

6.4. APLICACIÓN DE REDES NEURONALES EN EL CÁLCULO DE LA TASA DE CONTORNEAMIENTOS

6.4.1. Introducción

Como ya se ha comentado anteriormente, dada la naturaleza del rayo, el análisis de una línea aérea de distribución debe ser estadístico, es decir se debe realizar teniendo en cuenta el carácter aleatorio de las descargas atmosféricas. Una vez entrenadas las redes neuronales con los distintos algoritmos de cálculo de sobretensiones atmosféricas, el análisis estadístico del comportamiento de una línea aérea se puede realizar mediante algoritmo o mediante red neuronal. El objetivo de esta sección es analizar el comportamiento de líneas aéreas de distribución frente al rayo mediante redes neuronales y comparar los resultados obtenidos con los que resultan de aplicar los algoritmos empleados en el entrenamiento de estas redes neuronales.

El cálculo de la tasa de contorneamientos se realizará mediante el método de Monte Carlo siguiendo el procedimiento descrito en el apartado 5.3.1 del capítulo 5. Este estudio se realizará de dos formas diferentes según se tenga en cuenta la función de probabilidad que sigue la velocidad de retorno del rayo

- suponiendo que la velocidad sigue una distribución uniforme
- suponiendo que la velocidad se calcula a partir de la intensidad de pico de la descarga.

6.4.2. Velocidad de retorno del rayo con distribución uniforme

Este estudio se realizará generando un número de casos crecientes que variarán entre 1000 y 10000. Teniendo en cuenta las distribuciones asumidas para cada variable o parámetro, un número máximo de 10000 casos será suficiente para alcanzar la convergencia. Los valores generados para cada caso serán empleados para calcular las sobretensiones mediante algoritmo y mediante red neuronal. Para cada intervalo de 1000 casos se calcula la tasa de contorneamientos de acuerdo con la fórmula (5.10).

Los resultados obtenidos con las líneas analizadas se muestran en las Tablas 6.21 y 6.22. Dado que se supone que el cálculo correcto del comportamiento de la línea se obtiene mediante la aplicación del algoritmo empleado en el entrenamiento, es importante determinar el error cometido mediante empleo de la red neuronal. Este error se ha calculado para la tasa de contorneamientos originados por rayos directos a los conductores de fase, por cebados inversos, por sobretensiones inducidas por rayos a tierra y por contorneamientos totales, de acuerdo con la siguiente expresión

$$\text{Error(\%)} = \frac{\text{abs}(\text{Tasa}_{\text{algoritmo}} - \text{Tasa}_{\text{red neuronal}})}{\text{Tasa}_{\text{algoritmo}}} \cdot 100 \quad (6.22)$$

Los errores resultantes para cada tipo de descargas se muestran en las figuras 6.62, 6.63, 6.64 y 6.65 (líneas sin apantallar), y 6.66, 6.67, 6.68 y 6.69 (líneas apantalladas).

En general, no es fácil determinar si se ha alcanzado la convergencia con el método de Monte Carlo. Para determinar si se ha alcanzado la convergencia, en este estudio se ha tomado como

criterio la evolución de las distribuciones de probabilidad de las variables del rayo. Las figuras 6.70, 6.71 y 6.72 muestran la distribución resultante para la intensidad máxima, el tiempo de frente y la velocidad de retorno después de 1000, 5000 y 10000 casos. Se puede comprobar que las diferencias son prácticamente nulas entre 5000 y 10000 casos. En rigor se debe de comparar la curva de probabilidad resultante con la curva de probabilidad teórica, tal como muestran las figuras 6.73 y 6.74 para el caso de la intensidad y del tiempo de frente. A la vista de los gráficos, se puede concluir que con 10000 casos se ha alcanzado sobradamente la convergencia del método.

Por lo que respecta a la localización de los impactos, la figura 6.75 muestra esta localización después de 2000 casos. Se puede comprobar que después de generar este número de acontecimientos la distribución es razonablemente uniforme en la superficie empleada para analizar el comportamiento de la línea.

Finalmente, se comentarán los resultados obtenidos mediante algoritmo y mediante red neuronal. De la comparación de los valores presentados en las Tablas 6.21 y 6.22, así como de las figuras 6.62 a 6.69, se deduce que

- en general, y tanto para líneas sin y con cable de tierra, el error obtenido con el método de Rusck es más pequeño que con el método de Chowdhuri, y es diferente según la configuración de la línea
- en todos los casos el error es más pequeño con descargas directas a fase (líneas sin apantallar) o cebados inversos (líneas apantalladas) que con descargas a tierra
- algunos errores oscilan mucho conforme aumenta el número de casos generados; es importante tener en cuenta que hay dos casos distintos, por un lado el error es muy pequeño para las descargas directas a fase (líneas sin apantallar) y para los cebados inversos (líneas apantalladas), y por otro el número de descargas a tierra que provocan contorneamiento es muy pequeño en las líneas analizadas.

Como conclusión del estudio se puede mencionar que los errores cometidos con la aplicación de redes neuronales en general no son elevados, pero es necesario analizar el comportamiento de líneas con un CFO distinto.

6.4.3. Velocidad de retorno del rayo en función de la intensidad máxima

La velocidad de retorno del rayo juega un papel muy importante en el cálculo de la tasa de contorneamientos de una línea aérea de distribución. En este apartado, a diferencia del anterior, la velocidad de retorno del rayo no será calculada aleatoriamente de acuerdo con una distribución uniforme, sino que será calculada a partir de la intensidad máxima de la descarga según la expresión (3.10).

Los valores de la tasa de contorneamientos se han calculado para cuatro valores diferentes del parámetro W , ver expresión (3.10), y con valores extremos de 50 y 500.

Al igual que en el apartado anterior, el análisis estadístico del comportamiento de una línea aérea se ha realizado mediante algoritmo (Rusck, Chowdhuri) y mediante red neuronal, siguiendo el método de Monte Carlo. El estudio se ha realizado con un número de casos constante, 5000. El objetivo de este apartado es nuevamente analizar el comportamiento de líneas de distribución frente al rayo mediante redes neuronales, pero con la velocidad de retorno en función de la intensidad.

Se han realizado 2 estudios diferentes a la hora de calcular la tasa de contorneamientos. En el primer estudio se han utilizado las redes neuronales entrenadas con distribución uniforme de la velocidad de retorno del rayo, ver apartados 6.3.3 y 6.3.4, y en el segundo estudio las redes neuronales entrenadas con velocidad en función de la intensidad máxima de la descarga, ver apartados 6.3.5 y 6.3.6. Tal como se comentará en las conclusiones, este segundo estudio se ha visto fuertemente afectado por la falta de datos necesarios en el proceso de entrenamiento. Los resultados obtenidos del primer estudio se muestran en las Tablas 6.23 y 6.25, y los resultados obtenidos del segundo estudio en las Tablas 6.24 y 6.26.

La figura 5.9 muestra la distribución resultante para la velocidad de retorno del rayo después de 5000 casos. Se puede observar que tanto la velocidad media como los valores extremos de la distribución dependen fuertemente del parámetro W . Así por ejemplo, para $W = 50$, la velocidad media se encuentra entre 180000 y 190000 km/s y sus valores extremos entre 90000 y 270000 km/s aproximadamente. Sin embargo, para $W = 500$, la velocidad media se encuentra entre 60000 y 70000 km/s y sus valores extremos entre 20000 y 150000 km/s.

De la comparación de los valores presentados en las Tablas 6.23, 6.24, 6.25 y 6.26 con los obtenidos anteriormente se deduce que

- el parámetro W no influye ni en las descargas directas a fase ni en los cebados inversos si la línea tiene instalado un cable de tierra, porque el cálculo de éstas no depende de la velocidad de retorno del rayo y por tanto de este parámetro
- la tasa de contorneamientos por sobretensiones inducidas es muy dependiente del parámetro W y esta dependencia muestra una tendencia diferente en los dos algoritmos empleados; esto es fácilmente comprensible si se observan las distribuciones de velocidad resultantes que se muestran en la figura 5.9, la media de los valores de velocidad aumenta conforme disminuye el parámetro W ; por otra parte, mientras que las sobretensiones inducidas aumentan con la velocidad según el método de Rusck, la tendencia es justamente la contraria con el método de Chowdhuri
- en el estudio realizado con las redes neuronales entrenadas con distribución uniforme de la velocidad de retorno del rayo, ver Tablas 6.23 y 6.25, el error resultante entre la aplicación del algoritmo de cálculo y la aplicación de la red neuronal es también muy dependiente del parámetro W ; sin embargo, la razón principal está ahora en los valores extremos que pueden tomar las velocidades de retorno, con $W = 50$ se pueden alcanzar valores de hasta 270000 km/s, mientras que con $W = 500$ se pueden tener valores inferiores a 30000 km/s; si se tiene en cuenta que la red neuronal se ha entrenado con valores comprendidos entre 30000 y 150000 km/s, es lógico esperar errores más grandes que cuando se asumió una distribución uniforme de velocidades; por otra parte, los mejores resultados se han obtenido para líneas apantalladas
- el estudio realizado con las redes neuronales entrenadas con velocidad de retorno del rayo en función de la intensidad de pico de la descarga, ver Tablas 6.24 y 6.26, ha dado resultados similares a los obtenidos al utilizar las redes neuronales entrenadas con distribución de velocidad uniforme; tan solo los resultados obtenidos con el algoritmo de Chowdhuri para líneas sin apantallar han mejorado considerablemente.

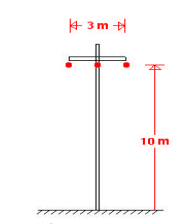
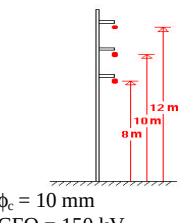
6.4.4. Cálculo estadístico en función de la tensión de contorneamiento

El presente estudio es una continuación del análisis estadístico visto en los dos apartados anteriores. En este caso, el objetivo es realizar el análisis estadístico en función de la tensión de contorneamiento (CFO). Este estudio se realizará tanto con distribución uniforme de velocidad como con velocidad en función de la intensidad máxima de la descarga.

Las Tablas 6.27 y 6.29 presentan los resultados obtenidos utilizando las redes neuronales entrenadas con distribución uniforme de la velocidad del rayo, y las Tablas 6.28 y 6.30 los resultados obtenidos utilizando las redes neuronales entrenadas con la velocidad en función de la intensidad máxima de la descarga. A continuación se comentan estos resultados.

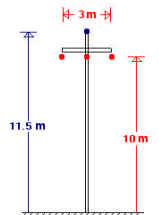
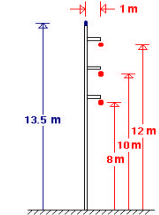
- Tal como sucedió en estudios anteriores, la relación entre la tasa de contorneamientos por descargas a tierra y el parámetro W depende del método utilizado. Con el método de Rusck, la tasa de contorneamientos disminuye ligeramente al aumentar el parámetro W , mientras que con el método de Chowdhuri aumenta de manera considerable. Además, con el método de Rusck, esta relación se mantiene con todos los valores de la tensión de contorneamiento utilizados. Sin embargo, con el método de Chowdhuri, este aumento no es tan brusco con valores del CFO mayores de 150 kV.
- Para todos los valores de CFO utilizados, en general, el error es más pequeño con descargas directas a fase (línea sin apantallar) o cebados inversos (línea apantallada) que con descargas a tierra.
- En el estudio realizado con las redes neuronales entrenadas con distribución uniforme de la velocidad de retorno del rayo, ver Tablas 6.27 y 6.29, en general, utilizando el método de Rusck se consigue un error total más pequeño que con el método de Chowdhuri si la línea no tiene cable de tierra. Sin embargo, ocurre lo contrario cuando la línea tiene cable de tierra, es decir, el error obtenido con el método de Chowdhuri es ligeramente inferior.
- En el estudio realizado con las redes neuronales entrenadas con velocidad de retorno del rayo en función de la intensidad de pico de la descarga, ver Tablas 6.28 y 6.30, el error total obtenido con el algoritmo de Chowdhuri ha sido ligeramente más pequeño que con el algoritmo de Rusck, tanto en líneas apantalladas como en líneas sin apantallar.
- Si se comparan los dos estudios realizados, Tablas 6.27 y 6.29 con Tablas 6.28 y 6.30, al utilizar las redes neuronales entrenadas con la velocidad del rayo en función de la intensidad de pico de la descarga solo se consigue disminuir el error total con el algoritmo de Chowdhuri en líneas sin apantallar. La falta de datos utilizados en este entrenamiento ha sido la causa principal de que no se haya obtenido una mejora general con ambos algoritmos y ambos tipos de línea.

Tabla 6.21a. Método de Rusck. Líneas sin apantallar.
Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

Línea	Número de casos	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	1000	10.60	1.40	12.00	11.10	1.50	12.60
	2000	10.65	1.30	11.95	10.85	1.80	12.65
	3000	10.96	1.16	12.13	11.13	1.60	12.73
	4000	11.35	1.32	12.67	11.35	1.67	13.02
	5000	11.40	1.34	12.74	11.30	1.60	12.90
	6000	11.51	1.33	12.85	11.46	1.55	13.01
	7000	11.82	1.38	13.21	11.78	1.58	13.37
	8000	11.85	1.43	13.28	11.81	1.62	13.43
	9000	11.78	1.43	13.22	11.76	1.58	13.35
	10000	11.77	1.38	13.15	11.74	1.56	13.30
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	1000	10.90	3.20	14.10	11.40	2.00	13.40
	2000	10.85	3.45	14.30	11.35	2.15	13.50
	3000	11.13	3.13	14.26	11.60	2.03	13.63
	4000	11.55	3.32	14.87	11.90	2.02	13.92
	5000	11.60	3.28	14.88	11.76	2.00	13.76
	6000	11.70	3.03	14.73	11.91	1.95	13.86
	7000	12.05	2.97	15.02	12.31	1.90	14.21
	8000	12.07	3.03	15.11	12.35	1.96	14.31
	9000	12.02	3.04	15.06	12.31	1.90	14.21
	10000	12.00	2.90	14.90	12.30	1.87	14.17

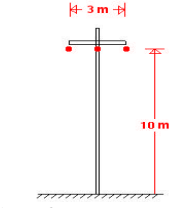
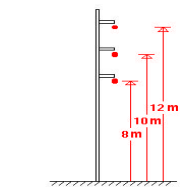
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.21b. Método de Rusck. Líneas apantalladas.
Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

Línea	Número de casos	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	1000	0.00	8.60	0.20	8.80	0.00	7.50	1.40	8.90
	2000	0.00	9.00	0.15	9.15	0.00	8.05	1.10	9.15
	3000	0.00	9.43	0.13	9.56	0.00	8.50	0.96	9.46
	4000	0.00	9.77	0.10	9.87	0.00	8.90	0.97	9.87
	5000	0.00	9.90	0.10	10.00	0.00	9.00	0.92	9.92
	6000	0.00	10.16	0.10	10.26	0.00	9.28	0.93	10.21
	7000	0.00	10.51	0.10	10.61	0.00	9.60	1.00	10.60
	8000	0.00	10.53	0.12	10.66	0.00	9.63	1.05	10.68
	9000	0.00	10.53	0.13	10.66	0.00	9.58	1.01	10.60
	10000	0.00	10.48	0.13	10.61	0.00	9.52	0.95	10.47
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	1000	0.00	9.70	0.70	10.40	0.00	8.30	2.00	10.30
	2000	0.00	10.20	0.60	10.80	0.00	8.85	2.10	10.95
	3000	0.00	10.56	0.53	11.10	0.00	9.30	1.83	11.13
	4000	0.00	10.90	0.50	11.40	0.00	9.62	1.82	11.45
	5000	0.00	10.94	0.46	11.40	0.00	9.72	1.80	11.52
	6000	0.00	11.13	0.41	11.55	0.00	9.98	1.71	11.70
	7000	0.00	11.48	0.41	11.90	0.00	10.27	1.80	12.07
	8000	0.00	11.52	0.46	11.98	0.00	10.31	1.85	12.16
	9000	0.00	11.48	0.46	11.95	0.00	10.27	1.77	12.05
	10000	0.00	11.42	0.44	11.86	0.00	10.21	1.71	11.92

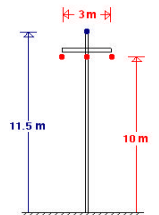
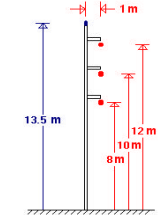
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.22a. Método de Chowdhuri. Líneas sin apantallar.
Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

Línea	Número de casos	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	1000	10.60	13.10	23.70	10.80	16.60	27.40
	2000	10.65	12.80	23.45	10.85	16.35	27.20
	3000	10.96	12.63	23.60	11.06	16.33	27.40
	4000	11.35	12.10	23.45	11.45	15.47	26.92
	5000	11.40	11.92	23.32	11.50	15.14	26.64
	6000	11.51	11.76	23.28	11.65	15.13	26.78
	7000	11.82	11.65	23.48	11.98	14.78	26.77
	8000	11.85	11.37	23.22	12.02	14.46	26.48
	9000	11.78	11.25	23.04	11.95	14.37	26.33
	10000	11.77	11.15	22.92	11.94	14.21	26.15
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	1000	10.90	14.90	25.80	11.20	16.00	27.20
	2000	10.85	14.65	25.50	11.35	15.85	27.20
	3000	11.13	14.56	25.70	11.46	16.43	27.90
	4000	11.55	13.97	25.52	11.75	16.22	27.97
	5000	11.60	13.74	25.34	11.76	16.08	27.84
	6000	11.70	13.58	25.28	11.80	16.11	27.91
	7000	12.05	13.50	25.55	12.11	15.85	27.97
	8000	12.07	13.25	25.32	12.15	15.60	27.75
	9000	12.02	13.03	25.05	12.08	15.40	27.48
	10000	12.00	12.88	24.88	12.05	15.30	27.35

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.22b. Método de Chowdhuri. Líneas apantalladas.
Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

Línea	Número de casos	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	1000	0.00	8.60	6.90	15.50	0.00	9.00	5.60	14.60
	2000	0.00	9.00	6.90	15.90	0.00	9.55	5.85	15.40
	3000	0.00	9.43	6.96	16.40	0.00	9.93	5.90	15.83
	4000	0.00	9.77	6.82	16.60	0.00	10.15	5.82	15.97
	5000	0.00	9.90	6.86	16.76	0.00	10.26	5.86	16.12
	6000	0.00	10.16	6.78	16.95	0.00	10.43	5.78	16.21
	7000	0.00	10.51	6.75	17.27	0.00	10.72	5.80	16.52
	8000	0.00	10.53	6.53	17.06	0.00	10.68	5.61	16.30
	9000	0.00	10.53	6.53	17.06	0.00	10.60	5.61	16.21
	10000	0.00	10.48	6.48	16.96	0.00	10.57	5.60	16.17
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	1000	0.00	9.70	7.60	17.30	0.00	9.60	7.20	16.80
	2000	0.00	10.20	7.30	17.50	0.00	10.10	7.25	17.35
	3000	0.00	10.56	7.40	17.96	0.00	10.53	7.23	17.76
	4000	0.00	10.90	7.35	18.25	0.00	10.80	7.20	18.00
	5000	0.00	10.94	7.42	18.36	0.00	10.90	7.34	18.24
	6000	0.00	11.13	7.35	18.48	0.00	11.00	7.41	18.41
	7000	0.00	11.48	7.35	18.84	0.00	11.31	7.51	18.82
	8000	0.00	11.52	7.12	18.65	0.00	11.32	7.25	18.57
	9000	0.00	11.48	7.10	18.58	0.00	11.27	7.22	18.50
	10000	0.00	11.42	7.06	18.48	0.00	11.23	7.18	18.41

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

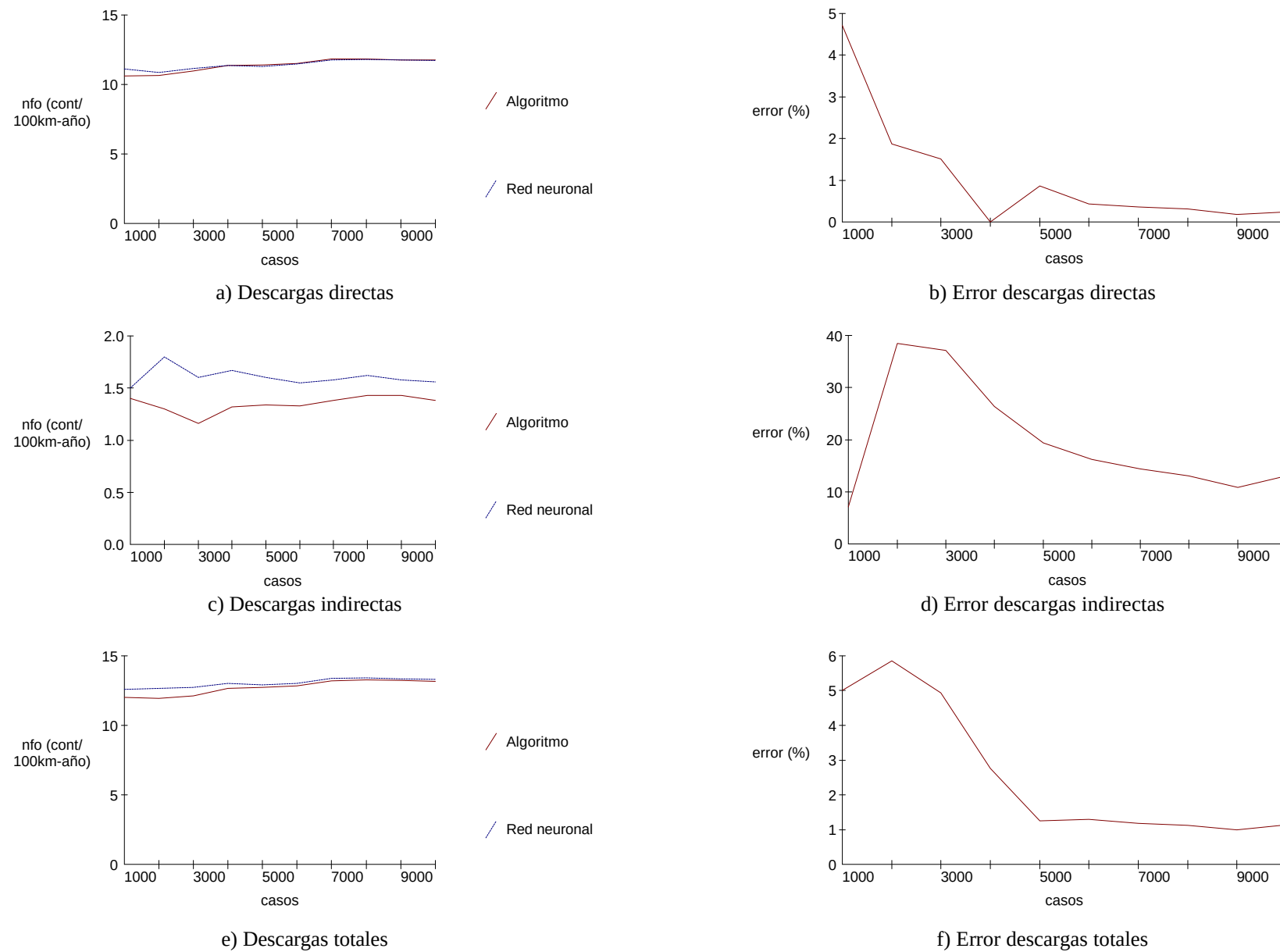


Figura 6.62. Método de Rusck. Línea horizontal sin apantallar. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

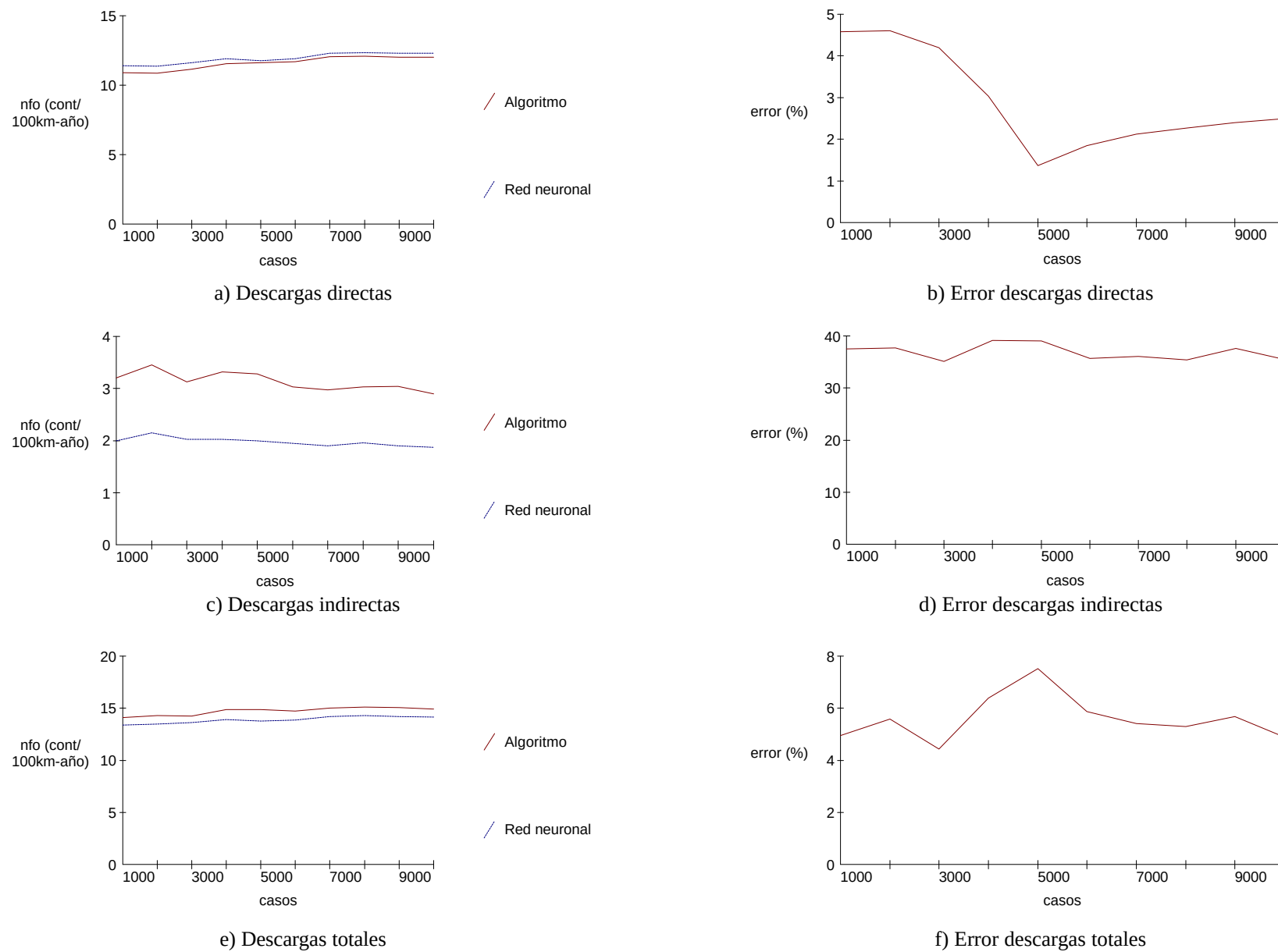


Figura 6.63. Método de Rusck. Línea vertical sin apantallar. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

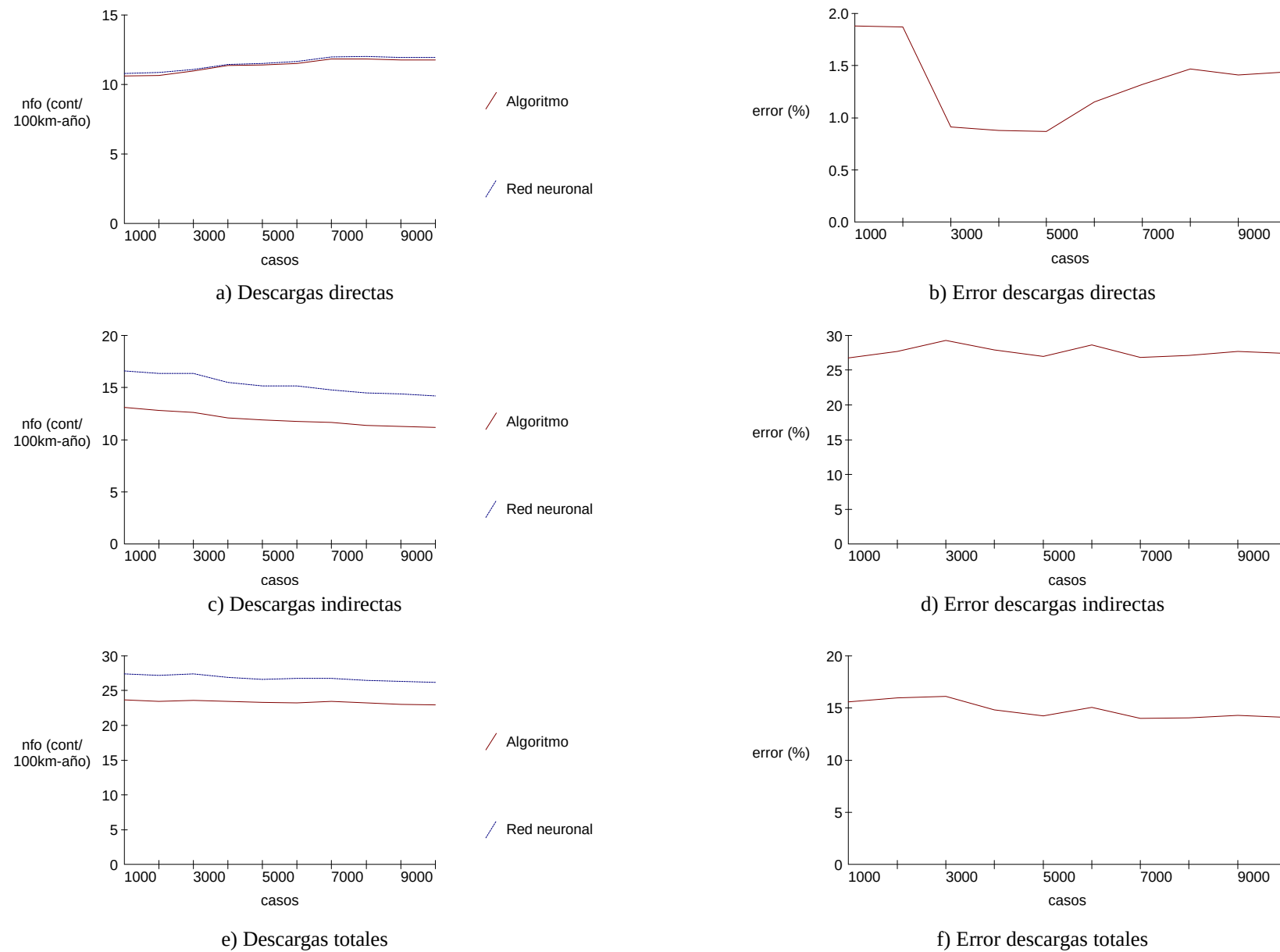
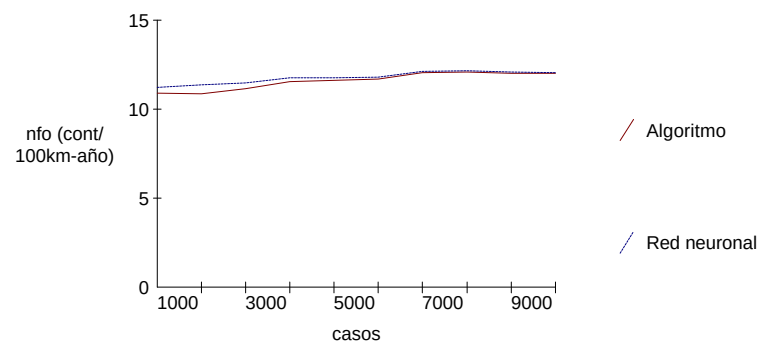
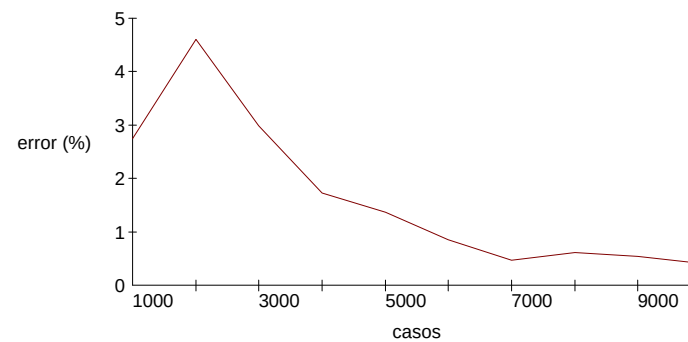


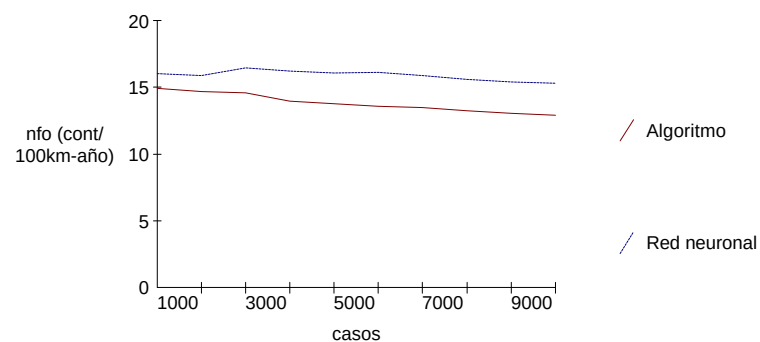
Figura 6.64. Método de Chowdhuri. Línea horizontal sin apantallar. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.



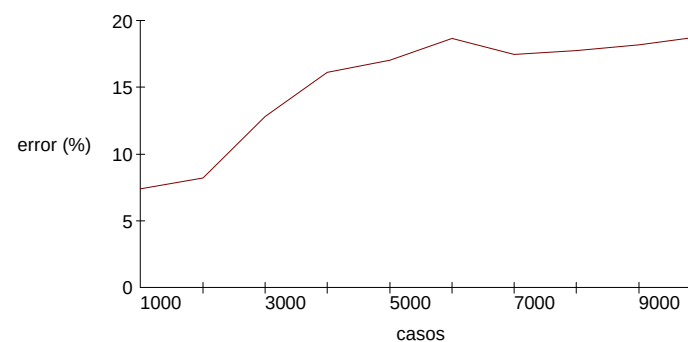
a) Descargas directas



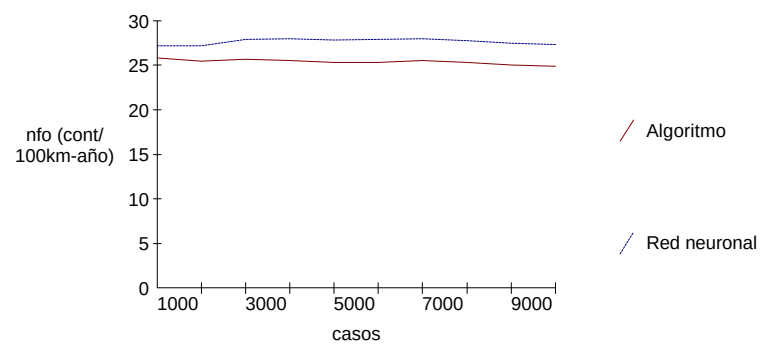
b) Error descargas directas



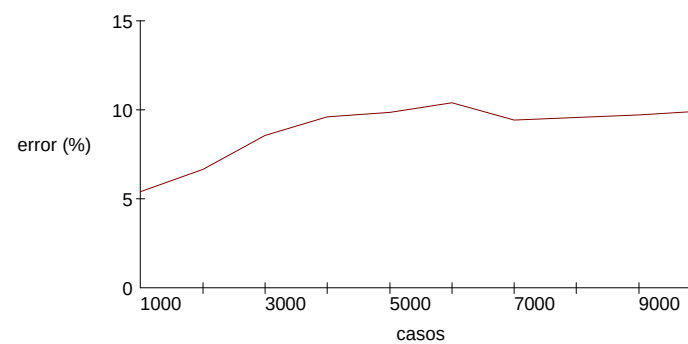
c) Descargas indirectas



d) Error descargas indirectas

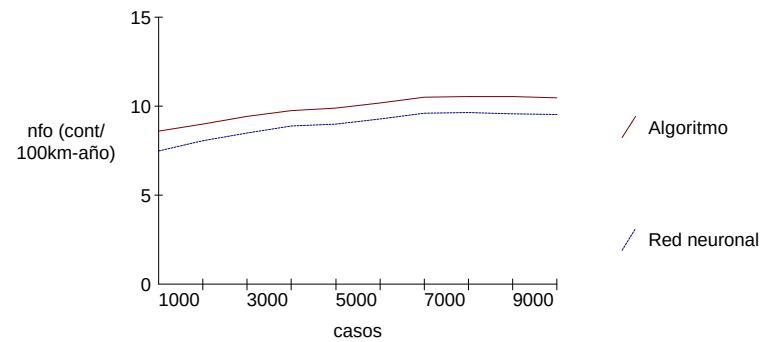


e) Descargas totales

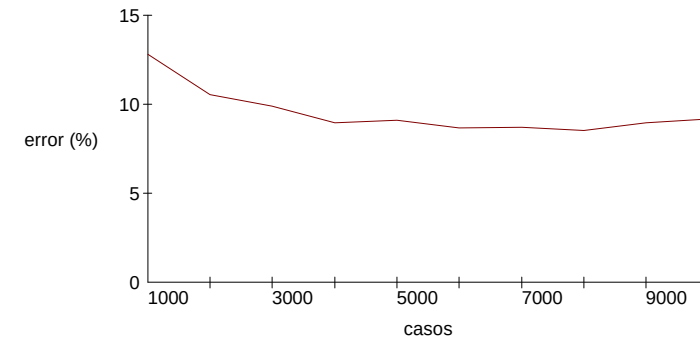


f) Error descargas totales

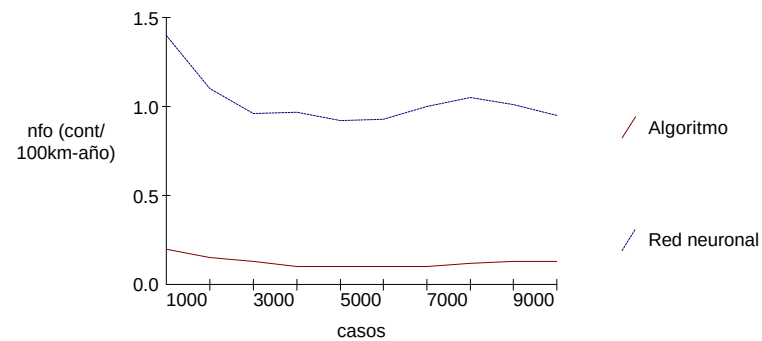
Figura 6.65. Método de Chowdhuri. Línea vertical sin apantallar. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.



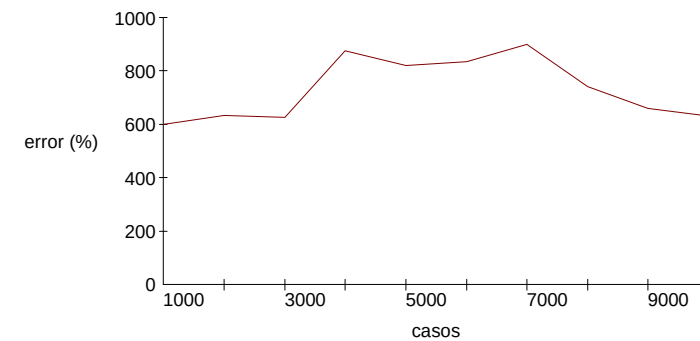
a) Cebados inversos



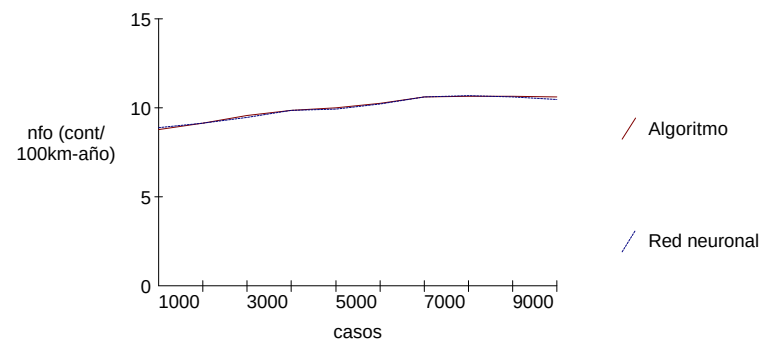
b) Error cebados inversos



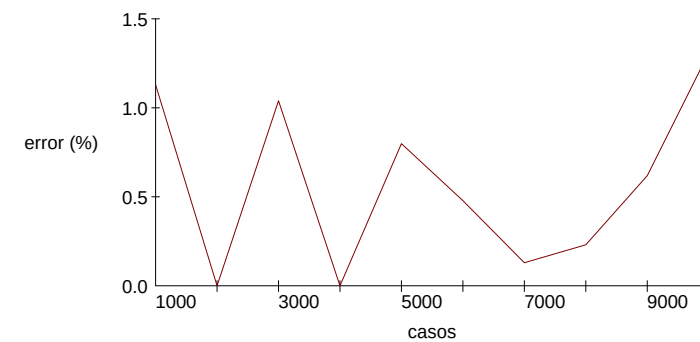
c) Descargas indirectas



d) Error descargas indirectas

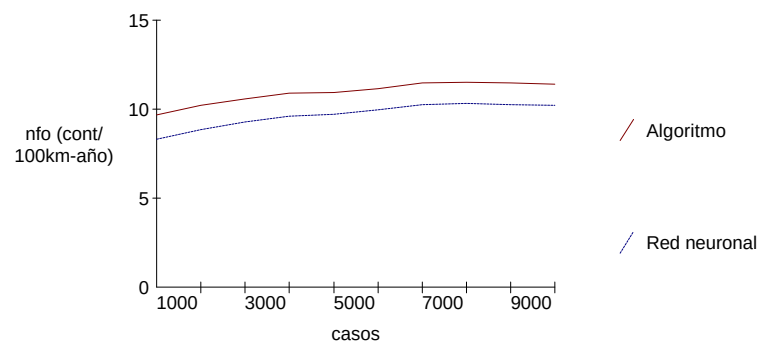


e) Descargas totales

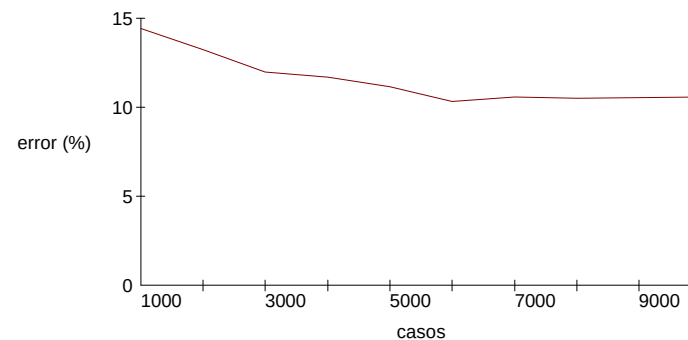


f) Error descargas totales

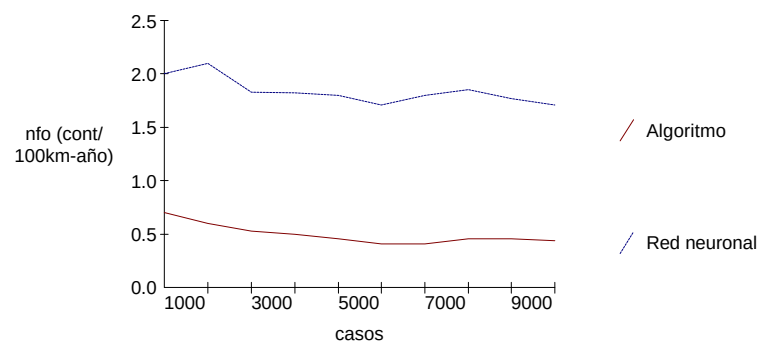
Figura 6.66. Método de Rusck. Línea horizontal apantallada. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.



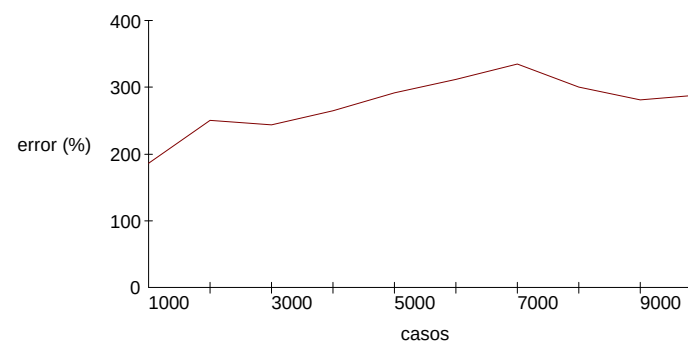
a) Cebados inversos



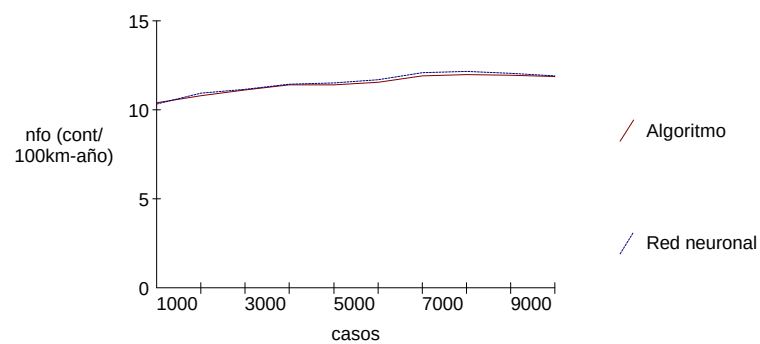
b) Error cebados inversos



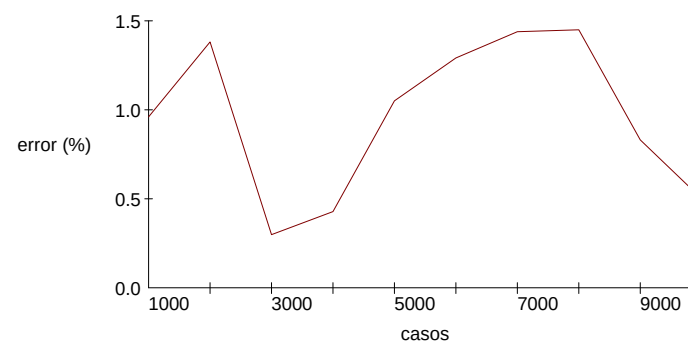
c) Descargas indirectas



d) Error descargas indirectas



e) Descargas totales



f) Error descargas totales

Figura 6.67. Método de Rusck. Línea vertical apantallada. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.

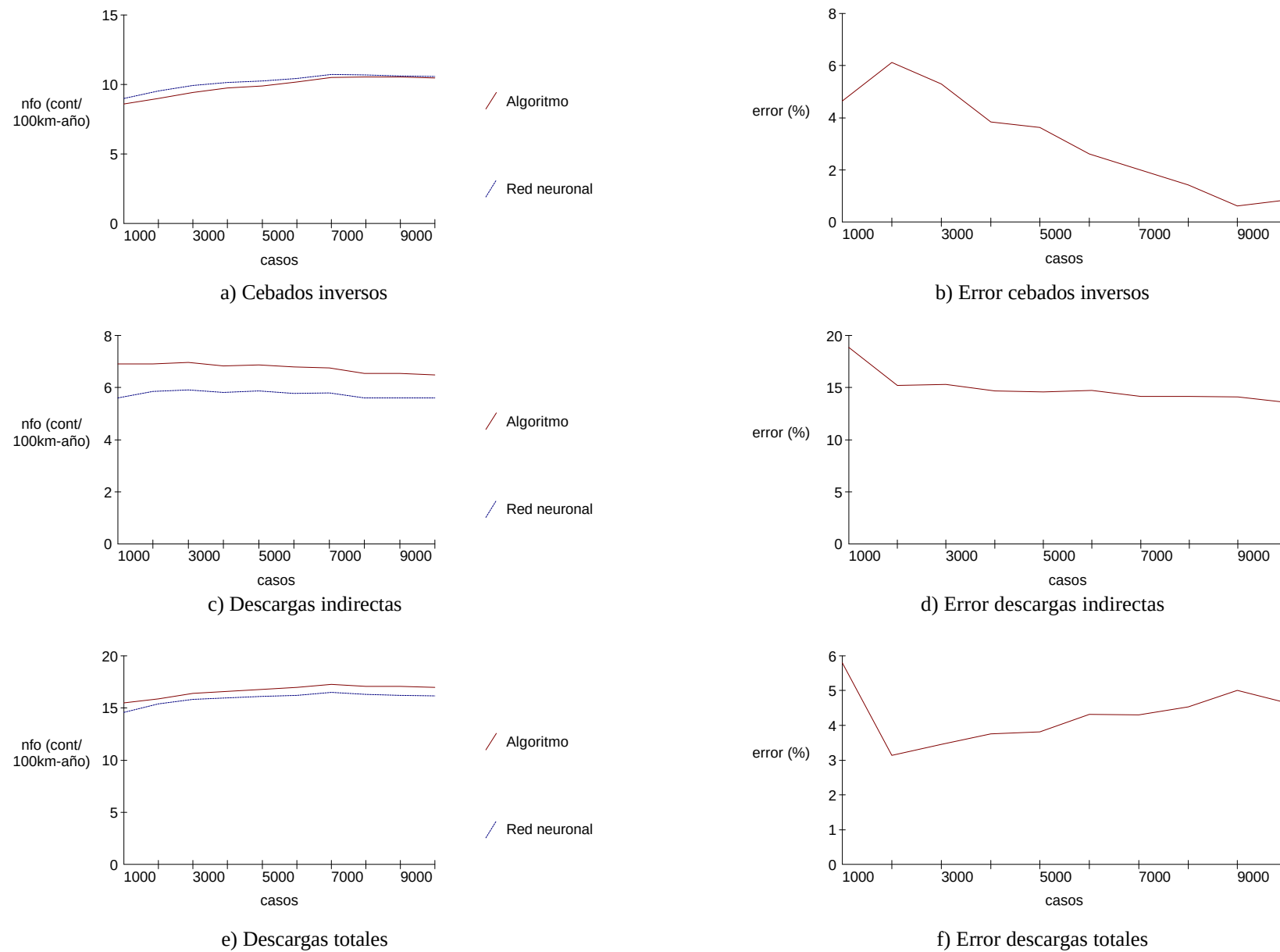
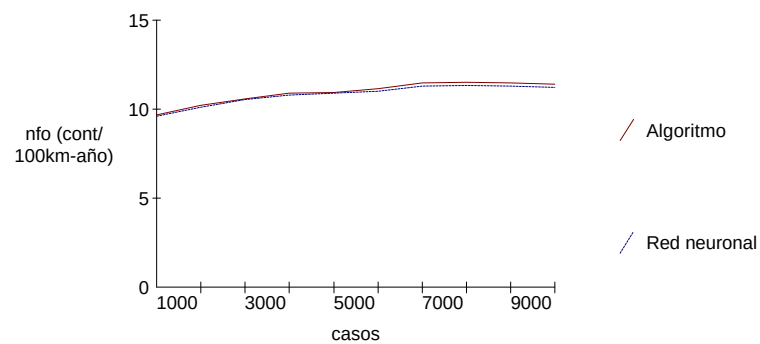
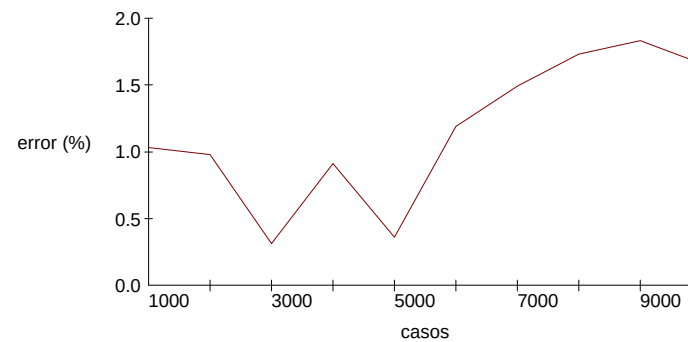


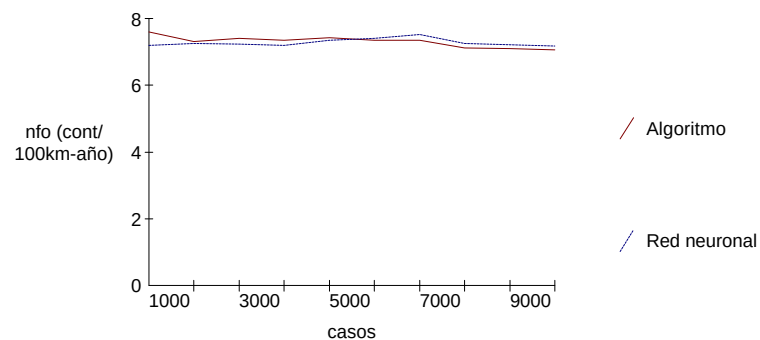
Figura 6.68. Método de Chowdhuri. Línea horizontal apantallada. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.



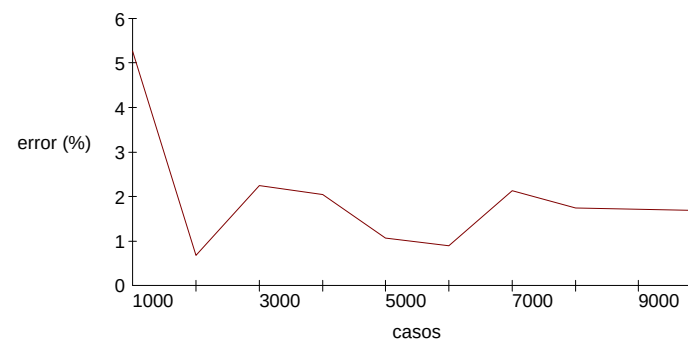
a) Cebados inversos



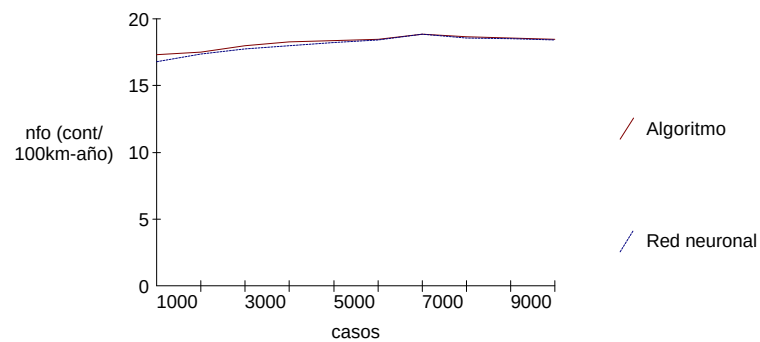
b) Error cebados inversos



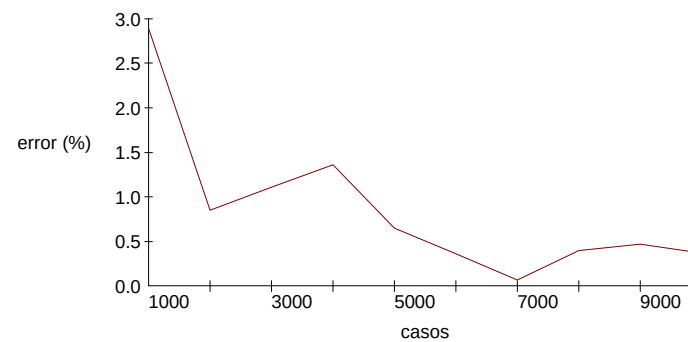
c) Descargas indirectas



d) Error descargas indirectas

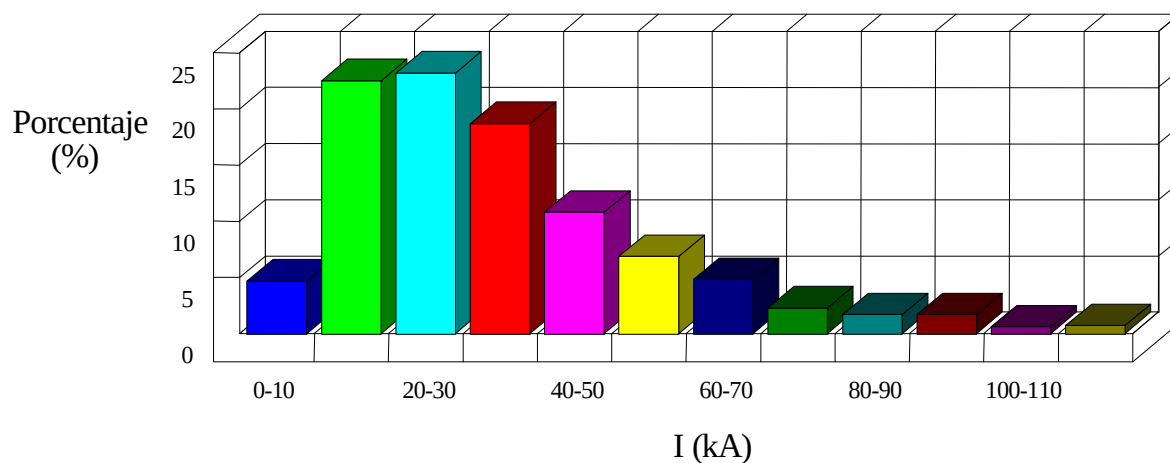


e) Descargas totales

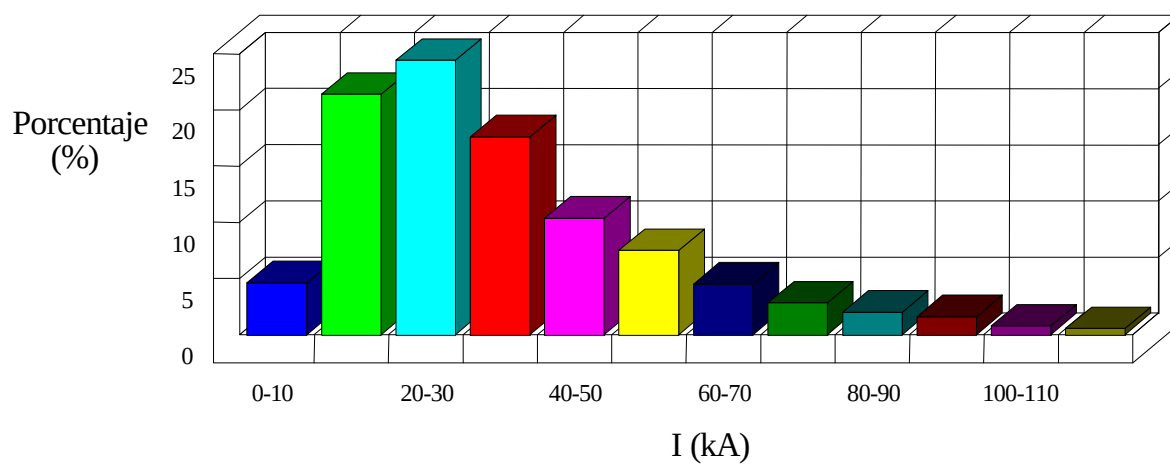


f) Error descargas totales

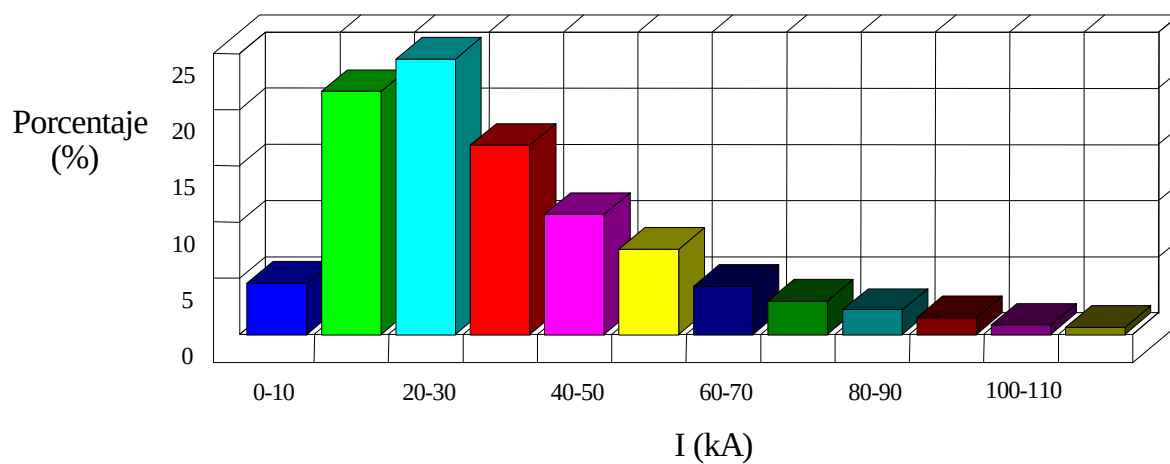
Figura 6.69. Método de Chowdhuri. Línea vertical apantallada. Distribución uniforme de la velocidad de retorno.



a) 1000 casos

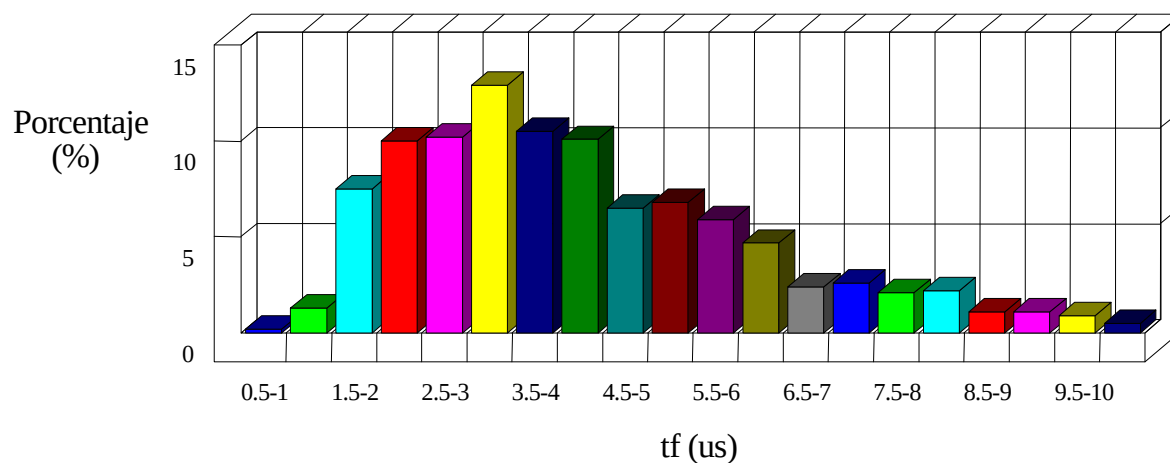


b) 5000 casos

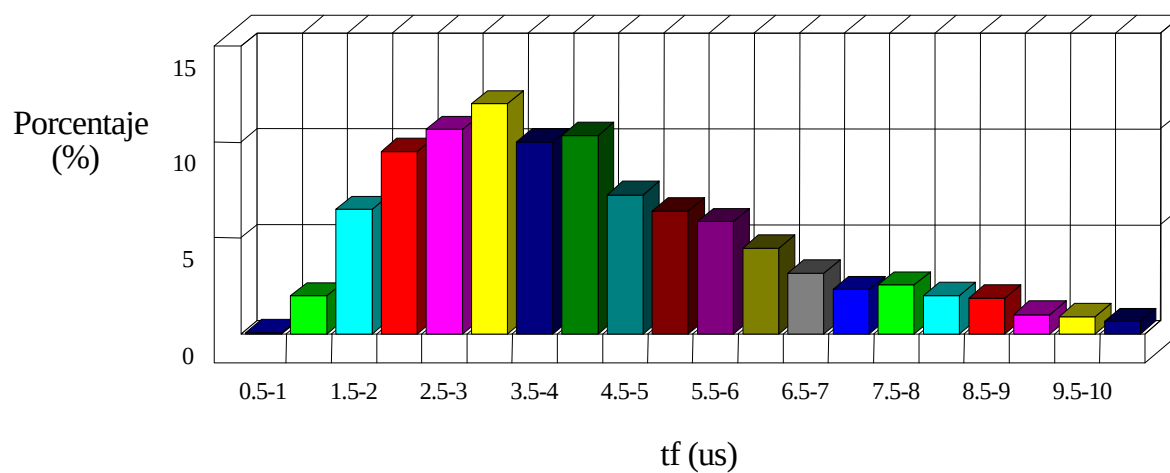


c) 10000 casos

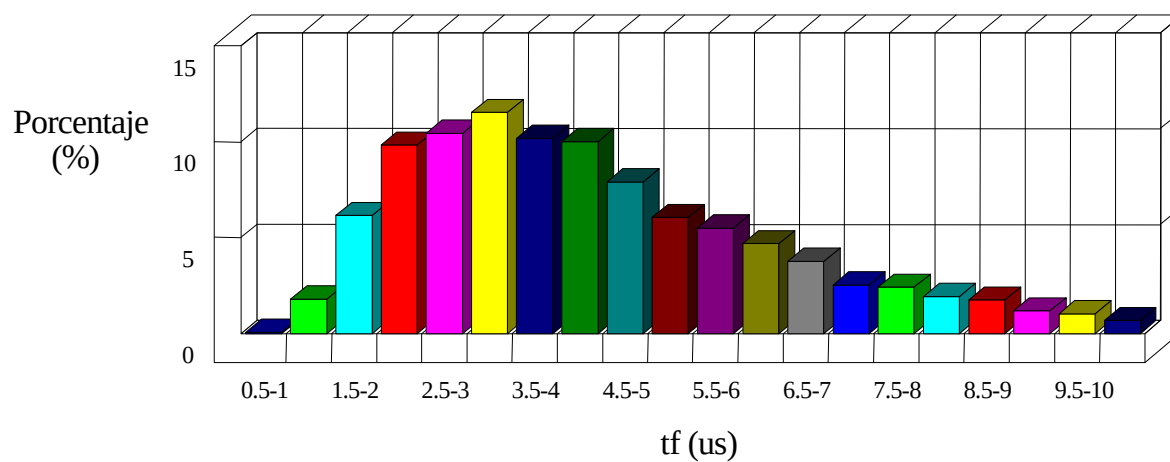
Figura 6.70. Estadística de la intensidad máxima.



a) 1000 casos

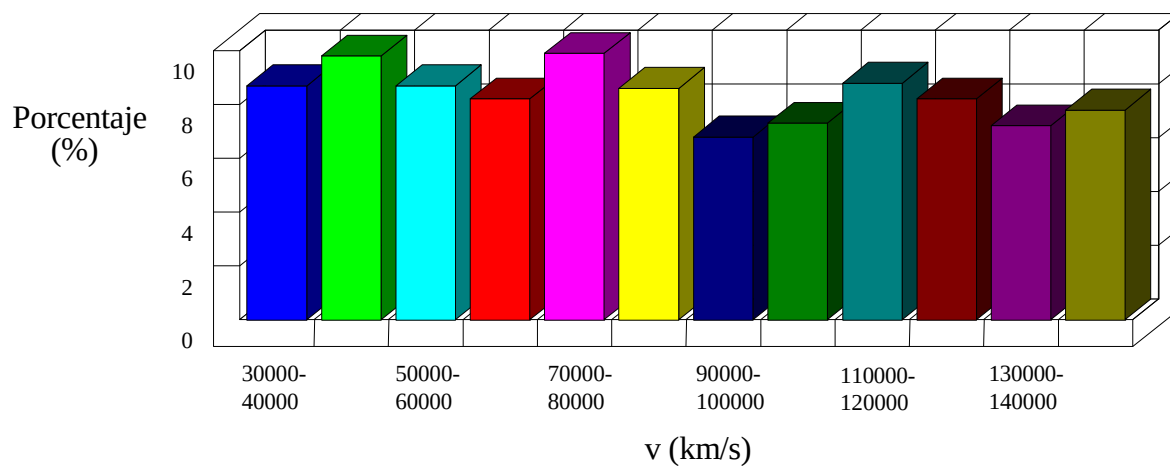


b) 5000 casos

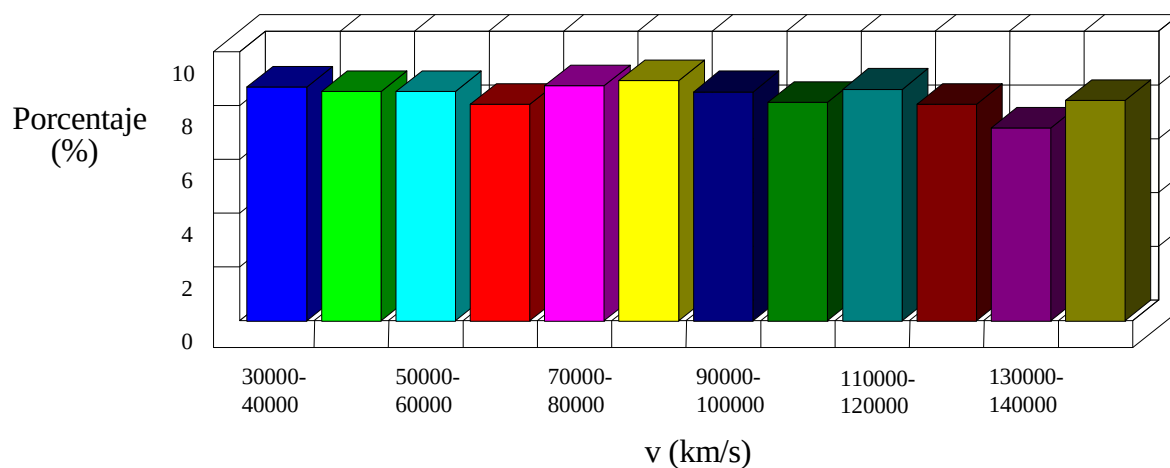


c) 10000 casos

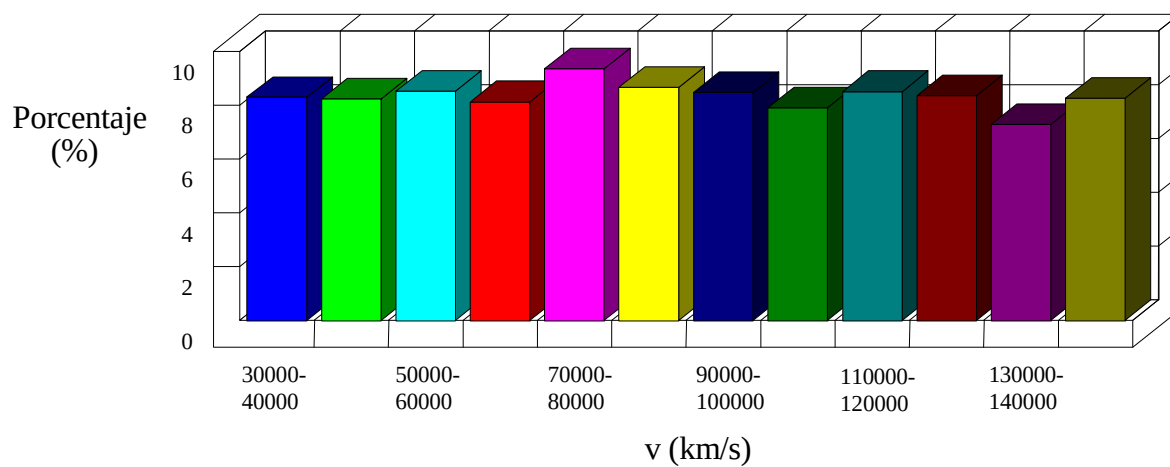
Figura 6.71. Estadística del tiempo de frente.



a) 1000 casos

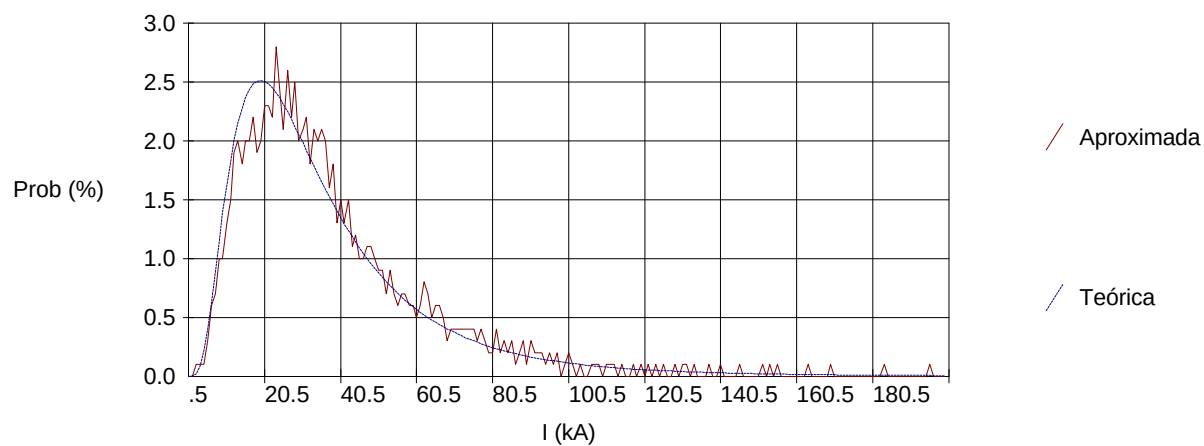


b) 5000 casos

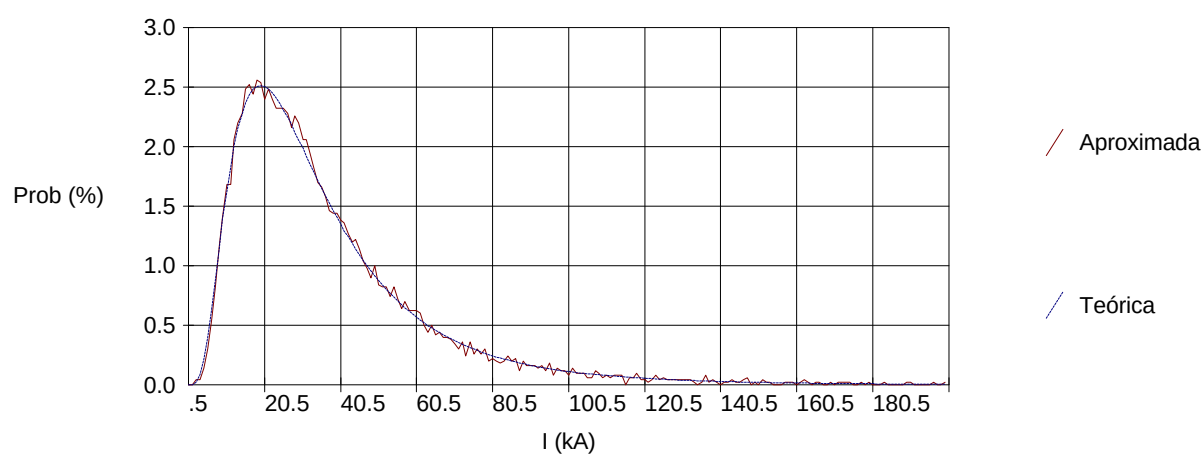


c) 10000 casos

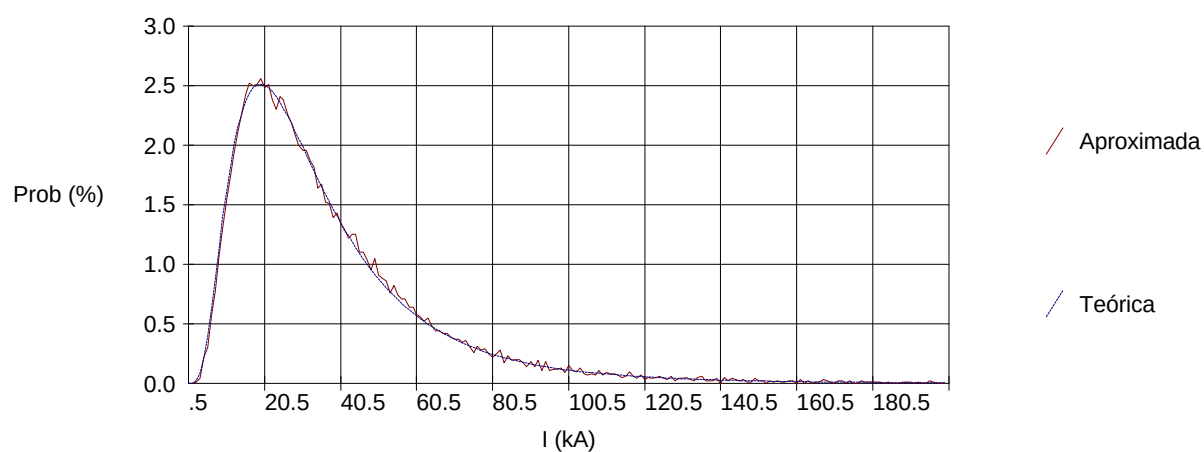
Figura 6.72. Estadística de la velocidad de retorno del rayo.



a) 1000 casos

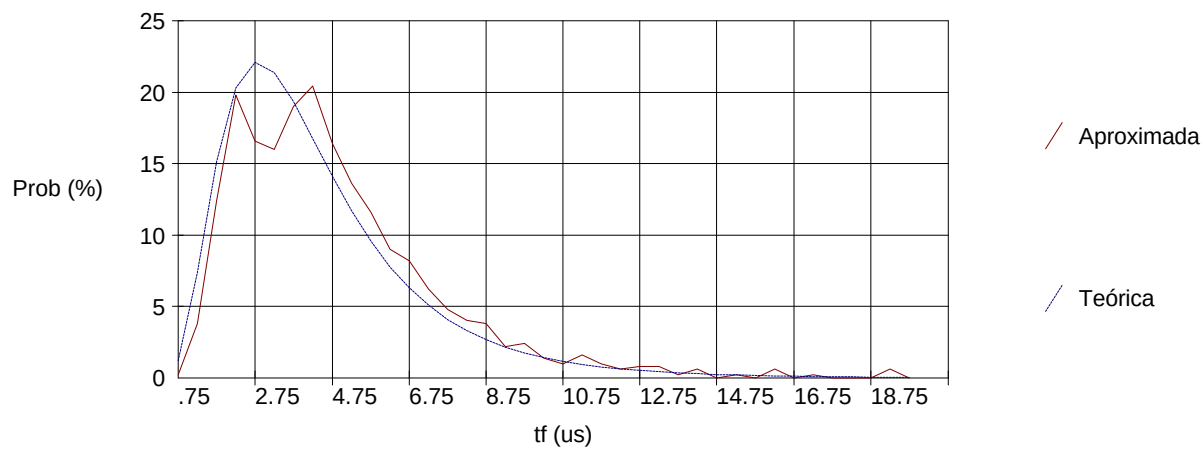


b) 5000 casos

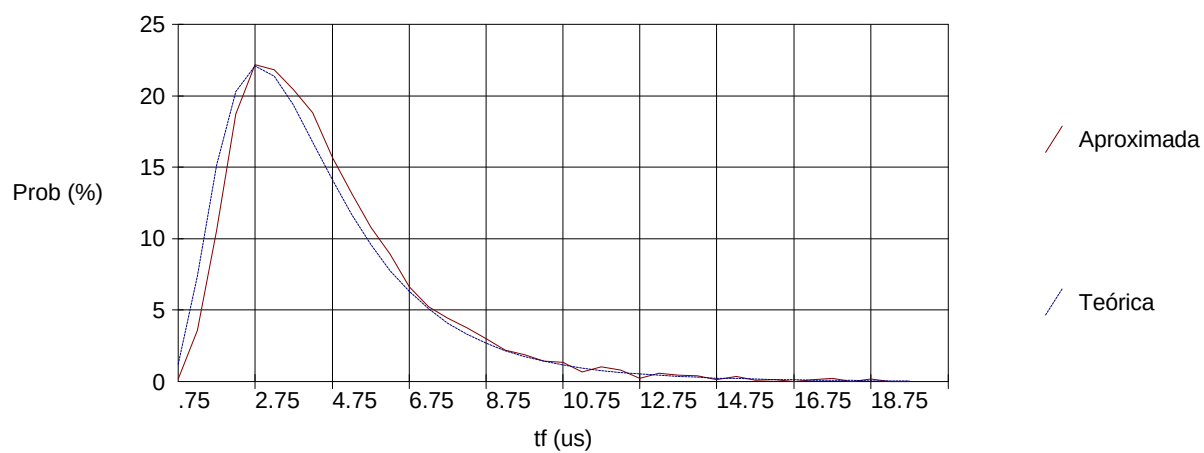


c) 10000 casos

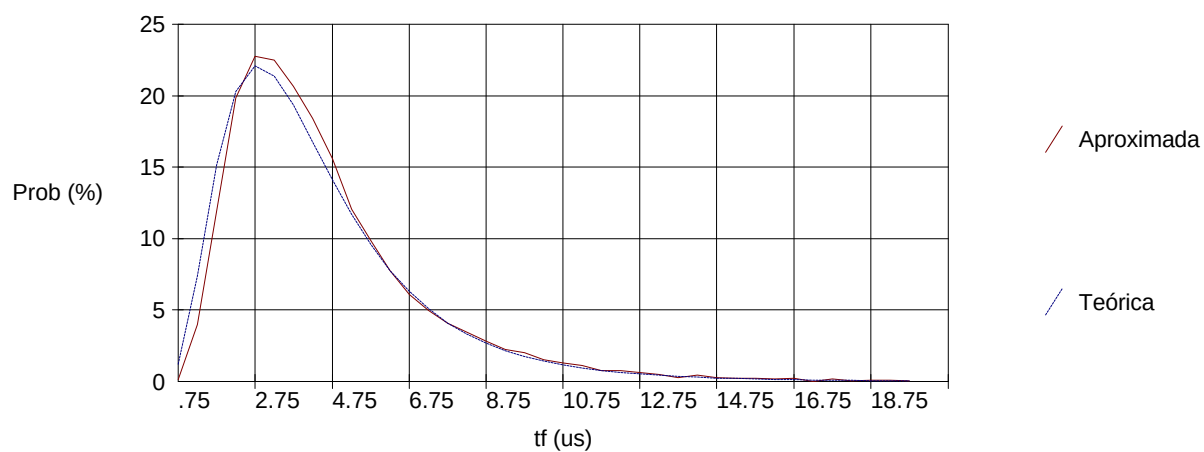
Figura 6.73. Estadística de la intensidad máxima. Comparación de funciones de probabilidad.



a) 1000 casos



b) 5000 casos



c) 10000 casos

Figura 6.74. Estadística del tiempo de frente. Comparación de funciones de probabilidad.

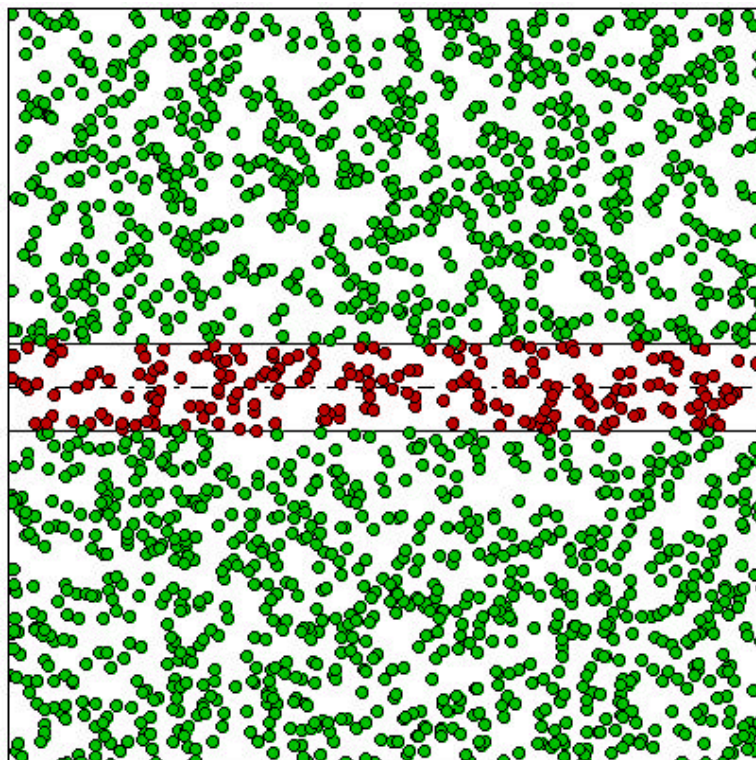
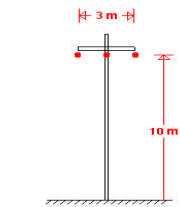
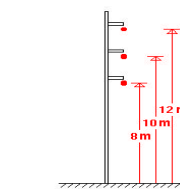


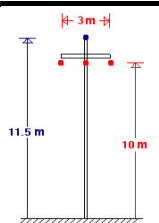
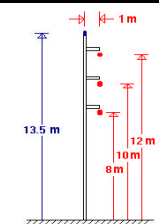
Figura 6.75. Localización de las descargas.

Tabla 6.23a. Método de Rusck. Líneas sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	W	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.40	4.60	16.00	10.38	1.34	11.72
	200	11.40	2.54	13.94	12.02	1.66	13.68
	350	11.40	1.96	13.36	11.42	1.12	12.54
	500	11.40	1.68	13.08	10.94	1.14	12.08
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.60	7.34	18.94	11.32	1.30	12.62
	200	11.60	4.72	16.32	12.60	1.92	14.52
	350	11.60	3.72	15.32	11.76	1.58	13.34
	500	11.60	3.34	14.94	11.36	1.62	12.98

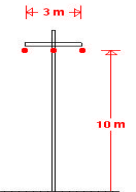
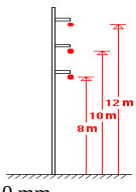
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.23b. Método de Rusck. Líneas apantalladas.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	W	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	9.90	1.12	11.02	0.00	9.20	3.58	12.78
	200	0.00	9.90	0.48	10.38	0.00	9.02	1.66	10.68
	350	0.00	9.90	0.34	10.24	0.00	8.94	1.48	10.42
	500	0.00	9.90	0.20	10.10	0.00	8.88	1.38	10.26
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	10.94	2.36	13.30	0.00	10.92	5.34	16.26
	200	0.00	10.94	1.06	12.00	0.00	9.28	3.10	12.38
	350	0.00	10.94	0.76	11.70	0.00	9.30	2.36	11.66
	500	0.00	10.94	0.62	11.56	0.00	9.42	2.08	11.50

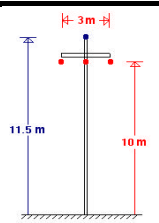
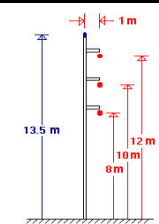
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.24a. Método de Rusck. Línea sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	W	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.40	4.60	16.00	11.38	1.80	13.18
	200	11.40	2.54	13.94	11.18	1.82	13.00
	350	11.40	1.96	13.36	11.40	1.58	12.98
	500	11.40	1.68	13.08	11.46	2.58	14.04
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.60	7.34	18.94	11.84	1.98	13.82
	200	11.60	4.72	16.32	11.74	2.28	14.02
	350	11.60	3.72	15.32	11.84	2.26	14.10
	500	11.60	3.34	14.94	11.90	3.20	15.10

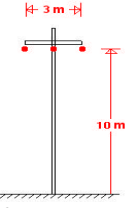
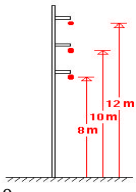
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.24b. Método de Rusck. Línea apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	W	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	9.90	1.12	11.02	0.00	9.12	1.18	10.30
	200	0.00	9.90	0.48	10.38	0.00	9.46	0.38	9.84
	350	0.00	9.90	0.34	10.24	0.00	10.44	0.30	10.74
	500	0.00	9.90	0.20	10.10	0.00	10.90	0.74	11.64
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	10.94	2.36	13.30	0.00	9.02	1.52	10.54
	200	0.00	10.94	1.06	12.00	0.00	9.86	0.70	10.56
	350	0.00	10.94	0.76	11.70	0.00	9.80	0.80	10.60
	500	0.00	10.94	0.62	11.56	0.00	11.08	1.10	12.18

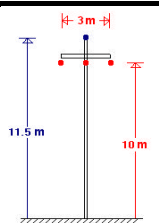
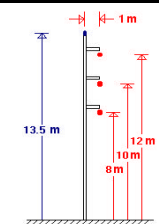
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.25a. Método de Chowdhuri. Líneas sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	W	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.40	0.00	11.40	10.84	3.20	14.04
	200	11.40	0.38	11.78	11.78	2.88	14.66
	350	11.40	1.94	13.34	11.76	8.58	20.34
	500	11.40	4.92	16.32	11.76	13.94	25.70
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.60	0.00	11.60	11.06	4.38	15.44
	200	11.60	0.58	12.18	11.70	3.26	14.96
	350	11.60	2.78	14.38	11.80	7.76	19.56
	500	11.60	6.60	18.20	11.96	12.60	24.56

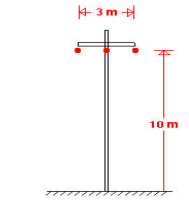
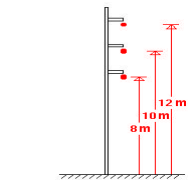
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.25b. Método de Chowdhuri. Líneas apantalladas.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	W	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	9.90	0.00	9.90	0.00	10.54	0.06	10.60
	200	0.00	9.90	0.02	9.92	0.00	9.94	0.16	10.10
	350	0.00	9.90	0.54	10.44	0.00	9.84	0.36	10.20
	500	0.00	9.90	1.66	11.56	0.00	9.80	1.32	11.12
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.78	0.42	11.20
	200	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.76	0.28	11.04
	350	0.00	10.94	0.70	11.64	0.00	10.74	0.90	11.64
	500	0.00	10.94	2.06	13.00	0.00	10.66	2.64	13.30

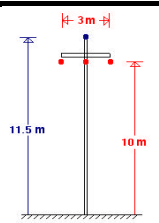
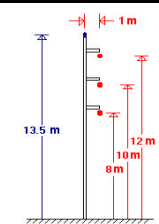
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.26a. Método de Chowdhuri. Línea sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	W	Algoritmo			Red neuronal		
		Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.40	0.00	11.40	11.26	0.66	11.92
	200	11.40	0.38	11.78	11.38	0.66	12.04
	350	11.40	1.94	13.34	11.10	1.80	12.90
	500	11.40	4.92	16.32	11.44	3.04	14.48
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ CFO = 150 kV	50	11.60	0.00	11.60	11.74	0.74	12.48
	200	11.60	0.58	12.18	11.54	2.72	14.26
	350	11.60	2.78	14.38	11.72	4.28	16.00
	500	11.60	6.60	18.20	11.50	7.64	19.14

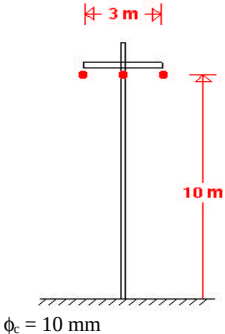
ϕ_c = diámetro del conductor de fase, CFO = Tensión de contorneamiento

Tabla 6.26b. Método de Chowdhuri. Línea apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	W	Algoritmo				Red neuronal			
		Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)	Tasa - directas a fase (cont/100km-año)	Tasa - cebados inversos (cont/100km-año)	Tasa - indirectas (cont/100km-año)	Tasa - totales (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	9.90	0.00	9.90	0.00	10.40	0.04	10.44
	200	0.00	9.90	0.02	9.92	0.00	10.42	0.04	10.46
	350	0.00	9.90	0.54	10.44	0.00	10.22	0.14	10.36
	500	0.00	9.90	1.66	11.56	0.00	9.10	0.50	9.60
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$ $CFO = 150 \text{ kV}$	50	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.44	0.12	10.56
	200	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.64	0.10	10.74
	350	0.00	10.94	0.70	11.64	0.00	10.92	0.18	11.10
	500	0.00	10.94	2.06	13.00	0.00	10.82	0.42	11.24

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra, CFO = Tensión de contorneamiento

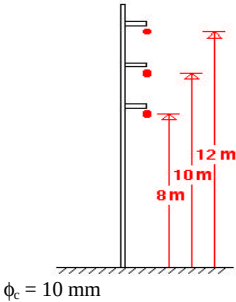
Tabla 6.27a. Método de Rusck. Línea horizontal sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	Uniforme	11.40	23.84	35.24	11.30	9.56	20.86
		W = 50	11.40	31.10	42.50	10.38	8.02	18.40
		W = 200	11.40	26.22	37.62	12.02	10.56	22.58
		W = 350	11.40	24.34	35.74	11.42	9.66	21.08
		W = 500	11.40	23.58	34.98	10.94	9.56	20.50
	100	Uniforme	11.40	6.72	18.12	11.30	2.46	13.76
		W = 50	11.40	11.74	23.14	10.38	1.84	12.22
		W = 200	11.40	8.58	19.98	12.02	2.84	14.86
		W = 350	11.40	7.46	18.86	11.42	2.02	13.44
		W = 500	11.40	6.98	18.38	10.94	2.14	13.08
	150	Uniforme	11.40	1.34	12.74	11.30	1.60	12.90
		W = 50	11.40	4.60	16.00	10.38	1.34	11.72
		W = 200	11.40	2.54	13.94	12.02	1.66	13.68
		W = 350	11.40	1.96	13.36	11.42	1.12	12.54
		W = 500	11.40	1.68	13.08	10.94	1.14	12.08
	200	Uniforme	11.40	0.16	11.56	11.30	1.12	12.42
		W = 50	11.40	1.56	12.96	10.38	1.12	11.50
		W = 200	11.40	0.60	12.00	12.02	1.30	13.32
		W = 350	11.40	0.42	11.82	11.42	0.82	12.24
		W = 500	11.40	0.34	11.74	10.94	0.78	11.72
	250	Uniforme	11.40	0.00	11.40	11.30	0.80	12.10
		W = 50	11.40	0.46	11.86	10.38	0.96	11.34
		W = 200	11.40	0.12	11.52	12.02	0.96	12.98
		W = 350	11.40	0.04	11.44	11.42	0.64	12.06
		W = 500	11.40	0.04	11.44	10.94	0.42	11.36
	300	Uniforme	11.40	0.00	11.40	11.30	0.64	11.94
		W = 50	11.40	0.12	11.52	10.38	0.92	11.30
		W = 200	11.40	0.02	11.42	12.02	0.82	12.84
		W = 350	11.40	0.02	11.42	11.42	0.46	11.88
		W = 500	11.40	0.00	11.40	10.94	0.32	11.26

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

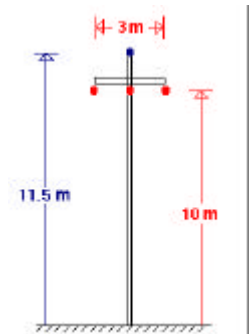
Tabla 6.27b. Método de Rusck. Línea vertical sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	Uniforme	11.60	29.62	41.22	11.76	9.54	21.30
		W = 50	11.60	37.56	49.16	11.32	9.84	21.16
		W = 200	11.60	32.00	43.60	12.60	10.02	22.62
		W = 350	11.60	29.98	41.58	11.76	9.06	20.82
		W = 500	11.60	29.10	40.70	11.36	9.18	20.54
	100	Uniforme	11.60	10.06	21.66	11.76	3.04	14.80
		W = 50	11.60	16.00	27.60	11.32	2.32	13.64
		W = 200	11.60	12.02	23.62	12.60	3.10	15.70
		W = 350	11.60	10.86	22.46	11.76	2.38	14.14
		W = 500	11.60	10.38	21.98	11.36	2.62	13.98
	150	Uniforme	11.60	3.28	14.88	11.76	2.00	13.76
		W = 50	11.60	7.34	18.94	11.32	1.30	12.62
		W = 200	11.60	4.72	16.32	12.60	1.92	14.52
		W = 350	11.60	3.72	15.32	11.76	1.58	13.34
		W = 500	11.60	3.34	14.94	11.36	1.62	12.98
	200	Uniforme	11.60	0.74	12.34	11.76	1.60	13.36
		W = 50	11.60	3.00	14.60	11.32	0.92	12.24
		W = 200	11.60	1.58	13.18	12.60	1.44	14.04
		W = 350	11.60	1.04	12.64	11.76	1.22	12.98
		W = 500	11.60	0.86	12.46	11.36	1.24	12.60
	250	Uniforme	11.60	0.12	11.72	11.76	1.22	12.98
		W = 50	11.60	1.12	12.72	11.32	0.76	12.08
		W = 200	11.60	0.46	12.06	12.60	1.02	13.62
		W = 350	11.60	0.34	11.94	11.76	0.82	12.58
		W = 500	11.60	0.22	11.82	11.36	1.02	12.38
	300	Uniforme	11.60	0.00	11.60	11.76	0.88	12.64
		W = 50	11.60	0.44	12.04	11.32	0.70	12.02
		W = 200	11.60	0.12	11.72	12.60	0.74	13.34
		W = 350	11.60	0.04	11.64	11.76	0.68	12.44
		W = 500	11.60	0.04	11.64	11.36	0.84	12.20

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

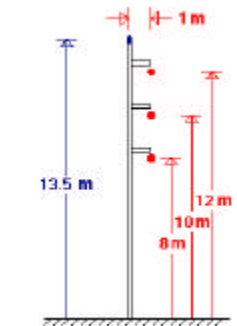
Tabla 6.27c. Método de Rusck. Línea horizontal apantallada.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	Uniforme	0.00	11.40	14.06	25.46	0.00	10.74	13.62	24.36
		W = 50	0.00	11.40	21.08	32.48	0.00	10.54	23.34	33.88
		W = 200	0.00	11.40	16.58	27.98	0.00	10.80	16.36	27.16
		W = 350	0.00	11.40	15.14	26.54	0.00	10.68	15.06	25.74
		W = 500	0.00	11.40	14.12	25.52	0.00	10.62	14.08	24.70
	100	Uniforme	0.00	11.00	1.92	12.92	0.00	9.78	3.54	13.32
		W = 50	0.00	11.00	5.82	16.82	0.00	10.10	9.50	19.60
		W = 200	0.00	11.00	3.20	14.20	0.00	9.80	5.10	14.90
		W = 350	0.00	11.00	2.54	13.54	0.00	9.72	4.64	14.36
		W = 500	0.00	11.00	2.32	13.32	0.00	9.66	4.20	13.86
	150	Uniforme	0.00	9.90	0.10	10.00	0.00	9.00	0.92	9.92
		W = 50	0.00	9.90	1.12	11.02	0.00	9.20	3.58	12.78
		W = 200	0.00	9.90	0.48	10.38	0.00	9.02	1.66	10.68
		W = 350	0.00	9.90	0.34	10.24	0.00	8.94	1.48	10.42
		W = 500	0.00	9.90	0.20	10.10	0.00	8.88	1.38	10.26
	200	Uniforme	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00	8.02	0.10	8.12
		W = 50	0.00	8.78	0.16	8.94	0.00	8.60	0.96	9.56
		W = 200	0.00	8.78	0.04	8.82	0.00	7.98	0.54	8.52
		W = 350	0.00	8.78	0.02	8.80	0.00	7.84	0.12	7.96
		W = 500	0.00	8.78	0.02	8.80	0.00	7.72	0.12	7.84
	250	Uniforme	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	6.58	0.02	6.60
		W = 50	0.00	7.24	0.02	7.26	0.00	7.44	0.26	7.70
		W = 200	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	6.70	0.02	6.72
		W = 350	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	6.48	0.06	6.54
		W = 500	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	6.40	0.06	6.46
	300	Uniforme	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.34	0.02	5.36
		W = 50	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.30	0.04	6.34
		W = 200	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.68	0.02	5.70
		W = 350	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.32	0.00	5.32
		W = 500	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.26	0.00	5.26

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

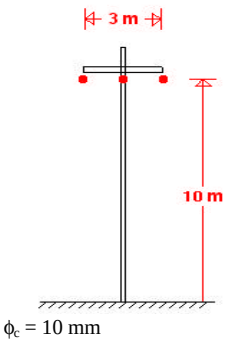
Tabla 6.27d. Método de Rusck. Línea vertical apantallada.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	Uniforme	0.00	11.60	18.48	30.08	0.00	11.34	17.26	28.60
		W = 50	0.00	11.60	25.70	37.30	0.00	11.92	26.52	38.44
		W = 200	0.00	11.60	20.94	32.54	0.00	10.96	20.62	31.58
		W = 350	0.00	11.60	19.20	30.80	0.00	10.94	18.00	28.94
		W = 500	0.00	11.60	18.38	29.98	0.00	11.04	16.68	27.72
	100	Uniforme	0.00	11.32	3.94	15.26	0.00	10.60	5.06	15.66
		W = 50	0.00	11.32	8.20	19.52	0.00	11.58	12.42	24.00
		W = 200	0.00	11.32	5.54	16.86	0.00	10.30	7.56	17.86
		W = 350	0.00	11.32	4.62	15.94	0.00	10.30	6.08	16.38
		W = 500	0.00	11.32	4.00	15.32	0.00	10.38	5.18	15.56
	150	Uniforme	0.00	10.94	0.46	11.40	0.00	9.72	1.80	11.52
		W = 50	0.00	10.94	2.36	13.30	0.00	10.92	5.34	16.26
		W = 200	0.00	10.94	1.06	12.00	0.00	9.28	3.10	12.38
		W = 350	0.00	10.94	0.76	11.70	0.00	9.30	2.36	11.66
		W = 500	0.00	10.94	0.62	11.56	0.00	9.42	2.08	11.50
	200	Uniforme	0.00	9.74	0.00	9.74	0.00	8.92	0.64	9.56
		W = 50	0.00	9.74	0.56	10.30	0.00	10.12	2.06	12.18
		W = 200	0.00	9.74	0.20	9.94	0.00	8.60	1.30	9.90
		W = 350	0.00	9.74	0.12	9.86	0.00	8.52	0.98	9.50
		W = 500	0.00	9.74	0.12	9.86	0.00	8.54	0.90	9.44
	250	Uniforme	0.00	6.62	0.00	6.62	0.00	7.68	0.08	7.76
		W = 50	0.00	6.62	0.12	6.74	0.00	9.52	0.60	10.12
		W = 200	0.00	6.62	0.02	6.64	0.00	7.34	0.44	7.78
		W = 350	0.00	6.62	0.02	6.64	0.00	7.32	0.20	7.52
		W = 500	0.00	6.62	0.02	6.64	0.00	7.44	0.16	7.60
	300	Uniforme	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.52	0.00	6.52
		W = 50	0.00	7.32	0.02	7.34	0.00	8.40	0.02	8.42
		W = 200	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.50	0.06	6.56
		W = 350	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.22	0.06	6.28
		W = 500	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.26	0.04	6.30

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

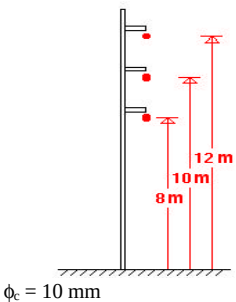
Tabla 6.28a. Método de Rusck. Línea horizontal sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
	50	W = 50	11.40	31.10	42.50	11.38	76.52	87.90
		W = 200	11.40	26.22	37.62	11.18	47.06	58.24
		W = 350	11.40	24.34	35.74	11.40	15.72	27.12
		W = 500	11.40	23.58	34.98	11.46	15.52	26.98
	100	W = 50	11.40	11.74	23.14	11.38	2.68	14.06
		W = 200	11.40	8.58	19.98	11.18	2.96	14.14
		W = 350	11.40	7.46	18.86	11.40	2.84	14.24
		W = 500	11.40	6.98	18.38	11.46	4.36	15.82
	150	W = 50	11.40	4.60	16.00	11.38	1.80	13.18
		W = 200	11.40	2.54	13.94	11.18	1.82	13.00
		W = 350	11.40	1.96	13.36	11.40	1.58	12.98
		W = 500	11.40	1.68	13.08	11.46	2.58	14.04
	200	W = 50	11.40	1.56	12.96	11.38	1.54	12.92
		W = 200	11.40	0.60	12.00	11.18	1.40	12.58
		W = 350	11.40	0.42	11.82	11.40	1.08	12.48
		W = 500	11.40	0.34	11.74	11.46	1.80	13.26
	250	W = 50	11.40	0.46	11.86	11.38	1.26	12.64
		W = 200	11.40	0.12	11.52	11.18	0.98	12.16
		W = 350	11.40	0.04	11.44	11.40	0.80	12.20
		W = 500	11.40	0.04	11.44	11.46	1.44	12.90
	300	W = 50	11.40	0.12	11.52	11.38	0.98	12.36
		W = 200	11.40	0.02	11.42	11.18	0.72	11.90
		W = 350	11.40	0.02	11.42	11.40	0.60	12.00
		W = 500	11.40	0.00	11.40	11.46	1.20	12.66

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

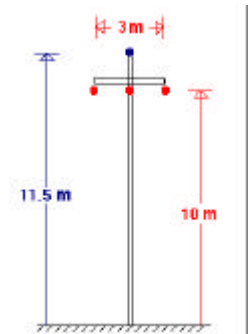
Tabla 6.28b. Método de Rusck. Línea vertical sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	W = 50	11.60	37.56	49.16	11.86	76.56	88.42
		W = 200	11.60	32.00	43.60	11.74	44.02	55.76
		W = 350	11.60	29.98	41.58	11.84	20.94	32.78
		W = 500	11.60	29.10	40.70	11.90	20.52	32.42
	100	W = 50	11.60	16.00	27.60	11.86	2.96	14.82
		W = 200	11.60	12.02	23.62	11.74	4.14	15.88
		W = 350	11.60	10.86	22.46	11.84	4.14	15.98
		W = 500	11.60	10.38	21.98	11.90	5.04	16.94
	150	W = 50	11.60	7.34	18.94	11.84	1.98	13.82
		W = 200	11.60	4.72	16.32	11.74	2.28	14.02
		W = 350	11.60	3.72	15.32	11.84	2.26	14.10
		W = 500	11.60	3.34	14.94	11.90	3.20	15.10
	200	W = 50	11.60	3.00	14.60	11.84	1.64	13.48
		W = 200	11.60	1.58	13.18	11.74	1.68	13.42
		W = 350	11.60	1.04	12.64	11.84	1.46	13.30
		W = 500	11.60	0.86	12.46	11.90	2.00	13.90
	250	W = 50	11.60	1.12	12.72	11.84	1.36	13.20
		W = 200	11.60	0.46	12.06	11.74	1.24	12.98
		W = 350	11.60	0.34	11.94	11.84	0.96	12.80
		W = 500	11.60	0.22	11.82	11.90	1.40	13.30
	300	W = 50	11.60	0.44	12.04	11.84	1.24	13.08
		W = 200	11.60	0.12	11.72	11.74	0.90	12.64
		W = 350	11.60	0.04	11.64	11.84	0.72	12.56
		W = 500	11.60	0.04	11.64	11.90	1.14	13.04

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

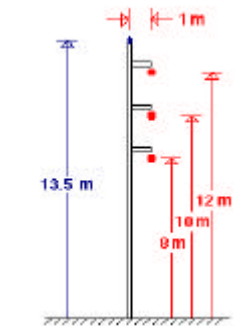
Tabla 6.28c. Método de Rusck. Línea horizontal apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	W = 50	0.00	11.40	21.08	32.48	0.00	10.88	21.26	32.14
		W = 200	0.00	11.40	16.58	27.98	0.00	10.64	14.94	25.58
		W = 350	0.00	11.40	15.14	26.54	0.00	10.82	13.78	24.60
		W = 500	0.00	11.40	14.12	25.52	0.00	10.90	19.52	30.42
	100	W = 50	0.00	11.00	5.82	16.82	0.00	10.10	8.34	18.44
		W = 200	0.00	11.00	3.20	14.20	0.00	10.40	2.14	12.54
		W = 350	0.00	11.00	2.54	13.54	0.00	10.82	1.38	12.20
		W = 500	0.00	11.00	2.32	13.32	0.00	10.90	2.58	13.48
	150	W = 50	0.00	9.90	1.12	11.02	0.00	9.12	1.18	10.30
		W = 200	0.00	9.90	0.48	10.38	0.00	9.46	0.38	9.84
		W = 350	0.00	9.90	0.34	10.24	0.00	10.44	0.30	10.74
		W = 500	0.00	9.90	0.20	10.10	0.00	10.90	0.74	11.64
	200	W = 50	0.00	8.78	0.16	8.94	0.00	8.26	0.50	8.76
		W = 200	0.00	8.78	0.04	8.82	0.00	8.24	0.10	8.34
		W = 350	0.00	8.78	0.02	8.80	0.00	9.34	0.12	9.46
		W = 500	0.00	8.78	0.02	8.80	0.00	10.46	0.24	10.70
	250	W = 50	0.00	7.24	0.02	7.26	0.00	7.02	0.22	7.24
		W = 200	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	6.72	0.08	6.80
		W = 350	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	8.02	0.08	8.10
		W = 500	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	9.38	0.16	9.54
	300	W = 50	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.94	0.10	6.04
		W = 200	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.56	0.06	5.62
		W = 350	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.46	0.04	6.50
		W = 500	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	8.06	0.12	8.18

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

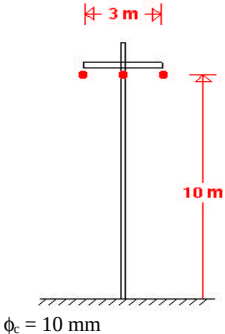
Tabla 6.28d. Método de Rusck. Línea vertical apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	W = 50	0.00	11.60	25.70	37.30	0.00	11.80	21.70	33.50
		W = 200	0.00	11.60	20.94	32.54	0.00	11.96	13.76	25.72
		W = 350	0.00	11.60	19.20	30.80	0.00	11.56	12.60	24.16
		W = 500	0.00	11.60	18.38	29.98	0.00	11.96	18.52	30.48
	100	W = 50	0.00	11.32	8.20	19.52	0.00	10.38	6.67	17.04
		W = 200	0.00	11.32	5.54	16.86	0.00	11.18	3.76	14.94
		W = 350	0.00	11.32	4.62	15.94	0.00	11.06	3.38	14.44
		W = 500	0.00	11.32	4.00	15.32	0.00	11.84	3.58	15.42
	150	W = 50	0.00	10.94	2.36	13.30	0.00	9.02	1.52	10.54
		W = 200	0.00	10.94	1.06	12.00	0.00	9.86	0.70	10.56
		W = 350	0.00	10.94	0.76	11.70	0.00	9.80	0.80	10.60
		W = 500	0.00	10.94	0.62	11.56	0.00	11.08	1.10	12.18
	200	W = 50	0.00	9.74	0.56	10.30	0.00	7.58	0.60	8.18
		W = 200	0.00	9.74	0.20	9.94	0.00	8.46	0.30	8.76
		W = 350	0.00	9.74	0.12	9.86	0.00	8.36	0.34	8.70
		W = 500	0.00	9.74	0.12	9.86	0.00	9.82	0.42	10.24
	250	W = 50	0.00	6.62	0.12	8.74	0.00	6.10	0.40	6.54
		W = 200	0.00	6.62	0.02	8.64	0.00	6.64	0.12	6.76
		W = 350	0.00	6.62	0.02	8.64	0.00	7.00	0.14	7.14
		W = 500	0.00	6.62	0.02	8.64	0.00	8.36	0.28	8.64
	300	W = 50	0.00	7.32	0.02	7.34	0.00	5.06	0.26	5.32
		W = 200	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	5.34	0.04	5.38
		W = 350	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	5.84	0.02	5.86
		W = 500	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.94	0.14	7.08

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

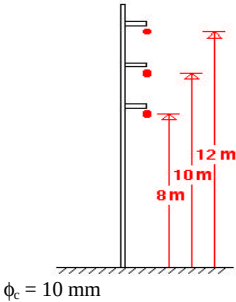
Tabla 6.29a. Método de Chowdhuri. Línea horizontal sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	Uniforme	11.40	40.60	52.00	11.50	47.52	59.02
		W = 50	11.40	0.24	11.64	10.84	6.68	17.52
		W = 200	11.40	16.14	27.54	11.78	31.14	42.92
		W = 350	11.40	39.00	50.40	11.76	52.26	64.02
		W = 500	11.40	54.14	65.54	11.76	66.24	78.00
	100	Uniforme	11.40	21.36	32.76	11.50	22.88	34.38
		W = 50	11.40	0.02	11.42	10.84	4.30	15.14
		W = 200	11.40	1.82	13.22	11.78	7.66	19.44
		W = 350	11.40	7.82	19.22	11.76	16.32	28.08
		W = 500	11.40	15.08	26.48	11.76	22.68	34.44
	150	Uniforme	11.40	11.92	23.32	11.50	15.14	26.64
		W = 50	11.40	0.00	11.40	10.84	3.20	14.04
		W = 200	11.40	0.38	11.78	11.78	2.88	14.66
		W = 350	11.40	1.94	13.34	11.76	8.58	20.34
		W = 500	11.40	4.92	16.32	11.76	13.94	25.70
	200	Uniforme	11.40	6.96	18.36	11.50	9.12	20.62
		W = 50	11.40	0.00	11.40	10.84	2.60	13.44
		W = 200	11.40	0.02	11.42	11.78	1.46	13.24
		W = 350	11.40	0.56	11.96	11.74	2.84	14.58
		W = 500	11.40	1.68	13.08	11.76	6.44	18.20
	250	Uniforme	11.40	4.00	15.40	11.50	5.06	16.56
		W = 50	11.40	0.00	11.40	10.84	2.04	12.88
		W = 200	11.40	0.02	11.42	11.76	1.00	12.76
		W = 350	11.40	0.24	11.64	11.74	0.88	12.62
		W = 500	11.40	0.64	12.04	11.74	1.72	13.46
	300	Uniforme	11.40	2.66	14.06	11.50	3.02	14.52
		W = 50	11.40	0.00	11.40	10.84	1.58	12.42
		W = 200	11.40	0.00	11.40	11.76	0.70	12.46
		W = 350	11.40	0.00	11.40	11.72	0.62	12.34
		W = 500	11.40	0.26	11.66	11.74	0.82	12.56

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

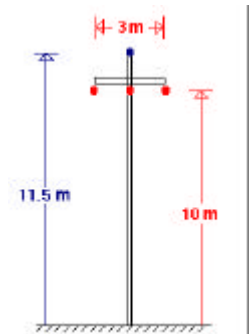
Tabla 6.29b. Método de Chowdhuri. Línea vertical sin apantallar.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	Uniforme	11.60	43.52	55.12	11.76	49.76	61.52
		W = 50	11.60	0.36	11.96	11.06	7.70	18.76
		W = 200	11.60	20.08	31.68	11.70	31.42	43.12
		W = 350	11.60	45.10	56.70	11.80	62.32	74.12
		W = 500	11.60	59.62	71.22	11.96	75.96	87.92
	100	Uniforme	11.60	23.84	35.44	11.76	26.08	37.84
		W = 50	11.60	0.02	11.62	11.06	5.46	16.52
		W = 200	11.60	2.88	14.48	11.70	9.56	21.26
		W = 350	11.60	9.96	21.56	11.80	18.80	30.60
		W = 500	11.60	19.20	30.80	11.96	29.28	41.24
	150	Uniforme	11.60	13.74	25.34	11.76	16.08	27.84
		W = 50	11.60	0.00	11.60	11.06	4.38	15.44
		W = 200	11.60	0.58	12.18	11.70	3.26	14.96
		W = 350	11.60	2.78	14.38	11.80	7.76	19.56
		W = 500	11.60	6.60	18.20	11.96	12.60	24.56
	200	Uniforme	11.60	8.10	19.70	11.76	9.26	21.02
		W = 50	11.60	0.00	11.60	11.06	3.60	14.66
		W = 200	11.60	0.10	11.70	11.70	1.66	13.36
		W = 350	11.60	0.90	12.50	11.80	3.48	15.28
		W = 500	11.60	2.50	14.10	11.96	5.48	17.44
	250	Uniforme	11.60	5.18	16.78	11.76	4.76	16.52
		W = 50	11.60	0.00	11.60	11.04	2.80	13.84
		W = 200	11.60	0.00	11.60	11.66	1.28	12.94
		W = 350	11.60	0.34	11.94	11.80	1.76	13.56
		W = 500	11.60	0.98	12.58	11.96	2.80	14.76
	300	Uniforme	11.60	3.30	14.90	11.76	2.46	14.22
		W = 50	11.60	0.00	11.60	11.02	2.24	13.26
		W = 200	11.60	0.00	11.60	11.66	0.96	12.62
		W = 350	11.60	0.08	11.68	11.80	1.14	12.94
		W = 500	11.60	0.40	12.00	11.96	1.70	13.66

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

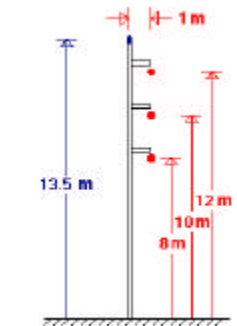
Tabla 6.29c. Método de Chowdhuri. Línea horizontal apantallada.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	Uniforme	0.00	11.40	32.36	43.76	0.00	11.24	28.76	40.00
		W = 50	0.00	11.40	0.02	11.42	0.00	11.32	0.48	11.80
		W = 200	0.00	11.40	7.32	18.72	0.00	10.88	5.00	15.88
		W = 350	0.00	11.40	22.04	33.44	0.00	10.90	20.30	31.20
		W = 500	0.00	11.40	37.04	48.44	0.00	10.86	36.10	46.96
	100	Uniforme	0.00	11.00	14.06	25.06	0.00	10.96	12.18	23.14
		W = 50	0.00	11.00	0.00	11.00	0.00	11.16	0.10	11.26
		W = 200	0.00	11.00	0.60	11.60	0.00	10.62	0.34	10.96
		W = 350	0.00	11.00	3.10	14.10	0.00	10.50	2.36	12.86
		W = 500	0.00	11.00	6.92	17.92	0.00	10.44	6.42	16.86
	150	Uniforme	0.00	9.90	6.86	16.76	0.00	10.26	5.86	16.12
		W = 50	0.00	9.90	0.00	9.90	0.00	10.54	0.06	10.60
		W = 200	0.00	9.90	0.02	9.92	0.00	9.94	0.16	10.10
		W = 350	0.00	9.90	0.54	10.44	0.00	9.84	0.36	10.20
		W = 500	0.00	9.90	1.66	11.56	0.00	9.80	1.32	11.12
	200	Uniforme	0.00	8.78	3.40	12.18	0.00	9.00	3.10	12.10
		W = 50	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00	9.14	0.04	9.18
		W = 200	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00	8.92	0.02	8.94
		W = 350	0.00	8.78	0.10	8.88	0.00	8.88	0.12	9.00
		W = 500	0.00	8.78	0.46	9.24	0.00	8.88	0.24	9.12
	250	Uniforme	0.00	7.24	2.00	9.24	0.00	7.60	1.52	9.12
		W = 50	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.84	0.02	7.86
		W = 200	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.52	0.02	7.54
		W = 350	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.58	0.02	7.60
		W = 500	0.00	7.24	0.16	7.40	0.00	7.52	0.08	7.60
	300	Uniforme	0.00	5.74	1.22	6.96	0.00	6.28	1.02	7.30
		W = 50	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.54	0.00	6.54
		W = 200	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.08	0.00	6.08
		W = 350	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.06	0.02	6.08
		W = 500	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.98	0.04	6.02

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

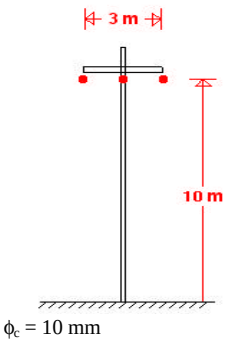
Tabla 6.29d. Método de Chowdhuri. Línea vertical apantallada.
Entrenamiento con distribución uniforme de velocidad.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	Uniforme	0.00	11.60	33.54	45.14	0.00	11.42	33.50	44.92
		W = 50	0.00	11.60	0.02	11.62	0.00	11.18	1.52	12.70
		W = 200	0.00	11.60	8.42	20.02	0.00	11.24	8.42	19.66
		W = 350	0.00	11.60	25.04	36.64	0.00	11.32	27.72	39.04
		W = 500	0.00	11.60	40.00	51.60	0.00	11.40	45.08	56.48
	100	Uniforme	0.00	11.32	15.28	26.60	0.00	11.36	15.52	26.88
		W = 50	0.00	11.32	0.00	11.32	0.00	11.18	0.72	11.90
		W = 200	0.00	11.32	0.68	12.00	0.00	11.02	1.04	12.06
		W = 350	0.00	11.32	3.68	15.00	0.00	11.10	4.08	15.18
		W = 500	0.00	11.32	8.04	19.36	0.00	11.12	9.38	20.50
	150	Uniforme	0.00	10.94	7.42	18.36	0.00	10.90	7.34	18.24
		W = 50	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.78	0.42	11.20
		W = 200	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.76	0.28	11.04
		W = 350	0.00	10.94	0.70	11.64	0.00	10.74	0.90	11.64
		W = 500	0.00	10.94	2.06	13.00	0.00	10.66	2.64	13.30
	200	Uniforme	0.00	9.74	3.76	13.50	0.00	9.82	4.24	14.06
		W = 50	0.00	9.74	0.00	9.74	0.00	9.74	0.14	9.88
		W = 200	0.00	9.74	0.00	9.74	0.00	9.78	0.16	9.94
		W = 350	0.00	9.74	0.20	9.94	0.00	9.72	0.20	9.92
		W = 500	0.00	9.74	0.56	10.30	0.00	9.76	0.74	10.50
	250	Uniforme	0.00	8.62	2.26	10.88	0.00	8.74	2.46	11.20
		W = 50	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.70	0.12	8.82
		W = 200	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.70	0.10	8.80
		W = 350	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.74	0.10	8.84
		W = 500	0.00	8.62	0.24	8.86	0.00	8.72	0.14	8.86
	300	Uniforme	0.00	7.32	1.26	8.58	0.00	7.34	1.30	8.64
		W = 50	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	7.38	0.06	7.44
		W = 200	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.96	0.04	7.00
		W = 350	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	7.08	0.08	7.16
		W = 500	0.00	7.32	0.02	7.34	0.00	7.16	0.08	7.24

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

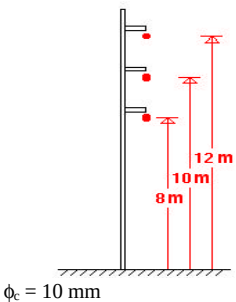
Tabla 6.30a. Método de Chowdhuri. Línea horizontal sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
	50	W = 50	11.40	0.24	11.64	11.26	20.40	31.66
		W = 200	11.40	16.14	27.54	11.38	52.94	64.32
		W = 350	11.40	39.00	50.40	11.10	83.32	94.42
		W = 500	11.40	54.14	65.54	11.44	85.38	96.82
	100	W = 50	11.40	0.02	11.42	11.26	0.80	12.06
		W = 200	11.40	1.82	13.22	11.38	2.70	14.08
		W = 350	11.40	7.82	19.22	11.10	7.04	18.14
		W = 500	11.40	15.08	26.48	11.44	11.50	22.94
	150	W = 50	11.40	0.00	11.40	11.26	0.66	11.92
		W = 200	11.40	0.38	11.78	11.38	0.66	12.04
		W = 350	11.40	1.94	13.34	11.10	1.80	12.90
		W = 500	11.40	4.92	16.32	11.44	3.04	14.48
	200	W = 50	11.40	0.00	11.40	11.26	0.56	11.82
		W = 200	11.40	0.02	11.42	11.38	0.46	11.84
		W = 350	11.40	0.56	11.96	11.10	0.70	11.80
		W = 500	11.40	1.68	13.08	11.44	1.12	12.56
	250	W = 50	11.40	0.00	11.40	11.24	0.54	11.78
		W = 200	11.40	0.02	11.42	11.38	0.40	11.78
		W = 350	11.40	0.24	11.64	11.10	0.56	11.66
		W = 500	11.40	0.64	12.04	11.44	0.54	11.98
	300	W = 50	11.40	0.00	11.40	11.24	0.50	11.74
		W = 200	11.40	0.00	11.40	11.38	0.36	11.74
		W = 350	11.40	0.00	11.40	11.10	0.54	11.64
		W = 500	11.40	0.26	11.66	11.44	0.44	11.88

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

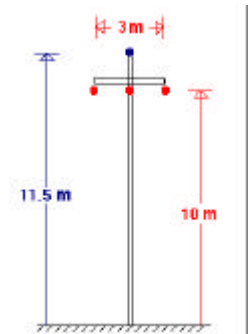
Tabla 6.30b. Método de Chowdhuri. Línea vertical sin apantallar.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo			Red neuronal		
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$	50	W = 50	11.60	0.36	11.96	11.74	43.08	54.82
		W = 200	11.60	20.08	31.68	11.54	56.96	68.50
		W = 350	11.60	45.10	56.70	11.72	86.04	97.76
		W = 500	11.60	59.62	71.22	11.50	87.72	99.22
	100	W = 50	11.60	0.02	11.62	11.74	1.60	13.34
		W = 200	11.60	2.88	14.48	11.54	6.48	18.02
		W = 350	11.60	9.96	21.56	11.72	12.68	24.40
		W = 500	11.60	19.20	30.80	11.50	23.16	34.66
	150	W = 50	11.60	0.00	11.60	11.74	0.74	12.48
		W = 200	11.60	0.58	12.18	11.54	2.72	14.26
		W = 350	11.60	2.78	14.38	11.72	4.28	16.00
		W = 500	11.60	6.60	18.20	11.50	7.64	19.14
	200	W = 50	11.60	0.00	11.60	11.74	0.60	12.34
		W = 200	11.60	0.10	11.70	11.54	1.32	12.86
		W = 350	11.60	0.90	12.50	11.72	2.42	14.14
		W = 500	11.60	2.50	14.10	11.50	4.74	16.24
	250	W = 50	11.60	0.00	11.60	11.74	0.54	12.28
		W = 200	11.60	0.00	11.60	11.54	0.98	12.52
		W = 350	11.60	0.34	11.94	11.72	1.50	13.22
		W = 500	11.60	0.98	12.58	11.48	3.60	15.08
	300	W = 50	11.60	0.00	11.60	11.74	0.48	12.22
		W = 200	11.60	0.00	11.60	11.54	0.72	12.26
		W = 350	11.60	0.08	11.68	11.72	1.08	12.80
		W = 500	11.60	0.40	12.00	11.48	2.60	14.08

ϕ_c = diámetro del conductor de fase

di (contorneamientos por descargas directas a fase), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

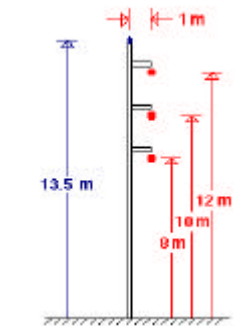
Tabla 6.30c. Método de Chowdhuri. Línea horizontal apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	W = 50	0.00	11.40	0.02	11.42	0.00	11.56	0.22	11.78
		W = 200	0.00	11.40	7.32	18.72	0.00	11.68	4.74	16.42
		W = 350	0.00	11.40	22.04	33.44	0.00	11.34	25.04	36.38
		W = 500	0.00	11.40	37.04	48.44	0.00	10.32	49.24	59.56
	100	W = 50	0.00	11.00	0.00	11.00	0.00	11.10	0.06	11.16
		W = 200	0.00	11.00	0.60	11.60	0.00	11.18	0.14	11.32
		W = 350	0.00	11.00	3.10	14.10	0.00	10.92	1.06	11.98
		W = 500	0.00	11.00	6.92	17.92	0.00	9.86	3.80	13.66
	150	W = 50	0.00	9.90	0.00	9.90	0.00	10.40	0.04	10.44
		W = 200	0.00	9.90	0.02	9.92	0.00	10.42	0.04	10.46
		W = 350	0.00	9.90	0.54	10.44	0.00	10.22	0.14	10.36
		W = 500	0.00	9.90	1.66	11.56	0.00	9.10	0.50	9.60
	200	W = 50	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00	9.22	0.02	9.24
		W = 200	0.00	8.78	0.00	8.78	0.00	8.86	0.00	8.86
		W = 350	0.00	8.78	0.10	8.88	0.00	9.10	0.02	9.12
		W = 500	0.00	8.78	0.46	9.24	0.00	8.32	0.24	8.56
	250	W = 50	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.78	0.00	7.78
		W = 200	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.36	0.00	7.36
		W = 350	0.00	7.24	0.00	7.24	0.00	7.94	0.02	7.96
		W = 500	0.00	7.24	0.16	7.40	0.00	7.38	0.12	7.50
	300	W = 50	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.18	0.00	6.18
		W = 200	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.70	0.00	5.70
		W = 350	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	6.26	0.02	6.28
		W = 500	0.00	5.74	0.00	5.74	0.00	5.96	0.04	6.00

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)

Tabla 6.30d. Método de Chowdhuri. Línea vertical apantallada.
Entrenamiento con velocidad en función de la intensidad de pico del rayo.

Línea	CFO (kV)	Distribución velocidad	Algoritmo				Red neuronal			
			Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)	Tasa - di (cont/100km-año)	Tasa - ci (cont/100km-año)	Tasa - in (cont/100km-año)	Tasa - tot (cont/100km-año)
 $\phi_c = 10 \text{ mm}$ $\phi_{ct} = 5 \text{ mm}$ $R = 50 \Omega$	50	W = 50	0.00	11.60	0.02	11.62	0.00	11.34	0.44	11.78
		W = 200	0.00	11.60	8.42	20.02	0.00	11.76	1.20	12.96
		W = 350	0.00	11.60	25.04	36.64	0.00	11.88	18.82	30.70
		W = 500	0.00	11.60	40.00	51.60	0.00	11.72	42.24	53.96
	100	W = 50	0.00	11.32	0.00	11.32	0.00	11.00	0.22	11.22
		W = 200	0.00	11.32	0.68	12.00	0.00	11.44	0.26	11.70
		W = 350	0.00	11.32	3.68	15.00	0.00	11.68	0.56	12.24
		W = 500	0.00	11.32	8.04	19.36	0.00	11.52	0.82	12.34
	150	W = 50	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.44	0.12	10.56
		W = 200	0.00	10.94	0.00	10.94	0.00	10.64	0.10	10.74
		W = 350	0.00	10.94	0.70	11.64	0.00	10.92	0.18	11.10
		W = 500	0.00	10.94	2.06	13.00	0.00	10.82	0.42	11.24
	200	W = 50	0.00	9.74	0.00	9.74	0.00	9.48	0.10	9.58
		W = 200	0.00	9.74	0.00	9.74	0.00	9.50	0.08	9.58
		W = 350	0.00	9.74	0.20	9.94	0.00	10.12	0.08	10.20
		W = 500	0.00	9.74	0.56	10.30	0.00	10.04	0.18	10.22
	250	W = 50	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.48	0.08	8.56
		W = 200	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.04	0.06	8.10
		W = 350	0.00	8.62	0.00	8.62	0.00	8.86	0.04	8.90
		W = 500	0.00	8.62	0.24	8.86	0.00	8.92	0.14	9.06
	300	W = 50	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.76	0.02	6.78
		W = 200	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	6.28	0.02	6.30
		W = 350	0.00	7.32	0.00	7.32	0.00	7.30	0.02	7.32
		W = 500	0.00	7.32	0.02	7.34	0.00	7.60	0.10	7.70

ϕ_c = diámetro del conductor de fase, ϕ_{ct} = diámetro del cable de tierra, R = resistencia de puesta a tierra

di (contorneamientos por descargas directas a fase), ci (contorneamientos por descargas directas al cable de tierra), in (contorneamientos por descargas indirectas), tot (contorneamientos totales)