

PROTOCOLO DE PRUEBAS

En la literatura especializada ([9], [10]), los métodos de optimización de las pérdidas eléctricas se estudian sobre redes de distribución, principalmente por presentar más pérdidas que las redes de transporte. Por otra parte, las redes radiales pueden analizarse con un coste computacional pequeño empleando técnicas específicas. En este proyecto, no obstante, el reparto de carga implementado en el AG permite calcular el estado de cualquier tipo de red, ya sea radial o en anillo (véase Apéndice IV).

Aquí se analizará el comportamiento del AG sobre una red radial de nueve ramas, físicamente existente, extraída de [9].

14. Descripción de la red de prueba TS1

Se muestra en la figura 14.1. Se trata de una red de distribución a 23 kV. Su descripción se encuentra en el archivo TS1.raw. (Véase Apéndice III). Las impedancias se expresan en p.u., tomando una potencia base de 10 MVA y una tensión base de 23 kV.

Se contemplan tres escenarios derivados de TS1 escalando los consumos según se muestra en la tabla de la página siguiente.

Las tomas del transformador permanecen fijas, de forma que en los casos TS1S1 y TS1S2, la relación de transformación es de 1 p.u., y en TS1S0, 1.05 p.u. La consigna del generador se mantiene a 1 p.u. en todos los casos.

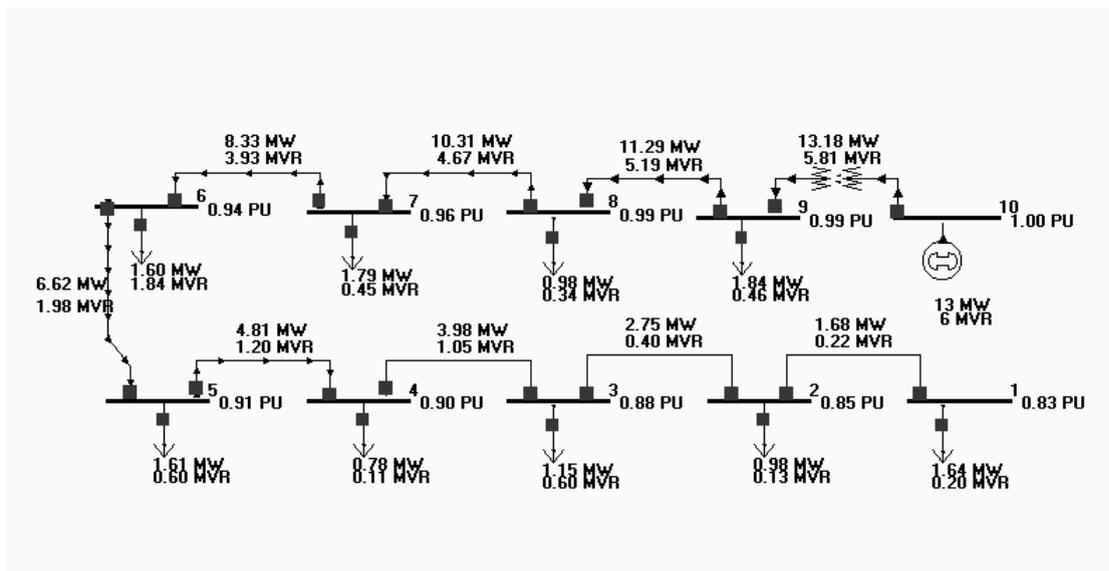


Figura 14.1. Red de prueba TS1.

Casos Base	Factor de Escala	Vigencia (horas/año)	Pérdidas (kVA)	Escenario	Tensión mínima (p.u.)/Nudo
TS1S0	x 1.1	1000	1191	Principal (AGP)	0.7453/1
TS1S1	x 0.6	6760	262	Secundario (AGB)	0.9046/1
TS1S2	x 0.3	1000	60	Secundario (AGB)	0.9544/1

14.1. Ensayo del AG sobre TS1

La compensación se realiza en seis de los nueve nudos posibles, en concreto en los nudos del 1 al 6, siguiendo el criterio de seleccionar los que tienen las tensiones más bajas.

Se hace trabajar al AG con poblaciones de 20 elementos, que evolucionan hasta alcanzar una diversidad inferior al 15% o un número de generaciones igual a 10. La compensación se realiza con bancos de condensadores con un número máximo de 7 pasos, cada uno de los

cuales tiene una potencia nominal de 300 kVAr. Se toma un límite inferior para la tensión de 0.79 p.u.

Se describe seguidamente los resultados que fue proporcionando una prueba del AG sobre TS1.

14.2. Primera generación: Población Inicial

Se muestra en la figura 14.2 el VAN de las distribuciones principales generadas aleatoriamente.

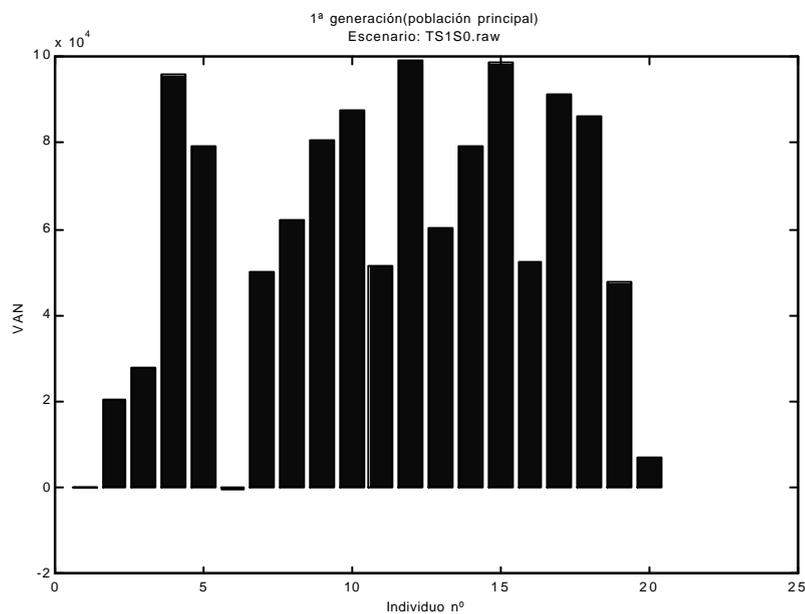


Figura 14.2. Población inicial

Del informe ofrecido por el programa, se advierte que la mejor distribución obtenida tiene un VAN igual a 99304 €, y para la peor de -444 €. La diversidad genética dio un valor de 51.667%.

Como muestra, algunas de estas distribuciones fueron:

ALGORITMO GENÉTICO PRINCIPAL

ESCENARIO PRINCIPAL... TS1S0.raw

Nº	Fenotipo	VAN	Pérdidas en TS1S0
(1)	0 0 0 0 0 0	...0 euros	... 1.191 MW
(2)	6 6 2 4 6 0	...20264 euros	... 1.121 MW
(3)	7 6 0 6 3 2	...27962 euros	... 1.129 MW
(4)	5 1 6 6 1 2	...95524 euros	... 1.017 MW
(5)	7 0 6 3 2 2	...78879 euros	... 1.034 MW
(6)	7 6 6 5 3 0	...-444 euros	... 1.231 MW
=====			
(12)	1 7 4 0 0 5	...99304 euros	... 1.011 MW
(13)	5 6 0 6 5 3	...60068 euros	... 1.057 MW
=====			
(19)	5 6 6 2 2 2	...47505 euros	... 1.086 MW
(20)	7 5 0 7 6 7	...6740 euros	... 1.146 MW

Mejor distribución encontrada
 en la 1ª generación:
 Individuo nº... 12 *** Fenotipo ... 1 7 4 0 0 5
 VAN... 99304.2606euros. *** Pérdidas... 1.0106MW

Diversidad... 51.6667 %

14.3. Evolución

En sucesivas poblaciones, las mejores distribuciones encontradas fueron:

Gen.	Fenotipo	VAN(€)	Pérdidas(kW) en TS1S0	Diversidad
4ª	2 0 5 6 1 2	119481	988	34.1667 %
6ª	2 3 1 1 3 3	119601	1008	32.7778 %
8ª	0 1 5 6 1 2	121618	993	36.3889 %

A partir de la octava generación se estanca la población (véase figura 14.3), repitiéndose en la décima la misma solución, como se aprecia en en la página siguiente (fragmento del fichero solucion.txt).

*** Distribución de condensadores

Escenarios: (Nudo)	TS1S0.raw	TS1S1.raw (MVAr nominales)	TS1S2.raw
1	0.000	0.000	0.000
2	0.300	0.300	0.300
3	1.500	0.300	0.300
4	1.800	0.300	0.300
5	0.300	0.300	0.300
6	0.600	0.600	0.600

Escenarios:	TS1S0.raw	TS1S1.raw	TS1S2.raw
*** Pérdidas (MW):	0.993	0.213	0.039
*** Valor Actual Neto de la Solución (euros) 1 :	121618		

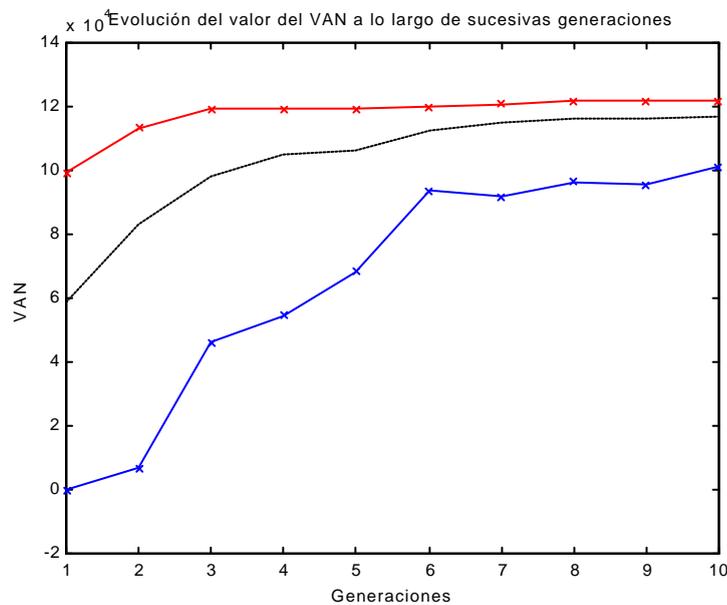


Figura 14.3. Evolución de la población. (Red de

Si se hubieran permitido más de 10 generaciones, probablemente se habría obtenido una solución algo mejor. No en vano, la diversidad de la última población daba algún margen de esperanza (33.88%).

Otras ejecuciones del AG con los mismos parámetros proporcionaron distribuciones con mejor VAN (diferencia inferior al 3%). Se muestra el fichero solucion.txt correspondiente a la mejor ejecución del AG.

```

*****
                FICHERO DE RESULTADOS : solucion.txt
*****
                DATOS DE ENTRADA: interfaz.txt
*****

*** Nombres de los ficheros .raw:
TS1S2.raw
TS1S1.raw
TS1S0.raw

*** Error máximo admisible para el reparto de carga(potencia en p.u.): ema= 0.001

*** Tensiones límites(en p.u.)

Nudos PQ:  Límite Superior  Límite inferior
            1.05             0.79
Nudos PV:
            1.02             0.98

*** Vida útil de la inversión(años), tasa de actualización y precio del Kilovatio-
hora(euros):
vu= 10 años, ta= 0.05, pKWh= 0.038 euros

*** Número de nudos candidatos y número máximo de pasos para los bancos
nc= 6 nudos, num_pasos= 7

*** Tamaños de paso para cada nivel de tensión
KV   Tamaño
23   1

*** Parámetros de funcionamiento del AG:
num_ind= 20 individuos, num_gen= 10 generaciones, pcr= 0.98, pmu= 0.01
nm= 2 individuos, np= 1 individuos, elite= 1, umbral_div= 15

*****
                RESULTADOS
*****

*** MEJORES DISTRIBUCIONES OBTENIDAS:

*****
*   Solución 1   *
*****

*** Distribución de condensadores
Escenarios:      TS1S0.raw          TS1S1.raw          TS1S2.raw
(Nudo)          _____(MVAr nominales)_____
1              0.600                0.300                0.300
2              0.000                0.000                0.000
3              1.200                0.300                0.300
4              0.300                0.300                0.300
5              1.200                0.300                0.600
6              0.600                0.600                0.000

Escenarios:      TS1S0.raw          TS1S1.raw          TS1S2.raw
*** Pérdidas:   1.002                0.213                0.040
*** Valor Actual Neto de la Solución 1 (euros): 124754

Estado:
NUDO            v(p.u.)          d(°)          v(p.u.)          d(°)          v(p.u.)          d(°)

```

1	0.790	-9.17	0.925	-4.14	0.974	-2.59
2	0.812	-8.11	0.934	-3.67	0.977	-2.28
3	0.845	-6.86	0.950	-3.11	0.984	-1.93
4	0.865	-6.08	0.959	-2.80	0.988	-1.71
5	0.875	-5.47	0.964	-2.52	0.989	-1.54
6	0.905	-3.69	0.978	-1.75	0.993	-0.97
7	0.920	-3.09	0.985	-1.47	0.996	-0.78
8	0.942	-1.58	0.996	-0.75	0.999	-0.38
9	0.946	-0.67	0.997	-0.32	0.999	-0.17
10	1.000	0.00	1.000	0.00	1.000	0.00

 * Solución 2 *

*** Distribución de condensadores

Escenarios: (Nudo)	TS1S0.raw	TS1S1.raw (MVA _r nominales)	TS1S2.raw
1	0.600	0.300	0.300
2	0.000	0.000	0.000
3	1.200	0.300	0.300
4	0.300	0.300	0.300
5	1.200	0.300	0.600
6	1.200	0.600	0.000

Escenarios:	TS1S0.raw	TS1S1.raw	TS1S2.raw
*** Pérdidas:	0.988	0.213	0.040
*** Valor Actual Neto de la Solución 2 (euros):	124693		

Estado:

NUDO	v(p.u.)	d(°)	v(p.u.)	d(°)	v(p.u.)	d(°)
1	0.794	-9.23	0.925	-4.14	0.974	-2.59
2	0.816	-8.17	0.934	-3.67	0.977	-2.28
3	0.849	-6.94	0.950	-3.11	0.984	-1.93
4	0.868	-6.16	0.959	-2.80	0.988	-1.71
5	0.878	-5.55	0.964	-2.52	0.989	-1.54
6	0.908	-3.78	0.978	-1.75	0.993	-0.97
7	0.922	-3.14	0.985	-1.47	0.996	-0.78
8	0.943	-1.59	0.996	-0.75	0.999	-0.38
9	0.946	-0.68	0.997	-0.32	0.999	-0.17
10	1.000	0.00	1.000	0.00	1.000	0.00

*** ESTADÍSTICAS:

Número total de mutaciones: 2126
 Número total de 'no convergencias': 0
 Número de generaciones: 10, de un máximo de 10

La mejor solución encontrada se simula con POWER WORLD. En la figura 14.4 se muestra gráficamente el estado resultante en el escenario principal (TS1S0). Nótese que la reactiva inyectada por los condensadores depende de la tensión en los nudos. Así por ejemplo, el banco situado en el nudo 3, tiene una potencia nominal de 1200 kVA_r, que a la tensión del nudo (0.85 p.u.) pasa a ser igual a $0.85^2 \times 1200 = 867$ kVA_r (redondeado a 0.9 MVA_r en la figura 14.4).

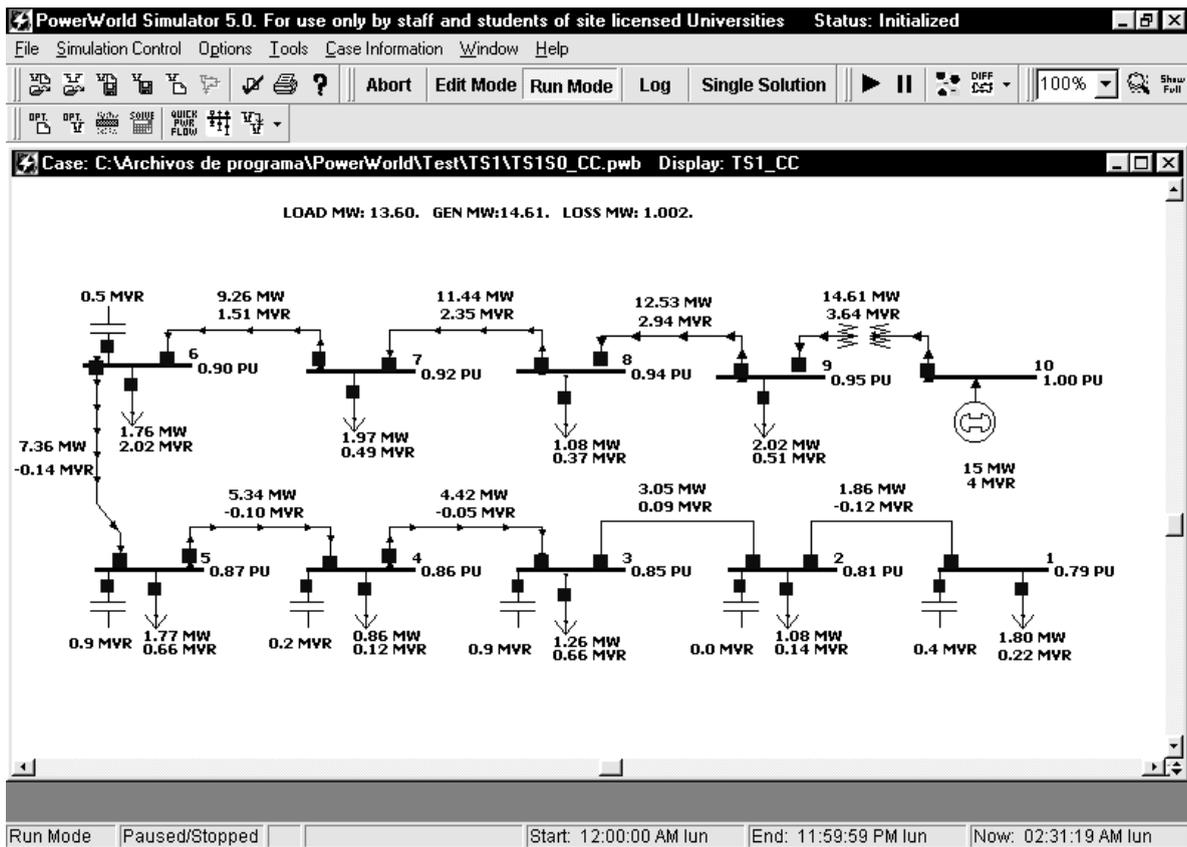


Figura 14.4. Simulación con POWER WORLD.