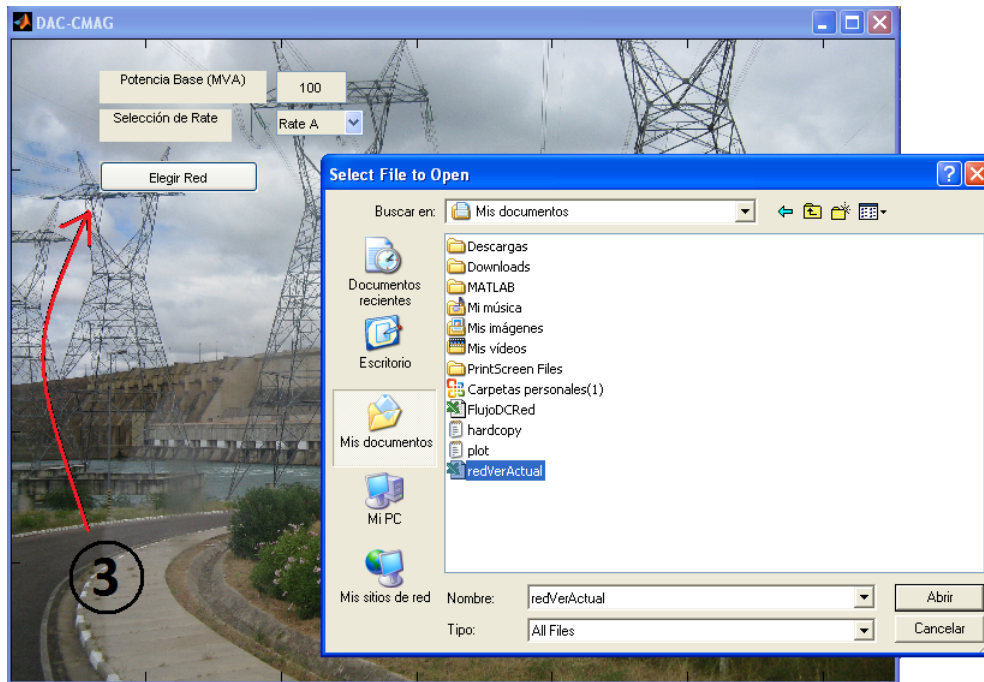


Figura 10.2.: Impresión de pantalla 2

4. Luego de seleccionada la red, aparece una ventana que nos indica si la misma ha sido cargada por el programa con éxito y se despliegan el resto de los botones de la interfaz. En ese ejemplo se carga la red “redVerActual.xls”

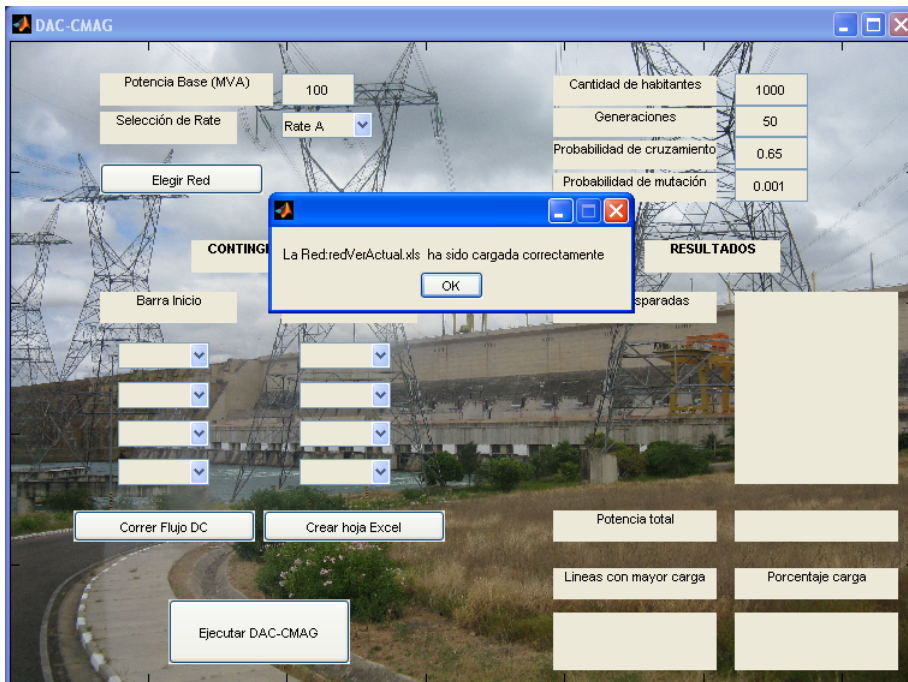


Figura 10.3.: Impresión de pantalla 3

5. Se pueden cambiar ahora, si se desea, los parámetros de los algoritmos genéticos como ser la cantidad de habitantes, el número de generaciones, la probabilidad de cruzamiento y de mutación. A su vez se puede elegir la o las líneas que vamos a quitar para la contingencia a estudiar. O en el caso contrario considerar la red completa dejando los casilleros vacíos.

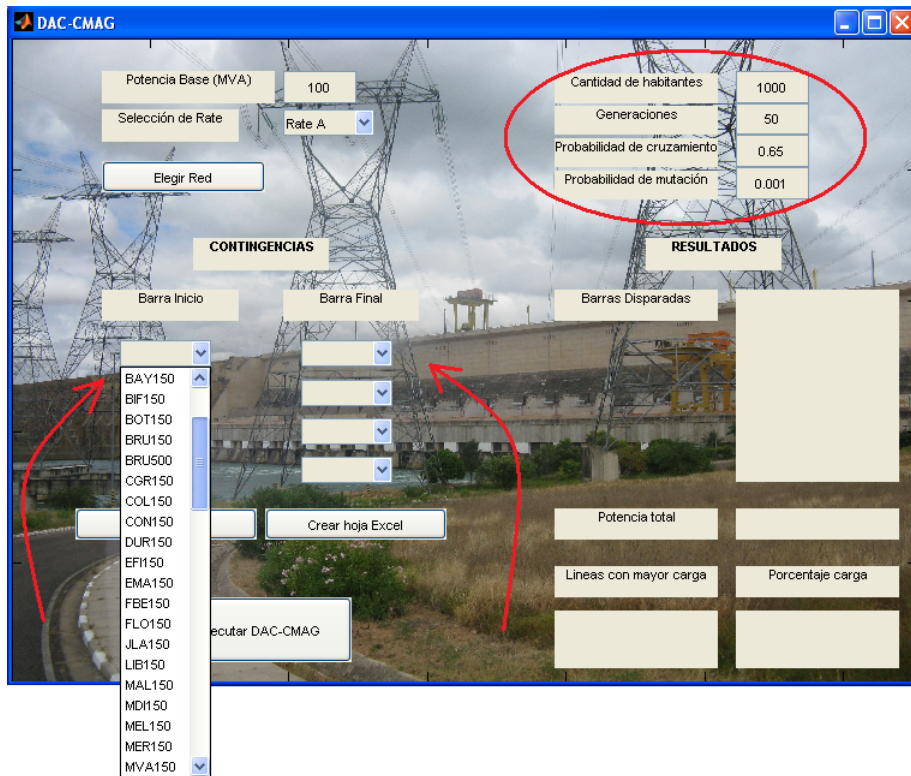


Figura 10.4.: Impresión de pantalla 4

6. A modo de ejemplo se decide sacar el transformador SCA500-SCA150.

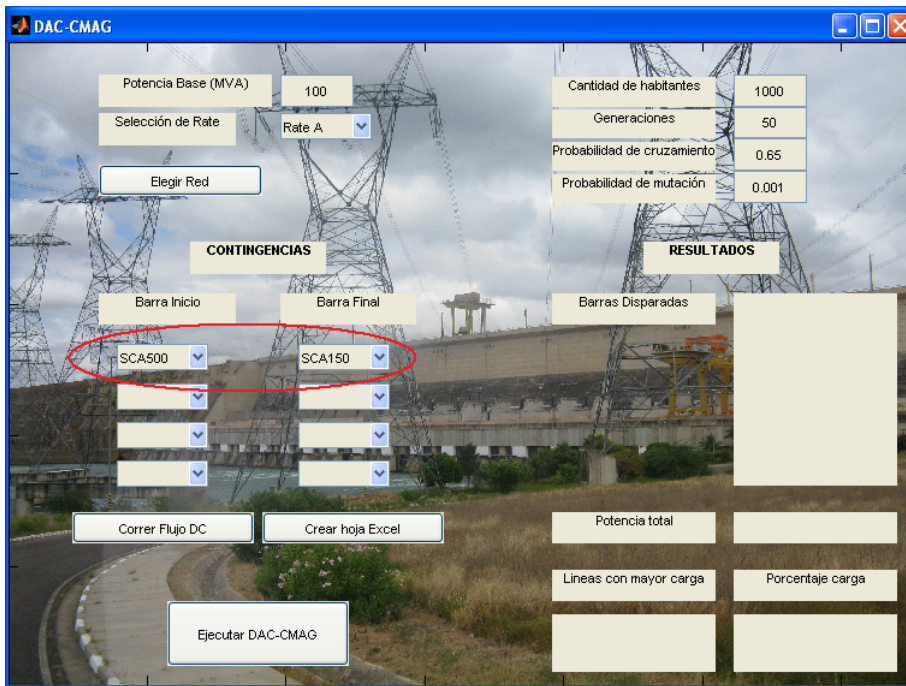


Figura 10.5.: Impresión de pantalla 5

7. Ahora miremos los botones siguientes “Correr Flujo DC” y “Crear hoja Excel”, al presionar el primero el programa corre el flujo DC correspondiente a la red cargada con o sin las contingencias marcadas más arriba. El resultado es guardado en un archivo .xls, con lo cual luego de hacer un click en “Correr Flujo DC”, se despliega una ventana donde se pide la ubicación preferida por el usuario para guardar dicho archivo.

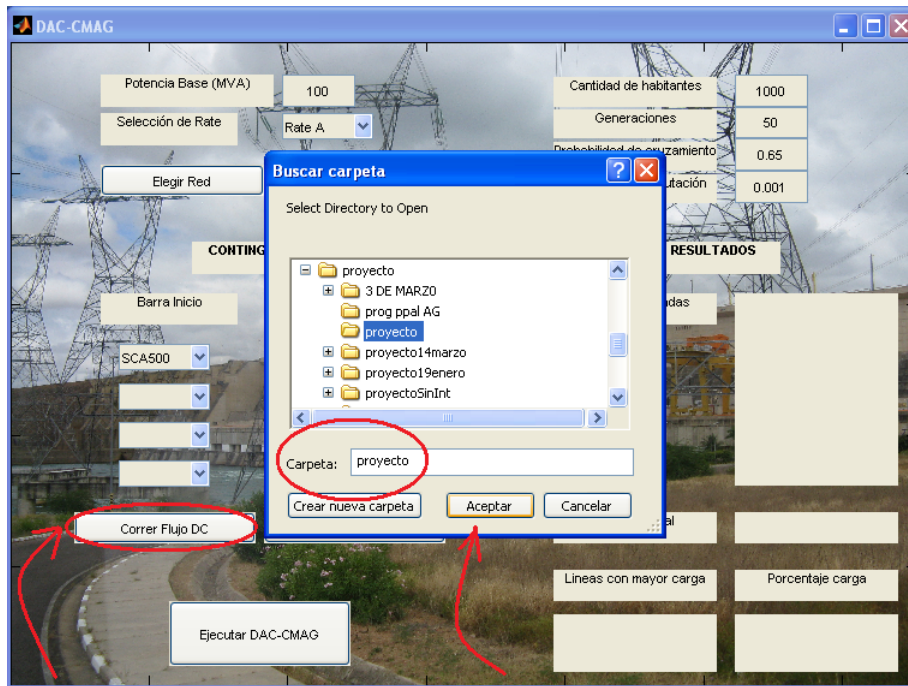


Figura 10.6.: Impresión de pantalla 6

8. Se crea entonces un archivo llamado FlujoDCRed.xls con el resultado del flujo DC en el directorio seleccionado. A continuación se muestra como queda para el caso de la contingencia SCA500-SCA150 en la red uruguaya de verano. En la tabla se aprecia el flujo en las líneas, y además los valores de los rates y la carga en las mismas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Binit	Bftt	Rate A (A)	Rate B (A)	Flujo DC(A)	Carga Lineas			
2	SGU500	SJA500	1599,95307	2700,03627	911,110991	0,56946107			
3	ACO150	MVB150	371,043773	520,000142	-10,3970617	0,02802112			
4	ARA150	TGO150	240,177712	240,177712	101,415809	0,42225321			
5	BAY150	PAL150	371,043773	479,970524	-20,7186217	0,05583875			
6	BAY150	TRI150	359,881668	359,881668	164,38483	0,45677467			
7	BIF150	PAZ150	500,370233	829,844787	656,590624	1,31221			
8	BOT150	FBE150	240,177712	240,177712	4,3055E-11	1,7926E-13			
9	BRU500	MVB500	1599,95307	2700,03627	585,617455	0,36602165			
10	CGR150	PES150	959,941048	799,822573	207,800679	0,21647233			
11	COL150	ROS150	240,177712	240,177712	5,52042355	0,02298475			
12	COL150	JLA150	250,185117	414,922393	-3,74927974	0,01498602			
13	CON150	COL150	250,185117	359,881668	81,6852738	0,32649933			
14	DUR150	FLO150	735,929143	615,840287	197,839029	0,26882891			
15	EFH150	SVA150	240,177712	240,177712	-91,4537893	0,3807755			
16	FBE150	MER150	367,964572	479,970524	188,93204	0,51345171			
17	FLO150	PRO150	735,929143	615,840287	93,8074384	0,12746803			
18	JLA150	LIB150	240,177712	295,988238	-3,74927974	0,01561044			
19	LIB150	EFH150	265,966024	359,881668	-64,2798367	0,24168439			
20	MAL150	CGR150	500,370233	779,807764	207,800679	0,41529385			
21	MDI150	RIV150	367,964572	615,840287	69,5291382	0,18895607			
22	MDI150	STE150	60,044428	60,044428	20,5236474	0,34180769			
23	MER150	NPA150	240,177712	240,177712	161,206806	0,67119802			
24	MVA150	NOR150	885,270413	959,941048	529,422253	0,5980345			
25	MVA150	BIF150	500	414,922393	856,157333	1,71231467			
26	MVA150	PAN150	250,185117	414,922393	198,857523	0,79484154			
27	MVA500	MV500	1199,9648	1199,9648	372,218111	0,31019086			
28	MVB150	MVC150	1116,21052	1919,8821	437,736553	0,39216308			
29	MVB150	MVL150	558,10526	720,148236	185,414786	0,33222189			
30	MVB150	MVA150	558,10526	959,941048	107,514136	0,19264132			
31	MVB150	PIE150	371,043773	479,970524	175,879752	0,47401349			
32	MVB500	MVA500	1599,95307	2700,03627	282,39401	0,17650143			
33	MVC150	MVD150	1116,21052	1600,41495	7,01057637	0,00628069			

Figura 10.7.: Flujo de Red en Excel

8. Para el segundo botón “Crear hoja Excel”, lo primero que sucede al presionarlo es lo mismo que en el caso anterior, ya que su función es crear una hoja en blanco para cargar los datos de una nueva red a estudiar con el formato que utiliza el programa. Entonces el programa nos pide seleccionar donde se vamos a guardar la nueva red en blanco. La misma queda de la siguiente forma:

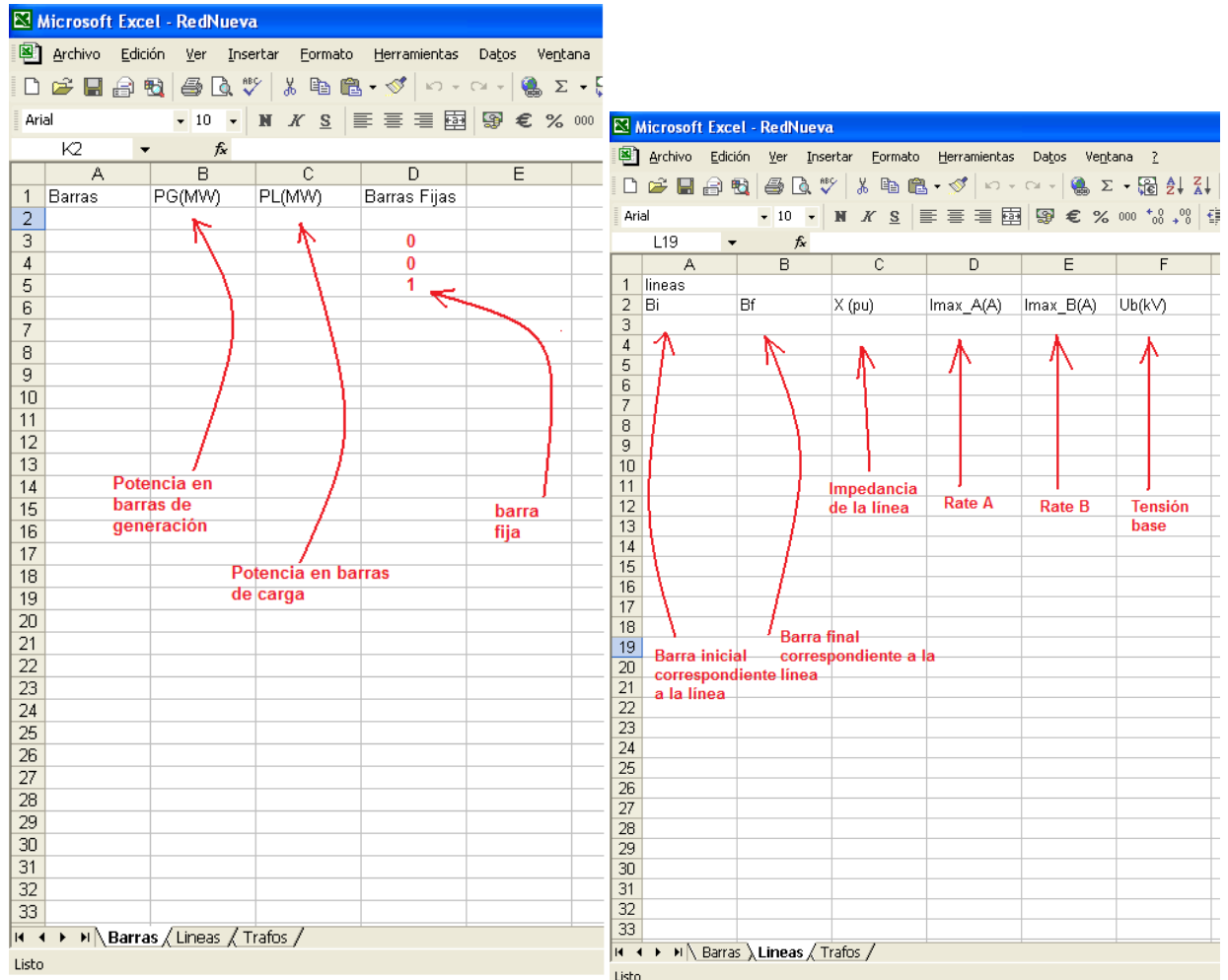


Figura 10.8.: Red nueva primeras pestañas

La primera pestaña contiene las barras, listadas en la primera columna con su correspondiente potencia de generación y carga.

IMPORTANTE: Todas las barras deben estar nombradas utilizando la misma cantidad de caracteres, de lo contrario el programa no compila correctamente.

La tercera columna “Barras Fijas” se utiliza para fijar alguna de las barras en el caso de que no se quiera disparar la carga correspondiente a la misma. Se coloca un cero si no nos interesa si es disparada la carga correspondiente a dicha estación, o un uno si es de nuestro interés mantener la carga conectada. La segunda pestaña contiene las líneas, dispuestas con su barra de inicio Bi y fin Bf, así como en las columnas siguientes su impedancia correspondiente sus rates y la tensión base en KV.

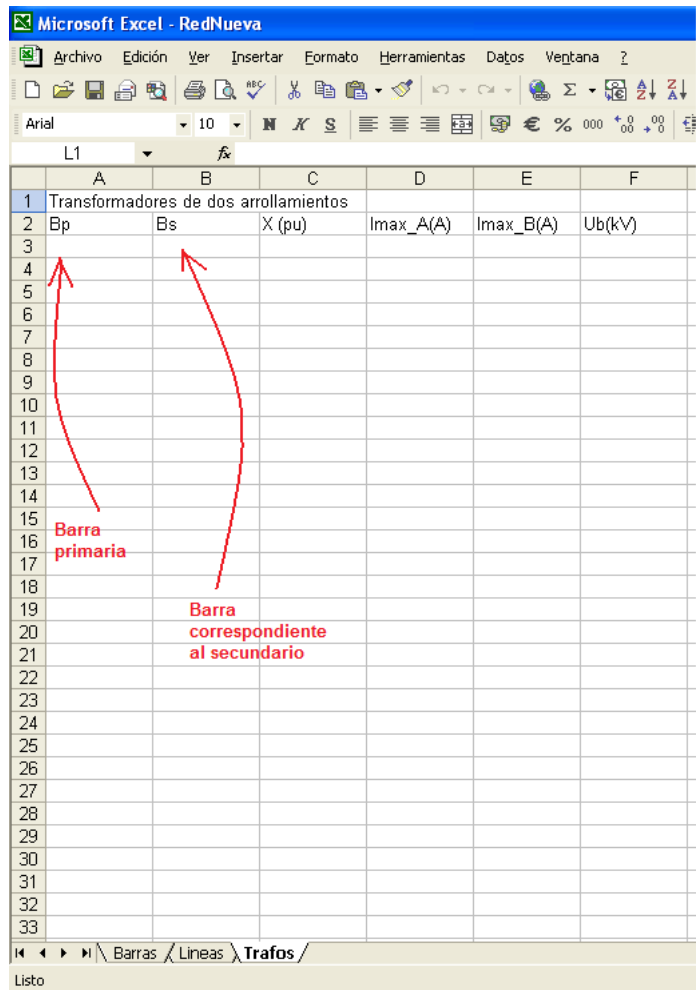


Figura 10.9.: Red nueva pestaña 3

En la tercera pestaña van los datos de los transformadores, su barra primaria Bp, su barra secundaria Bs, su impedancia, rates y tensión base.

9. Finalmente se está en condiciones de correr el programa, presionando el botón “Ejecutar DAC-CMAG”. Se espera la ejecución del mismo la cual varía entre 4 y 8 minutos dependiendo del procesador con el que se cuente.

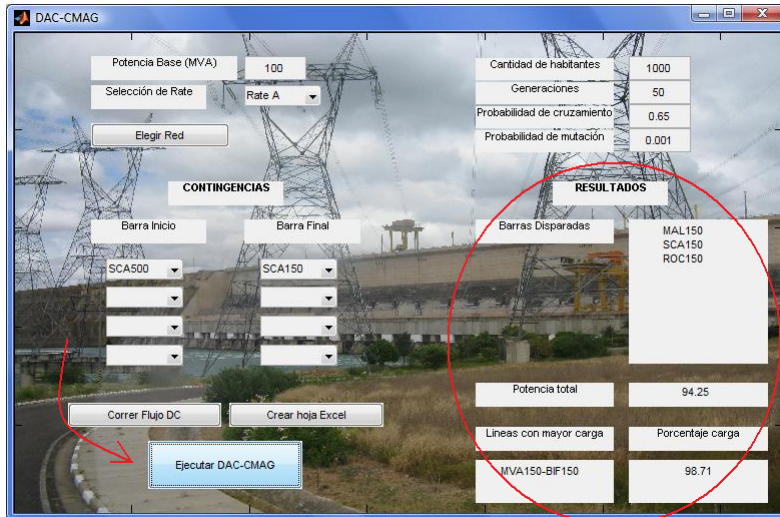


Figura 10.10.: Impresión de pantalla 7

10. Se despliegan a la derecha los resultados: las estaciones cuya carga fue disparada, la potencia total correspondiente, la línea que quedó con más carga y cuál es este porcentaje. Además de una gráfica con el valor del fitness correspondiente al habitante más apto para cada generación.

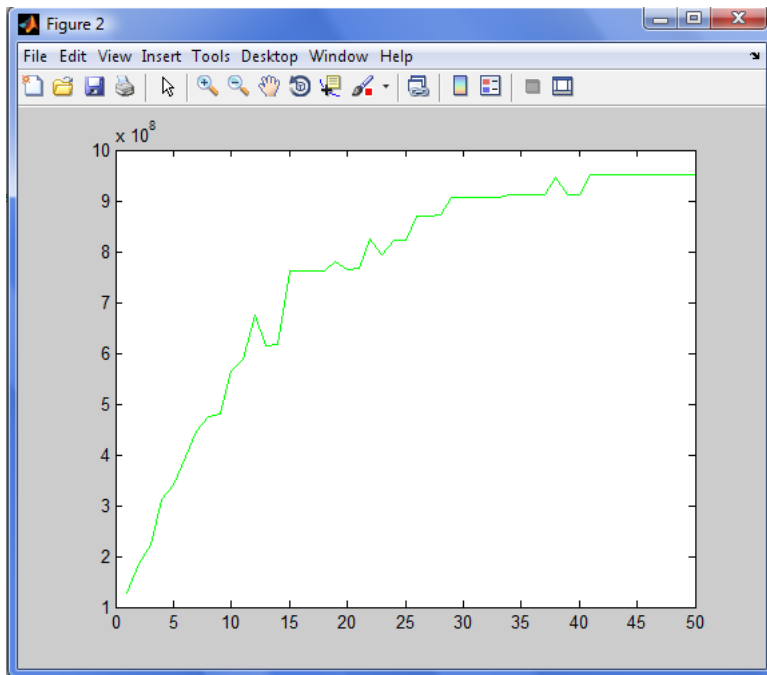


Figura 10.11.: Gráfica Fitness

11. Si tanto al correr el flujo como el programa principal se quiere tomar una línea que no existe en la red, es decir en la contingencia a estudiar alguna de las estaciones

de los extremos de la línea no es correcta, aparece el cartel de ERROR que se muestra a continuación. Esto no cambia hasta que no se ingresen correctamente los extremos de la/s línea/s.

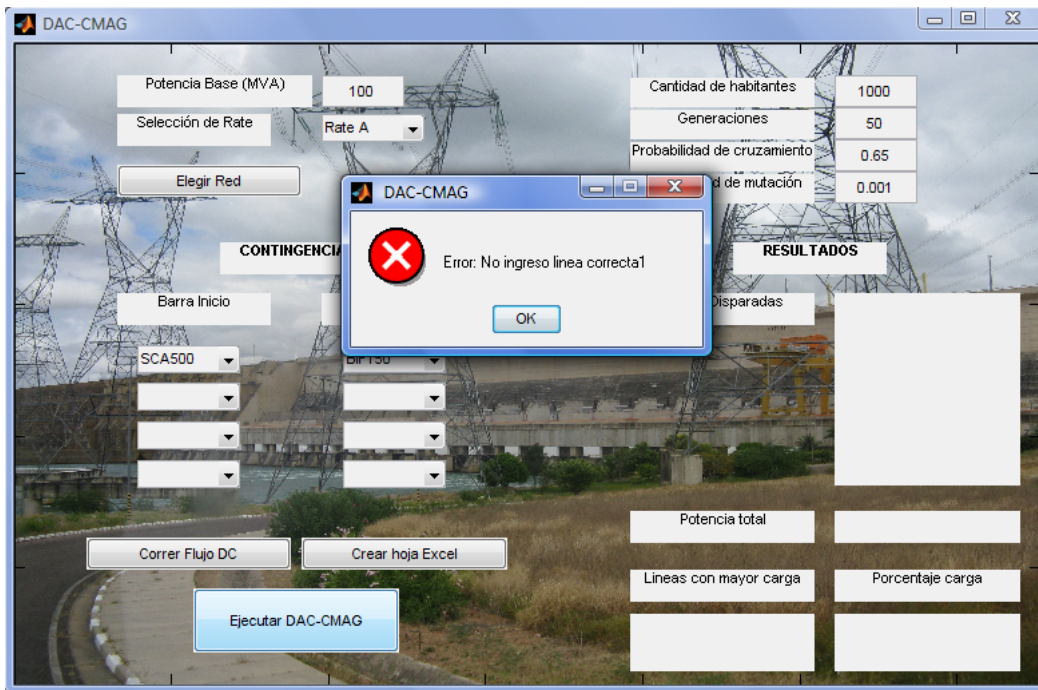


Figura 10.12.: Impresión de pantalla 8

En este momento usted está en condiciones de usar el programa.

A. Flujo de cargas para contingencia MVI500-SCA500

Barra Inicial	Barra Final	Flujo sin contingencia		MAL150		SCA150 - MAL150		MAL150 - PAZ150		MAL150 - SCA150 - PAZ150		SCA150 - ROC150 - MAL150	
SGU500	SJA500	911,111	56,946	849,655	53,105	838,731	52,422	825,050	51,567	814,126	50,884	807,346	50,461
ACO150	MVB150	-10,397	2,802	-16,486	4,443	-17,568	4,735	-18,924	5,100	-20,006	5,392	-20,678	5,573
ARA150	TGO150	101,416	42,225	101,416	42,225	101,416	42,225	101,416	42,225	101,416	42,225	101,416	42,225
BAY150	PAL150	-20,719	5,584	-15,314	4,127	-14,353	3,868	-13,150	3,544	-12,190	3,285	-11,593	3,125
BAY150	TRI150	164,385	45,677	161,557	44,892	161,055	44,752	160,425	44,577	159,923	44,438	159,611	44,351
BIF150	PAZ150	656,591	131,221	441,737	88,282	403,545	80,649	355,716	71,090	317,524	63,458	293,822	58,721
BOT150	FBE150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BRU500	MVB500	585,617	36,602	557,398	34,838	552,382	34,525	546,100	34,132	541,084	33,819	537,971	33,624
CGR150	PES150	207,801	21,647	207,801	21,647	207,801	21,647	207,801	21,647	207,801	21,647	207,801	21,647
COL150	ROS150	5,520	2,298	3,083	1,284	2,650	1,103	2,107	0,877	1,674	0,697	1,405	0,585
COL150	JLA150	-3,749	1,499	-8,710	3,482	-9,592	3,834	-10,697	4,276	-11,579	4,628	-12,126	4,847
CON150	COL150	81,685	32,650	74,287	29,693	72,971	29,167	71,324	28,509	70,009	27,983	69,193	27,657
DUR150	FLO150	197,839	26,883	188,040	25,551	186,298	25,315	184,117	25,018	182,375	24,782	181,294	24,635
EFI150	SVA150	-91,454	38,078	-96,415	40,143	-97,297	40,510	-98,401	40,970	-99,283	41,337	-99,831	41,565
FBE150	MER150	188,932	51,345	184,313	50,090	183,492	49,867	182,464	49,587	181,643	49,364	181,133	49,226
FLO150	PRO150	93,807	12,747	84,009	11,415	82,267	11,179	80,085	10,882	78,344	10,646	77,263	10,499
JLA150	LIB150	-3,749	1,561	-8,710	3,627	-9,592	3,994	-10,697	4,454	-11,579	4,821	-12,126	5,049
LIB150	EFI150	-64,280	24,168	-69,241	26,034	-70,123	26,365	-71,227	26,781	-72,109	27,112	-72,657	27,318
MAL150	CGR150	207,801	41,529	207,801	41,529	207,801	41,529	207,801	41,529	207,801	41,529	207,801	41,529
MDI150	RIV150	69,529	18,896	69,529	18,896	69,529	18,896	69,529	18,896	69,529	18,896	69,529	18,896
MDI150	STE150	20,524	34,181	20,524	34,181	20,524	34,181	20,524	34,181	20,524	34,181	20,524	34,181
MER150	NPA150	161,207	67,120	153,808	64,039	152,493	63,492	150,846	62,806	149,531	62,258	148,714	61,918
MVA150	NOR150	529,422	59,803	557,158	62,936	562,088	63,493	568,263	64,191	573,193	64,748	576,253	65,093
MVA150	BIF150	856,157	171,231	641,303	128,261	603,112	120,622	555,282	111,056	517,090	103,418	493,389	98,678
MVA150	PAN150	198,858	79,484	198,858	79,484	198,858	79,484	198,858	79,484	198,858	79,484	198,858	79,484
MVA500	MVI500	372,218	31,019	362,599	30,217	360,889	30,075	358,748	29,897	357,038	29,754	355,977	29,666
MVB150	MVC150	437,737	39,216	421,835	37,792	419,009	37,539	415,469	37,221	412,642	36,968	410,888	36,811
MVB150	MVL150	185,415	33,222	167,521	30,016	164,340	29,446	160,357	28,732	157,176	28,162	155,202	27,809
MVB150	MVA150	107,514	19,264	77,972	13,971	72,721	13,030	66,145	11,852	60,893	10,911	57,634	10,327
MVB150	PIE150	175,880	47,401	175,880	47,401	175,880	47,401	175,880	47,401	175,880	47,401	175,880	47,401
MVB500	MVA500	282,394	17,650	269,109	16,820	266,747	16,672	263,790	16,487	261,428	16,340	259,962	16,248
MVC150	MVD150	7,011	0,628	-13,852	1,241	-17,560	1,573	-22,205	1,989	-25,913	2,322	-28,215	2,528
MVD150	MVE2	7,011	1,338	-13,852	2,644	-17,560	3,352	-22,205	4,239	-25,913	4,947	-28,215	5,386
MVF150	MVE1	27,031	4,231	27,031	4,231	27,031	4,231	27,031	4,231	27,031	4,231	27,031	4,231
MVF150	MVG150	103,097	15,812	103,097	15,812	103,097	15,812	103,097	15,812	103,097	15,812	103,097	15,812
MVG150	MVJ150	118,096	18,112	118,096	18,112	118,096	18,112	118,096	18,112	118,096	18,112	118,096	18,112
MVG150	MVR1	-65,801	9,137	-65,801	9,137	-65,801	9,137	-65,801	9,137	-65,801	9,137	-65,801	9,137
MVH150	MVF150	224,829	35,188	224,829	35,188	224,829	35,188	224,829	35,188	224,829	35,188	224,829	35,188
MVI150	MVH150	526,351	42,522	526,351	42,522	526,351	42,522	526,351	42,522	526,351	42,522	526,351	42,522
MVI150	MVF150	190,691	29,246	190,691	29,246	190,691	29,246	190,691	29,246	190,691	29,246	190,691	29,246
MVI150	MVR1	228,318	31,704	228,318	31,704	228,318	31,704	228,318	31,704	228,318	31,704	228,318	31,704
MVI150	MVK150	154,701	38,684	154,701	38,684	154,701	38,684	154,701	38,684	154,701	38,684	154,701	38,684
MVI150	MVM2	180,534	32,348	180,534	32,348	180,534	32,348	180,534	32,348	180,534	32,348	180,534	32,348
MVI150	MVM1	-39,868	7,143	-71,932	12,889	-77,631	13,910	-84,769	15,189	-90,468	16,210	-94,006	16,844
MVJ150	MVE1	-66,011	9,166	-66,011	9,166	-66,011	9,166	-66,011	9,166	-66,011	9,166	-66,011	9,166

Figura A.1.: Flujo de carga

Continuacion tabla de flujo de carga

Barra Inicial	Barra Final	Flujo sin contingencia		MAL150		SCA150 - MAL150		MAL150 - PAZ150		MAL150 - SCA150 - PAZ150		SCA150 - ROC150 - MAL150	
MVL150	MVA150	-69,888	12,522	-80,909	14,497	-82,868	14,848	-85,321	15,288	-87,280	15,639	-88,496	15,857
MVL150	MVR2	160,559	27,354	153,685	26,183	152,464	25,975	150,934	25,714	149,712	25,506	148,954	25,377
MVM1	MVA150	-39,868	7,143	-71,932	12,889	-77,631	13,910	-84,769	15,189	-90,468	16,210	-94,006	16,844
MVM2	SOL150	180,534	45,143	180,534	45,143	180,534	45,143	180,534	45,143	180,534	45,143	180,534	45,143
MVR1	MVE1	38,980	5,413	38,980	5,413	38,980	5,413	38,980	5,413	38,980	5,413	38,980	5,413
NOR150	MVR2	-160,559	27,354	-153,685	26,183	-152,464	25,975	-150,934	25,714	-149,712	25,506	-148,954	25,377
NOR150	MVE2	387,338	53,786	408,200	56,683	411,909	57,198	416,553	57,843	420,261	58,358	422,563	58,677
NPA150	CON150	84,769	33,882	77,370	30,925	76,055	30,399	74,408	29,741	73,093	29,215	72,276	28,889
PAL150	TRI150	199,954	53,890	191,661	51,655	190,187	51,257	188,341	50,760	186,866	50,362	185,952	50,116
PAL500	BRU500	585,617	36,602	557,398	34,838	552,382	34,525	546,100	34,132	541,084	33,819	537,971	33,624
PAL500	MVA500	575,999	36,001	548,257	34,267	543,326	33,959	537,150	33,573	532,219	33,265	529,159	33,073
PAY150	YOU150	41,629	16,639	31,627	12,642	29,850	11,931	27,623	11,041	25,845	10,330	24,742	9,889
PAZ150	MAL150	279,581	111,750	166,454	66,532	151,726	60,646	166,454	66,532	151,726	60,646	109,413	43,733
PAZ150	SCA150	290,988	116,309	189,261	75,648	165,797	66,270	189,261	75,648	165,797	66,270	98,387	39,326
PRO150	MVA150	93,807	12,747	84,009	11,415	82,267	11,179	80,085	10,882	78,344	10,646	77,263	10,499
PTI500	BRU500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	ACO150	62,680	16,893	56,591	15,252	55,509	14,960	54,153	14,595	53,071	14,303	52,399	14,122
ROD150	MVB150	30,869	8,319	23,400	6,306	22,072	5,949	20,409	5,501	19,082	5,143	18,258	4,921
ROS150	ROD150	-126,940	31,742	-129,377	32,352	-129,811	32,460	-130,353	32,596	-130,787	32,704	-131,056	32,771
SAL150	PAY150	206,967	55,780	196,965	53,084	195,187	52,605	192,961	52,005	191,183	51,526	190,080	51,228
SCA150	ROC150	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	0,000	0,000
SCA150	MAL150	143,073	22,008	41,346	6,360	56,074	8,626	41,346	6,360	56,074	8,626	98,387	15,134
SGU150	ARA150	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003
SGU150	SAL150	356,449	71,237	346,448	69,238	344,670	68,883	342,443	68,438	340,665	68,083	339,562	67,862
SJA150	FBE150	222,859	60,565	218,241	59,310	217,420	59,087	216,391	58,808	215,570	58,585	215,061	58,446
SJA500	PAL500	844,253	35,151	784,183	32,650	773,505	32,206	760,133	31,649	749,455	31,204	742,828	30,928
SVA150	MVC150	-178,188	71,223	-183,150	73,206	-184,031	73,558	-185,136	74,000	-186,018	74,352	-186,565	74,571
TAC150	MDI150	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473
TER150	TAC150	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236
TER150	VAL150	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601
TER150	BAY150	-237,385	63,978	-234,808	63,283	-234,350	63,160	-233,776	63,005	-233,318	62,881	-233,034	62,805
TER150	DUR150	261,789	36,372	251,990	35,010	250,248	34,768	248,067	34,465	246,325	34,223	245,244	34,073
TGO150	ART150	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480
TRI150	ROD150	326,683	44,022	315,562	42,524	313,586	42,257	311,110	41,924	309,133	41,657	307,907	41,492
TYT150	MEL150	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888
TYT150	EMA150	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126
VAL150	TYT150	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953
YOU150	TER150	-74,545	29,796	-81,766	32,682	-83,050	33,195	-84,658	33,838	-85,941	34,351	-86,738	34,669
YOU150	MER150	68,578	27,411	65,798	26,300	65,304	26,102	64,685	25,855	64,191	25,657	63,885	25,535

Figura A.2.: Flujo de carga

Continuacion tabla de flujo de cargas

Flujo de cargas para contingencia MVI500-SCA500

Barra Inicial	Barra Final	Flujo con contingencia		MAL150		SCA150 - MAL150		MAL150 - PAZ150		MAL150 - SCA150 - PAZ150		SCA150 - ROC150 - MAL150	
SAL150	PAY150	206,967	55,780	196,965	53,084	195,187	52,605	192,961	52,005	191,183	51,526	190,080	51,228
SCA150	ROC150	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	109,723	29,819	0,000	0,000
SCA150	MAL150	143,073	22,008	41,346	6,360	56,074	8,626	41,346	6,360	56,074	8,626	98,387	15,134
SGU150	ARA150	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003	129,703	54,003
SGU150	SAL150	356,449	71,237	346,448	69,238	344,670	68,883	342,443	68,438	340,665	68,083	339,562	67,862
SJA150	FBE150	222,859	60,565	218,241	59,310	217,420	59,087	216,391	58,808	215,570	58,585	215,061	58,446
SJA500	PAL500	844,253	35,151	784,183	32,650	773,505	32,206	760,133	31,649	749,455	31,204	742,828	30,928
SVA150	MVC150	-178,188	71,223	-183,150	73,206	-184,031	73,558	-185,136	74,000	-186,018	74,352	-186,565	74,571
TAC150	MDI150	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473	90,053	24,473
TER150	TAC150	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236	181,171	49,236
TER150	VAL150	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601	245,067	66,601
TER150	BAY150	-237,385	63,978	-234,808	63,283	-234,350	63,160	-233,776	63,005	-233,318	62,881	-233,034	62,805
TER150	DUR150	261,789	36,372	251,990	35,010	250,248	34,768	248,067	34,465	246,325	34,223	245,244	34,073
TGO150	ART150	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480	46,787	19,480
TRI150	ROD150	326,683	44,022	315,562	42,524	313,586	42,257	311,110	41,924	309,133	41,657	307,907	41,492
TYT150	MEL150	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888	64,713	53,888
TYT150	EMA150	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126	55,543	23,126
VAL150	TYT150	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953	224,287	60,953
YOU150	TER150	-74,545	29,796	-81,766	32,682	-83,050	33,195	-84,658	33,838	-85,941	34,351	-86,738	34,669
YOU150	MER150	68,578	27,411	65,798	26,300	65,304	26,102	64,685	25,855	64,191	25,657	63,885	25,535

Figura A.3.: Flujo de carga

B. Evolución de Fitness

B.1. Fitness 1

$$fitness = \left(\frac{Total-sobrecargadas}{Total} \right) \times \left(\frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \right)$$

B.1.1. 250 habitantes, 200 generaciones

B.1.1.1. Con contingencia MVI500-SCA500

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
ART150	0	12,16	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
BIF150	0	51,85	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
BOT150	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
LIB150	0	15,73	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MAL150	0	55,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MDI150	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
MVM1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PAY150	0	42,96	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
PES150	0	53,99	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
SAL150	0	38,84	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1

B.2 Fitness 2

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SJA150	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
TRI150	0	9,78	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		300,87	439,18	248,87	266,40	357,12	251,22	252,77	424,95	359,17	428,35

Cuadro B.1.: Contingencia MVI500-SCA500

Como se ve, en todas las pruebas de AG se disparo carga fuera del este. Por lo que la función correspondiente al Fitness 1 no sirve.

B.2. Fitness 2

$$fitness = \left(\frac{Total-sobrecargadas}{Total} \right) \times \left(\frac{Pconectada^2 \times cantbarras^2}{Smax} \right)$$

B.2.1. 250 habitantes, 200 generaciones

B.2.1.1. Con contingencia MVI500-SCA500

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
BOT150	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
CGR150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
MDI150	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
MVE1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MVI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B.2 Fitness 2

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
PES150	0	53,99	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
ROC150	0	28,51	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		225,33	141,40	196,07	119,73	136,18	136,07	186,01	146,25	161,66	138,32

Cuadro B.2.: Contingencia MVI500-SCA500

En rojo se marcan los resultados que quitaron carga en el este y fuera de el. Y en verde los que dispararon en el este exclusivamente.

B.2.1.2. Sin contingencias

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	0	1	1	1
BIF150	0	51,85	1	1	1	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	0	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	0	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	0	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	0	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	0	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
MVR2	0	0	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	0	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	0	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	1	1	1	1	1
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	0	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	0	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	0	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	0	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1
Potencia	total		123,04	19,86	0	0	0

Cuadro B.3.: Sin contingencias

B.3. Fitness 3

$$fitness = \left(\frac{Total-sobrecargadas}{Total} \right) \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \right)$$

B.3.1. 250 habitantes, 200 generaciones

B.3.1.1. Con contingencia MVI500-SCA500

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
MVB500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B.3 Fitness 3

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
PES150	0	53,99	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
SGU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		122,92	132,16	130,82	117,59	143,63	117,59	116,60	119,73	107,67	118,51

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
-------	----	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

Cuadro B.4.: Con contingencia MVI500-SCA500

En la última columna se ve que por mas que quitó carga excesiva, dentro del este no fue suficiente para quitar la sobrecarga.

B.3.1.2. Sin contingencias

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	0	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	1	1	1	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	0	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	0	1	1	0
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	0	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1

B.3 Fitness 3

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	0	0
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	0	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	0	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	0	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	1	1	1	1	1
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	0	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	0	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1
Potencia	total		72,64	19,86	0	0	0

Cuadro B.5.: Sin contingencias

En el caso de no haber contingencias, en estas condiciones se quito carga, lo cual es determinante para cancelar dicha funcion de Fitness.

B.4. Fitness 4

$$fitness = \frac{a}{\ln(sobrecargadas + 3)} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \right)$$

B.4.1. 250 habitantes, 200 generaciones

B.4.1.1. Con contingencia MVI500-SCA500

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B.4 Fitness 4

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
JLA150	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
MDI150	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
MVM2	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
PES150	0	53,99	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1
PTI150	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		105,84	109,81	109,81	130,02	126,38	134,34	135,35	105,84	109,81	109,81

Cuadro B.6.: Con contingencia MVI500-SCA500

De 10 AG, en una sola oportunidad quitó carga fuera del este, de todas formas la sobrecarga la quito en todos los casos.

B.4.1.2. Sin contingencia

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	0	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	1	1	1	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	0
CGR150	0	0	1	0	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1

B.4 Fitness 4

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	0	1	1	0
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	0	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	0	1	1	0	0
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	0	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	1	1	1	1	1
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
PTI150	0	0	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	0	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	0	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1
Potencia	total		0	0	0	0	0

Cuadro B.7.: Sin contingencia

B.4.2. 1000 habitantes, 75 generaciones

B.4.2.1. Con contingencia MVI500-SCA500

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BIF150	0	51,85	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

B.4 Fitness 4

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
CGR150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
MDI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5	hab6	hab7	hab8	hab9	hab10
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
SCA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA500	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Potencia	total		117,59	119,73	119,73	109,81	109,81	109,81	115,76	109,81	119,73	119,73

Cuadro B.8.: Con contingencia MVI500-SCA500

Como se ve en la tabla anterior, quitó siempre la sobrecarga y siempre en el circuito este.

B.4.2.2. Sin contingencias

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
SGU500	1000	0	1	1	1	1	1
ACO150	0	18,99	1	1	1	1	1
ARA150	0	7,35	1	1	1	1	1

B.4 Fitness 4

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
ART150	0	12,16	1	1	1	1	1
BAY150	99	0	1	0	1	1	1
BIF150	0	51,85	1	1	1	1	1
BOT150	0	0	1	1	1	1	1
BRU150	0	0	1	1	1	1	1
BRU500	0	0	1	1	1	0	1
CGR150	0	0	1	1	1	1	1
COL150	0	20,76	1	1	1	1	1
CON150	0	0,80	1	1	1	1	1
DUR150	0	16,62	1	1	1	1	1
EFI150	0	7,06	1	1	1	1	1
EMA150	0	14,43	1	1	1	1	1
FBE150	0	8,82	1	1	1	1	1
FLO150	0	27,03	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	1	1	1	1	1
LIB150	0	15,73	1	1	1	1	1
MAL150	0	55,82	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	1	1
MEL150	0	16,81	1	1	1	1	1
MER150	0	25,02	1	1	1	1	1
MVA150	0	33,18	1	1	1	1	1
MVA500	0	0	1	1	1	1	1
MVB150	0	32,39	1	1	1	1	1
MVB500	0	0	1	1	1	1	1
MVC150	0	65,61	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	1
MVE1	0	0	1	1	0	1	1
MVE2	0	102,45	1	1	1	1	1
MVF150	0	74,15	1	1	1	1	1
MVG150	0	13,20	1	1	1	1	1
MVH150	0	78,34	1	1	1	1	1
MVI150	0	0	1	0	1	1	1
MVI500	0	0	1	1	1	1	1
MVJ150	0	47,83	1	1	1	1	1
MVK150	0	40,19	1	1	1	1	1
MVL150	0	24,62	1	1	1	1	1
MVM1	0	0	1	1	1	1	1
MVM2	0	0	1	1	0	1	1
MVR1	0	32,10	1	1	1	1	1
MVR2	0	0	1	1	1	1	1
NOR150	0	78,63	1	1	1	1	1

Barra	PG	PL	hab1	hab2	hab3	hab4	hab5
NPA150	0	19,86	1	1	1	1	1
PAL150	0	0,82	1	1	1	1	1
PAL500	333	0	0	1	1	1	1
PAN150	0	51,66	1	1	1	1	1
PAY150	0	42,96	1	1	1	1	1
PAZ150	0	22,349	1	1	1	1	1
PES150	0	53,99	1	1	1	1	1
PIE150	0	45,69	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	1	0	1	1
PTI150	0	0	1	1	1	1	1
PTI500	0	0	1	0	1	1	1
RIV150	0	18,06	1	1	1	1	1
ROC150	0	28,51	1	1	1	1	1
ROD150	0	27,59	1	1	1	1	1
ROS150	0	34,41	1	1	1	1	1
SAL150	0	38,84	1	1	1	1	1
SCA150	0	9,92	1	1	1	1	1
SCA500	0	0	1	1	1	1	1
SGU150	0	0	1	1	1	0	1
SJA150	0	0	1	1	1	1	0
SJA500	0	0	0	1	1	1	1
SOL150	0	46,90	1	1	1	1	1
STE150	0	5,33	1	1	1	1	1
SVA150	0	22,53	1	1	1	1	1
TAC150	0	23,67	1	1	1	1	1
TER150	140	3,55	1	1	1	1	1
TGO150	0	14,19	1	1	1	1	1
TRI150	0	9,78	1	1	1	1	1
TYT150	0	27,03	1	1	1	1	1
VAL150	0	5,40	1	1	1	1	1
YOU150	0	12,37	1	1	1	1	1
Potencia	total		0	0	0	0	0

Cuadro B.9.: Sin contingencias

Para el caso de no haber contingencias, no quito carga en ninguna prueba.

C. Comparación de fitness

C.1. Introducción

En este apéndice se analizan las tres funciones de fitness ideadas para cumplir con los objetivos de este proyecto. Se comparan los resultados ajustados dados por cada una de ellas en 40 corridas consecutivas para cada contingencia, tanto en las redes de verano como invierno, utilizando el rateB.

C.2. Comparación de datos

Las tres funciones de fitness con las que se prueba, están dadas por las ecuaciones siguientes:

$$fitness1 = \begin{cases} Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^9 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ \frac{1}{\left(e^{\frac{sobrecargadas}{10}}\right)^2} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax^2}\right) & \text{sobrecargadas} \geq 1 \end{cases} \quad (C.1)$$

$$fitness2 = a \times Pconectada^3 \times \left(\frac{lineas - sobrecargadas}{lineas}\right)^2 \quad (C.2)$$

$$\text{donde } a = \begin{cases} 10 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ 0,6 & \text{sobrecargadas} = 1 \\ 0,3 & \text{sobrecargadas} > 1 \end{cases}$$

$$\text{fitness3} = \begin{cases} P_{\text{conectada}}^3 \times \text{cantbarras}^3 \times (S_{\text{max}} \times 100)^9 & \text{sobrecargadas} = 0 \\ \frac{P_{\text{conectada}}^3 \times \text{cantbarras}^3}{S_{\text{max}}} \times \left(40 + \frac{1}{\log(\text{sobrecargadas}+3)}\right) & 0 < \text{sobrecargadas} < 5 \\ \frac{P_{\text{conectada}} \times \text{cantbarras}}{S_{\text{max}}} \times \left(40 - \frac{1}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-5|+3)}\right) & 5 \leq \text{sobrecargadas} < 10 \\ \frac{P_{\text{conectada}} \times \text{cantbarras}}{S_{\text{max}}} \times \left(40 - \frac{2}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-10|+3)}\right) & 10 \leq \text{sobrecargadas} < 20 \\ \frac{P_{\text{conectada}} \times \text{cantbarras}}{S_{\text{max}}} \times \left(40 - \frac{3}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-20|+3)}\right) & 20 \leq \text{sobrecargadas} < 30 \\ \frac{P_{\text{conectada}} \times \text{cantbarras}}{S_{\text{max}}} \times \left(40 - \frac{4}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-30|+3)}\right) & 30 \leq \text{sobrecargadas} < 40 \\ \frac{P_{\text{conectada}} \times \text{cantbarras}}{S_{\text{max}}} \times \left(40 - \frac{5}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-40|+3)}\right) & \text{sobrecargadas} \geq 40 \end{cases} \tag{C.3}$$

La justificación de cómo se llegó a los *fitness2* y *fitness3* se encuentra en Apéndice D.

C.2.1. Red Uruguaya Verano

C.2.1.1. Contingencia PAL500-BRU500 & BRU500-MVB500

La siguiente Tabla C.1 muestra la carga en las líneas con la contingencia PAL500-BRU500 & BUR500-MVB500 antes y después de correr el programa. El resultado mostrado para los fitness 1, 2 y 3 es el correspondiente al habitante más repetido dentro de las 40 corridas.

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness1	Fitness2	Fitness3
SGU500	SJA500	2700,036	901,832	33,401	33,401	33,386	33,401
ACO150	MVB150	520,000	47,292	9,095	9,095	9,425	9,095
ARA150	TGO150	240,178	101,416	42,225	42,225	42,225	42,225
BAY150	PAL150	479,971	-83,044	17,302	17,302	17,863	17,302
BAY150	TRI150	359,882	188,771	52,454	52,454	52,588	52,454
BIF150	PAZ150	829,845	87,792	10,579	10,579	9,299	10,579
BOT150	FBE150	240,178	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CGR150	PES150	799,823	207,801	25,981	25,981	25,981	25,981
COL150	ROS150	240,178	22,950	9,556	9,556	9,650	9,556
COL150	JLA150	414,922	28,603	6,894	6,894	7,280	6,894
CON150	COL150	359,882	131,468	36,531	36,531	37,039	36,531
DUR150	FLO150	615,840	262,676	42,653	42,653	43,225	42,653
EFI150	SVA150	240,178	-59,101	24,607	24,607	23,941	24,607
FBE150	MER150	479,971	234,681	48,895	48,895	49,278	48,895
FLO150	PRO150	615,840	158,645	25,761	25,761	26,332	25,761
JLA150	LIB150	295,988	28,603	9,664	9,664	10,205	9,664
LIB150	EFI150	359,882	-31,927	8,872	8,872	8,427	8,872

C.2 Comparación de datos

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness1	Fitness2	Fitness3
MAL150	CGR150	779,808	207,801	26,648	26,648	26,648	26,648
MDI150	RIV150	615,840	69,529	11,290	11,290	11,290	11,290
MDI150	STE150	60,044	20,524	34,181	34,181	34,181	34,181
MER150	NPA150	240,178	210,989	87,847	87,847	88,608	87,847
MVA150	NOR150	959,941	565,643	58,925	58,925	56,543	58,925
MVA150	BIF150	829,000	287,359	34,663	34,663	33,342	34,663
MVA150	PAN150	414,922	198,858	47,926	47,926	47,926	47,926
MVA500	MVI500	1199,965	501,545	41,797	41,797	42,899	41,797
MVB150	MVC150	1919,882	387,835	20,201	20,201	20,981	20,201
MVB150	MVL150	720,148	147,682	20,507	20,507	22,683	20,507
MVB150	MVA150	959,941	49,727	5,180	5,180	7,845	5,180
MVB150	PIE150	479,971	175,880	36,644	36,644	36,644	36,644
MVB500	MVA500	2700,036	-221,062	8,187	8,187	8,770	8,187
MVC150	MVD150	1600,415	-10,538	0,658	0,658	0,377	0,658
MVD150	MVE2__	720,148	-10,538	1,463	1,463	0,839	1,463
MVF150	MVE1__	720,148	27,031	3,754	3,754	3,754	3,754
MVF150	MVG150	720,148	103,097	14,316	14,316	14,316	14,316
MVG150	MVJ150	720,148	118,096	16,399	16,399	16,399	16,399
MVG150	MVR1__	720,148	-65,801	9,137	9,137	9,137	9,137
MVH150	MVF150	720,148	224,829	31,220	31,220	31,220	31,220
MVI150	MVH150	1440,296	526,351	36,545	36,545	36,545	36,545
MVI150	MVF150	720,148	190,691	26,479	26,479	26,479	26,479
MVI150	MVR1__	720,148	228,318	31,704	31,704	31,704	31,704
MVI150	MVK150	675,115	154,701	22,915	22,915	22,915	22,915
MVI150	MVM2__	959,941	180,534	18,807	18,807	18,807	18,807
MVI150	MVM1__	959,941	-177,578	18,499	18,499	15,012	18,499
MVI500	SCA500	599,982	170,640	28,441	28,441	28,972	28,441
MVJ150	MVE1__	720,148	-66,011	9,166	9,166	9,166	9,166
MVL150	MVA150	720,148	-88,949	12,351	12,351	11,048	12,351
MVL150	MVR2__	720,148	141,887	19,702	19,702	20,575	19,702
MVM1__	MVA150	959,941	-177,578	18,499	18,499	15,012	18,499
MVM2__	SOL150	675,115	180,534	26,741	26,741	26,741	26,741
MVR1__	MVE1__	720,148	38,980	5,413	5,413	5,413	5,413
NOR150	MVR2__	720,148	-141,887	19,702	19,702	20,575	19,702
NOR150	MVE2__	720,148	404,887	56,223	56,223	53,921	56,223
NPA150	CON150	414,922	134,551	32,428	32,428	32,869	32,428
PAL150	TRI150	479,971	286,589	59,710	59,710	60,360	59,710
PAL500	MVA500	2700,036	1093,924	40,515	40,515	40,416	40,515
PAY150	YOU150	414,922	72,561	17,488	17,488	17,801	17,488
PAZ150	MAL150	414,922	60,233	14,517	14,517	13,529	14,517

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness1	Fitness2	Fitness3
PAZ150	SCA150	414,922	-58,462	14,090	14,090	15,663	14,090
PRO150	MVA150	615,840	158,645	25,761	25,761	26,332	25,761
PTI500	BRU500	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	ACO150	479,971	120,369	25,078	25,078	25,437	25,078
ROD150	MVB150	618,150	101,631	16,441	16,441	16,783	16,441
ROS150	ROD150	479,971	-109,510	22,816	22,816	22,769	22,816
SAL150	PAY150	479,971	237,898	49,565	49,565	49,836	49,565
SCA150	ROC150	615,840	109,723	17,817	17,817	17,817	17,817
SCA150	MAL150	1090,037	362,422	33,249	33,249	33,624	33,249
SGU150	ARA150	240,178	129,703	54,003	54,003	54,003	54,003
SGU150	SAL150	479,971	387,381	80,709	80,709	80,980	80,709
SJA150	FBE150	615,840	268,608	43,617	43,617	43,915	43,617
SJA500	PAL500	2401,777	821,249	34,193	34,193	34,154	34,193
SVA150	MVC150	414,922	-145,836	35,148	35,148	34,762	35,148
TAC150	MDI150	479,971	90,053	18,762	18,762	18,762	18,762
TER150	TAC150	479,971	181,171	37,746	37,746	37,746	37,746
TER150	VAL150	479,971	245,067	51,059	51,059	51,059	51,059
TER150	BAY150	618,150	-275,324	44,540	44,540	44,898	44,540
TER150	DUR150	719,763	326,626	45,380	45,380	45,869	45,380
TGO150	ART150	240,178	46,787	19,480	19,480	19,480	19,480
TRI150	ROD150	959,941	437,704	45,597	45,597	45,972	45,597
TYT150	MEL150	120,089	64,713	53,887	53,887	53,887	53,887
TYT150	EMA150	240,178	55,543	23,126	23,126	23,126	23,126
VAL150	TYT150	479,971	224,287	46,729	46,729	46,729	46,729
YOU150	TER150	414,922	-47,646	11,483	11,483	11,168	11,483
YOU150	MER150	414,922	72,612	17,500	17,500	17,497	17,500
SGU500	SGU150	190,526	155,125	81,420	81,420	81,624	81,420
SJA500	SJA150	190,526	80,583	42,295	42,295	42,584	42,295
PAL500	PAL150	300,222	111,840	37,252	37,252	37,833	37,252
MVB500	MVB150	696,400	221,062	31,743	31,743	34,001	31,743
MVA500	MVA150	693,513	371,318	53,542	53,542	48,980	53,542
MVI500	MVI150	815,680	330,905	40,568	40,568	41,799	40,568
SCA500	SCA150	412,344	170,640	41,383	41,383	42,156	41,383

Cuadro C.1.: Flujo DC para los tres fitness

En la grafica Figura C.1se muestra el número de veces que cada fitness eligió como mejor resultado disparar 0MW de carga.

Los tres resultados son idénticos, no aporta para la comparación.

C.2 Comparación de datos

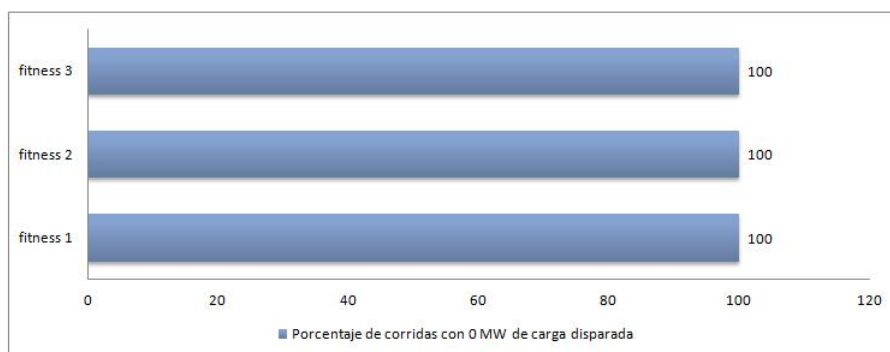


Figura C.1.: Repetición de resultados de cada fitness para PAL500-BRU500 & BUR500-MVB500 en Verano.

C.2.1.2. Contingencia MVI500-SCA500

Para el análisis de esta contingencia en particular se utiliza el Rate A. Esto es debido a que, es bajo estas condiciones donde se planteó anteriormente que se valida el fitness.

Para los tres fitness el resultado que más repeticiones tuvo fué el óptimo, es decir el que dispara 94.25MW de carga. Se muestran los resultados en la tabla Tabla C.2.

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	1599,953	911,111	56,946	50,461	50,461	50,461
ACO150	MVB150	371,044	-10,397	2,802	5,573	5,573	5,573
ARA150	TGO150	240,178	101,416	42,225	42,225	42,225	42,225
BAY150	PAL150	371,044	-20,719	5,584	3,125	3,125	3,125
BAY150	TRI150	359,882	164,385	45,677	44,351	44,351	44,351
BIF150	PAZ150	500,370	656,591	131,221	58,721	58,721	58,721
BOT150	FBE150	240,178	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BRU500	MVB500	1599,953	585,617	36,602	33,624	33,624	33,624
CGR150	PES150	959,941	207,801	21,647	21,647	21,647	21,647
COL150	ROS150	240,178	5,520	2,298	0,585	0,585	0,585
COL150	JLA150	250,185	-3,749	1,499	4,847	4,847	4,847
CON150	COL150	250,185	81,685	32,650	27,657	27,657	27,657
DUR150	FLO150	735,929	197,839	26,883	24,635	24,635	24,635
EFI150	SVA150	240,178	-91,454	38,078	41,565	41,565	41,565
FBE150	MER150	367,965	188,932	51,345	49,226	49,226	49,226
FLO150	PRO150	735,929	93,807	12,747	10,499	10,499	10,499
JLA150	LIB150	240,178	-3,749	1,561	5,049	5,049	5,049
LIB150	EFI150	265,966	-64,280	24,168	27,318	27,318	27,318
MAL150	CGR150	500,370	207,801	41,529	41,529	41,529	41,529

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MDI150	RIV150	367,965	69,529	18,896	18,896	18,896	18,896
MDI150	STE150	60,044	20,524	34,181	34,181	34,181	34,181
MER150	NPA150	240,178	161,207	67,120	61,918	61,918	61,918
MVA150	NOR150	885,270	529,422	59,803	65,093	65,093	65,093
MVA150	BIF150	500,000	856,157	171,231	98,678	98,678	98,678
MVA150	PAN150	250,185	198,858	79,484	79,484	79,484	79,484
MVA500	MVI500	1199,965	372,218	31,019	29,666	29,666	29,666
MVB150	MVC150	1116,211	437,737	39,216	36,811	36,811	36,811
MVB150	MVL150	558,105	185,415	33,222	27,809	27,809	27,809
MVB150	MVA150	558,105	107,514	19,264	10,327	10,327	10,327
MVB150	PIE150	371,044	175,880	47,401	47,401	47,401	47,401
MVB500	MVA500	1599,953	282,394	17,650	16,248	16,248	16,248
MVC150	MVD150	1116,211	7,011	0,628	2,528	2,528	2,528
MVD150	MVE2__	523,849	7,011	1,338	5,386	5,386	5,386
MVF150	MVE1__	638,934	27,031	4,231	4,231	4,231	4,231
MVF150	MVG150	652,021	103,097	15,812	15,812	15,812	15,812
MVG150	MVJ150	652,021	118,096	18,112	18,112	18,112	18,112
MVG150	MVR1__	720,148	-65,801	9,137	9,137	9,137	9,137
MVH150	MVF150	638,934	224,829	35,188	35,188	35,188	35,188
MVI150	MVH150	1237,839	526,351	42,522	42,522	42,522	42,522
MVI150	MVF150	652,021	190,691	29,246	29,246	29,246	29,246
MVI150	MVR1__	720,148	228,318	31,704	31,704	31,704	31,704
MVI150	MVK150	399,911	154,701	38,684	38,684	38,684	38,684
MVI150	MVM2__	558,105	180,534	32,348	32,348	32,348	32,348
MVI150	MVM1__	558,105	-39,868	7,143	16,844	16,844	16,844
MVJ150	MVE1__	720,148	-66,011	9,166	9,166	9,166	9,166
MVL150	MVA150	558,105	-69,888	12,522	15,857	15,857	15,857
MVL150	MVR2__	586,973	160,559	27,354	25,377	25,377	25,377
MVM1__	MVA150	558,105	-39,868	7,143	16,844	16,844	16,844
MVM2__	SOL150	399,911	180,534	45,143	45,143	45,143	45,143
MVR1__	MVE1__	720,148	38,980	5,413	5,413	5,413	5,413
NOR150	MVR2__	586,973	-160,559	27,354	25,377	25,377	25,377
NOR150	MVE2__	720,148	387,338	53,786	58,677	58,677	58,677
NPA150	CON150	250,185	84,769	33,882	28,889	28,889	28,889
PAL150	TRI150	371,044	199,954	53,890	50,116	50,116	50,116
PAL500	BRU500	1599,953	585,617	36,602	33,624	33,624	33,624
PAL500	MVA500	1599,953	575,999	36,001	33,073	33,073	33,073
PAY150	YOU150	250,185	41,629	16,639	9,889	9,889	9,889
PAZ150	MAL150	250,185	279,581	111,750	43,733	43,733	43,733
PAZ150	SCA150	250,185	290,988	116,309	39,326	39,326	39,326

C.2 Comparación de datos

Barra Inicial	Barra Final	Rate A (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Líneas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
PRO150	MVA150	735,929	93,807	12,747	10,499	10,499	10,499
PTI500	BRU500	1599,953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	ACO150	371,044	62,680	16,893	14,122	14,122	14,122
ROD150	MVB150	371,044	30,869	8,319	4,921	4,921	4,921
ROS150	ROD150	399,911	-126,940	31,742	32,771	32,771	32,771
SAL150	PAY150	371,044	206,967	55,780	51,228	51,228	51,228
SCA150	ROC150	367,965	109,723	29,819	0,000	0,000	0,000
SCA150	MAL150	650,096	143,073	22,008	15,134	15,134	15,134
SGU150	ARA150	240,178	129,703	54,003	54,003	54,003	54,003
SGU150	SAL150	500,370	356,449	71,237	67,862	67,862	67,862
SJA150	FBE150	367,965	222,859	60,565	58,446	58,446	58,446
SJA500	PAL500	2401,777	844,253	35,151	30,928	30,928	30,928
SVA150	MVC150	250,185	-178,188	71,223	74,571	74,571	74,571
TAC150	MDI150	367,965	90,053	24,473	24,473	24,473	24,473
TER150	TAC150	367,965	181,171	49,236	49,236	49,236	49,236
TER150	VAL150	367,965	245,067	66,601	66,601	66,601	66,601
TER150	BAY150	371,044	-237,385	63,978	62,805	62,805	62,805
TER150	DUR150	719,763	261,789	36,372	34,073	34,073	34,073
TGO150	ART150	240,178	46,787	19,480	19,480	19,480	19,480
TRI150	ROD150	742,088	326,683	44,022	41,492	41,492	41,492
TYT150	MEL150	120,089	64,713	53,887	53,887	53,887	53,887
TYT150	EMA150	240,178	55,543	23,126	23,126	23,126	23,126
VAL150	TYT150	367,965	224,287	60,953	60,953	60,953	60,953
YOU150	TER150	250,185	-74,545	29,796	34,669	34,669	34,669
YOU150	MER150	250,185	68,578	27,411	25,535	25,535	25,535
SGU500	SGU150	173,205	145,846	84,204	81,279	81,279	81,279
SJA500	SJA150	173,205	66,858	38,600	37,250	37,250	37,250
PAL500	PAL150	230,940	67,152	29,078	26,073	26,073	26,073
MVB500	MVB150	535,666	303,223	56,607	51,900	51,900	51,900
MVA500	MVA150	533,472	486,175	91,134	81,194	81,194	81,194
MVI500	MVI150	627,464	372,218	59,321	56,733	56,733	56,733
SCA500	SCA150	317,196	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Cuadro C.2.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia MVI500-SCA500

En las imágenes Figura C.2 se grafica el número de repeticiones que el programa escogió como el habitante óptimo para esta contingencia.

El fitness 2 tomó en menos ocasiones el óptimo (el 52 % de las veces) que los fitness 1 y 3, aunque los restantes disparos de carga también eliminan la sobrecarga.

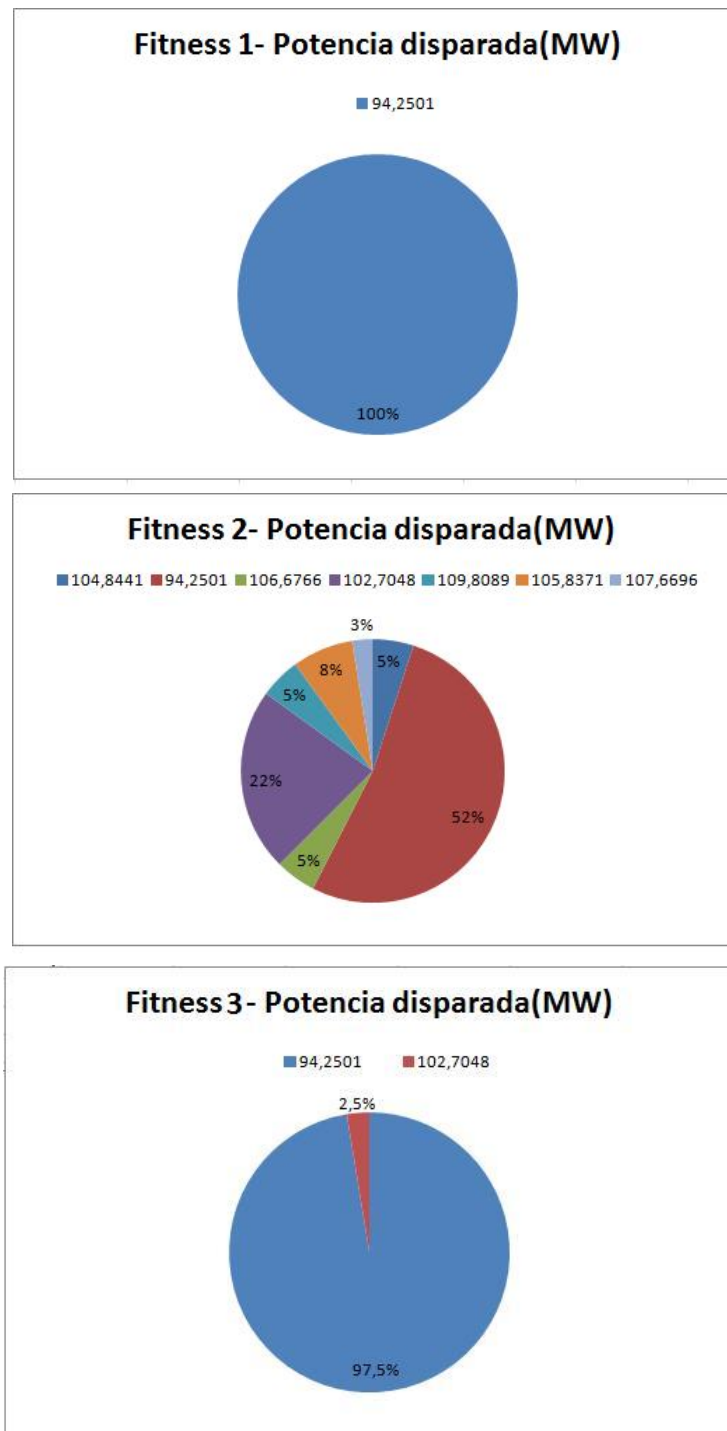


Figura C.2.: Resultados para cada fitness contingencia MVI500-SCA500 Verano

C.2.1.3. Contingencia SJA500-PAL500

En esta contingencia, el resultado que más se repitió fué distinto para cada fitness. A continuación se muestra la tabla (Tabla C.3) con el flujo DC y las gráficas (Figura C.3) correspondientes.

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Líneas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	545,979	20,221	4,495	4,817	4,245
ACO150	MVB150	520,000	309,855	59,587	17,700	22,206	16,852
ARA150	TGO150	240,178	101,416	42,225	42,225	42,225	42,225
BAY150	PAL150	479,971	582,820	121,428	44,268	36,947	34,812
BAY150	TRI150	359,882	456,110	126,739	58,720	47,315	48,970
BIF150	PAZ150	829,845	167,246	20,154	5,812	18,053	20,167
BOT150	FBE150	240,178	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BRU500	MVB500	799,823	288,574	10,688	8,157	8,003	7,883
CGR150	PES150	240,178	207,801	25,981	25,981	25,981	25,981
COL150	ROS150	414,922	687,695	286,327	45,934	45,178	10,069
COL150	JLA150	359,882	615,895	148,436	30,493	31,407	13,513
CON150	COL150	615,840	1383,504	384,433	65,812	66,362	44,505
DUR150	FLO150	240,178	814,934	132,329	51,079	39,298	32,453
EFI150	SVA150	479,971	528,191	219,917	52,678	42,944	23,344
FBE150	MER150	615,840	1786,004	372,107	77,214	83,258	72,538
FLO150	PRO150	295,988	710,902	115,436	34,186	22,406	32,453
JLA150	LIB150	359,882	615,895	208,081	42,745	44,028	18,942
LIB150	EFI150	779,808	555,365	154,319	35,156	36,211	15,579
MAL150	CGR150	615,840	207,801	26,648	26,648	26,648	26,648
MDI150	RIV150	60,044	69,529	11,290	0,000	11,290	11,290
MDI150	STE150	240,178	20,524	34,181	34,181	34,181	0,000
MER150	NPA150	959,941	1463,026	609,143	99,896	99,436	99,796
MVA150	NOR150	829,000	190,366	19,831	20,071	17,129	12,504
MVA150	BIF150	414,922	366,812	44,248	29,891	18,072	20,188
MVA150	PAN150	1199,965	198,858	47,926	0,000	47,926	47,926
MVA500	MVI500	1919,882	402,605	33,551	21,795	25,111	18,869
MVB150	MVC150	720,148	212,705	11,079	9,148	3,556	4,710
MVB150	MVL150	959,941	197,376	27,408	18,133	18,067	15,955
MVB150	MVA150	479,971	192,154	20,017	10,665	18,131	10,013
MVB150	PIE150	2700,036	175,880	36,644	0,000	0,000	0,000
MVB500	MVA500	1600,415	237,804	8,807	5,894	6,722	5,317
MVC150	MVD150	720,148	401,624	25,095	3,101	10,711	9,153
MVD150	MVE2___	720,148	401,624	55,770	6,891	23,803	20,341
MVF150	MVE1___	720,148	27,031	3,754	4,676	3,170	0,339
MVF150	MVG150	720,148	103,097	14,316	15,509	10,303	2,821

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVG150	MVJ150	720,148	118,096	16,399	16,512	17,385	1,100
MVG150	MVR1__	720,148	-65,801	9,137	8,058	7,083	3,133
MVH150	MVF150	1440,296	224,829	31,220	36,698	28,399	2,658
MVI150	MVH150	720,148	526,351	36,545	18,349	35,134	19,606
MVI150	MVF150	720,148	190,691	26,479	23,117	24,703	5,139
MVI150	MVR1__	675,115	228,318	31,704	29,589	29,247	4,573
MVI150	MVK150	959,941	154,701	22,915	0,000	0,000	22,915
MVI150	MVM2__	959,941	180,534	18,807	18,807	18,807	0,000
MVI150	MVM1__	599,982	-427,922	44,578	24,627	37,772	9,753
MVI500	SCA500	720,148	146,804	24,468	14,190	14,597	17,066
MVJ150	MVE1__	720,148	-66,011	9,166	9,053	8,180	1,100
MVL150	MVA150	720,148	-2,371	0,329	3,404	5,881	2,218
MVL150	MVR2__	959,941	105,002	14,581	8,380	0,970	5,017
MVM1__	MVA150	675,115	-427,922	44,578	24,627	37,772	9,753
MVM2__	SOL150	720,148	180,534	26,741	26,741	26,741	0,000
MVR1__	MVE1__	720,148	38,980	5,413	4,376	5,010	1,439
NOR150	MVR2__	720,148	-105,002	14,581	8,380	0,970	5,017
NOR150	MVE2__	414,922	-7,275	1,010	6,891	23,803	20,341
NPA150	CON150	479,971	1386,588	334,180	57,825	57,559	39,345
PAL150	TRI150	2700,036	-60,866	12,681	5,654	3,329	6,741
PAL500	BRU500	414,922	288,574	10,688	8,157	8,003	7,883
PAL500	MVA500	414,922	288,097	10,670	8,108	7,996	7,819
PAY150	YOU150	414,922	1258,735	303,366	26,738	34,467	20,845
PAZ150	MAL150	615,840	90,873	21,901	3,544	12,985	21,912
PAZ150	SCA150	2700,036	-9,649	2,325	12,652	2,389	2,309
PRO150	MVA150	479,971	710,902	115,436	34,186	22,406	32,453
PTI500	BRU500	618,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	ACO150	479,971	382,932	79,782	19,176	24,058	18,257
ROD150	MVB150	479,971	423,696	68,543	18,264	22,913	17,389
ROS150	ROD150	615,840	555,234	115,681	22,985	22,607	5,039
SAL150	PAY150	1090,037	1424,072	296,700	57,562	64,244	52,468
SCA150	ROC150	240,178	109,723	17,817	0,000	17,817	0,000
SCA150	MAL150	479,971	331,782	30,438	17,715	14,121	30,434
SGU150	ARA150	615,840	129,703	54,003	54,003	54,003	54,003
SGU150	SAL150	2401,777	1573,555	327,844	88,706	95,388	83,612
SJA150	FBE150	414,922	1819,931	295,520	65,687	70,398	62,043
SVA150	MVC150	479,971	441,456	106,395	30,493	24,858	13,513
TAC150	MDI150	479,971	90,053	18,762	4,276	18,762	14,486
TER150	TAC150	479,971	181,171	37,746	4,276	37,746	33,470
TER150	VAL150	618,150	245,067	51,059	51,059	51,059	39,487

C.2 Comparación de datos

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
TER150	BAY150	719,763	657,879	106,427	6,915	5,409	6,103
TER150	DUR150	240,178	878,884	122,107	43,704	42,509	36,652
TGO150	ART150	959,941	46,787	19,480	19,480	19,480	19,480
TRI150	ROD150	120,089	357,588	37,251	20,919	15,480	17,807
TYT150	MEL150	240,178	64,713	53,887	53,887	53,887	53,888
TYT150	EMA150	479,971	55,543	23,126	23,126	23,126	0,000
VAL150	TYT150	414,922	224,287	46,729	46,729	46,729	35,157
YOU150	TER150	414,922	1437,814	346,526	23,551	38,539	12,307
YOU150	MER150	190,526	-226,674	54,631	8,284	15,542	2,933
SGU500	SGU150	190,526	510,977	268,194	87,463	92,513	83,613
SJA500	SJA150	300,222	545,979	286,565	63,697	68,265	60,163
PAL500	PAL150	696,400	-192,156	64,005	18,203	15,808	13,147
MVB500	MVB150	693,513	50,770	7,290	8,774	4,968	9,951
MVA500	MVA150	815,680	123,295	17,778	16,804	13,850	18,496
MVI500	MVI150	412,344	255,802	31,361	21,625	26,205	15,205
SCA500	SCA150	317,196	146,804	35,602	20,647	21,239	24,833

Cuadro C.3.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia SJA500-PAL500

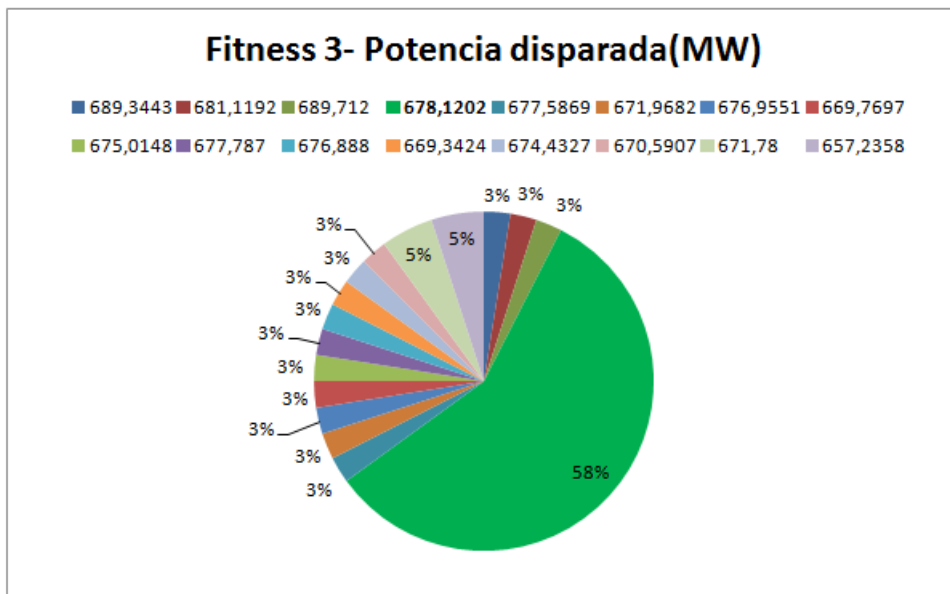
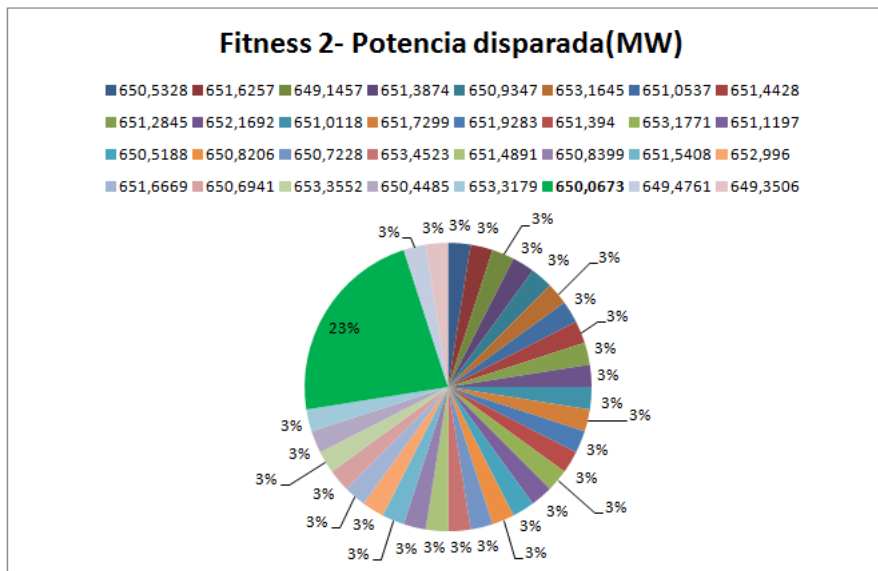
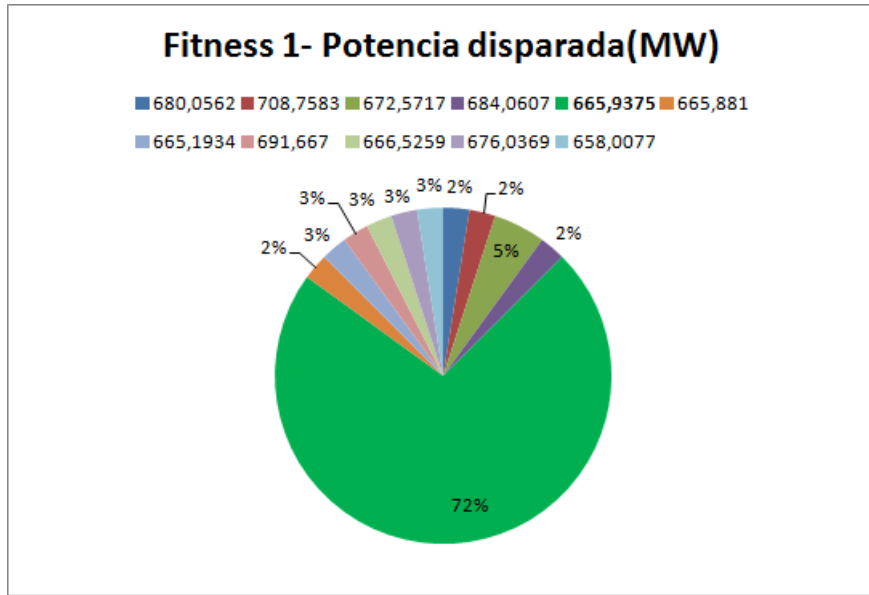


Figura C.3.: Resultados para cada fitness, contingencia SJA500-PAL500 Verano

C.2 Comparación de datos

Los tres fitness dispararon alrededor de 650MW de potencia, dejando la línea más cargada MER150-NPA150 con un 99% de carga, cuando originalmente se encontraba con un 600% de sobrecarga. Se concluye entonces que en los tres casos se está cerca de quitar la carga óptima. Además se observa que el primer fitness fué mas consistente en cuanto al resultado, ya que repitió el mismo habitante el 72% de las veces, como se verifica en la Figura C.3.

C.2.1.4. Contingencia BRU500-MVB500 & PAL500-MVA500

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	750,826	27,808	2,714	2,227	2,324
ACO150	MVB150	520,000	951,603	183,001	37,551	54,295	61,753
ARA150	TGO150	240,178	101,416	42,225	42,225	42,225	42,225
BAY150	PAL150	479,971	-1101,140	229,418	45,110	52,643	50,234
BAY150	TRI150	359,882	559,068	155,348	68,526	60,104	62,318
BIF150	PAZ150	829,845	248,097	29,897	4,425	0,203	32,448
BOT150	FBE150	240,178	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CGR150	PES150	799,823	207,801	25,981	0,000	0,000	25,981
COL150	ROS150	240,178	281,748	117,308	42,850	20,489	5,531
COL150	JLA150	414,922	567,059	136,666	31,025	40,007	34,360
CON150	COL150	359,882	928,720	258,063	64,368	59,800	65,512
DUR150	FLO150	615,840	1357,076	220,362	64,574	70,706	73,822
EFI150	SVA150	240,178	479,354	199,583	17,082	57,801	48,045
FBE150	MER150	479,971	975,182	203,175	63,663	64,940	66,031
FLO150	PRO150	615,840	1253,045	203,469	64,574	53,813	56,930
JLA150	LIB150	295,988	567,059	191,581	43,492	56,083	48,167
LIB150	EFI150	359,882	506,528	140,749	18,951	46,126	39,615
MAL150	CGR150	779,808	207,801	26,648	0,000	0,000	26,648
MDI150	RIV150	615,840	69,529	11,290	11,290	11,290	11,290
MDI150	STE150	60,044	20,524	34,181	34,181	34,181	34,181
MER150	NPA150	240,178	1008,242	419,790	97,732	90,888	99,447
MVA150	NOR150	959,941	-44,709	4,657	2,821	11,431	19,348
MVA150	BIF150	829,000	447,664	54,000	19,644	23,870	32,481
MVA150	PAN150	414,922	198,858	47,926	47,926	0,000	0,000
MVA500	MVI500	1199,965	301,926	25,161	3,874	8,418	13,398
MVB150	MVC150	1919,882	415,668	21,651	4,312	3,536	5,725
MVB150	MVL150	720,148	382,657	53,136	12,147	15,287	16,873
MVB150	MVA150	959,941	487,491	50,783	9,296	14,189	20,843
MVB150	PIE150	479,971	175,880	36,644	0,000	36,644	0,000
MVB500	MVA500	2700,036	172,834	6,401	1,047	2,025	3,150
MVC150	MVD150	1600,415	555,750	34,725	2,316	7,496	8,658

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVD150	MVE2__	720,148	555,750	77,172	5,148	16,659	19,241
MVF150	MVE1__	720,148	27,031	3,754	3,625	2,702	2,702
MVF150	MVG150	720,148	103,097	14,316	7,944	6,751	6,751
MVG150	MVJ150	720,148	118,096	16,399	0,612	0,726	0,726
MVG150	MVR1__	720,148	-65,801	9,137	1,502	0,423	0,423
MVH150	MVF150	720,148	224,829	31,220	7,098	1,620	1,620
MVI150	MVH150	1440,296	526,351	36,545	3,549	21,745	21,745
MVI150	MVF150	720,148	190,691	26,479	4,471	7,834	7,834
MVI150	MVR1__	720,148	228,318	31,704	12,640	14,755	14,755
MVI150	MVK150	675,115	154,701	22,915	0,000	0,000	0,000
MVI150	MVM2__	959,941	180,534	18,807	0,000	0,000	0,000
MVI150	MVM1__	959,941	-682,670	71,116	9,822	26,102	30,116
MVI500	SCA500	599,982	122,548	20,425	3,746	5,571	17,457
MVJ150	MVE1__	720,148	-66,011	9,166	0,612	0,726	0,726
MVL150	MVA150	720,148	101,962	14,158	0,378	3,552	10,324
MVL150	MVR2__	720,148	185,950	25,821	1,387	1,421	6,550
MVM1__	MVA150	959,941	-682,670	71,116	9,822	26,102	30,116
MVM2__	SOL150	675,115	180,534	26,741	0,000	0,000	0,000
MVR1__	MVE1__	720,148	38,980	5,413	3,013	1,977	1,977
NOR150	MVR2__	720,148	-185,950	25,821	1,387	1,421	6,550
NOR150	MVE2__	720,148	-161,402	22,412	5,148	16,659	19,241
NPA150	CON150	414,922	931,804	224,573	56,572	52,611	57,565
PAL150	TRI150	479,971	1671,054	348,158	99,645	99,973	99,475
PAL500	BRU500	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PAY150	YOU150	414,922	575,913	138,800	4,837	8,078	7,717
PAZ150	MAL150	414,922	122,052	29,416	3,413	0,157	31,383
PAZ150	SCA150	414,922	40,024	9,646	5,437	0,250	12,780
PRO150	MVA150	615,840	1253,045	203,469	64,574	53,813	56,930
PTI500	BRU500	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	ACO150	479,971	1024,680	213,488	55,909	74,049	66,903
ROD150	MVB150	618,150	1210,878	195,888	45,805	63,082	63,721
ROS150	ROD150	479,971	149,287	31,103	6,155	10,253	2,768
SAL150	PAY150	479,971	741,251	154,437	38,629	41,431	41,119
SCA150	ROC150	615,840	109,723	17,817	0,000	17,817	17,817
SCA150	MAL150	1090,037	300,603	27,577	1,299	0,060	26,828
SGU150	ARA150	240,178	129,703	54,003	54,003	54,003	54,003
SGU150	SAL150	479,971	890,733	185,581	69,773	72,575	72,263
SJA150	FBE150	615,840	1009,110	163,859	55,127	56,121	56,972
SJA500	PAL500	2401,777	448,093	18,657	7,292	6,820	6,995
SVA150	MVC150	414,922	392,620	94,625	11,016	12,555	6,907

C.2 Comparación de datos

Barra Inicio	Barra Fin	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
TAC150	MDI150	479,971	90,053	18,762	18,762	18,762	18,762
TER150	TAC150	479,971	181,171	37,746	37,746	37,746	37,746
TER150	VAL150	479,971	245,067	51,059	37,576	51,059	39,487
TER150	BAY150	618,150	-923,123	149,337	56,775	67,528	64,367
TER150	DUR150	719,763	1421,026	197,430	64,135	69,382	72,048
TGO150	ART150	240,178	46,787	19,480	19,480	19,480	19,480
TRI150	ROD150	959,941	2192,466	228,396	71,590	72,520	73,100
TYT150	MEL150	120,089	64,713	53,887	0,000	53,887	53,888
TYT150	EMA150	240,178	55,543	23,126	23,126	23,126	0,000
VAL150	TYT150	479,971	224,287	46,729	33,247	46,729	35,157
YOU150	TER150	414,922	398,954	96,152	12,772	4,093	8,146
YOU150	MER150	414,922	129,363	31,178	6,138	0,700	4,392
SGU500	SGU150	190,526	306,131	160,677	73,154	75,272	75,036
SJA500	SJA150	190,526	302,733	158,894	53,456	54,421	55,245
PAL500	PAL150	300,222	832,608	277,331	69,743	73,514	72,119
MVB500	MVB150	696,400	-172,834	24,818	4,060	7,850	12,213
MVA500	MVA150	693,513	-129,091	18,614	2,626	6,682	10,918
MVI500	MVI150	815,680	179,377	21,991	2,944	8,286	6,869
SCA500	SCA150	412,344	122,548	29,720	5,450	8,106	25,401

Cuadro C.4.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia BRU500-MVB500
PAL500-MVA500

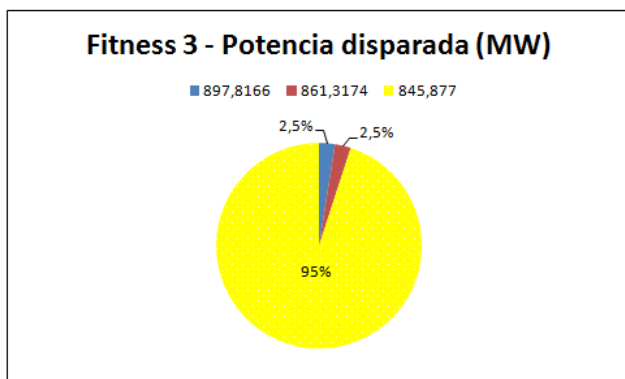
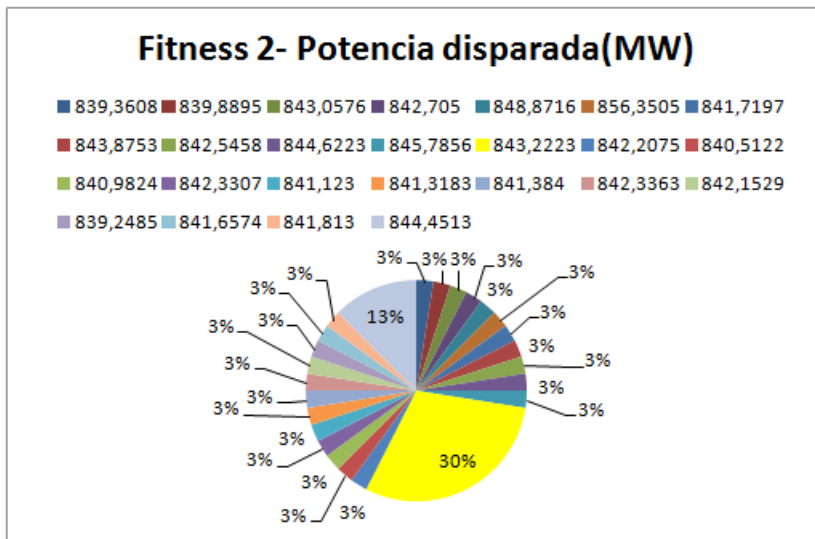
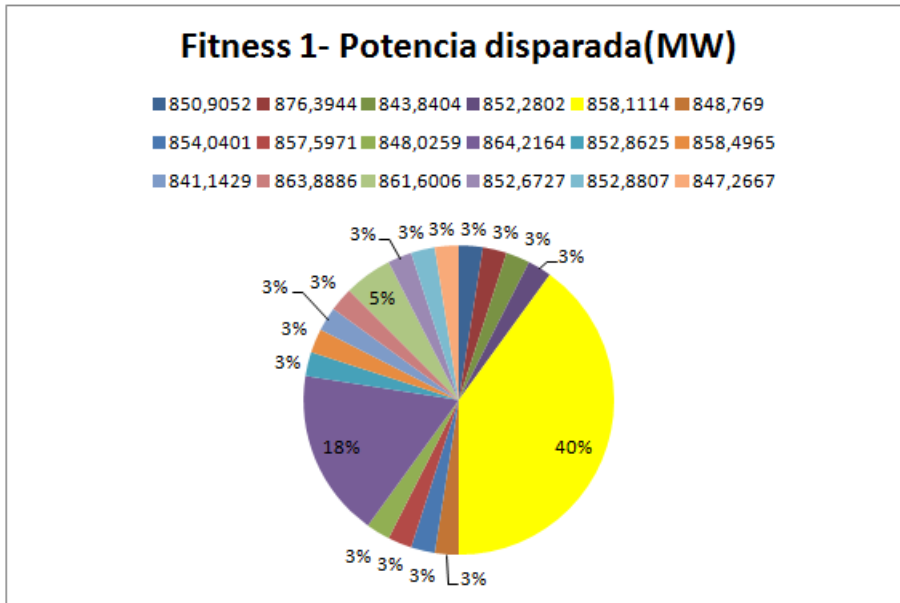


Figura C.4.: Resultados para cada fitness, contingencia BRU500-MVB500 & PAL500-MVA500 Verano

C.2.2. Red Uruguay Invierno

C.2.2.1. Contingencia PAL500-BRU500 & BRU500-MVB500

La siguiente tabla Tabla C.5 muestra la carga en las líneas con la contingencia PAL500-BRU500 & BUR500-MVB500 antes y después de correr el programa. El resultado mostrado para los fitness 1, 2 y 3 es el correspondiente al habitante más repetido dentro de las 40 corridas.

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	1151,787	42,658	42,268	42,087	40,510
ACO150	MVB150	520,000	75,669	14,552	14,901	18,537	13,079
ARA150	TGO150	240,178	73,066	30,422	30,422	30,422	30,422
BAY150	PAL150	479,971	-140,711	29,317	28,731	27,074	27,901
BAY150	TRI150	359,882	189,229	52,581	52,830	54,343	51,585
BIF150	PAZ150	829,845	16,702	2,013	2,074	3,805	2,234
BOT150	FBE150	240,178	-165,004	68,701	68,701	0,000	68,701
BRU500	MVB500	799,823	96,109	12,016	12,016	12,016	12,016
CGR150	PES150	240,178	9,939	4,138	6,163	22,126	2,886
COL150	ROS150	414,922	32,524	7,839	8,864	17,497	6,517
COL150	JLA150	359,882	120,766	33,557	36,091	56,697	31,198
CON150	COL150	615,840	280,166	45,493	45,860	48,918	43,754
DUR150	FLO150	240,178	-49,273	20,515	18,743	3,830	22,797
EFI150	SVA150	479,971	182,018	37,923	42,413	52,523	36,742
FBE150	MER150	615,840	162,471	26,382	26,749	29,807	24,642
FLO150	PRO150	295,988	32,524	10,988	12,426	24,527	9,136
JLA150	LIB150	359,882	-21,056	5,851	4,668	5,284	7,374
LIB150	EFI150	779,808	96,109	12,325	12,325	12,325	12,325
MAL150	CGR150	615,840	103,798	16,855	16,855	16,855	16,855
MDI150	RIV150	60,044	21,720	36,173	36,173	36,173	36,173
MDI150	STE150	240,178	203,275	84,635	88,432	86,169	81,100
MER150	NPA150	959,941	842,031	87,717	87,435	83,514	89,244
MVA150	NOR150	829,000	16,702	2,013	2,074	16,076	2,234
MVA150	BIF150	414,922	237,131	57,151	57,151	57,151	57,151
MVA150	PAN150	1199,965	568,807	47,402	47,349	48,687	44,141
MVA500	MVI500	1919,882	547,906	28,539	28,472	28,459	28,212
MVB150	MVC150	720,148	237,302	32,952	33,000	34,879	31,785
MVB150	MVL150	959,941	79,426	8,274	8,380	11,058	6,794
MVB150	MVA150	479,971	212,362	44,245	44,245	44,245	44,245
MVB150	PIE150	2700,036	-290,847	10,772	10,728	10,693	10,641
MVB500	MVA500	1600,415	28,099	1,756	1,942	4,165	1,022
MVC150	MVD150	720,148	28,099	3,902	4,315	9,255	2,271

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVD150	MVE2__	720,148	32,209	4,473	4,473	4,473	4,473
MVF150	MVE1__	720,148	151,428	21,027	21,027	21,027	21,027
MVF150	MVG150	720,148	151,468	21,033	21,033	21,033	21,033
MVG150	MVJ150	720,148	-108,291	15,037	15,037	15,037	15,037
MVG150	MVR1__	720,148	322,685	44,808	44,808	44,808	44,808
MVH150	MVF150	1440,296	726,428	50,436	50,436	50,436	50,436
MVI150	MVH150	720,148	268,967	37,349	37,349	37,349	37,349
MVI150	MVF150	720,148	307,734	42,732	42,732	42,732	42,732
MVI150	MVR1__	675,115	203,658	30,166	30,166	30,166	0,000
MVI150	MVK150	959,941	217,825	22,692	22,692	22,692	22,692
MVI150	MVM2__	959,941	-233,556	24,330	24,498	24,004	16,510
MVI150	MVM1__	599,982	121,490	20,249	20,223	22,663	20,157
MVJ150	MVE1__	720,148	-94,849	13,171	13,171	13,171	13,171
MVL150	MVA150	720,148	-143,371	19,908	19,822	18,231	20,670
MVL150	MVR2__	720,148	188,455	26,169	26,131	26,418	25,763
MVM1__	MVA150	959,941	-233,556	24,330	24,498	24,004	16,510
MVM2__	SOL150	675,115	217,825	32,265	32,265	32,265	32,265
MVR1__	MVE1__	720,148	62,640	8,698	8,698	8,698	8,698
NOR150	MVR2__	720,148	-188,455	26,169	26,131	26,418	25,763
NOR150	MVE2__	720,148	508,590	70,623	70,210	65,270	72,254
NPA150	CON150	414,922	123,683	29,809	32,006	49,879	27,763
PAL150	TRI150	479,971	342,538	71,366	71,008	70,658	69,188
PAL500	BRU500	2700,036	1273,536	47,167	47,050	47,808	45,274
PAL500	MVA500	414,922	142,121	34,252	32,694	27,457	31,764
PAY150	YOU150	414,922	25,060	6,040	6,087	1,553	6,210
PAZ150	MAL150	414,922	-59,820	14,417	14,341	21,565	14,145
PAZ150	SCA150	615,840	162,471	26,382	26,749	29,807	24,642
PRO150	MVA150	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PTI500	BRU500	479,971	135,981	28,331	28,709	32,649	26,736
ROD150	ACO150	618,150	128,819	20,839	21,200	24,952	19,320
ROD150	MVB150	479,971	-128,332	26,737	25,724	17,736	27,364
ROS150	ROD150	479,971	328,747	68,493	67,146	62,619	66,342
SAL150	PAY150	615,840	57,166	9,283	9,283	9,283	9,283
SCA150	ROC150	1090,037	247,939	22,746	22,728	24,454	22,681
SCA150	MAL150	240,178	87,745	36,533	36,533	36,533	36,533
SGU150	ARA150	479,971	485,361	101,123	99,776	95,249	98,971
SGU150	SAL150	615,840	388,580	63,098	59,849	47,683	62,178
SJA150	FBE150	2401,777	1035,213	43,102	42,914	43,646	40,758
SJA500	PAL500	414,922	-163,951	39,514	38,488	29,856	40,835
SVA150	MVC150	479,971	125,517	26,151	26,151	26,151	26,151

C.2 Comparación de datos

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
TAC150	MDI150	479,971	214,688	44,729	44,729	44,729	44,729
TER150	TAC150	479,971	251,385	52,375	52,375	52,375	52,375
TER150	VAL150	618,150	-332,534	53,795	53,195	51,028	53,275
TER150	BAY150	719,763	346,483	48,139	48,452	51,069	46,650
TER150	DUR150	240,178	47,574	19,808	19,808	19,808	19,808
TGO150	ART150	959,941	490,416	51,088	51,002	51,395	49,626
TRI150	ROD150	120,089	71,295	59,369	59,369	59,369	59,369
TYT150	MEL150	240,178	24,243	10,094	10,094	10,094	10,094
TYT150	EMA150	479,971	219,407	45,713	45,713	45,713	45,713
VAL150	TYT150	414,922	-38,261	9,221	7,783	0,015	11,029
YOU150	TER150	414,922	131,299	31,644	28,647	15,643	30,964
YOU150	MER150	190,526	171,932	90,241	89,223	85,801	88,615
SGU500	SGU150	190,526	116,574	61,186	58,036	46,239	60,293
SJA500	SJA150	300,222	146,192	48,695	48,242	47,280	46,971
PAL500	PAL150	696,400	290,847	41,764	41,594	41,460	41,255
MVB500	MVB150	693,513	413,881	59,679	59,485	60,256	58,461
MVA500	MVA150	815,680	447,317	54,840	54,780	54,955	50,110
MVI500	MVI150	412,344	121,490	29,463	29,426	32,976	29,330
SCA500	SCA150	317,196	0,000	0,000	24,833	0,000	24,833

Cuadro C.5.: Flujo DC para los tres fitness

En las imágenes siguientes se grafica el número de repeticiones que el programa escogió como habitante óptimo para esta contingencia.

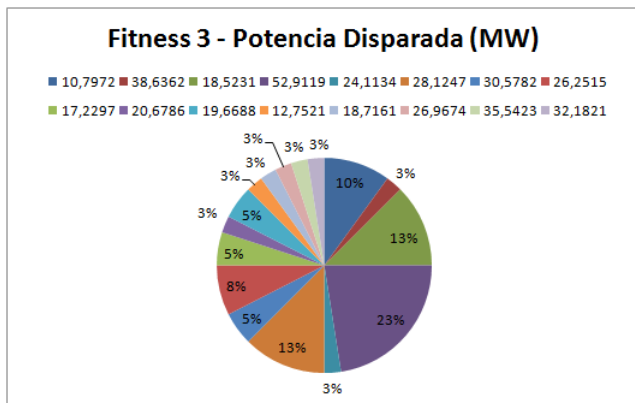
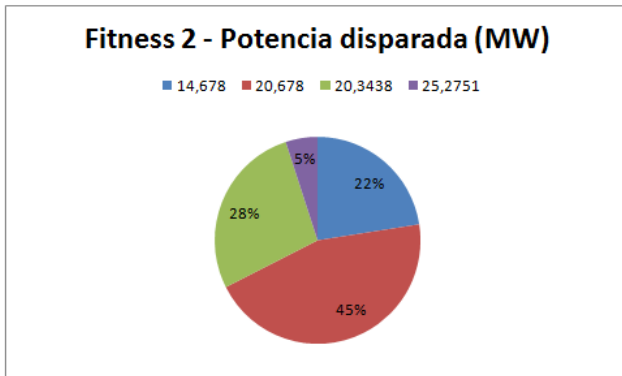
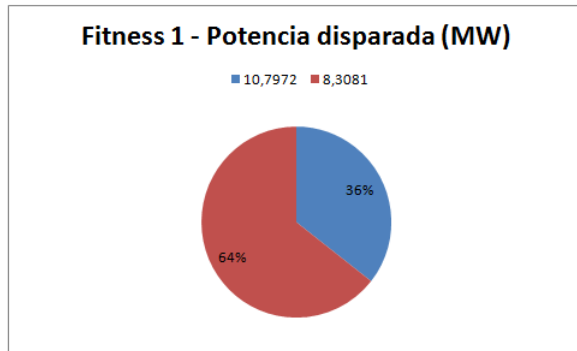


Figura C.5.: Resultados de cada fitness para PAL500-BRU500 & BUR500-MVB500 en Invierno

C.2.2.2. Contingencia MVI500-SCA500

Para el análisis de esta contingencia en particular se utiliza el Rate B a diferencia de Verano.

Como se ve en la tabla Figura C.6, como no hay sobrecarga en ninguna linea, no debe disparar carga.

C.2 Comparación de datos

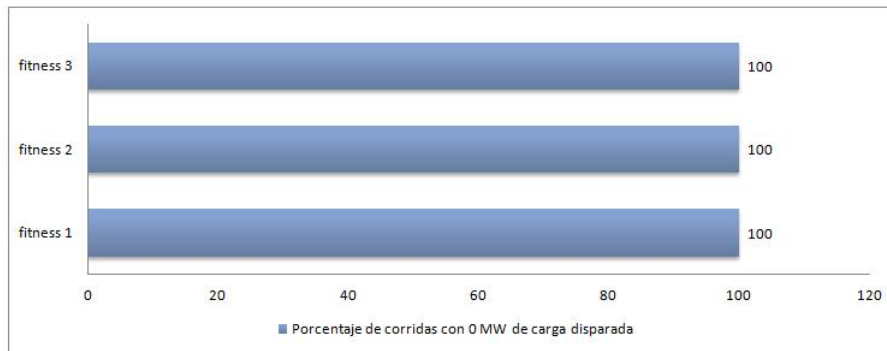


Figura C.6.: Resultados para cada fitness, contingencia MVI500-SCA500 Verano

La tabla Tabla C.6 muestra los resultados de las corridas de flujo de carga.

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	1163,856	43,105	43,105	43,105	43,105
ACO150	MVB150	520,000	2,799	0,538	0,538	0,538	0,538
ARA150	TGO150	240,178	73,066	30,422	30,422	30,422	30,422
BAY150	PAL150	479,971	-59,406	12,377	12,377	12,377	12,377
BAY150	TRI150	359,882	159,176	44,230	44,230	44,230	44,230
BIF150	PAZ150	829,845	6,394	0,771	0,771	0,771	0,771
BOT150	FBE150	240,178	-165,004	68,701	68,701	68,701	68,701
BRU500	MVB500	799,823	685,824	25,401	25,401	25,401	25,401
CGR150	PES150	240,178	96,109	12,016	12,016	12,016	12,016
COL150	ROS150	414,922	-11,173	4,652	4,652	4,652	4,652
COL150	JLA150	359,882	-10,306	2,484	2,484	2,484	2,484
CON150	COL150	615,840	56,824	15,790	15,790	15,790	15,790
DUR150	FLO150	240,178	193,372	31,400	31,400	31,400	31,400
EFI150	SVA150	479,971	-92,103	38,348	38,348	38,348	38,348
FBE150	MER150	615,840	122,764	25,577	25,577	25,577	25,577
FLO150	PRO150	295,988	75,676	12,288	12,288	12,288	12,288
JLA150	LIB150	359,882	-10,306	3,482	3,482	3,482	3,482
LIB150	EFI150	779,808	-63,886	17,752	17,752	17,752	17,752
MAL150	CGR150	615,840	96,109	12,325	12,325	12,325	12,325
MDI150	RIV150	60,044	103,798	16,855	16,855	16,855	16,855
MDI150	STE150	240,178	21,720	36,173	36,173	36,173	36,173
MER150	NPA150	959,941	139,333	58,012	58,012	58,012	58,012
MVA150	NOR150	829,000	870,176	90,649	90,649	90,649	90,649
MVA150	BIF150	414,922	6,394	0,771	0,771	0,771	0,771
MVA150	PAN150	1199,965	237,131	57,151	57,151	57,151	57,151
MVA500	MVI500	1919,882	581,643	48,472	48,472	48,472	48,472

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVB150	MVC150	720,148	560,129	29,175	29,175	29,175	29,175
MVB150	MVL150	959,941	233,125	32,372	32,372	32,372	32,372
MVB150	MVA150	479,971	68,142	7,099	7,099	7,099	7,099
MVB150	PIE150	2700,036	212,362	44,245	44,245	44,245	44,245
MVB500	MVA500	1600,415	347,272	12,862	12,862	12,862	12,862
MVC150	MVD150	720,148	-2,509	0,157	0,157	0,157	0,157
MVD150	MVE2__	720,148	-2,509	0,348	0,348	0,348	0,348
MVF150	MVE1__	720,148	32,209	4,473	4,473	4,473	4,473
MVF150	MVG150	720,148	151,428	21,027	21,027	21,027	21,027
MVG150	MVJ150	720,148	151,468	21,033	21,033	21,033	21,033
MVG150	MVR1__	720,148	-108,291	15,037	15,037	15,037	15,037
MVH150	MVF150	1440,296	322,685	44,808	44,808	44,808	44,808
MVI150	MVH150	720,148	726,428	50,436	50,436	50,436	50,436
MVI150	MVF150	720,148	268,967	37,349	37,349	37,349	37,349
MVI150	MVR1__	675,115	307,734	42,732	42,732	42,732	42,732
MVI150	MVK150	959,941	203,658	30,166	30,166	30,166	30,166
MVI150	MVM2__	959,941	217,825	22,692	22,692	22,692	22,692
MVI150	MVM1__	599,982	-201,077	20,947	20,947	20,947	20,947
MVJ150	MVE1__	720,148	124,583	20,764	20,764	20,764	20,764
MVL150	MVA150	720,148	-94,849	13,171	13,171	13,171	13,171
MVL150	MVR2__	720,148	-150,010	20,830	20,830	20,830	20,830
MVM1__	MVA150	959,941	190,917	26,511	26,511	26,511	26,511
MVM2__	SOL150	675,115	-201,077	20,947	20,947	20,947	20,947
MVR1__	MVE1__	720,148	217,825	32,265	32,265	32,265	32,265
NOR150	MVR2__	720,148	62,640	8,698	8,698	8,698	8,698
NOR150	MVE2__	720,148	-190,917	26,511	26,511	26,511	26,511
NPA150	CON150	414,922	539,198	74,873	74,873	74,873	74,873
PAL150	TRI150	479,971	59,741	14,398	14,398	14,398	14,398
PAL500	BRU500	2700,036	231,447	48,221	48,221	48,221	48,221
PAL500	MVA500	414,922	685,824	25,401	25,401	25,401	25,401
PAY150	YOU150	414,922	675,275	25,010	25,010	25,010	25,010
PAZ150	MAL150	414,922	101,890	24,556	24,556	24,556	24,556
PAZ150	SCA150	615,840	21,085	5,082	5,082	5,082	5,082
PRO150	MVA150	2700,036	-66,153	15,943	15,943	15,943	15,943
PTI500	BRU500	479,971	75,676	12,288	12,288	12,288	12,288
ROD150	ACO150	618,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	MVB150	479,971	63,111	13,149	13,149	13,149	13,149
ROS150	ROD150	479,971	39,435	6,380	6,380	6,380	6,380
SAL150	PAY150	615,840	-149,443	31,136	31,136	31,136	31,136
SCA150	ROC150	1090,037	288,516	60,111	60,111	60,111	60,111

C.2 Comparación de datos

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Líneas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SCA150	MAL150	240,178	57,166	9,283	9,283	9,283	9,283
SGU150	ARA150	479,971	251,914	23,111	23,111	23,111	23,111
SGU150	SAL150	615,840	87,745	36,533	36,533	36,533	36,533
SJA150	FBE150	2401,777	445,130	92,741	92,741	92,741	92,741
SJA500	PAL500	414,922	329,327	53,476	53,476	53,476	53,476
SVA150	MVC150	479,971	1065,058	44,345	44,345	44,345	44,345
TAC150	MDI150	479,971	-206,781	49,836	49,836	49,836	49,836
TER150	TAC150	479,971	125,517	26,151	26,151	26,151	26,151
TER150	VAL150	618,150	214,688	44,729	44,729	44,729	44,729
TER150	BAY150	719,763	251,385	52,375	52,375	52,375	52,375
TER150	DUR150	240,178	-281,281	45,504	45,504	45,504	45,504
TGO150	ART150	959,941	259,689	36,080	36,080	36,080	36,080
TRI150	ROD150	120,089	47,574	19,808	19,808	19,808	19,808
TYT150	MEL150	240,178	349,273	36,385	36,385	36,385	36,385
TYT150	EMA150	479,971	71,295	59,369	59,369	59,369	59,369
VAL150	TYT150	414,922	24,243	10,094	10,094	10,094	10,094
YOU150	TER150	414,922	219,407	45,713	45,713	45,713	45,713
YOU150	MER150	190,526	-73,803	17,787	17,787	17,787	17,787
SGU500	SGU150	190,526	126,610	30,514	30,514	30,514	30,514
SJA500	SJA150	300,222	159,863	83,906	83,906	83,906	83,906
PAL500	PAL150	696,400	98,798	51,856	51,856	51,856	51,856
MVB500	MVB150	693,513	88,474	29,469	29,469	29,469	29,469
MVA500	MVA150	815,680	338,552	48,615	48,615	48,615	48,615
MVI500	MVI150	412,344	440,904	63,576	63,576	63,576	63,576
SCA500	SCA150	317,196	457,061	56,034	56,034	56,034	56,034

Cuadro C.6.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia MVI500-SCA500

Los tres fitness actúan de la misma forma, ninguno disparando carga.

C.2.2.3. Contingencia SJA500-PAL500

En esta contingencia, el resultado que más se repitió fué distinto para cada fitness. A continuación se muestra la tabla Tabla C.7 con el flujo DC.

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Líneas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	703,275	26,047	5,628	4,908	5,634
ACO150	MVB150	520,000	410,423	78,927	2,155	10,012	14,131
ARA150	TGO150	240,178	73,066	30,422	30,422	30,422	30,422

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
BAY150	PAL150	479,971	693,248	144,436	34,044	36,418	46,345
BAY150	TRI150	359,882	527,668	146,623	52,888	49,103	60,824
BIF150	PAZ150	829,845	126,446	15,237	10,064	2,587	11,323
BOT150	FBE150	240,178	-165,004	68,701	68,701	0,000	68,701
BRU500	MVB500	799,823	309,304	11,456	7,771	7,960	8,219
CGR150	PES150	240,178	96,109	12,016	0,000	12,016	0,000
COL150	ROS150	414,922	848,083	353,106	7,589	44,692	23,538
COL150	JLA150	359,882	773,735	186,477	12,863	31,767	24,619
CON150	COL150	615,840	1700,121	472,411	41,654	66,451	44,093
DUR150	FLO150	240,178	979,124	158,990	38,702	40,536	54,270
EFI150	SVA150	479,971	691,938	288,094	0,086	32,570	8,474
FBE150	MER150	615,840	2137,689	445,379	62,494	83,382	62,600
FLO150	PRO150	295,988	861,428	139,879	19,590	21,424	35,159
JLA150	LIB150	359,882	773,735	261,407	18,032	44,531	34,512
LIB150	EFI150	779,808	720,155	200,109	0,058	21,737	13,496
MAL150	CGR150	615,840	96,109	12,325	0,000	12,325	0,000
MDI150	RIV150	60,044	103,798	16,855	16,855	16,855	16,855
MDI150	STE150	240,178	21,720	36,173	0,000	36,173	0,000
MER150	NPA150	959,941	1782,630	742,213	96,767	99,571	99,208
MVA150	NOR150	829,000	386,701	40,284	37,457	0,181	26,311
MVA150	BIF150	414,922	126,446	15,237	10,064	2,587	11,323
MVA150	PAN150	1199,965	237,131	57,151	0,000	57,151	0,000
MVA500	MVI500	1919,882	432,149	36,013	16,974	20,886	22,739
MVB150	MVC150	720,148	313,930	16,351	8,133	4,459	6,791
MVB150	MVL150	959,941	287,002	39,853	11,025	16,154	14,647
MVB150	MVA150	479,971	238,068	24,800	3,476	9,146	9,365
MVB150	PIE150	2700,036	212,362	44,245	0,000	0,000	0,000
MVB500	MVA500	1600,415	249,759	9,250	4,383	5,351	5,740
MVC150	MVD150	720,148	535,333	33,450	2,578	3,071	9,418
MVD150	MVE2__	720,148	535,333	74,337	5,729	6,826	20,930
MVF150	MVE1__	720,148	32,209	4,473	0,008	4,464	1,466
MVF150	MVG150	720,148	151,428	21,027	6,955	14,073	1,894
MVG150	MVJ150	720,148	151,468	21,033	2,255	23,287	0,181
MVG150	MVR1__	720,148	-108,291	15,037	5,822	9,215	1,714
MVH150	MVF150	1440,296	322,685	44,808	1,325	46,133	32,699
MVI150	MVH150	720,148	726,428	50,436	27,369	23,067	16,350
MVI150	MVF150	720,148	268,967	37,349	8,288	29,060	20,598
MVI150	MVR1__	675,115	307,734	42,732	8,069	34,663	22,356
MVI150	MVK150	959,941	203,658	30,166	0,000	30,166	30,166
MVI150	MVM2__	959,941	217,825	22,692	0,000	0,000	22,692

C.2 Comparación de datos

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Líneas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVI150	MVM1___	599,982	-579,339	60,352	7,822	30,331	30,039
MVJ150	MVE1___	720,148	88,567	14,762	12,103	6,590	11,580
MVL150	MVA150	720,148	-94,849	13,171	2,255	10,916	0,181
MVL150	MVR2___	720,148	-41,767	5,800	5,787	3,470	1,822
MVM1___	MVA150	959,941	136,551	18,961	16,812	7,068	16,468
MVM2___	SOL150	675,115	-579,339	60,352	7,822	30,331	30,039
MVR1___	MVE1___	720,148	217,825	32,265	0,000	0,000	32,265
NOR150	MVR2___	720,148	62,640	8,698	2,246	6,452	1,646
NOR150	MVE2___	720,148	-136,551	18,961	16,812	7,068	16,468
NPA150	CON150	414,922	1,356	0,188	5,729	6,826	20,930
PAL150	TRI150	479,971	1703,038	410,447	36,831	57,636	38,244
PAL500	BRU500	2700,036	-88,676	18,475	10,696	5,305	5,386
PAL500	MVA500	414,922	309,304	11,456	7,771	7,960	8,219
PAY150	YOU150	414,922	308,570	11,428	7,670	7,895	8,161
PAZ150	MAL150	414,922	1637,160	394,570	32,423	32,952	32,096
PAZ150	SCA150	615,840	67,381	16,239	8,986	5,259	9,956
PRO150	MVA150	2700,036	7,603	1,832	1,260	0,084	0,286
PTI500	BRU500	479,971	861,428	139,879	19,590	21,424	35,159
ROD150	ACO150	618,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ROD150	MVB150	479,971	470,735	98,076	14,900	23,412	27,875
ROS150	ROD150	479,971	539,435	87,266	8,048	16,155	20,405
SAL150	PAY150	615,840	709,812	147,887	3,798	22,364	11,779
SCA150	ROC150	1090,037	1823,786	379,979	66,912	67,369	66,629
SCA150	MAL150	240,178	57,166	9,283	9,283	9,283	9,283
SGU150	ARA150	479,971	205,618	18,863	12,807	6,815	12,438
SGU150	SAL150	615,840	87,745	36,533	36,533	36,533	36,533
SJA150	FBE150	2401,777	1980,400	412,609	99,542	99,999	99,259
SJA500	PAL500	414,922	2344,251	380,659	82,248	71,734	82,331
SVA150	MVC150	479,971	577,260	139,125	27,689	8,785	4,905
TAC150	MDI150	479,971	125,517	26,151	21,626	26,151	21,626
TER150	TAC150	479,971	214,688	44,729	21,626	44,729	21,626
TER150	VAL150	618,150	251,385	52,375	37,521	32,470	11,713
TER150	BAY150	719,763	839,864	135,867	4,419	4,779	9,752
TER150	DUR150	240,178	1045,441	145,248	42,327	43,897	46,435
TGO150	ART150	959,941	47,574	19,808	19,808	19,808	19,808
TRI150	ROD150	120,089	397,642	41,424	20,868	21,061	21,188
TYT150	MEL150	240,178	71,295	59,369	0,000	0,000	0,000
TYT150	EMA150	479,971	24,243	10,094	10,094	0,000	10,094
VAL150	TYT150	414,922	219,407	45,713	30,859	25,808	5,051
YOU150	TER150	414,922	1833,094	441,792	10,350	33,418	8,733

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
YOU150	MER150	190,526	-245,017	59,051	10,244	12,296	11,534
SGU500	SGU150	190,526	620,443	325,648	89,046	89,391	88,832
SJA500	SJA150	300,222	703,275	369,124	79,755	69,560	79,836
PAL500	PAL150	696,400	-233,359	77,729	10,793	14,517	19,239
MVB500	MVB150	693,513	59,546	8,550	13,136	10,115	9,612
MVA500	MVA150	815,680	126,180	18,194	17,555	15,433	14,776
MVI500	MVI150	412,344	343,582	42,122	16,069	25,879	24,934
SCA500	SCA150	317,196	88,567	21,479	17,610	9,589	16,850

Cuadro C.7.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia SJA500-PAL500

Para el caso del fitness2, en 40 pruebas sucesivas, siempre el programa dio potencias distintas a disparar, por lo que se tomo la prueba que tiro menor cantidad de potencia, para tomarse el peor caso y con esa se evaluó el flujo de cargas. Como se ve en la tabla Tabla C.7, para este habitante, quito completamente la sobrecarga.

En las gráficas Figura C.7 se puede ver el número de repeticiones por fitness.

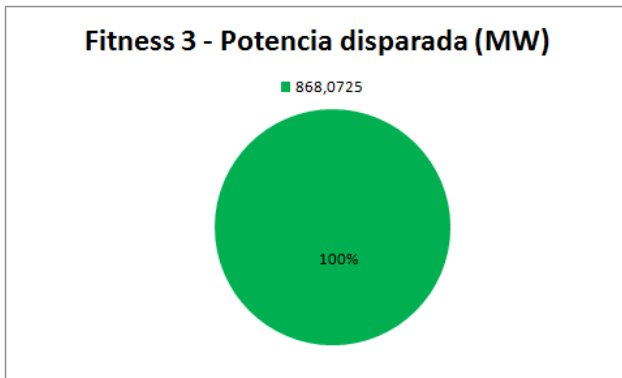
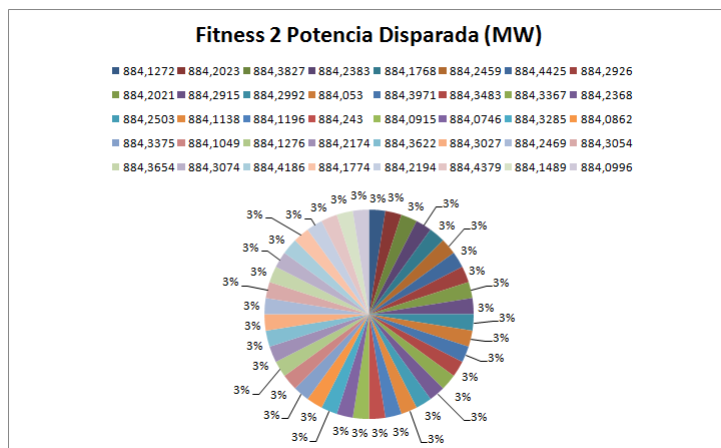
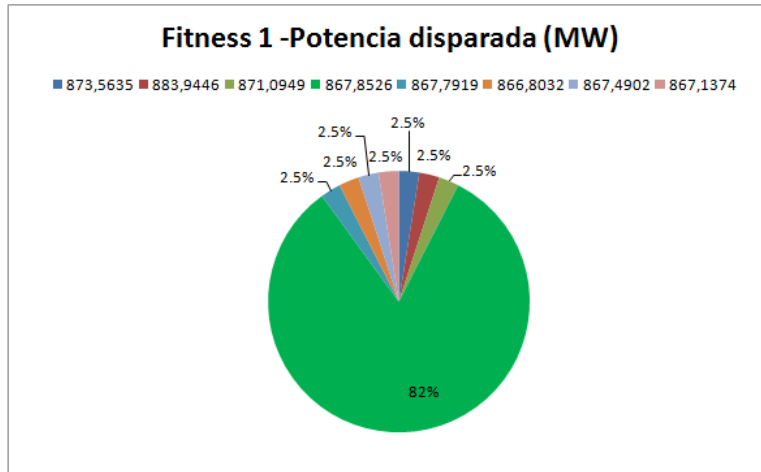


Figura C.7.: Resultados para cada fitness, contingencia SJA500-PAL500 Invierno

C.2.2.4. Contingencia BRU500-MVB500 & PAL500-MVA500

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
SGU500	SJA500	2700,036	976,017	36,148	1,458	1,189	1,962

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
ACO150	MVB150	520,000	1129,246	217,163	62,349	74,333	35,165
ARA150	TGO150	240,178	73,066	30,422	30,422	30,422	30,422
BAY150	PAL150	479,971	-1325,661	276,196	47,069	68,751	45,617
BAY150	TRI150	359,882	620,993	172,555	66,650	77,342	67,810
BIF150	PAZ150	829,845	220,668	26,591	10,409	8,203	17,959
BOT150	FBE150	240,178	-165,004	68,701	68,701	0,000	68,701
BRU500	MVB500	799,823	96,109	12,016	12,016	0,000	12,016
CGR150	PES150	240,178	311,871	129,850	0,887	40,999	24,376
COL150	ROS150	414,922	658,949	158,813	32,959	40,189	19,478
COL150	JLA150	359,882	1049,124	291,519	38,592	95,456	60,483
CON150	COL150	615,840	1552,945	252,167	78,451	94,139	62,617
DUR150	FLO150	240,178	577,152	240,302	45,191	69,430	0,408
EFI150	SVA150	479,971	1044,069	217,528	48,764	81,473	49,854
FBE150	MER150	615,840	1435,250	233,055	59,340	75,028	62,617
FLO150	PRO150	295,988	658,949	222,627	46,203	56,338	27,304
JLA150	LIB150	359,882	605,369	168,213	38,000	46,336	7,568
LIB150	EFI150	779,808	96,109	12,325	12,325	0,000	12,325
MAL150	CGR150	615,840	103,798	16,855	0,000	0,000	16,855
MDI150	RIV150	60,044	21,720	36,173	36,173	0,000	0,000
MDI150	STE150	240,178	1131,633	471,165	90,964	144,246	91,842
MER150	NPA150	959,941	165,097	17,199	7,549	16,054	10,583
MVA150	NOR150	829,000	220,668	26,591	10,409	8,203	17,959
MVA150	BIF150	414,922	237,131	57,151	0,000	0,000	0,000
MVA150	PAN150	1199,965	314,820	26,236	7,972	10,798	8,079
MVA500	MVI500	1919,882	556,843	29,004	6,009	3,644	3,782
MVB150	MVC150	720,148	487,096	67,638	21,926	12,547	10,085
MVB150	MVL150	959,941	550,485	57,346	16,502	15,836	12,259
MVB150	MVA150	479,971	212,362	44,245	0,000	44,245	0,000
MVB150	PIE150	2700,036	193,991	7,185	2,147	2,655	2,003
MVB500	MVA500	1600,415	663,461	41,456	6,825	7,625	4,476
MVC150	MVD150	720,148	663,461	92,128	15,167	16,946	9,947
MVD150	MVE2__	720,148	32,209	4,473	5,930	1,236	3,368
MVF150	MVE1__	720,148	151,428	21,027	15,967	1,597	4,353
MVG150	MVG150	720,148	151,468	21,033	23,468	0,152	0,415
MVG150	MVJ150	720,148	-108,291	15,037	7,501	1,445	3,938
MVG150	MVR1__	720,148	322,685	44,808	13,434	7,335	4,737
MVH150	MVF150	1440,296	726,428	50,436	6,717	24,364	2,368
MVI150	MVH150	720,148	268,967	37,349	8,462	4,503	2,984
MVI150	MVF150	720,148	307,734	42,732	12,307	2,833	11,276
MVI150	MVR1__	675,115	203,658	30,166	30,166	30,166	0,000

C.2 Comparación de datos

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
MVI150	MVK150	959,941	217,825	22,692	0,000	22,692	22,692
MVI150	MVM2__	959,941	-876,215	91,278	24,799	43,412	21,555
MVI150	MVM1__	599,982	60,301	10,050	5,347	1,172	8,772
MVJ150	MVE1__	720,148	-94,849	13,171	10,736	0,152	0,415
MVL150	MVA150	720,148	64,852	9,005	0,340	8,094	5,925
MVL150	MVR2__	720,148	230,026	31,942	5,105	4,453	4,160
MVM1__	MVA150	959,941	-876,215	91,278	24,799	43,412	21,555
MVM2__	SOL150	675,115	217,825	32,265	0,000	32,265	32,265
MVR1__	MVE1__	720,148	62,640	8,698	4,806	1,388	3,783
NOR150	MVR2__	720,148	-230,026	31,942	5,105	4,453	4,160
NOR150	MVE2__	720,148	-126,772	17,604	15,167	16,946	9,947
NPA150	CON150	414,922	1052,041	253,551	33,472	83,497	53,163
PAL150	TRI150	479,971	1954,756	407,266	99,989	129,616	99,546
PAL500	BRU500	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PAL500	MVA500	414,922	728,021	175,459	11,089	31,232	5,835
PAY150	YOU150	414,922	103,716	24,996	11,292	1,544	18,338
PAZ150	MAL150	414,922	65,490	15,784	9,527	2,459	5,177
PAZ150	SCA150	615,840	1435,250	233,055	59,340	75,028	62,617
PRO150	MVA150	2700,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PTI500	BRU500	479,971	1189,558	247,840	67,549	80,532	50,663
ROD150	ACO150	618,150	1421,159	229,905	64,336	76,701	42,109
ROD150	MVB150	479,971	173,601	36,169	0,444	8,292	16,610
ROS150	ROD150	479,971	914,647	190,563	48,469	65,882	43,927
SAL150	PAY150	615,840	57,166	9,283	9,283	0,000	0,000
SCA150	ROC150	1090,037	169,283	15,530	4,519	0,588	18,064
SCA150	MAL150	240,178	87,745	36,533	36,533	36,533	36,533
SGU150	ARA150	479,971	1071,260	223,193	81,099	65,882	76,557
SGU150	SAL150	615,840	1250,631	203,077	71,547	70,247	65,649
SJA150	FBE150	2401,777	600,828	25,016	7,142	4,066	7,256
SJA500	PAL500	414,922	462,474	111,460	1,480	12,551	0,236
SVA150	MVC150	479,971	125,517	26,151	4,525	0,000	21,626
TAC150	MDI150	479,971	214,688	44,729	23,104	18,578	21,626
TER150	TAC150	479,971	251,385	52,375	26,568	52,375	52,375
TER150	VAL150	618,150	-1085,719	175,640	59,388	69,998	57,586
TER150	BAY150	719,763	1619,262	224,971	76,337	89,761	62,790
TER150	DUR150	240,178	47,574	19,808	19,808	19,808	19,808
TGO150	ART150	959,941	2534,399	264,016	74,981	93,803	70,887
TRI150	ROD150	120,089	71,295	59,369	59,369	59,369	59,369
TYT150	MEL150	240,178	24,243	10,094	10,094	10,094	10,094
TYT150	EMA150	479,971	219,407	45,713	19,905	45,713	45,713

Barra Inicial	Barra Final	Rate B (A)	Antes del DAC		Carga en las líneas luego del DAC		
			Flujo DC(A)	Carga Lineas	Fitness 1	Fitness 2	Fitness 3
VAL150	TYT150	414,922	481,332	116,005	23,507	3,631	16,178
YOU150	TER150	414,922	197,606	47,625	22,767	15,772	22,014
YOU150	MER150	190,526	347,702	182,496	75,107	63,607	71,675
SGU500	SGU150	190,526	375,189	196,923	69,379	68,118	63,659
SJA500	SJA150	300,222	985,343	328,205	70,937	95,545	70,028
PAL500	PAL150	696,400	-193,991	27,856	8,325	10,295	7,764
MVB500	MVB150	693,513	-120,829	17,423	5,433	8,346	6,182
MVA500	MVA150	815,680	254,519	31,203	7,794	15,024	5,433
MVI500	MVI150	412,344	60,301	14,624	7,780	1,705	12,763
SCA500	SCA150	317,196	0,000	21,479	24,833	24,833	24,833

Cuadro C.8.: Flujo DC para los tres fitness con la contingencia BRU500-MVB500 PAL500-MVA500

En las imágenes Figura C.8 se grafica el número de repeticiones en que el programa escogió el habitante óptimo para esta contingencia.

Para el caso del fitness 2, no quito la sobrecarga en 2 de las 26 líneas sobrecargadas que hay para esta contingencia. Este habitante se repite el 40 % de las veces que fue probado este ejemplo.

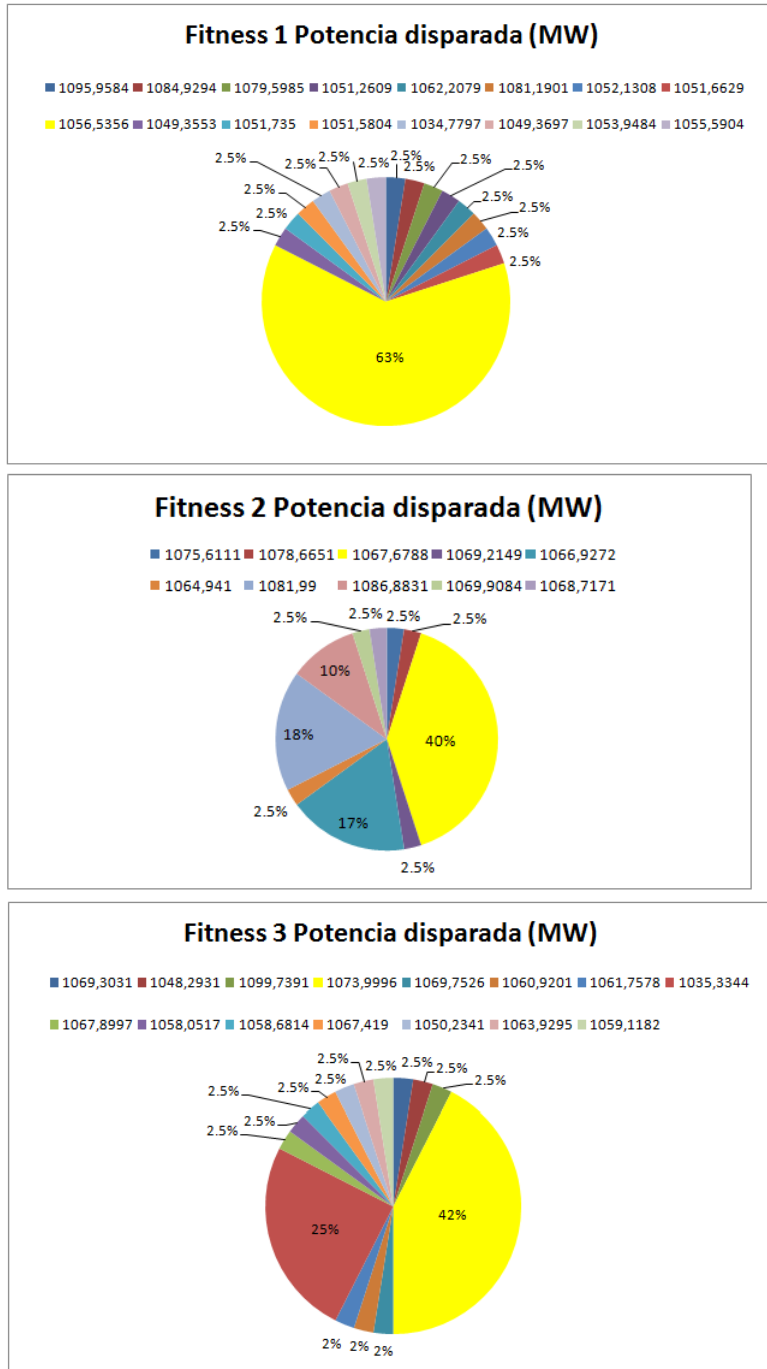


Figura C.8.: Resultados de cada fitness para PAL500-BRU500 & BUR500-MVB500 en Invierno

Como conclusión para la mayoría de los ejemplos anteriores se puede ver en Figura C.9 que el *fitness1* es quien tiene la mayor frecuencia de repetición de un mismo disparo de carga, en 40 tiradas consecutivas del programa. A su vez, en la situación de post contingencia, los tres dejaron las líneas más comprometidas con el mismo orden de

carga, por lo que esto no es determinante para tomar uno sobre otro (*). Finalmente se concluye que fue coherente elegirlo sobre el *fitness2* y el *fitness3*.

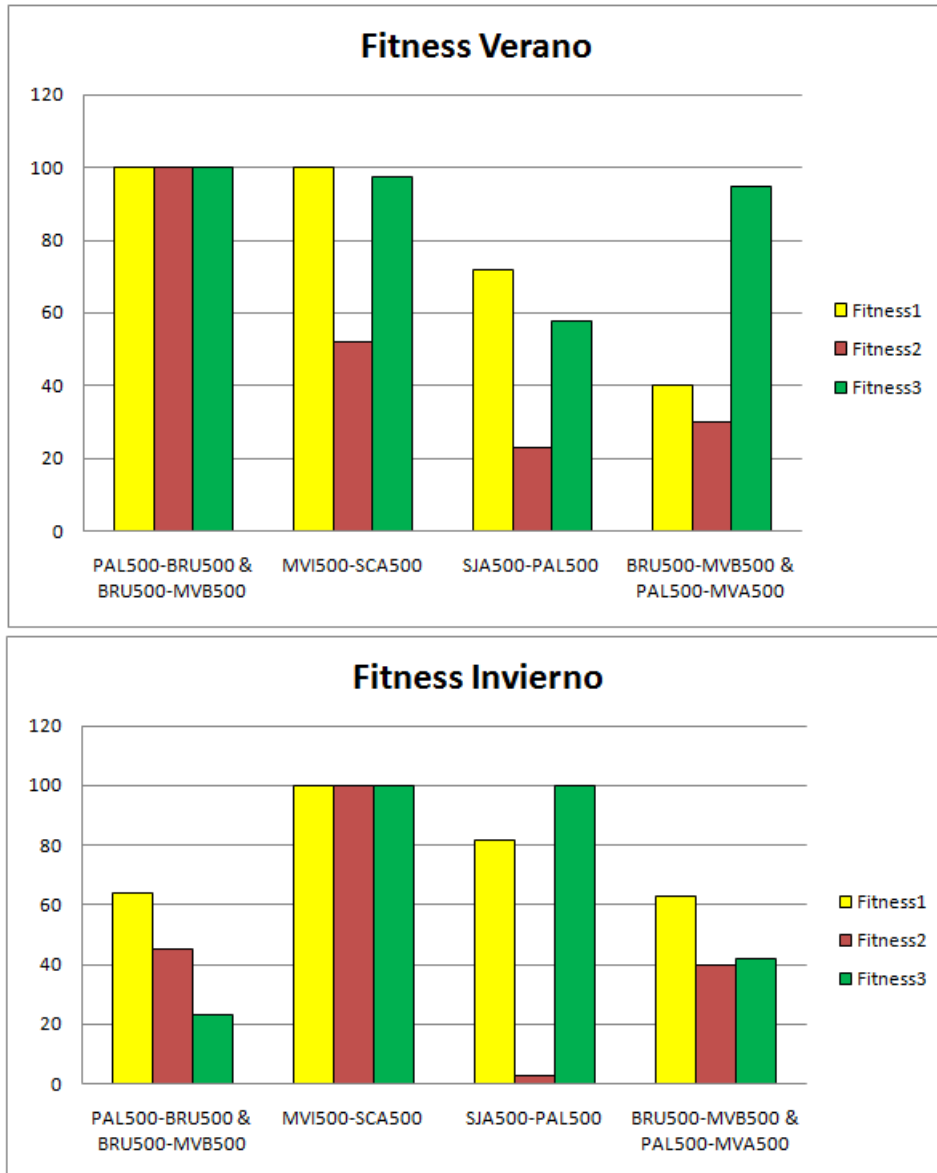


Figura C.9.: Resultados finales

(*) El *fitness2* para la contingencia BRU500-MVB500 & PAL500-MVA500, dejó dos líneas con carga no admisible, pero este ejemplo es muy drástico y no se tomaría como referente para cancelar una función, considerando que siempre en el resto de las contingencias disparó correctamente.

A continuación se muestran en las tablas Tabla C.9 y Tabla C.10, los habitantes para cada contingencia por *fitness*, en los dos periodos.

C.2 Comparación de datos

Red	Invierno	PAL500-MVA500 &			SJA500 &			PAL500 BRU500 &			MVI500 &		
		BRU500-MVB500			PAL500			BRU500-MVB500			SCA500		
Barras	PL (MW)	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3
SGU500	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACO150	15,6695	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ARA150	3,8136	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	12,3601	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
BIF150	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
BOT150	42,8694	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
BRU150	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
BRU500	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
CGR150	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
COL150	20,3438	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
CON150	0,7578	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
DUR150	17,2297	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
EFI150	7,3308	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
EMA150	6,2985	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
FBE150	10,7972	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
FLO150	30,5782	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
LIB150	13,9206	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAL150	45,9573	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MDI150	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
MEL150	18,5231	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MER150	28,5897	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	38,6362	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
MVB150	25,1968	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
MVC150	92,4542	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
MVE1__	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
MVE2__	139,436	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MVF150	106,0054	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MVG150	28,1247	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
MVH150	104,8955	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVI500	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
MVJ150	63,9949	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
MVK150	52,9119	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1
MVL150	49,9397	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1

Red	Invierno	PAL500-MVA500 &			SJA500 &			PAL500 BRU500 &			MVI500 &		
		BRU500-MVB500			PAL500			BRU500-MVB500			SCA500		
Barras	PL (MW)	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3
MVM1__	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
MVM2__	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
MVR1__	35,5423	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MVR2__	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
NOR150	135,5924	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	20,6786	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
PAL150	1,0547	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
PAN150	61,6085	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
PAY150	48,4868	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAZ150	13,3703	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
PES150	24,9698	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
PIE150	55,1732	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PTI150	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
PTI500	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
RIV150	26,9674	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	14,8522	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ROD150	25,2751	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
ROS150	35,9237	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
SAL150	40,6895	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	10,4036	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
SCA500	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
SGU150	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SJA500	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
SOL150	56,5927	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
STE150	5,643	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
SVA150	29,7943	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
TAC150	23,1672	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
TER150	5,3458	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
TGO150	6,6231	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	10,7431	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	32,1821	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
VAL150	8,3081	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	12,7521	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cuadro C.9.: Habitantes para Invierno

C.2 Comparación de datos

Para Verano:

Red	Verano	PAL500-MVA500 &			SJA500 &			PAL500 BRU500 &			MVI500 &		
		BRU500-MVB500			PAL500			BRU500-MVB500			SCA500		
Barras	PL (MW)	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3
SGU500	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
ACO150	18,986	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
ARA150	7,3492	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ART150	12,1557	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BAY150	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
BIF150	51,8489	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
BOT150	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
BRU150	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
BRU500	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
CGR150	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
COL150	20,7623	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1
CON150	0,8011	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
DUR150	16,6147	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
EFI150	7,06	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
EMA150	14,4305	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
FBE150	8,8146	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FLO150	27,0282	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
JLA150	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
LIB150	15,7263	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MAL150	55,8207	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
MDI150	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
MEL150	16,8129	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MER150	25,0204	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA150	33,1805	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MVA500	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
MVB150	32,3905	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
MVB500	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1
MVC150	65,6112	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
MVD150	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
MVE1__	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
MVE2__	102,4547	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
MVF150	74,147	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
MVG150	13,1987	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
MVH150	78,3378	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
MVI150	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
MVI500	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1
MVJ150	47,8324	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
MVK150	40,1925	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Red	Verano	PAL500-MVA500 &			SJA500 &			PAL500 BRU500 &			MVI500 &		
		BRU500-MVB500			PAL500			BRU500-MVB500			SCA500		
Barras	PL (MW)	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3	fit1	fit2	fit3
MVL150	24,6153	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MVM1__	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
MVM2__	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
MVR1__	32,0959	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
MVR2__	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
NOR150	78,629	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
NPA150	19,8592	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
PAL150	0,8228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAL500	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1
PAN150	51,6647	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
PAY150	42,956	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PAZ150	22,349	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PES150	53,9882	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PIE150	45,6949	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
PRO150	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1
PTI150	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
PTI500	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
RIV150	18,0642	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
ROC150	28,5069	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
ROD150	27,5901	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
ROS150	34,4142	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
SAL150	38,8367	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SCA150	9,9225	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
SCA500	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
SGU150	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
SJA150	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
SJA500	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
SOL150	46,904	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
STE150	5,3322	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
SVA150	22,5343	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
TAC150	23,6731	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TER150	3,5527	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
TGO150	14,1929	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRI150	9,7833	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TYT150	27,0281	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VAL150	5,3987	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
YOU150	12,3656	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cuadro C.10.: Habitantes para Verano

D. Desarrollo Fitness2 y Fitness 3

D.1. Fitness 2

El fitness de un habitante tiene que ser mayor cuanto mas carga tenga conectada y cuantas menos líneas tenga sobrecargadas. Por este motivo surge la ecuación de fitness:

$$fitness2 = a \times Pconectada^3 \times \left(\frac{lineas - sobrecargadas}{lineas}\right)^2$$

$$donde a = \begin{cases} 10 & sobrecargadas = 0 \\ 0,6 & sobrecargadas = 1 \\ 0,3 & sobrecargadas > 1 \end{cases}$$

Lo que está en el numerador debe favorecer el fitness, entonces se encuentran los siguientes términos: la potencia que permanece conectada (P), proporción de líneas sin sobrecargas $(lineas - sobrecargadas)/lineas$ y un factora que penaliza aún más la cantidad de líneas sobrecargadas. La potencia se eleva al cubo para crear mayor diferencia entre valores cercanos al disparo óptimo. La proporción de líneas sin sobrecargas para crear mayor diferencia entre disparos con muy pocas líneas sobrecargadas.

D.2. Fitness 3

En el Capítulo 7 se llegó a que el fitness que cumplía con los objetivos deseados correspondía a la ecuación Ecuación D.1, el problema que surgió, fue que para la contingencia de BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500, en donde habían 33 líneas sobrecargadas, la función que correspondía al primer termino: $\frac{a}{\ln(sobrecargadas+3)}$ no era eficiente.

# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia
1	0,7213	0,1000	11	0,3789	0,0097	21	0,3147	0,0040	31	0,2836	0,0023
2	0,6213	0,0632	12	0,3693	0,0086	22	0,3107	0,0037	32	0,2813	0,0022
3	0,5581	0,0442	13	0,3607	0,0077	23	0,3069	0,0035	33	0,2791	0,0021
4	0,5139	0,0330	14	0,3530	0,0070	24	0,3034	0,0033	34	0,2769	0,0020
5	0,4809	0,0258	15	0,3460	0,0064	25	0,3001	0,0031	35	0,2749	0,0019
6	0,4551	0,0208	16	0,3396	0,0058	26	0,2970	0,0030	36	0,2730	0,0019
7	0,4343	0,0173	17	0,3338	0,0053	27	0,2940	0,0028	37	0,2711	0,0018
8	0,4170	0,0146	18	0,3285	0,0049	28	0,2912	0,0027	38	0,2693	0,0017
9	0,4024	0,0126	19	0,3235	0,0046	29	0,2885	0,0025	39	0,2675	0,0017
10	0,3899	0,0109	20	0,3189	0,0043	30	0,2860	0,0024	40	0,2659	0,0017

Figura D.1.: Tablas comparativas

La tabla anterior refleja que para valores mayores a 10 líneas sobrecargadas las diferencias entre cantidad de líneas sobrecargadas consecutivas no es suficientemente fuerte, como para que pueda diferenciar el fitness, en lo que refiere a este término.

$$fitness = \frac{a}{\ln(sobrecargadas + 3)} \times \left(\frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \right) \quad (D.1)$$

Se concluye que el logaritmo funciona de forma óptima para una cantidad de líneas sobrecargadas menores a 10 (en caso de ser menor que 5 incluso mejor). El objetivo ahora es mantener esos primeros 10 valores que la función de logaritmo logra, para otros intervalos de *cantidad de líneas sobrecargadas*. Para definir estos intervalos se toma como límite un máximo de 40 líneas sobrecargadas, ya que con el ejemplo de contingencia más drástico, correspondiente a BUR500-MVB500 & PAL500-MVA500 hay 33 líneas sobrecargadas. Por lo que la tabla anterior se transformaría en la tabla siguiente.

# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia
1	0,7213	0,1000	11	0,7213	0,1000	21	0,7213	0,1000	31	0,7213	0,1000
2	0,6213	0,0632	12	0,6213	0,0632	22	0,6213	0,0632	32	0,6213	0,0632
3	0,5581	0,0442	13	0,5581	0,0442	23	0,5581	0,0442	33	0,5581	0,0442
4	0,5139	0,0330	14	0,5139	0,0330	24	0,5139	0,0330	34	0,5139	0,0330
5	0,4809	-0,2404	15	0,4809	0,0258	25	0,4809	0,0258	35	0,4809	0,0258
6	0,7213	0,1000	16	0,4551	0,0208	26	0,4551	0,0208	36	0,4551	0,0208
7	0,6213	0,0632	17	0,4343	0,0173	27	0,4343	0,0173	37	0,4343	0,0173
8	0,5581	0,0442	18	0,4170	0,0146	28	0,4170	0,0146	38	0,4170	0,0146
9	0,5139	0,0330	19	0,4024	0,0126	29	0,4024	0,0126	39	0,4024	0,0126
10	0,4809	-0,2404	20	0,3899	-0,3315	30	0,3899	-0,3315	40	0,3899	0,0109

Figura D.2.: Tablas comparativas 2

Se distingue para el caso de *sobrecargadas* entre 6 y 10 que se repiten los primeros 5 valores correspondientes al *Primer Término*. Esta distinción cada 5 valores de sobrecarga sería ideal hacerlo desde *sobrecargadas* igual 0 hasta 40, pero como la mayoría de los ejemplos suministrados de contingencias, tienen menos de 10 líneas

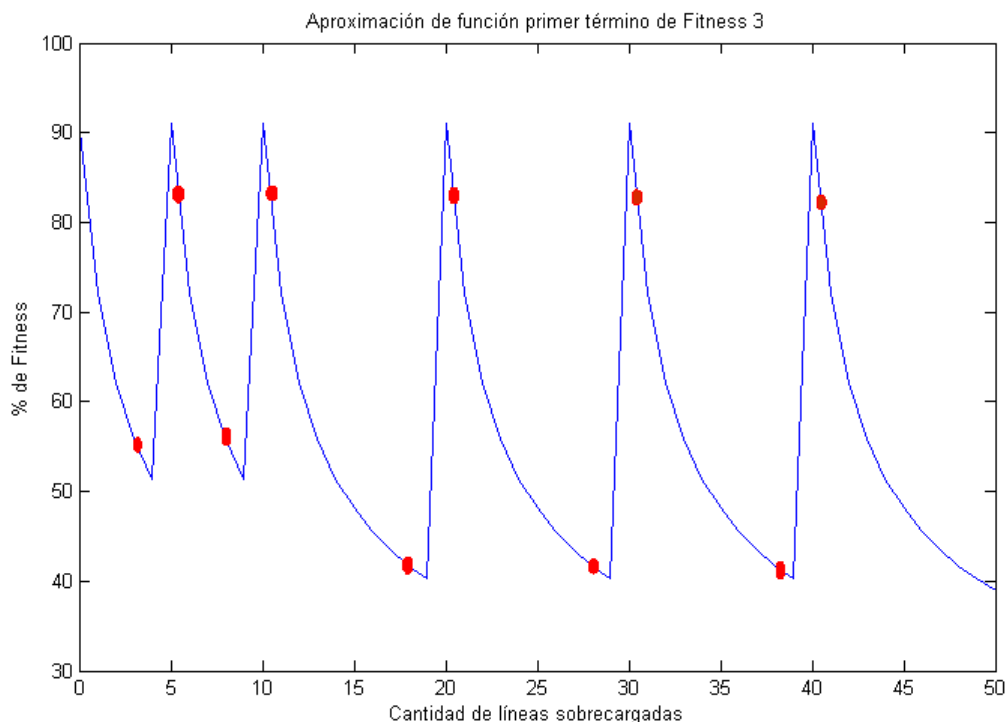


Figura D.3.: Aproximación de función primer término de Fitness 3

sobrecargadas, se decidió por un tema de simplicidad de la formula, dejarlo solo para los dos primeros intervalos. La tabla anterior en ecuaciones es de la forma dada en Ecuación D.2:

$$\text{Primer Término} = \begin{cases} \frac{1}{\log(\text{sobrecargadas}+3)} & 0 < \text{sobrecargadas} < 5 \\ \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-5|+3)} & 5 \leq \text{sobrecargadas} < 10 \\ \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-10|+3)} & 10 \leq \text{sobrecargadas} < 20 \\ \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-20|+3)} & 20 \leq \text{sobrecargadas} < 30 \\ \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-30|+3)} & 30 \leq \text{sobrecargadas} < 40 \\ \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-40|+3)} & \text{sobrecargadas} \geq 40 \end{cases} \quad (\text{D.2})$$

Esta ecuación tiene la siguiente gráfica:

Como se puede ver, el *Primer Término* no puede quedar como el referido en la ecuación Ecuación D.2 ya que de ser así, por ejemplo para los casos de 31, 21, 11 y 6 líneas sobrecargadas, tienen mayor porcentaje de fitness que para los valores 30, 20, 10 y 5, cuando debería de ser al revéz. Generalizando se tiene que los intervalos [31.,35], [21.,25] y [6.,10] premian mas la función en comparación con los respectivos intervalos [26.,30], [16.,20], [6.,10] y [1.,5] y en definitiva el objetivo es, premiar la menor cantidad de líneas sobrecargadas. Por lo que se debe ajustar la función para

que cuanto menor *sobrecargadas* mayor sea el *Primer Término*.

La tabla anterior se transforma en la tabla siguiente.

# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargada	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia	# líneas sobrecargadas	Primer Término	Diferencia
1	40,7213	0,1000	11	39,4787	0,1000	21	38,8573	0,1000	31	38,2360	0,1000
2	40,6213	0,0632	12	39,3787	0,0632	22	38,7573	0,0632	32	38,1360	0,0632
3	40,5581	0,0442	13	39,3154	0,0442	23	38,6941	0,0442	33	38,0728	0,0442
4	40,5139	0,0330	14	39,2712	0,0330	24	38,6499	0,0330	34	38,0286	0,0330
5	40,4809	0,0258	15	39,2382	0,0258	25	38,6169	0,0258	35	37,9956	0,0258
6	39,8338	0,0208	16	39,2124	0,0208	26	38,5911	0,0208	36	37,9698	0,0208
7	39,8130	0,0173	17	39,1916	0,0173	27	38,5703	0,0173	37	37,9490	0,0173
8	39,7957	0,0146	18	39,1744	0,0146	28	38,5530	0,0146	38	37,9317	0,0146
9	39,7811	0,0126	19	39,1598	0,0126	29	38,5384	0,0126	39	37,9171	0,0126
10	39,7685	0,2899	20	39,1472	0,2899	30	38,5259	0,2899	40	37,9045	

Figura D.4.: Tablas comparativas 3

Que se traduce en la ecuación Ecuación D.3:

$$\text{Primer Término} = \begin{cases} 40 + \frac{1}{\log(\text{sobrecargadas}+3)} & 0 < \text{sobrecargadas} < 5 \\ 40 - \frac{1}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-5|+3)} & 5 \leq \text{sobrecargadas} < 10 \\ 40 - \frac{2}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-10|+3)} & 10 \leq \text{sobrecargadas} < 20 \\ 40 - \frac{3}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-20|+3)} & 20 \leq \text{sobrecargadas} < 30 \\ 40 - \frac{4}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-30|+3)} & 30 \leq \text{sobrecargadas} < 40 \\ 40 - \frac{5}{\log 5} + \frac{1}{\log(|\text{sobrecargadas}-40|+3)} & \text{sobrecargadas} \geq 40 \end{cases} \tag{D.3}$$

La gráfica correspondiente es la siguiente:

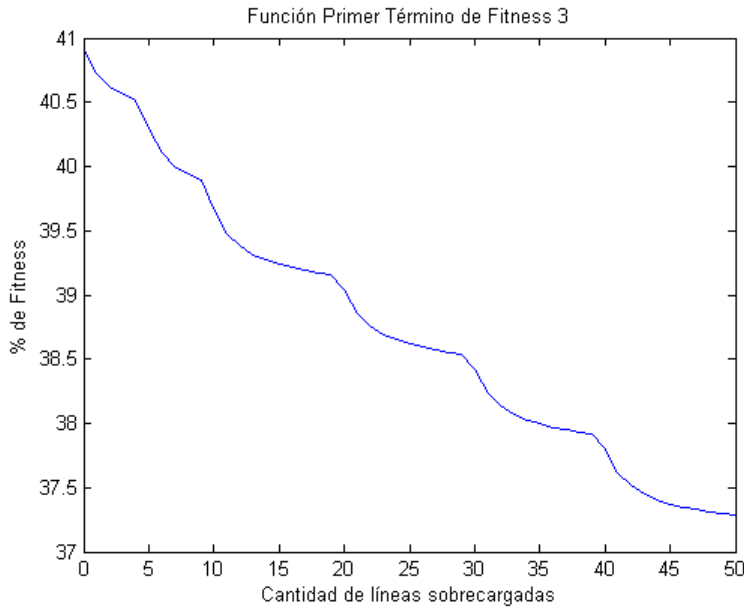


Figura D.5.: Función primer término de Fitness 3

Respecto al *Segundo Término* para un número mayor a 5 líneas sobrecargadas, se baja el orden del término en $Pconectada^3 \times cantbarras^3$ a $Pconectada \times cantbarras$, con el objetivo de castigar el fitness en sobrecargas altas. Por lo que la función final es:

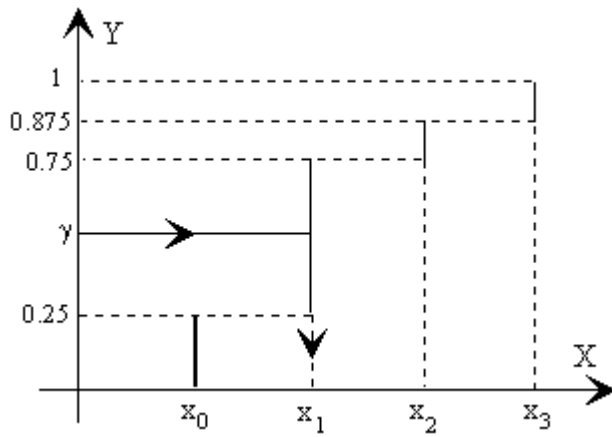
$$fitness3 = \begin{cases} Pconectada^3 \times cantbarras^3 \times (Smax \times 100)^9 & sobrecargadas = 0 \\ \frac{Pconectada^3 \times cantbarras^3}{Smax} \times \left(40 + \frac{1}{\log(sobrecargadas+3)}\right) & 0 < sobrecargadas < 5 \\ \frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \times \left(40 - \frac{1}{\log 5} + \frac{1}{\log(|sobrecargadas-5|+3)}\right) & 5 \leq sobrecargadas < 10 \\ \frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \times \left(40 - \frac{2}{\log 5} + \frac{1}{\log(|sobrecargadas-10|+3)}\right) & 10 \leq sobrecargadas < 20 \\ \frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \times \left(40 - \frac{3}{\log 5} + \frac{1}{\log(|sobrecargadas-20|+3)}\right) & 20 \leq sobrecargadas < 30 \\ \frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \times \left(40 - \frac{4}{\log 5} + \frac{1}{\log(|sobrecargadas-30|+3)}\right) & 30 \leq sobrecargadas < 40 \\ \frac{Pconectada \times cantbarras}{Smax} \times \left(40 - \frac{5}{\log 5} + \frac{1}{\log(|sobrecargadas-40|+3)}\right) & sobrecargadas \geq 40 \end{cases}$$

E. Método Montecarlo

El problema crucial de la aplicación de los métodos de Montecarlo es hallar los valores de una variable aleatoria (discreta en este caso) con una distribución de probabilidad dada por la función $p(x)$ a partir de los valores de una variable aleatoria uniformemente distribuida en el intervalo $[0, 1)$, proporcionada por el Matlab. Para simular un proceso físico, o hallar la solución de un problema matemático es necesario usar gran cantidad de números aleatorios. El método mecánico de la ruleta sería muy lento, además cualquier aparato físico real genera variables aleatorias cuyas distribuciones difieren, al menos ligeramente de la distribución uniforme ideal. En la práctica, resulta más conveniente emplear los denominados números pseudoaleatorios, se trata de números que se obtienen a partir de un número denominado *semilla*, y la aplicación reiterada de una fórmula, obteniéndose una secuencia $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ de números que imitan los valores de una variable uniformemente distribuida en el intervalo $[0, 1)$. Para simular la ruleta se hallan las probabilidades de cada resultado, proporcionales al ángulo de cada sector (porción de la ruleta), la suma total debe de dar la unidad. En la tercera columna, se escriben las probabilidades acumuladas.

Resultado	Probabilidad p_i	P. acumulada
0	0.25	0.25
1	0.5	0.75
2	0.125	0.875
3	0.125	1

Se sortea un número aleatorio γ uniformemente distribuido en el intervalo $[0, 1)$, el resultado del sorteo se muestra en la siguiente imagen. En el eje X se sitúan los distintos resultados que hemos nombrado x_0, x_1, x_2, x_3 . En el eje vertical las probabilidades en forma de segmentos verticales de longitud igual a la probabilidad p_i de cada uno de los resultados, dichos segmentos se ponen unos a continuación de los otros, encima su respectivo resultado x_i . Se obtiene así una función escalonada. Cuando se sortea una variable aleatoria γ , se traza una recta horizontal cuya ordenada sea γ . Se busca el resultado cuya abscisa sea la intersección de dicha recta horizontal y del segmento vertical, tal como se señala con flechas en la figura. Si el número aleatorio γ está comprendido entre 0.25 y 0.75 se obtiene el resultado denominado x_1 .



La tabla describe el sorteo de una variable discreta, siendo γ una variable aleatoria uniformemente distribuida en el intervalo $[0,1)$.

Condición	Resultado
$0 \leq \gamma < 0.25$	0
$0.25 \leq \gamma < 0.75$	1
$0.75 \leq \gamma < 0.875$	2
$0.875 \leq \gamma < 1$	3

F. Matriz A

Se denomina Matriz de Incidencia rama-nodo A, a la matriz auxiliar que tiene una fila por cada rama y una columna por cada nodo. Con elementos a_{ij} de acuerdo a la siguiente regla:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{si la rama } i \text{ no está conectada al nodo} \\ 1 & \text{si la corriente en la rama } i \text{ se aleja del nodo} \\ -1 & \text{si la corriente en la rama } i \text{ se dirige hacia el nodo} \end{cases}$$

La matriz A tiene una dimensión BxN para una red con B líneas (ramas) y N barras (nodos) sin considerar el de referencia(tierra). La misma describe por completo la topología de la red y es independiente de los valores particulares de los parámetros de la línea. Estos últimos vienen dados por el vector Y_{linea} (cuyos datos son tomados de la hoja 2 de la tabla de excel).

G. Tablas Contingencias

G.1. Contingencia MVI500-SCA500

G.1.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	900.187	33.744	MVL150	MVR2	159.337	22.295
ACO150	MVB150	-11.479	1.999	MVM1	MVA150	-45.567	4.153
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	PAL150	-19.758	4.317	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BAY150	TRI150	163.882	45.677	NOR150	MVR2	-159.337	22.295
BIF150	PAZ150	618.399	79.122	NOR150	MVE2	391.046	53.786
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NPA150	CON150	83.454	20.430
BRU500	MVB500	580.601	21.689	PAL150	TRI150	198.480	41.660
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL500	BRU500	580.601	21.689
COL150	ROS150	5.087	2.298	PAL500	MVA500	571.068	21.333
COL150	JLA150	-4.631	0.904	PAY150	YOU150	39.851	10.033
CON150	COL150	80.370	22.698	PAZ150	MAL150	264.853	67.382
DUR150	FLO150	196.097	32.125	PAZ150	SCA150	267.524	70.131
EFI150	SVA150	-92.336	38.078	PRO150	MVA150	92.066	15.232
FBE150	MER150	188.111	39.363	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	92.066	15.232	ROD150	ACO150	61.598	13.059
JLA150	LIB150	-4.631	1.267	ROD150	MVB150	29.541	4.994
LIB150	EFI150	-65.162	17.861	ROS150	ROD150	-127.373	26.447
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	205.189	43.121
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	157.801	13.126
MER150	NPA150	159.892	67.120	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	534.352	55.152	SGU150	SAL150	354.671	74.265
MVA150	BIF150	817.966	103.276	SJA150	FBE150	222.038	36.188
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	833.575	35.151
MVA500	MVI500	370.508	31.019	SVA150	MVC150	-179.070	42.945
MVB150	MVC150	434.910	22.800	TAC150	MDI150	90.053	18.762

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVB150	MVL150	182.234	25.747	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	102.263	11.200	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	BAY150	-236.927	38.403
MVB500	MVA500	280.032	10.459	TER150	DUR150	260.047	36.372
MVC150	MVD150	3.302	0.438	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVD150	MVE2	3.302	0.973	TRI150	ROD150	324.706	34.032
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TYT150	MEL150	64.713	53.887
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	YOU150	TER150	-75.828	17.966
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	MER150	68.084	16.528
MVI150	MVH150	526.351	36.545	SGU500	SGU150	145.312	76.549
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SJA500	SJA150	66.612	35.091
MVI150	MVR1	228.318	31.704	PAL500	PAL150	66.421	22.367
MVI150	MVK150	154.701	22.915	MVB500	MVB150	300.569	43.542
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVA500	MVA150	480.592	70.103
MVI150	MVM1	-45.567	4.153	MVI500	MVI150	370.508	45.633
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	0.000	0.000
MVL150	MVA150	-71.847	9.705				

Cuadro G.1.: Contingencia MVI500-SCA500

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	900.187	33.340	MVL150	MVR2	159.337	22.126
ACO150	MVB150	-11.479	2.208	MVM1	MVA150	-45.567	4.747
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	PAL150	-19.758	4.116	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BAY150	TRI150	163.882	45.538	NOR150	MVR2	-159.337	22.126
BIF150	PAZ150	618.399	74.520	NOR150	MVE2	391.046	54.301
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NPA150	CON150	83.454	20.113
BRU500	MVB500	580.601	21.503	PAL150	TRI150	198.480	41.353
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL500	BRU500	580.601	21.503
COL150	ROS150	5.087	2.118	PAL500	MVA500	571.068	21.150
COL150	JLA150	-4.631	1.116	PAY150	YOU150	39.851	9.604
CON150	COL150	80.370	22.332	PAZ150	MAL150	264.853	63.832
DUR150	FLO150	196.097	31.842	PAZ150	SCA150	267.524	64.476
EFI150	SVA150	-92.336	38.445	PRO150	MVA150	92.066	14.950
FBE150	MER150	188.111	39.192	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	92.066	14.950	ROD150	ACO150	61.598	12.834

G.1 Contingencia MVI500-SCA500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
JLA150	LIB150	-4.631	1.565	ROD150	MVB150	29.541	4.779
LIB150	EFI150	-65.162	18.106	ROS150	ROD150	-127.373	26.538
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	205.189	42.750
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	157.801	14.477
MER150	NPA150	159.892	66.572	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	534.352	55.665	SGU150	SAL150	354.671	73.894
MVA150	BIF150	817.966	98.669	SJA150	FBE150	222.038	36.055
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	833.575	34.707
MVA500	MVI500	370.508	30.877	SVA150	MVC150	-179.070	43.158
MVB150	MVC150	434.910	22.653	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVL150	182.234	25.305	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	102.263	10.653	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	BAY150	-236.927	38.328
MVB500	MVA500	280.032	10.371	TER150	DUR150	260.047	36.130
MVC150	MVD150	3.302	0.206	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVD150	MVE2	3.302	0.459	TRI150	ROD150	324.706	33.826
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TYT150	MEL150	64.713	53.887
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	YOU150	TER150	-75.828	18.275
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	MER150	68.084	16.409
MVI150	MVH150	526.351	36.545	SGU500	SGU150	145.312	76.269
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SJA500	SJA150	66.612	34.962
MVI150	MVR1	228.318	31.704	PAL500	PAL150	66.421	22.124
MVI150	MVK150	154.701	22.915	MVB500	MVB150	300.569	43.160
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVA500	MVA150	480.592	69.298
MVI150	MVM1	-45.567	4.747	MVI500	MVI150	370.508	45.423
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	0.000	0.000
MVL150	MVA150	-71.847	9.977				

Cuadro G.2.: Resultado DAC Contingencia MVI500-SCA500

G.1.2. Invierno

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1162.987	43.073	MVL150	MVR2	-130.009	18.053
ACO150	MVB150	6.704	1.289	MVM1	MVA150	204.295	28.369

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM2	SOL150	-114.184	11.895
BAY150	PAL150	-65.412	13.628	MVR1	MVE1	217.825	32.265
BAY150	TRI150	160.306	44.544	NOR150	MVR2	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	421.670	50.813	NOR150	MVE2	-204.295	28.369
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NPA150	CON150	503.804	69.958
BRU500	MVB500	683.546	25.316	PAL150	TRI150	63.845	15.387
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL500	BRU500	238.460	49.682
COL150	ROS150	-10.620	4.422	PAL500	MVA500	683.546	25.316
COL150	JLA150	-6.755	1.628	PAY150	YOU150	671.545	24.872
CON150	COL150	60.928	16.930	PAZ150	MAL150	104.788	25.255
DUR150	FLO150	201.154	32.663	PAZ150	SCA150	181.229	43.678
EFI150	SVA150	-88.551	36.869	PRO150	MVA150	188.979	45.546
FBE150	MER150	126.877	26.434	PTI500	BRU500	83.458	13.552
FLO150	PRO150	83.458	13.552	ROD150	ACO150	0.000	0.000
JLA150	LIB150	-6.755	2.282	ROD150	MVB150	67.016	13.963
LIB150	EFI150	-60.335	16.765	ROS150	ROD150	44.225	7.154
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	-148.891	31.021
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	291.413	60.715
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	57.166	9.283
MER150	NPA150	143.437	59.721	SGU150	ARA150	91.769	8.419
MVA150	NOR150	821.404	85.568	SGU150	SAL150	87.745	36.533
MVA150	BIF150	421.670	50.813	SJA150	FBE150	448.027	93.345
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	333.440	54.144
MVA500	MVI500	483.128	40.262	SVA150	MVC150	1062.955	44.257
MVB150	MVC150	591.971	30.834	TAC150	MDI150	-203.230	48.980
MVB150	MVL150	266.504	37.007	TER150	TAC150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	122.649	12.777	TER150	VAL150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	BAY150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	311.684	11.544	TER150	DUR150	-286.157	46.293
MVC150	MVD150	32.885	2.055	TGO150	ART150	267.471	37.161
MVD150	MVE2	32.885	4.566	TRI150	ROD150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TYT150	MEL150	357.416	37.233
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	EMA150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	VAL150	TYT150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	YOU150	TER150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	MER150	-70.897	17.087
MVI150	MVH150	726.428	50.436	SGU500	SGU150	126.602	30.512
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SJA500	SJA150	160.732	84.362
MVI150	MVR1	307.734	42.732	PAL500	PAL150	100.032	52.503
MVI150	MVK150	203.658	30.166	MVB500	MVB150	92.379	30.770
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVA500	MVA150	371.862	53.398

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVM1	-114.184	11.895	MVI500	MVI150	500.101	72.111
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	483.128	59.230
MVL150	MVA150	-144.529	-20.069				

Cuadro G.3.: Contingencia MVI500-SCA500 Invierno

G.2. Contingencia MVA500-MVI500

G.2.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	908.165	33.635	MVL150	MVR2	205.907	28.592
ACO150	MVB150	2.840	0.546	MVM1	MVA150	-1446.626	150.699
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	PAL150	-41.078	8.558	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BAY150	TRI150	168.216	46.742	NOR150	MVR2	-205.907	28.592
BIF150	PAZ150	490.559	59.115	NOR150	MVE2	267.360	37.126
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NPA150	CON150	98.680	23.783
BRU500	MVB500	577.896	21.403	PAL150	TRI150	223.725	46.612
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL500	BRU500	577.896	21.403
COL150	ROS150	7.394	3.078	PAL500	MVA500	563.353	20.865
COL150	JLA150	8.289	1.998	PAY150	YOU150	51.450	12.400
CON150	COL150	95.597	26.563	PAZ150	MAL150	215.554	51.950
DUR150	FLO150	224.218	36.408	PAZ150	SCA150	188.984	45.547
EFI150	SVA150	-79.416	33.065	PRO150	MVA150	120.186	19.516
FBE150	MER150	202.872	42.268	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	120.186	19.516	ROD150	ACO150	75.918	15.817
JLA150	LIB150	8.289	2.800	ROD150	MVB150	47.106	7.620
LIB150	EFI150	-52.242	14.516	ROS150	ROD150	-125.067	26.057
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	216.788	45.167
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	207.101	18.999
MER150	NPA150	175.118	72.912	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	364.096	37.929	SGU150	SAL150	366.271	76.311
MVA150	BIF150	690.126	83.248	SJA150	FBE150	236.800	38.451
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	837.125	34.854
MVA500	MVI500	545.677	28.422	SVA150	MVC150	-166.150	40.044

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVB150	MVC150	298.563	41.459	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVL150	292.280	30.448	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	161.759	5.991	TER150	BAY150	-253.913	41.076
MVB500	MVA500	126.989	7.935	TER150	DUR150	288.168	40.036
MVC150	MVD150	126.989	17.634	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVD150	MVE2	27.031	3.754	TRI150	ROD150	354.285	36.907
MVF150	MVE1	103.097	14.316	TYT150	MEL150	64.713	53.888
MVF150	MVG150	118.096	16.399	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVJ150	-65.801	9.137	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVG150	MVR1	224.829	31.220	YOU150	TER150	-64.694	15.592
MVH150	MVF150	526.351	36.545	YOU150	MER150	68.549	16.521
MVI150	MVH150	190.691	26.479	SGU500	SGU150	148.792	78.096
MVI150	MVF150	228.318	31.704	SJA500	SJA150	71.040	37.286
MVI150	MVR1	154.701	22.915	PAL500	PAL150	80.391	26.777
MVI150	MVK150	180.534	18.807	MVB500	MVB150	416.137	59.755
MVI150	MVM2	-1446.626	150.699	MVA500	MVA150	725.112	104.556
MVI150	MVM1	49.809	8.302	MVI500	MVI150	-49.809	6.106
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	49.809	12.080
MVL150	MVA150	-2.088	0.290				

Cuadro G.4.: Contingencia MVA500-MVI500

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	731.363	27.087	MVL150	MVR2	182.733	25.374
ACO150	MVB150	-15.684	3.016	MVM1	MVA150	-959.728	99.978
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM2	SOL150	0.000	0.000
BAY150	PAL150	-23.995	4.999	MVR1	MVE1	28.615	3.974
BAY150	TRI150	159.786	44.400	NOR150	MVR2	-182.733	25.374
BIF150	PAZ150	358.579	43.210	NOR150	MVE2	336.384	46.710
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NPA150	CON150	76.333	18.397
BRU500	MVB500	497.186	18.414	PAL150	TRI150	198.068	41.267
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL500	BRU500	497.186	18.414
COL150	ROS150	0.233	0.097	PAL500	MVA500	484.386	17.940
COL150	JLA150	-6.898	1.662	PAY150	YOU150	21.910	5.281
CON150	COL150	73.249	20.354	PAZ150	MAL150	197.830	47.679
DUR150	FLO150	194.029	31.506	PAZ150	SCA150	160.748	38.742
EFI150	SVA150	-94.602	39.388	PRO150	MVA150	89.997	14.614
FBE150	MER150	188.530	39.280	PTI500	BRU500	0.000	0.000

G.2 Contingencia MVA500-MVI500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
FLO150	PRO150	89.997	14.614	ROD150	ACO150	57.393	11.958
JLA150	LIB150	-6.898	2.330	ROD150	MVB150	24.383	3.945
LIB150	EFI150	-67.428	18.736	ROS150	ROD150	-132.227	27.549
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	187.248	39.012
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	224.824	20.625
MER150	NPA150	152.771	63.607	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	456.294	47.534	SGU150	SAL150	336.730	70.156
MVA150	BIF150	558.145	67.328	SJA150	FBE150	222.458	36.123
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	664.626	27.672
MVA500	MVI500	491.839	25.618	SVA150	MVC150	-181.337	43.704
MVB150	MVC150	238.598	33.132	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVL150	193.432	20.150	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	MVA150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB150	PIE150	132.471	4.906	TER150	BAY150	-245.259	39.676
MVB500	MVA500	57.964	3.622	TER150	DUR150	257.979	35.842
MVC150	MVD150	57.964	8.049	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVD150	MVE2	29.472	4.093	TRI150	ROD150	320.198	33.356
MVF150	MVE1	82.784	11.495	TYT150	MEL150	64.713	53.888
MVF150	MVG150	126.019	17.499	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVJ150	-43.236	6.004	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVG150	MVR1	243.968	33.877	YOU150	TER150	-86.229	20.782
MVH150	MVF150	243.968	16.939	YOU150	MER150	60.544	14.592
MVI150	MVH150	153.680	21.340	SGU500	SGU150	139.930	73.444
MVI150	MVF150	195.388	27.132	SJA500	SJA150	66.737	35.028
MVI150	MVR1	154.701	22.915	PAL500	PAL150	67.569	22.506
MVI150	MVK150	0.000	0.000	MVB500	MVB150	364.716	52.372
MVI150	MVM2	-959.728	99.978	MVA500	MVA150	616.856	88.947
MVI150	MVM1	63.597	10.600	MVI500	MVI150	-63.597	7.797
MVJ150	MVE1	-58.088	8.066	SCA500	SCA150	63.597	15.423
MVL150	MVA150	-38.880	5.399				

Cuadro G.5.: Resultado DAC Contingencia MVI500-SCA500

G.2.2. Invierno

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1158.725	42.915	MVL150	MVR2	269.903	37.479

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
ACO150	MVB150	25.855	4.972	MVM1	MVA150	-1672.797	174.260
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	PAL150	-94.866	19.765	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BAY150	TRI150	165.848	46.084	NOR150	MVR2	-269.903	37.479
BIF150	PAZ150	473.485	57.057	NOR150	MVE2	330.228	45.855
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NPA150	CON150	83.971	20.238
BRU500	MVB500	672.375	24.902	PAL150	TRI150	272.850	56.847
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL500	BRU500	672.375	24.902
COL150	ROS150	-7.910	3.293	PAL500	MVA500	653.250	24.194
COL150	JLA150	10.661	2.569	PAY150	YOU150	118.997	28.679
CON150	COL150	81.054	22.522	PAZ150	MAL150	201.211	48.494
DUR150	FLO150	239.316	38.860	PAZ150	SCA150	220.812	53.218
EFI150	SVA150	-71.135	29.618	PRO150	MVA150	121.621	19.749
FBE150	MER150	147.045	30.636	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	121.621	19.749	ROD150	ACO150	86.167	17.953
JLA150	LIB150	10.661	3.602	ROD150	MVB150	67.716	10.955
LIB150	EFI150	-42.919	11.926	ROS150	ROD150	-146.181	30.456
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	305.622	63.675
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	71.788	6.586
MER150	NPA150	163.563	68.101	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	NOR150	582.220	60.652	SGU150	SAL150	462.236	96.305
MVA150	BIF150	473.485	57.057	SJA150	FBE150	353.608	57.419
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	1052.642	43.828
MVB150	MVC150	748.132	38.968	SVA150	MVC150	-185.814	44.783
MVB150	MVL150	430.200	59.738	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	389.956	40.623	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	137.157	5.080	TER150	BAY150	-310.069	50.161
MVC150	MVD150	206.462	12.901	TER150	DUR150	305.634	42.463
MVD150	MVE2	206.462	28.669	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	397.348	41.393
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	-56.646	13.652
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	126.560	30.502
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	164.994	86.600
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	106.082	55.679
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	111.533	37.150
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	535.218	76.855

G.2 Contingencia MVA500-MVI500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVI150	MVM1	-1672.797	174.260	MVA500	MVA150	790.407	113.971
MVI500	SCA500	-15.544	2.591	MVI500	MVI150	15.544	1.906
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	-15.544	3.770
MVL150	MVA150	-31.920	4.432				

Cuadro G.6.: Contingencia MVI500-SCA500 Invierno

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	892.534	33.056	MVL150	MVR2	231.433	32.137
ACO150	MVB150	-3.095	0.595	MVM1	MVA150	-956.249	99.615
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	PAL150	-67.530	14.070	MVR1	MVE1	46.465	6.452
BAY150	TRI150	152.846	42.471	NOR150	MVR2	-231.433	32.137
BIF150	PAZ150	257.447	31.024	NOR150	MVE2	443.629	61.602
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NPA150	CON150	49.207	11.859
BRU500	MVB500	551.359	20.420	PAL150	TRI150	232.327	48.404
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL500	BRU500	551.359	20.420
COL150	ROS150	-18.847	7.847	PAL500	MVA500	535.243	19.824
COL150	JLA150	-13.165	3.173	PAY150	YOU150	73.714	17.766
CON150	COL150	46.291	12.863	PAZ150	MAL150	92.976	22.408
DUR150	FLO150	191.761	31.138	PAZ150	SCA150	113.009	27.236
EFI150	SVA150	-94.962	39.538	PRO150	MVA150	74.065	12.027
FBE150	MER150	124.342	25.906	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	74.065	12.027	ROD150	ACO150	57.217	11.921
JLA150	LIB150	-13.165	4.448	ROD150	MVB150	32.205	5.210
LIB150	EFI150	-66.746	18.547	ROS150	ROD150	-157.118	32.735
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	260.340	54.241
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	3.133	0.287
MER150	NPA150	128.799	53.627	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	NOR150	734.091	76.472	SGU150	SAL150	416.954	86.871
MVA150	BIF150	257.447	31.024	SJA150	FBE150	330.905	53.732
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	793.262	33.028
MVA500	MVI500	658.558	34.302	SVA150	MVC150	-209.640	50.525
MVB150	MVC150	330.984	45.961	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVL150	226.544	23.600	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	MVA150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB150	PIE150	102.463	3.795	TER150	BAY150	-295.735	47.842
MVB500	MVA500	93.061	5.815	TER150	DUR150	258.078	35.856

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVC150	MVD150	93.061	12.922	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVD150	MVE2	32.148	4.464	TRI150	ROD150	343.823	35.817
MVF150	MVE1	101.343	14.073	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVF150	MVG150	167.704	23.287	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVJ150	-66.361	9.215	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVG150	MVR1	332.228	46.133	YOU150	TER150	-89.868	21.659
MVH150	MVF150	332.228	23.067	YOU150	MER150	114.499	27.595
MVI150	MVH150	209.278	29.060	SGU500	SGU150	151.410	79.469
MVI150	MVF150	249.628	34.663	SJA500	SJA150	99.271	52.104
MVI150	MVR1	0.000	0.000	PAL500	PAL150	91.175	30.369
MVI150	MVK150	217.825	22.692	MVB500	MVB150	448.896	64.460
MVI150	MVM2	-956.249	99.615	MVA500	MVA150	637.706	91.953
MVI150	MVM1	-15.813	2.636	MVI500	MVI150	-	1.939
MVJ150	MVE1	-78.612	10.916	SCA500	SCA150	-15.813	3.835
MVL150	MVA150	-92.667	12.868				

Cuadro G.7.: Resultado DAC Contingencia MVI500-SCA500

G.3. Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

G.3.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	898.540	33.279	MVL150	MVA150	13.030	1.809
ACO150	MVB150	60.275	11.591	MVL150	MVR2	210.764	29.267
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-1446.626	150.699
BAY150	PAL150	-105.990	22.083	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	TRI150	191.661	53.257	MVR1	MVE1	38.980	5.413
BIF150	PAZ150	490.559	59.115	NOR150	MVR2	-210.764	29.267
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	226.250	31.417
BRU500	MVB500	1071.571	39.687	NPA150	CON150	149.418	36.011
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL150	TRI150	311.816	64.966
COL150	ROS150	23.742	9.885	PAL500	BRU500	1071.571	39.687
COL150	JLA150	42.679	10.286	PAY150	YOU150	83.532	20.132
CON150	COL150	146.335	40.662	PAZ150	MAL150	215.554	51.950
DUR150	FLO150	294.202	47.772	PAZ150	SCA150	188.984	45.547

G.3 Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
EFI150	SVA150	-45.026	18.747	PRO150	MVA150	190.171	30.880
FBE150	MER150	250.046	52.096	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	190.171	30.880	ROD150	ACO150	133.352	27.783
JLA150	LIB150	42.679	14.419	ROD150	MVB150	117.556	19.017
LIB150	EFI150	-17.852	4.961	ROS150	ROD150	-108.718	22.651
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	248.870	51.851
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	207.101	18.999
MER150	NPA150	225.856	94.037	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	318.129	33.140	SGU150	SAL150	398.352	82.995
MVA150	BIF150	690.126	83.248	SJA150	FBE150	283.973	46.112
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	813.348	33.864
MVB150	MVC150	552.397	28.772	SVA150	MVC150	-131.760	31.755
MVB150	MVL150	318.539	44.232	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVA150	328.297	34.200	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB500	MVA500	674.986	24.999	TER150	BAY150	-295.381	47.785
MVC150	MVD150	168.099	10.503	TER150	DUR150	358.152	49.760
MVD150	MVE2	168.099	23.342	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TRI150	ROD150	465.821	48.526
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	MEL150	64.713	53.887
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	TER150	-36.177	8.719
MVI150	MVH150	526.351	36.545	YOU150	MER150	72.114	17.380
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SGU500	SGU150	158.417	83.147
MVI150	MVR1	228.318	31.704	SJA500	SJA150	85.192	44.714
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	126.292	42.066
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVB500	MVB150	396.586	56.948
MVI150	MVM1	-1446.626	150.699	MVA500	MVA150	674.986	97.328
MVI500	SCA500	49.809	8.302	MVI500	MVI150	-49.809	6.106
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	-15.544	3.770

Cuadro G.8.: Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	723.088	26.781	MVL150	MVA150	-25.880	3.594
ACO150	MVB150	33.700	6.481	MVL150	MVR2	186.910	25.954
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-959.728	99.978

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
BAY150	PAL150	-79.808	16.628	MVM2	SOL150	0.000	0.000
BAY150	TRI150	179.945	50.001	MVR1	MVE1	28.615	3.974
BIF150	PAZ150	358.579	43.210	NOR150	MVR2	-186.910	25.954
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	301.037	41.802
BRU500	MVB500	921.661	34.135	NPA150	CON150	119.959	28.911
CGR150	PES150	207.801	25.981	PAL150	TRI150	273.811	57.047
COL150	ROS150	14.290	5.950	PAL500	BRU500	921.661	34.135
COL150	JLA150	22.671	5.464	PAY150	YOU150	49.495	11.929
CON150	COL150	116.875	32.476	PAZ150	MAL150	197.830	47.679
DUR150	FLO150	254.203	41.277	PAZ150	SCA150	160.748	38.742
EFI150	SVA150	-65.033	27.077	PRO150	MVA150	150.172	24.385
FBE150	MER150	229.091	47.730	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	150.172	24.385	ROD150	ACO150	106.777	22.247
JLA150	LIB150	22.671	7.660	ROD150	MVB150	84.958	13.744
LIB150	EFI150	-37.859	10.520	ROS150	ROD150	-118.170	24.620
MAL150	CGR150	207.801	26.648	SAL150	PAY150	214.833	44.760
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	MAL150	224.824	20.625
MER150	NPA150	196.397	81.771	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	NOR150	416.771	43.416	SGU150	SAL150	364.315	75.904
MVA150	BIF150	558.145	67.328	SJA150	FBE150	263.019	42.709
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA500	PAL500	644.182	26.821
MVB150	MVC150	497.617	25.919	SVA150	MVC150	-151.768	36.577
MVB150	MVL150	255.774	35.517	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVA150	224.400	23.376	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB500	MVA500	573.756	21.250	TER150	BAY150	-280.914	45.444
MVC150	MVD150	93.311	5.830	TER150	DUR150	318.153	44.202
MVD150	MVE2	93.311	12.957	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	29.472	4.093	TRI150	ROD150	416.100	43.346
MVF150	MVG150	82.784	11.495	TYT150	MEL150	64.713	53.887
MVG150	MVJ150	126.019	17.499	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-43.236	6.004	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	243.968	33.877	YOU150	TER150	-61.710	14.873
MVI150	MVH150	243.968	16.939	YOU150	MER150	63.609	15.330
MVI150	MVF150	153.680	21.340	SGU500	SGU150	148.205	77.788
MVI150	MVR1	195.388	27.132	SJA500	SJA150	78.906	41.415
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	107.036	35.652
MVI150	MVM2	0.000	0.000	MVB500	MVB150	347.905	49.958
MVI150	MVM1	-959.728	99.978	MVA500	MVA150	573.756	82.732
MVI500	SCA500	63.597	10.600	MVI500	MVI150	-63.597	7.797

G.3 Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVJ150	MVE1	-58.088	8.066	SCA500	SCA150	63.597	15.423

Cuadro G.9.: Resultado DAC Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

G.3.2. Invierno

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1147.640	42.505	MVL150	MVA150	-16.271	2.259
ACO150	MVB150	92.121	17.716	MVL150	MVR2	274.273	38.086
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-1672.797	174.260
BAY150	PAL150	-169.609	35.337	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	192.942	53.613	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	473.485	57.057	NOR150	MVR2	-274.273	38.086
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	285.879	39.697
BRU500	MVB500	1245.353	46.124	NPA150	CON150	142.450	34.332
CGR150	PES150	96.109	12.016	PAL150	TRI150	374.391	78.003
COL150	ROS150	11.005	4.582	PAL500	BRU500	1245.353	46.124
COL150	JLA150	50.224	12.105	PAY150	YOU150	155.944	37.584
CON150	COL150	139.533	38.772	PAZ150	MAL150	201.211	48.494
DUR150	FLO150	319.777	51.925	PAZ150	SCA150	220.812	53.218
EFI150	SVA150	-31.572	13.145	PRO150	MVA150	202.081	32.814
FBE150	MER150	201.386	41.958	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	202.081	32.814	ROD150	ACO150	152.433	31.759
JLA150	LIB150	50.224	16.968	ROD150	MVB150	149.000	24.104
LIB150	EFI150	-3.356	0.933	ROS150	ROD150	-127.265	26.515
MAL150	CGR150	96.109	12.325	SAL150	PAY150	342.570	71.373
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	71.788	6.586
MER150	NPA150	222.042	92.449	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	NOR150	533.501	55.576	SGU150	SAL150	499.184	104.003
MVA150	BIF150	473.485	57.057	SJA150	FBE150	407.949	66.243
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	1025.256	42.687
MVB150	MVC150	752.917	39.217	SVA150	MVC150	-146.251	35.248
MVB150	MVL150	450.220	62.518	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	426.589	44.439	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	735.968	27.258	TER150	BAY150	-357.719	57.869
MVC150	MVD150	250.810	15.672	TER150	DUR150	386.094	53.642
MVD150	MVE2	250.810	34.828	TGO150	ART150	47.574	19.808

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	525.983	54.793
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	-23.836	5.745
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	130.697	31.499
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	176.079	92.417
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	122.385	64.235
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	164.418	54.765
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	509.385	73.145
MVI150	MVM1	-1672.797	174.260	MVA500	MVA150	735.968	106.122
MVI500	SCA500	-15.544	2.591	MVI500	MVI150	15.544	1.906
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	-15.544	3.770

Cuadro G.10.: Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500 Invierno

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	894.234	33.119	MVL150	MVA150	-77.250	10.727
ACO150	MVB150	52.870	10.167	MVL150	MVR2	236.617	32.857
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-958.288	99.828
BAY150	PAL150	-130.438	27.176	MVM2	SOL150	0.000	0.000
BAY150	TRI150	175.776	48.843	MVR1	MVE1	79.887	11.093
BIF150	PAZ150	293.472	35.365	NOR150	MVR2	-236.617	32.857
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	402.336	55.869
BRU500	MVB500	1029.995	38.147	NPA150	CON150	98.972	23.853
CGR150	PES150	0.000	0.000	PAL150	TRI150	317.928	66.239
COL150	ROS150	-2.763	1.150	PAL500	BRU500	1029.995	38.147
COL150	JLA150	20.515	4.944	PAY150	YOU150	106.107	25.573
CON150	COL150	96.055	26.691	PAZ150	MAL150	118.250	28.499
DUR150	FLO150	260.221	42.255	PAZ150	SCA150	123.759	29.827
EFI150	SVA150	-61.282	25.515	PRO150	MVA150	142.525	23.143
FBE150	MER150	170.195	35.459	PTI500	BRU500	0.000	0.000
FLO150	PRO150	142.525	23.143	ROD150	ACO150	113.182	23.581
JLA150	LIB150	20.515	6.931	ROD150	MVB150	100.854	16.315
LIB150	EFI150	-33.065	9.188	ROS150	ROD150	-141.033	29.384
MAL150	CGR150	0.000	0.000	SAL150	PAY150	292.733	60.990
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	MAL150	58.639	5.380
MER150	NPA150	178.564	74.347	SGU150	ARA150	87.745	36.533

G.4 Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVA150	NOR150	687.615	71.631	SGU150	SAL150	449.347	93.620
MVA150	BIF150	293.472	35.365	SJA150	FBE150	376.757	61.178
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA500	PAL500	781.207	32.526
MVB150	MVC150	666.170	34.698	SVA150	MVC150	-175.960	42.408
MVB150	MVL150	351.585	48.821	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	263.499	27.450	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	598.933	22.182	TER150	BAY150	-335.713	54.309
MVC150	MVD150	134.353	8.395	TER150	DUR150	326.538	45.367
MVD150	MVE2	134.353	18.656	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	16.853	2.340	TRI150	ROD150	452.354	47.123
MVF150	MVG150	131.582	18.272	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	149.576	20.770	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-126.246	17.531	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	341.397	47.406	YOU150	TER150	-61.387	14.795
MVI150	MVH150	341.397	23.703	YOU150	MER150	118.411	28.538
MVI150	MVF150	215.053	29.862	SGU500	SGU150	161.128	84.570
MVI150	MVR1	206.133	28.624	SJA500	SJA150	113.027	59.324
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	135.728	45.209
MVI150	MVM2	0.000	0.000	MVB500	MVB150	431.062	61.899
MVI150	MVM1	-958.288	99.828	MVA500	MVA150	598.933	86.362
MVI500	SCA500	-2.386	0.398	MVI500	MVI150	2.386	0.293
MVJ150	MVE1	-96.740	13.433	SCA500	SCA150	-2.386	0.579

Cuadro G.11.: Resultado DAC Contingencia PAL500-MVA500 y MVA500-MVI500

G.4. Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

G.4.1. Verano

Red con contingencia

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	901.832	33.401	MVL150	MVA150	-88.949	12.351
ACO150	MVB150	47.292	9.095	MVL150	MVR2	141.887	19.702
ARA150	TGO150	101.416	42.225	MVM1	MVA150	-177.578	18.499
BAY150	PAL150	-83.044	17.302	MVM2	SOL150	180.534	26.741
BAY150	TRI150	188.771	52.454	MVR1	MVE1	38.980	5.413

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
BIF150	PAZ150	87.792	10.579	NOR150	MVR2	-141.887	19.702
BOT150	FBE150	0.000	0.000	NOR150	MVE2	404.887	56.223
CGR150	PES150	207.801	25.981	NPA150	CON150	134.551	32.428
COL150	ROS150	22.950	9.556	PAL150	TRI150	286.589	59.710
COL150	JLA150	28.603	6.894	PAL500	MVA500	1093.924	40.515
CON150	COL150	131.468	36.531	PAY150	YOU150	72.561	17.488
DUR150	FLO150	262.676	42.653	PAZ150	MAL150	60.233	14.517
EFI150	SVA150	-59.101	24.607	PAZ150	SCA150	-58.462	14.090
FBE150	MER150	234.681	48.895	PRO150	MVA150	158.645	25.761
FLO150	PRO150	158.645	25.761	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	28.603	9.664	ROD150	ACO150	120.369	25.078
LIB150	EFI150	-31.927	8.872	ROD150	MVB150	101.631	16.441
MAL150	CGR150	207.801	26.648	ROS150	ROD150	-109.510	22.816
MDI150	RIV150	69.529	11.290	SAL150	PAY150	237.898	49.565
MDI150	STE150	20.524	34.181	SCA150	ROC150	109.723	17.817
MER150	NPA150	210.989	87.847	SCA150	MAL150	362.422	33.249
MVA150	NOR150	565.643	58.925	SGU150	ARA150	129.703	54.003
MVA150	BIF150	287.359	34.663	SGU150	SAL150	387.381	80.709
MVA150	PAN150	198.858	47.926	SJA150	FBE150	268.608	43.617
MVA500	MVI500	501.545	41.797	SJA500	PAL500	821.249	34.193
MVB150	MVC150	387.835	20.201	SVA150	MVC150	-145.836	35.148
MVB150	MVL150	147.682	20.507	TAC150	MDI150	90.053	18.762
MVB150	MVA150	49.727	5.180	TER150	TAC150	181.171	37.746
MVB150	PIE150	175.880	36.644	TER150	VAL150	245.067	51.059
MVB500	MVA500	-221.062	8.187	TER150	BAY150	-275.324	44.540
MVC150	MVD150	-10.538	0.658	TER150	DUR150	326.626	45.380
MVD150	MVE2	-10.538	1.463	TGO150	ART150	46.787	19.480
MVF150	MVE1	27.031	3.754	TRI150	ROD150	437.704	45.597
MVF150	MVG150	103.097	14.316	TYT150	MEL150	64.713	53.888
MVG150	MVJ150	118.096	16.399	TYT150	EMA150	55.543	23.126
MVG150	MVR1	-65.801	9.137	VAL150	TYT150	224.287	46.729
MVH150	MVF150	224.829	31.220	YOU150	TER150	-47.646	11.483
MVI150	MVH150	526.351	36.545	YOU150	MER150	72.612	17.500
MVI150	MVF150	190.691	26.479	SGU500	SGU150	155.125	81.420
MVI150	MVR1	228.318	31.704	SJA500	SJA150	80.583	42.295
MVI150	MVK150	154.701	22.915	PAL500	PAL150	111.840	37.252
MVI150	MVM2	180.534	18.807	MVB500	MVB150	221.062	31.743
MVI150	MVM1	-177.578	18.499	MVA500	MVA150	371.318	53.542
MVI500	SCA500	170.640	28.441	MVI500	MVI150	330.905	40.568
MVJ150	MVE1	-66.011	9.166	SCA500	SCA150	170.640	41.383

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
----------	--------	-----------	-----------	----------	--------	-----------	-----------

Cuadro G.12.: Contingencia PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500**G.4.2. Invierno***Red con contingencia*

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1151.787	42.658	MVL150	MVA150	-143.371	19.908
ACO150	MVB150	75.669	14.552	MVL150	MVR2	188.455	26.169
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-233.556	24.330
BAY150	PAL150	-140.711	29.317	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	189.229	52.581	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	16.702	2.013	NOR150	MVR2	-188.455	26.169
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	508.590	70.623
CGR150	PES150	96.109	12.016	NPA150	CON150	123.683	29.809
COL150	ROS150	9.939	4.138	PAL150	TRI150	342.538	71.366
COL150	JLA150	32.524	7.839	PAL500	MVA500	1273.536	47.167
CON150	COL150	120.766	33.557	PAY150	YOU150	142.121	34.252
DUR150	FLO150	280.166	45.493	PAZ150	MAL150	25.060	6.040
EFI150	SVA150	-49.273	20.515	PAZ150	SCA150	-59.820	14.417
FBE150	MER150	182.018	37.923	PRO150	MVA150	162.471	26.382
FLO150	PRO150	162.471	26.382	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	32.524	10.988	ROD150	ACO150	135.981	28.331
LIB150	EFI150	-21.056	5.851	ROD150	MVB150	128.819	20.839
MAL150	CGR150	96.109	12.325	ROS150	ROD150	-128.332	26.737
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SAL150	PAY150	328.747	68.493
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MER150	NPA150	203.275	84.635	SCA150	MAL150	247.939	22.746
MVA150	NOR150	842.031	87.717	SGU150	ARA150	87.745	36.533
MVA150	BIF150	16.702	2.013	SGU150	SAL150	485.361	101.123
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA150	FBE150	388.580	63.098
MVA500	MVI500	568.807	47.402	SJA500	PAL500	1035.213	43.102
MVB150	MVC150	547.906	28.539	SVA150	MVC150	-163.951	39.514
MVB150	MVL150	237.302	32.952	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	79.426	8.274	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	-290.847	10.772	TER150	BAY150	-332.534	53.795
MVC150	MVD150	28.099	1.756	TER150	DUR150	346.483	48.139
MVD150	MVE2	28.099	3.902	TGO150	ART150	47.574	19.808

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	490.416	51.088
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	-38.261	9.221
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	131.299	31.644
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	171.932	90.241
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	116.574	61.186
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	146.192	48.695
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	290.847	41.764
MVI150	MVM1	-233.556	24.330	MVA500	MVA150	413.881	59.679
MVI500	SCA500	121.490	20.249	MVI500	MVI150	447.317	54.840
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	121.490	29.463

Cuadro G.13.: Contingencia PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500 Invierno

Resultado del DAC

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
SGU500	SJA500	1141.260	42.268	MVL150	MVA150	-142.749	19.822
ACO150	MVB150	77.484	14.901	MVL150	MVR2	188.183	26.131
ARA150	TGO150	73.066	30.422	MVM1	MVA150	-235.170	24.498
BAY150	PAL150	-137.899	28.731	MVM2	SOL150	217.825	32.265
BAY150	TRI150	190.126	52.830	MVR1	MVE1	62.640	8.698
BIF150	PAZ150	17.215	2.074	NOR150	MVR2	-188.183	26.131
BOT150	FBE150	-165.004	68.701	NOR150	MVE2	505.613	70.210
CGR150	PES150	96.109	12.016	NPA150	CON150	132.802	32.006
COL150	ROS150	14.802	6.163	PAL150	TRI150	340.817	71.008
COL150	JLA150	36.780	8.864	PAL500	MVA500	1270.369	47.050
CON150	COL150	129.885	36.091	PAY150	YOU150	135.655	32.694
DUR150	FLO150	282.426	45.860	PAZ150	MAL150	25.257	6.087
EFI150	SVA150	-45.017	18.743	PAZ150	SCA150	-59.505	14.341
FBE150	MER150	203.572	42.413	PRO150	MVA150	164.731	26.749
FLO150	PRO150	164.731	26.749	PTI500	BRU500	0.000	0.000
JLA150	LIB150	36.780	12.426	ROD150	ACO150	137.796	28.709
LIB150	EFI150	-16.800	4.668	ROD150	MVB150	131.045	21.200
MAL150	CGR150	96.109	12.325	ROS150	ROD150	-123.469	25.724
MDI150	RIV150	103.798	16.855	SAL150	PAY150	322.281	67.146
MDI150	STE150	21.720	36.173	SCA150	ROC150	57.166	9.283
MER150	NPA150	212.394	88.432	SCA150	MAL150	247.741	22.728
MVA150	NOR150	839.325	87.435	SGU150	ARA150	87.745	36.533

G.4 Contingencias PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)	Binicial	Bfinal	Flujo (A)	carga (%)
MVA150	BIF150	17.215	2.074	SGU150	SAL150	478.894	99.776
MVA150	PAN150	237.131	57.151	SJA150	FBE150	368.576	59.849
MVA500	MVI500	568.170	47.349	SJA500	PAL500	1030.687	42.914
MVB150	MVC150	546.627	28.472	SVA150	MVC150	-159.695	38.488
MVB150	MVL150	237.652	33.000	TAC150	MDI150	125.517	26.151
MVB150	MVA150	80.442	8.380	TER150	TAC150	214.688	44.729
MVB150	PIE150	212.362	44.245	TER150	VAL150	251.385	52.375
MVB500	MVA500	-289.661	10.728	TER150	BAY150	-328.824	53.195
MVC150	MVD150	31.076	1.942	TER150	DUR150	348.743	48.452
MVD150	MVE2	31.076	4.315	TGO150	ART150	47.574	19.808
MVF150	MVE1	32.209	4.473	TRI150	ROD150	489.594	51.002
MVF150	MVG150	151.428	21.027	TYT150	MEL150	71.295	59.369
MVG150	MVJ150	151.468	21.033	TYT150	EMA150	24.243	10.094
MVG150	MVR1	-108.291	15.037	VAL150	TYT150	219.407	45.713
MVH150	MVF150	322.685	44.808	YOU150	TER150	-32.292	7.783
MVI150	MVH150	726.428	50.436	YOU150	MER150	118.864	28.647
MVI150	MVF150	268.967	37.349	SGU500	SGU150	169.992	89.223
MVI150	MVR1	307.734	42.732	SJA500	SJA150	110.573	58.036
MVI150	MVK150	203.658	30.166	PAL500	PAL150	144.833	48.242
MVI150	MVM2	217.825	22.692	MVB500	MVB150	289.661	41.594
MVI150	MVM1	-235.170	24.498	MVA500	MVA150	412.538	59.485
MVI500	SCA500	121.337	20.223	MVI500	MVI150	446.833	54.780
MVJ150	MVE1	-94.849	13.171	SCA500	SCA150	-15.813	3.835

Cuadro G.14.: Resultado DAC Contingencia PAL500-BRU500 y BRU500-MVB500

Bibliografía

