

Análisis de descargas atmosféricas para líneas eléctricas de transmisión y distribución

Diego Alejandro González Lizcano

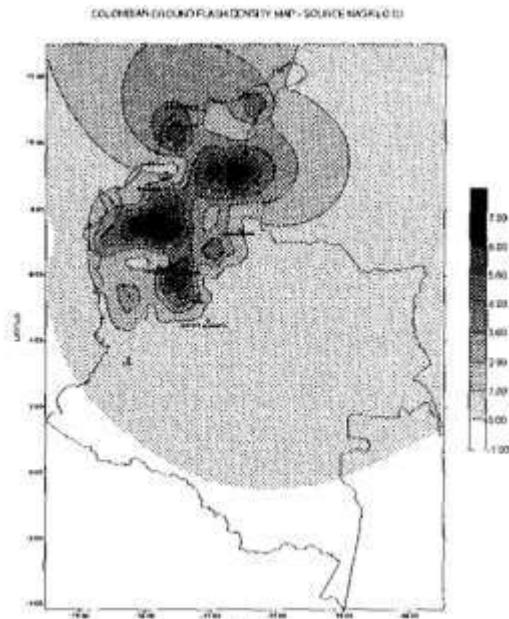
Contenido:

1. Impactos del rayo
2. Avances tecnológicos para la caracterización del rayo
3. Enfoque y Conceptos generales del trabajo informático
4. Procesamiento de datos
5. Método de presentación de información
6. Beneficio del análisis atmosférico para líneas aéreas

Impacto del Rayo

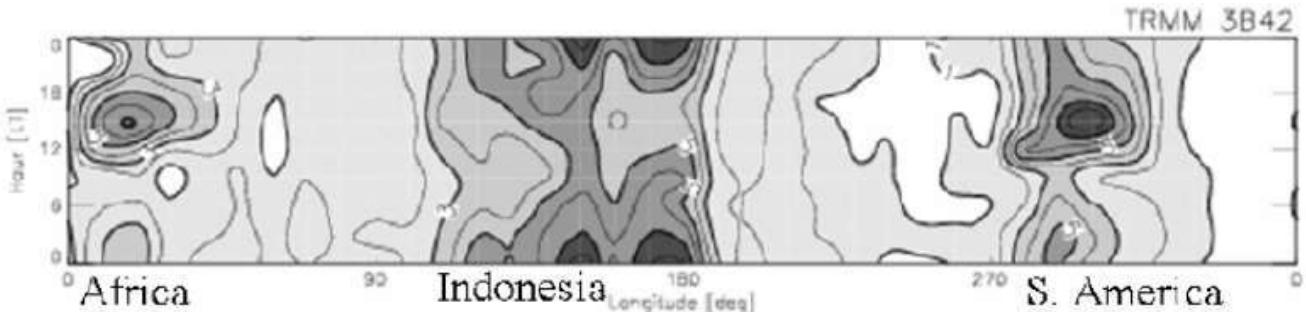
la actividad atmosférica en Colombia es una de las más activas del Planeta

Densidad atmosférica de Colombia:



De (H. Torres)

Tasa de precipitación superficial (mm/día):

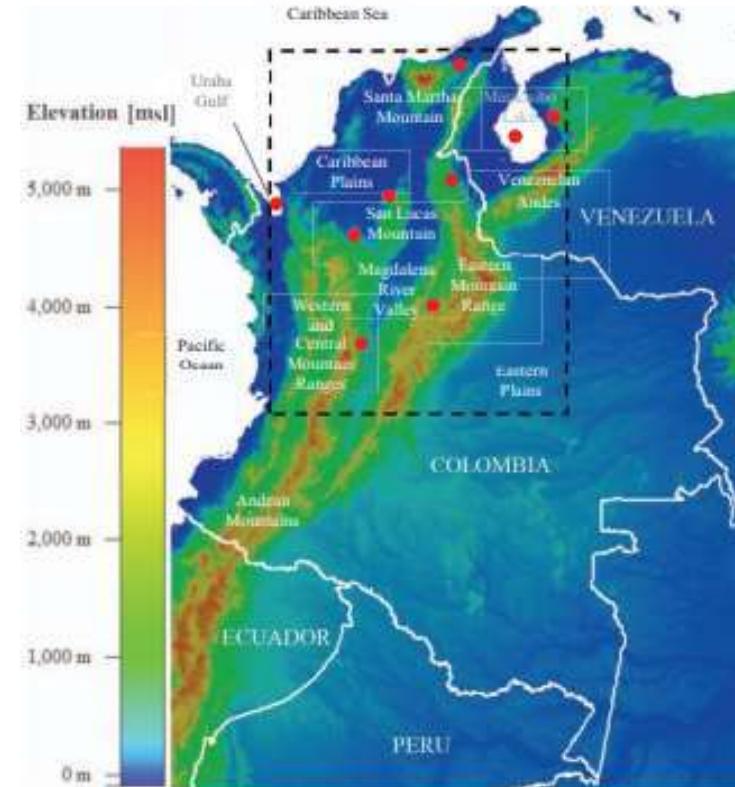


De (Saulo, 2009)

Impacto del Rayo

La aparición de descargas naturales atmosféricas dependen de los **cambios estacionales** así como del **comportamiento orográfico** del territorio

Mapa de orografía en Colombia

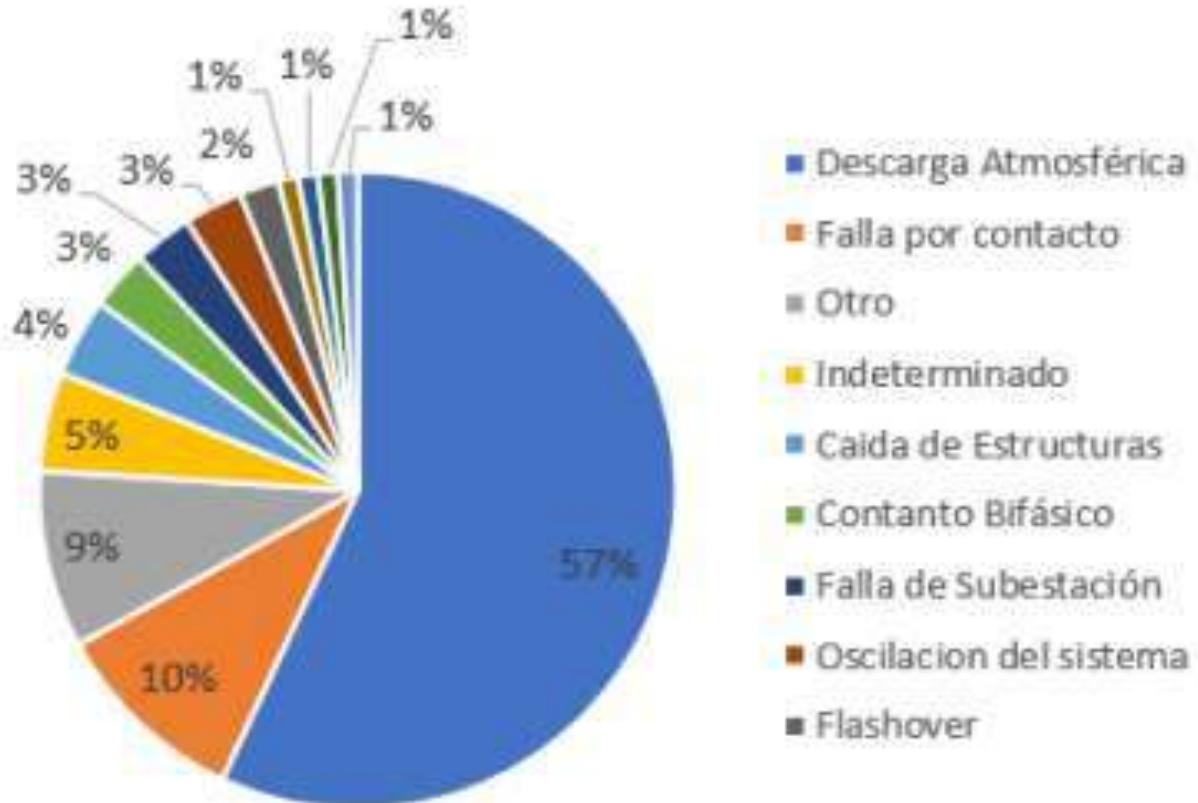


Característica rápida y aleatoria de manifestarse en cualquier lugar

(J. Inampués, 2017)

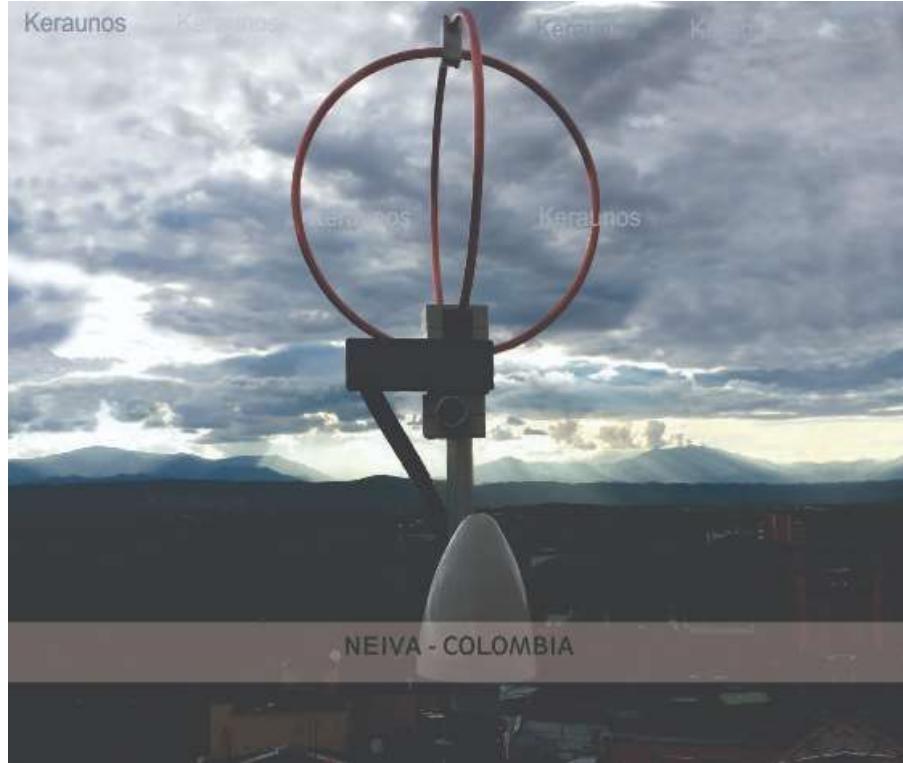
Impacto del Rayo

El Rayo tiene impactos negativos en sistemas eléctricos aéreos de transmisión y distribución eléctrica



Fallas generadas en sistemas de transmisión de alto voltaje. De (D. Araugen, 2017)

Avances tecnológicos para la caracterización del rayo



Antena receptora de ondas electromagnéticas,
De (Keraunos S.A.S)

Se han consolidado métodos de medición directa, ideal para registrar con relativa precisión la forma y polaridad de las ondas electromagnéticas

Caracterización del rayo

	A	B	C	D	E	F	G
1	ZONA 1:						
2	37:12.5	38445	-716079	0	1	-12.6	1.028
3	41:23.5	38194	-716087	0	1	-16.3	0.786
4	44:26.4	38186	-716116	0	1	10.5	0.858
5	46:51.7	38633	-715915	0	1	-34.7	0.931
6	46:52.0	38549	-715879	0	1	-26.3	0.97
7	46:52.0	38659	-715896	0	2	-18.9	0.838
8	48:43.1	3846	-715846	0	1	-46	1.016
9	48:43.2	38557	-715882	0	1	-19.8	0.923
10	48:43.2	38546	-715911	0	1	-21.7	1.02
11	48:43.3	38544	-715905	0	2	-14.2	1.244
12	48:43.8	38644	-715988	0	1	-12.8	0.595
13	51:40.6	38163	-716101	0	1	-16.3	1.179
14	52:06.7	38361	-71597	0	2	-14	0.998
15	53:57.8	38386	-715999	0	1	-19.6	0.873

Reporte atmosférico,
De (Keraunos)

La información atmosférica necesaria para el análisis es:

- Ubicación geoespacial
- Polaridad del rayo
- Fecha y hora de manifestación
- Densidad de corriente
- Tipo de rayo y la distancia a la tierra si este fue Nube-Nube

Enfoque a mantenimiento y confiabilidad eléctrica

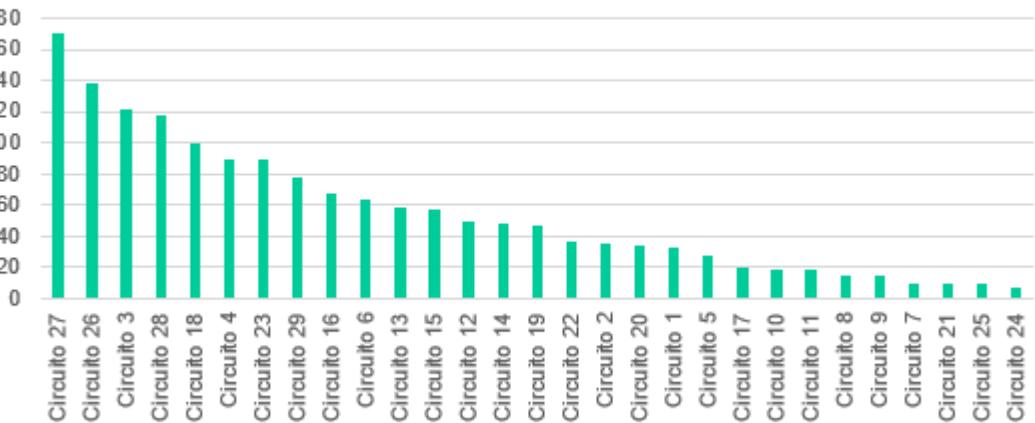
Tormentas eléctricas que caen
sobre las líneas



depositphotos.com

Actividad atmosférica del sistema
de potencia

Cantidad de Rayos incidentes a 300m de los Circuitos
ejemplo



Elaboración Propia

Conceptos Generales para el Procesamiento de Datos

- **Matriz:** Ordenación rectangular de elementos, una tabla es una matriz de datos
- **Diagrama de flujo:** Secuencia de acciones que llevan la realización de un fin
- **Base de datos:** Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto, almacenados sistemáticamente para su posterior uso
- **Celda:** Matriz de contenedores, denominados *celdas*, que pueden almacenar cualquier tipo de dato
- **Sentencia condicional:** instrucción o grupo de instrucciones que se pueden ejecutar o no en función del valor de una condición.

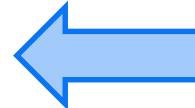
```
C = 2x3 cell array
{[ 1]}  {[      2]}  {[      3]}
{'text'}  {5x10x2 double}  {3x1 cell}
```

De
la.mathworks.com

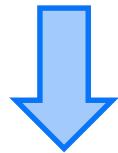
Procesamiento de Datos

 rayos_1
 rayos_2
 rayos_3
 rayos_4
 rayos_5
 rayos_6
 rayos_7
 rayos_8
 rayos_9
 rayos_10

Ubicación
Geoespacial



Sistema de Potencia



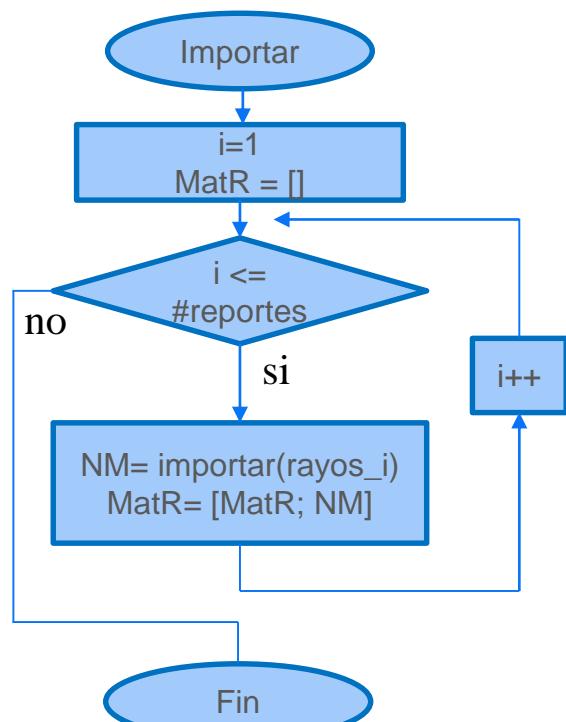
Procesamiento

- ✓ Actividad atmosférica de los circuitos
- ✓ Caracterización de Tormentas
- ✓ Densidad de incidencia atmosférica 3D

Importación de Datos

- Es necesario buscar métodos de importación de los datos al entorno de programación

rayos_1
rayos_2
rayos_3
rayos_4
rayos_5
rayos_6
rayos_7
rayos_8
rayos_9
rayos_10



Reportes atmosféricos
semanales, .csv

Matriz tipo *string* con todos los registros
atmosféricos:

!	38217	-716199	0	1	-9.9	0.551	!
!	37819	-716184	21.6	2	-9.8	2.074	!
!	37791	-716395	0	1	-8.6	0.27	!
!	37888	-715991	0	1	-16.4	0.423	!
!	37861	-716022	0	1	-11.1	0.37	!
!	37908	-715174	0	1	-13.6	0.718	!
!	38037	-715165	0	1	-14.4	0.341	!

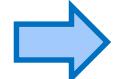
Elaboración propia, datos suministrados por **Keraunos**

Corrección de puntuación Geoespacial

- Existe un error en la puntuación Geoespacial producto del trabajo con formato .CSV

QuitarPunto(MatrizRayos)

Ejem: Latitud errónea

38.03  3803


Posibles formatos de Latitud y Longitud

Latitud	Longitud
3.803	-71.615
38.03	-716.15
3803	-71615

ComaenLatLng(MatrizRayos)

3803  3.803


Se dispone la puntuación donde pertenece, según la ubicación Geográfica Colombiana

Acondicionamiento de Datos

- Dentro de los reportes atmosféricos se contemplan los rayos que se manifestaron entre nubes, su aparición no es relevante

Guardar y organizar la información de los rayos
Nube-Tierra

!								!
!2016-09-09 16:23:46.409	38217	-716199	0	1	-9.9	0.551	!	!
!								!
!2016-09-10 21:28:19.939	37819	-716184	21.6	2	-9.8	2.074	!	!
!								!
!2016-09-14 18:38:52.517	37791	-716395	0	1	-8.6	0.27	!	!
!								!
!2016-09-09 16:07:05.141	37888	-715991	0	1	-16.4	0.423	!	!
!								!
!2016-09-09 16:07:05.214	37861	-716022	0	1	-11.1	0.37	!	!
!								!
!2016-09-09 16:07:26.506	37908	-715174	0	1	-13.6	0.718	!	!
!								!
!2016-09-09 16:07:26.871	38037	-715165	0	1	-14.4	0.341	!	!

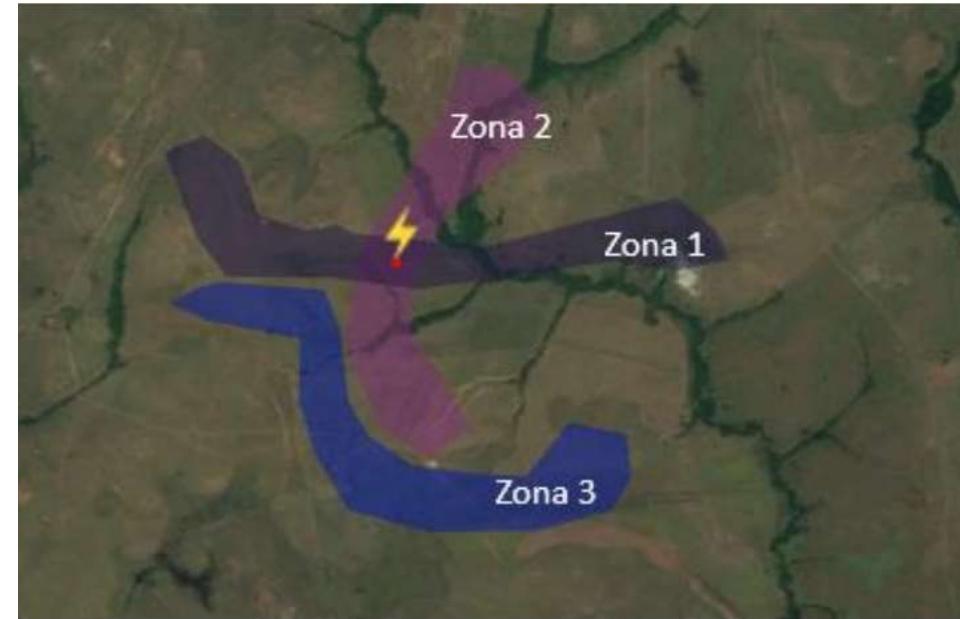
Calcular la latitud y longitud en *Radianes*, Para
realizar cálculos de distancias entre puntos Geo
espaciados

!								!
!	11	3.7966	-71.6025	0.0662632	-1.2496994	2016-11-08 21:42:19.816135	!	!
!								!
!	12.5	3.7968	-71.6034	0.0662667	-1.2497151	2016-11-08 21:43:10.928591	!	!
!								!
!	10.7	3.801	-71.6002	0.06634	-1.2496592	2016-11-08 21:44:41.445972	!	!
!								!
!	9.2	3.7939	-71.5018	0.066216	-1.2479418	2016-11-08 21:53:44.891381	!	!
!								!
!	11.3	3.7759	-71.4642	0.0659019	-1.2472856	2016-11-10 16:43:12.746652	!	!
!								!
!	19.1	3.9465	-71.5374	0.0688794	-1.2485632	2016-11-07 14:41:00.560109	!	!
!								!
!	10.2	3.9356	-71.5537	0.0686892	-1.2488477	2016-11-08 20:57:18.889608	!	!
!								!

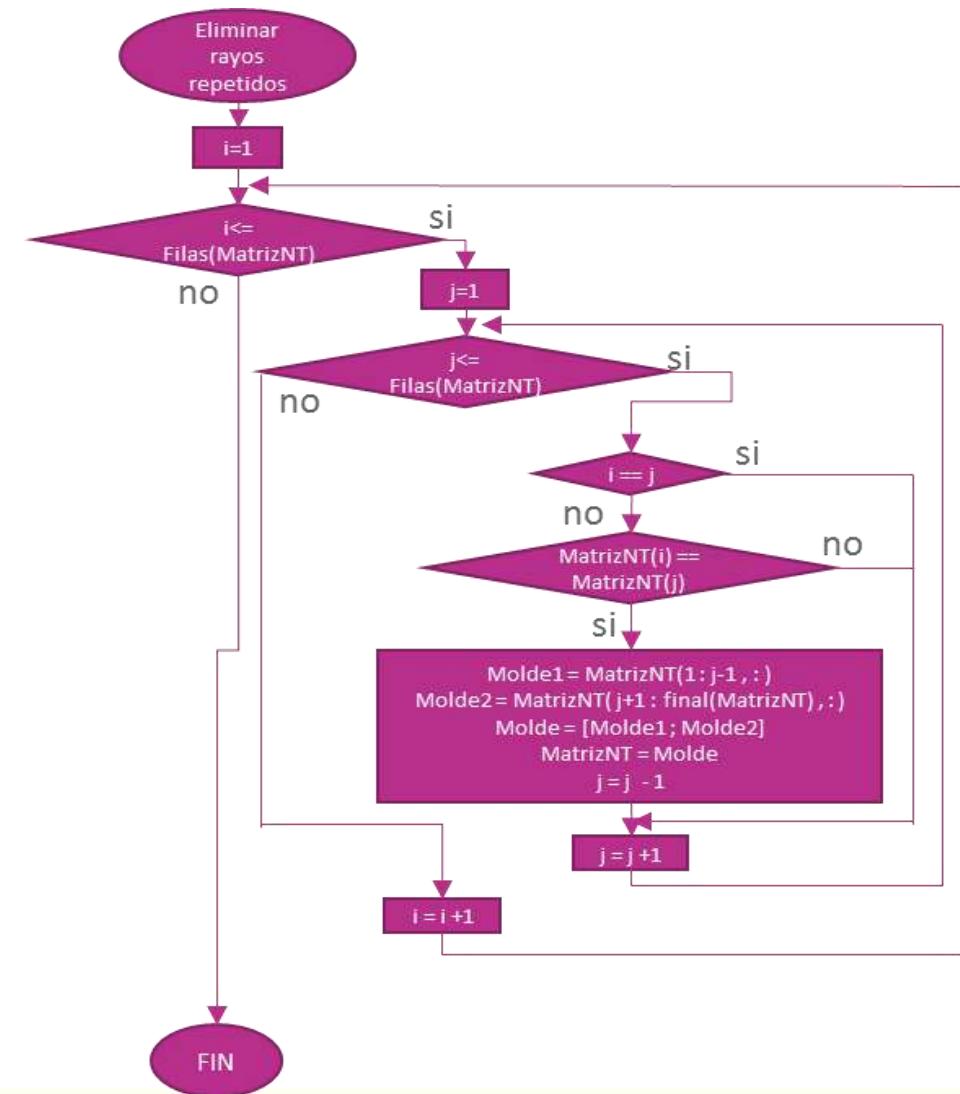
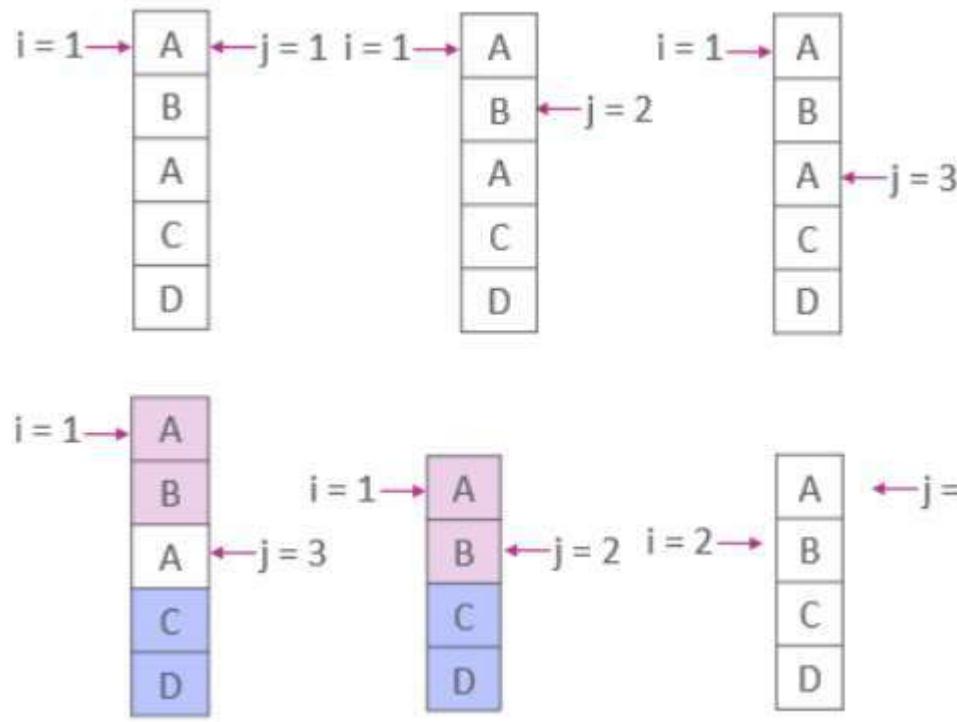
Identificación y depuración de errores

- Es necesario conocer el método de la obtención y el guardado de los datos de los dispositivos, con el fin de evitar valores erróneos que recaigan en el posterior análisis.

Esquema ejemplo: Error por solapamiento de zonas



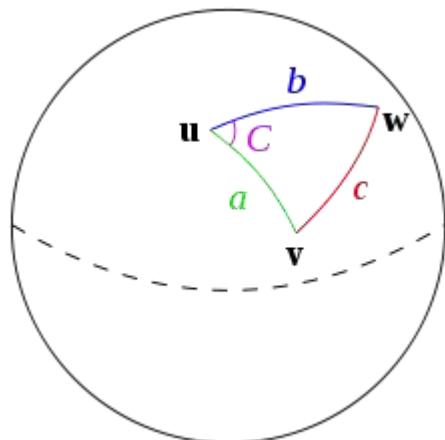
Identificación y depuración de errores



Características asociativas relevantes

¿Para que sirve conocer la ubicación de la caída de los Rayos?

❖ Formula de Haversine



De (Díaz, 2012)

$$\text{haversin}\left(\frac{d}{R}\right) = \text{haversin}(\varphi_1 - \varphi_2) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \text{haversin}(\Delta\lambda).$$

Donde:

R es el radio de la esfera,
 φ_1 es la latitud del punto 1,
 φ_2 es la latitud del punto 2, y
 $\Delta\lambda$ es la diferencia de longitudes

$$\text{Distancia} = 6371 * \text{acos}(\text{cos}(\text{RadLat1}) * \text{cos}(\text{RadLat2}) * \text{cos}(\text{RadLng2} - \text{RadLng1}) + \text{sin}(\text{RadLat1}) * \text{sin}(\text{RadLat2}))$$

Características asociativas relevantes

- Se debe importar y organizar la información de la ubicación de cada torre de los circuitos analizados

Circuito 1		
Estructura	Longitud	Latitud
Torre-1-1	-71.601868	3.86149301
Torre-1-2	-71.601201	3.86082635
Torre-1-3	-71.600979	3.8605208
Torre-1-4	-71.601007	3.85727078
Torre-1-5	-71.601395	3.85443743
Torre-1-6	-71.600534	3.85154854
Torre-1-7	-71.599451	3.84799296
Torre-1-8	-71.598562	3.84510407
Torre-1-9	-71.597923	3.8429374
Torre-1-10	-71.59734	3.84104851
Torre-1-11	-71.59659	3.83871516
Torre-1-12	-71.595756	3.83599294
Torre-1-13	-71.595062	3.83310405
Torre-1-14	-71.595645	3.83165959
Torre-1-15	-71.597004	3.83000000
Torre-1-16	-71.597004	3.83000000

Circuito 2		
Estructura	Longitud	Latitud
Torre-2-1	-71.601868	3.86152079
Torre-2-2	-71.601145	3.86085413
Torre-2-3	-71.600812	3.86043746
Torre-2-4	-71.600784	3.85732633
Torre-2-5	-71.601173	3.85415966
Torre-2-6	-71.600312	3.85146521
Torre-2-7	-71.599284	3.84804853
Torre-2-8	-71.59834	3.84510407
Torre-2-9	-71.597729	3.84299295
Torre-2-10	-71.59709	3.84096518
Torre-2-11	-71.596423	3.83874295
Torre-2-12	-71.59559	3.8360485
Torre-2-13	-71.594673	3.83310406
Torre-2-14	-71.595228	3.83177071
Torre-2-15	-71.597004	3.83000000
Torre-2-16	-71.597004	3.83000000

→ Circuitos{ }:

Mtz_Ubi_Torres	Nombre
[..] (n,3)	“QFD-BAT4”
---	---
Mtz Cto Final	Nom Cto Final

Consolidado de Circuitos a analizar

Características asociativas relevantes

Problemas:

- Cada circuito tiene un numero diferente de torres
- Cada torre tiene un numero estocástico de incidencias atmosféricas

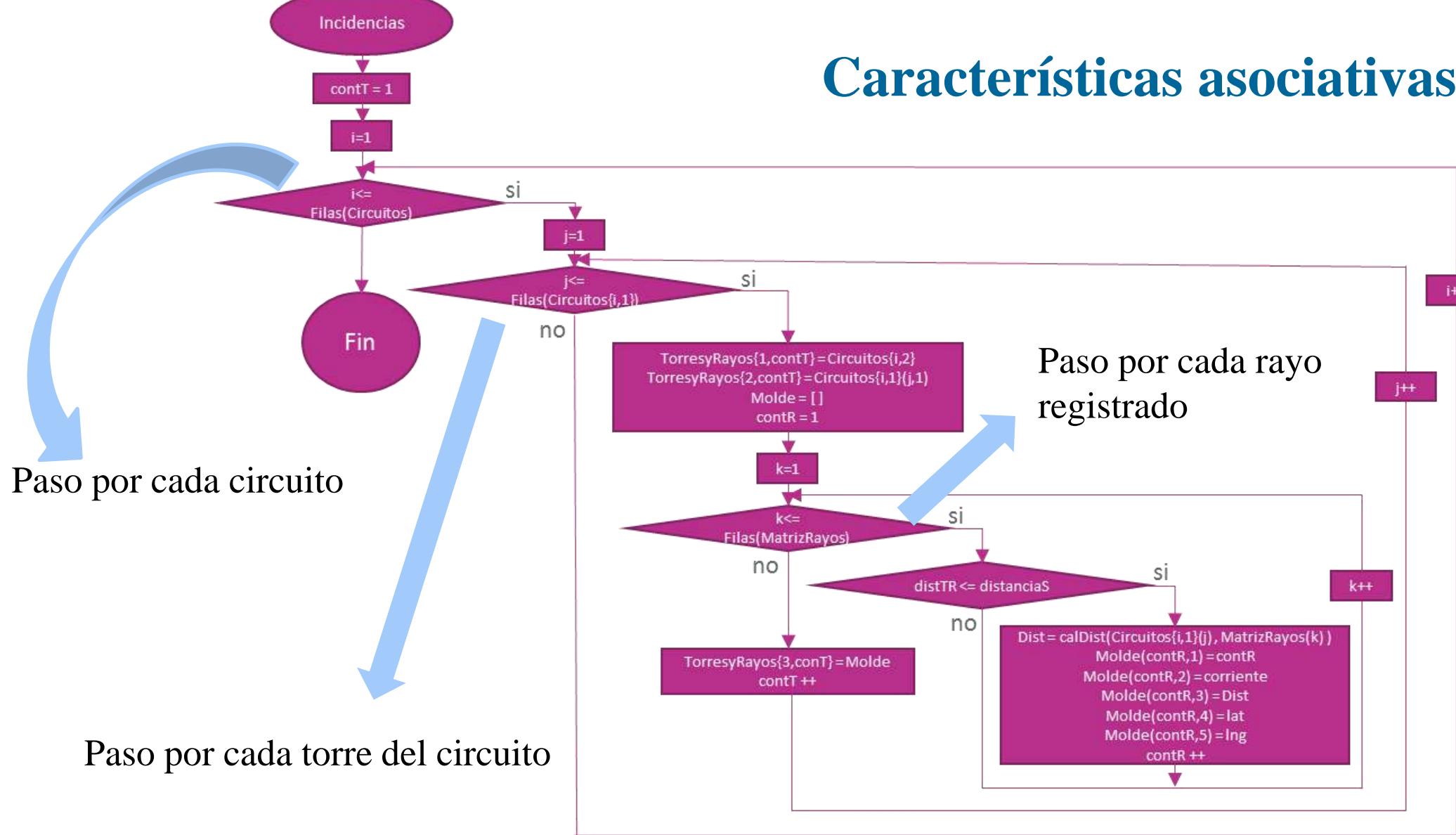
Solución:

❖ Celdas

TorresyRayos{ }: *//CELDA PRINCIPAL*
 TorresyRayos= *cell(3, totalT);*

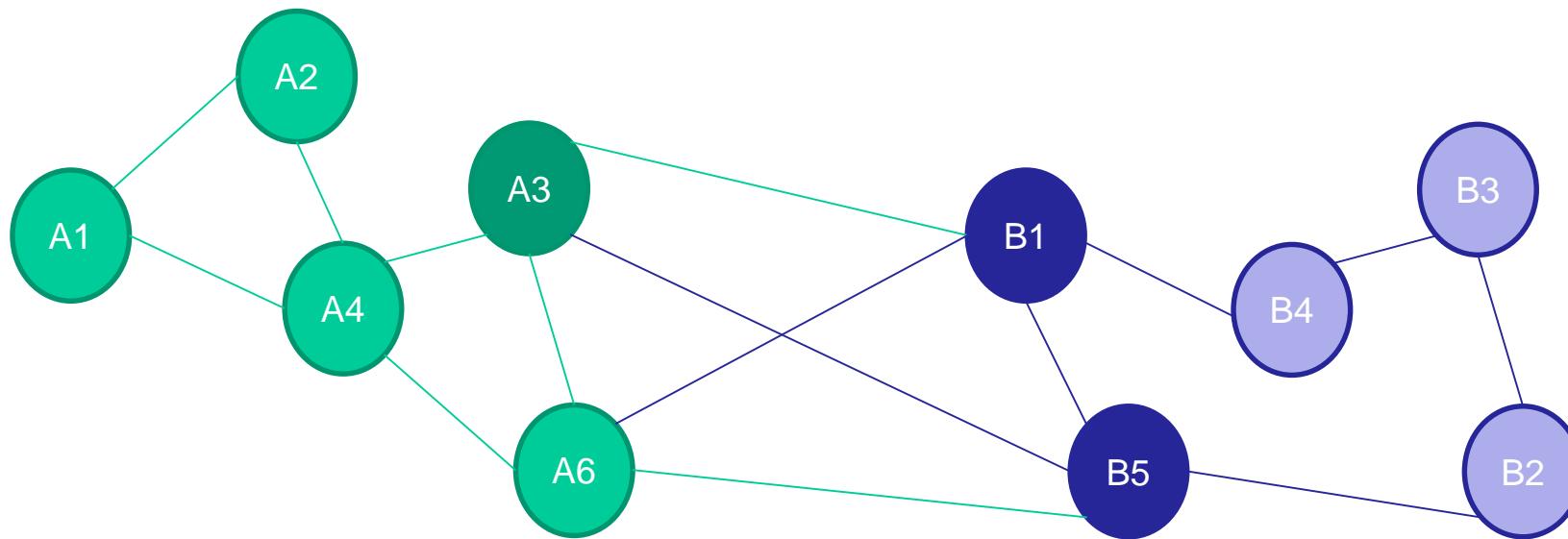
	1	...	i	...	totalT
String	Circuito	“C1”	...	“C19”	...
String	Torre	“C1-1”	...	“C19-1”	...
Matriz Double	MRayos	[..]	...	[..]	...

Características asociativas relevantes



Presentación de la información

- La ventaja de poseer estructurada la información por medio de *Celdas*, permite una fácil y rápida selección de la misma
- El presentar información filtrada por sus valores críticos, o especificando sus parámetros, de manera automática permite la rápida estimación de múltiples estados



Presentación de la información

Datos Estadísticos:

- Datos de estadística de incidencia atmosférica por circuito
- Datos de estadística total de todos los circuitos, para definir criticidad

¿Como?

Identificar las torres de cada
circuito

	1	...	i	...	totalT
Circuito	“C1”	...	“C19”	...	Cir_Final
Torre	“C1-1”	...	“C19-1”	...	To_Final
MRayos	[..]	...	[..]	...	M_Final

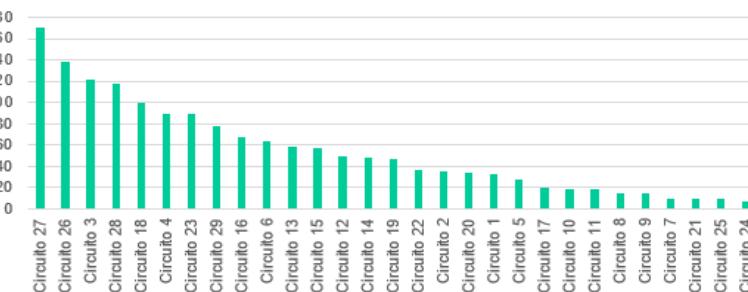
Número de rayos que cayeron en esa torre

Estadística

Datos de cuenta de incidencias, de cada circuito y el consolidado de todos los circuitos, llamado *Criticidad*

- Criticidad
- Cuenta_Rayos_Circuito 1
- Cuenta_Rayos_Circuito 2
- Cuenta_Rayos_Circuito 3
- Cuenta_Rayos_Circuito 4
- Cuenta_Rayos_Circuito 5
- Cuenta_Rayos_Circuito 6
- Cuenta_Rayos_Circuito 7

Cantidad de Rayos incidentes a 300m de los Circuitos
ejemplo



Rayos incidentes a 300m, Circuito 3



Repesentación Top de torres afectadas una torre
específica

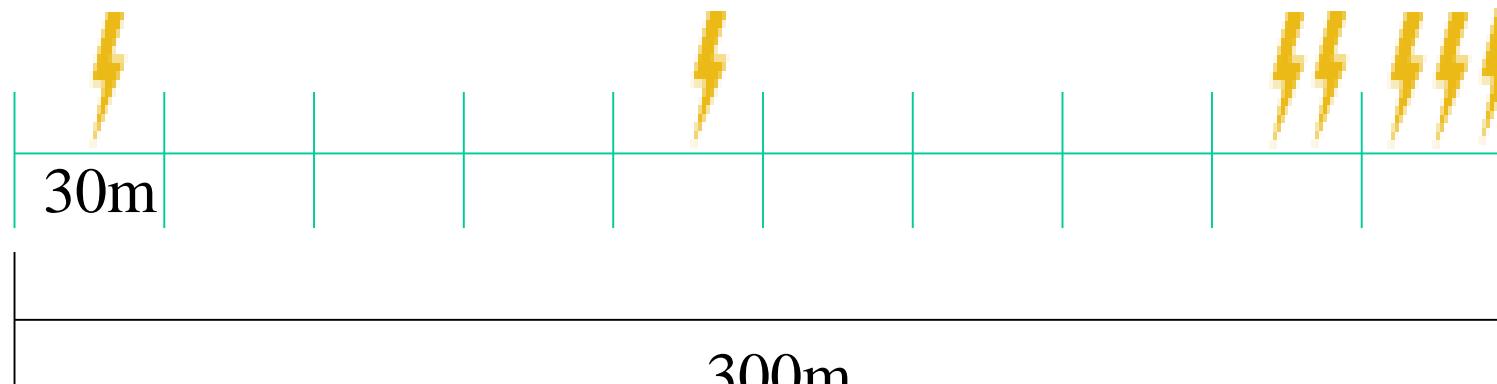
Copie y pegue la torre que quiere analizar: Torre-4-27

ID/Cte (kA)	Dis (km)	lat	lng	fecha	hora
11	-172.5	0.2711453	3.8417	-71.5608	2016-09-24 01:50:14.876
12	-21.7	0.1517488	3.8434	-71.5642	2016-09-24 20:28:26.69
13	-11.6	0.2906675	3.8417	-71.5606	2016-09-24 20:28:52.105
14	-12.4	0.3221981	3.8414	-71.5654	2016-09-24 20:30:37.776
15	-65.9	0.2352641	3.8415	-71.5645	2016-09-24 20:35:21.272
16	-9.8	0.2038352	3.8413	-71.5638	2016-09-27 19:39:11.88062
17	14.2	0.3666035	3.8453	-71.5652	2016-10-06 03:21:46.049363

¿Quiere extraer la información a un Excel? si=1 / no=2: 1

Densidad 3D de incidencia atmosférica

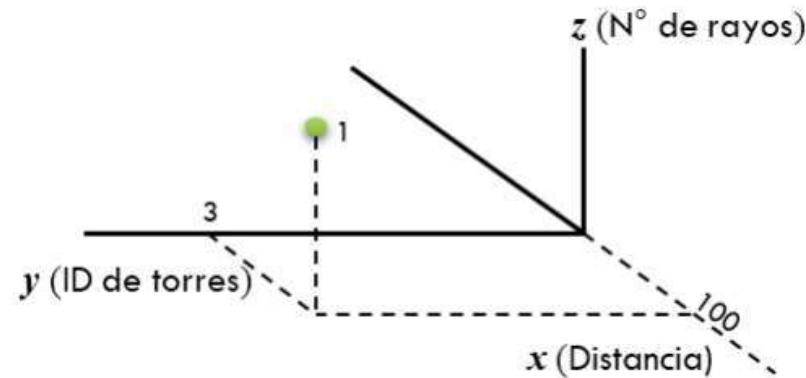
- Para un análisis más específico de la incidencia de rayos en circuitos, se plantea seccionar la distancia de cuenta de rayos a intervalos iguales, con un valor arbitrario



No es lo mismo un rayo
incidente a 20m de la torre
que 5 a 270m

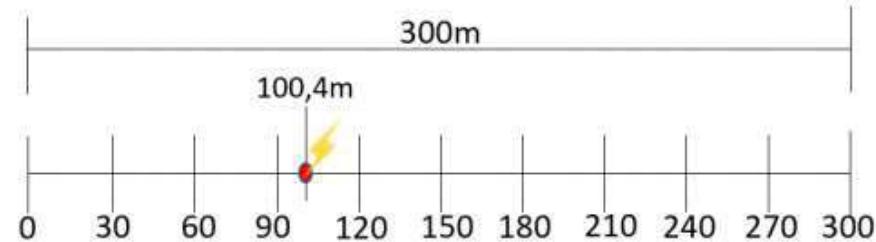
Densidad 3D de incidencia atmosférica

Ejes de la gráfica



La torre 3 a 100 metros tuvo
una incidencia atmosférica

¿Cómo discriminar las incidencias por
intervalo de distancias?



$$\alpha = \text{abs}(\text{limIz} - d) + \text{abs}(\text{limDe} - d)$$

Donde:

limIz es el límite izquierdo y

limDe es el límite derecho del intervalo analizado

d es la distancia del rayo a la torre

$$\alpha = \text{abs}(90 - 100,4) + \text{abs}(120 - 100,4) = 30$$

Análisis atmosférico para líneas aéreas

- El lapso de tiempo en que se caracteriza la actividad atmosférica de los circuitos determina el enfoque de su análisis

Caracterización de tormentas

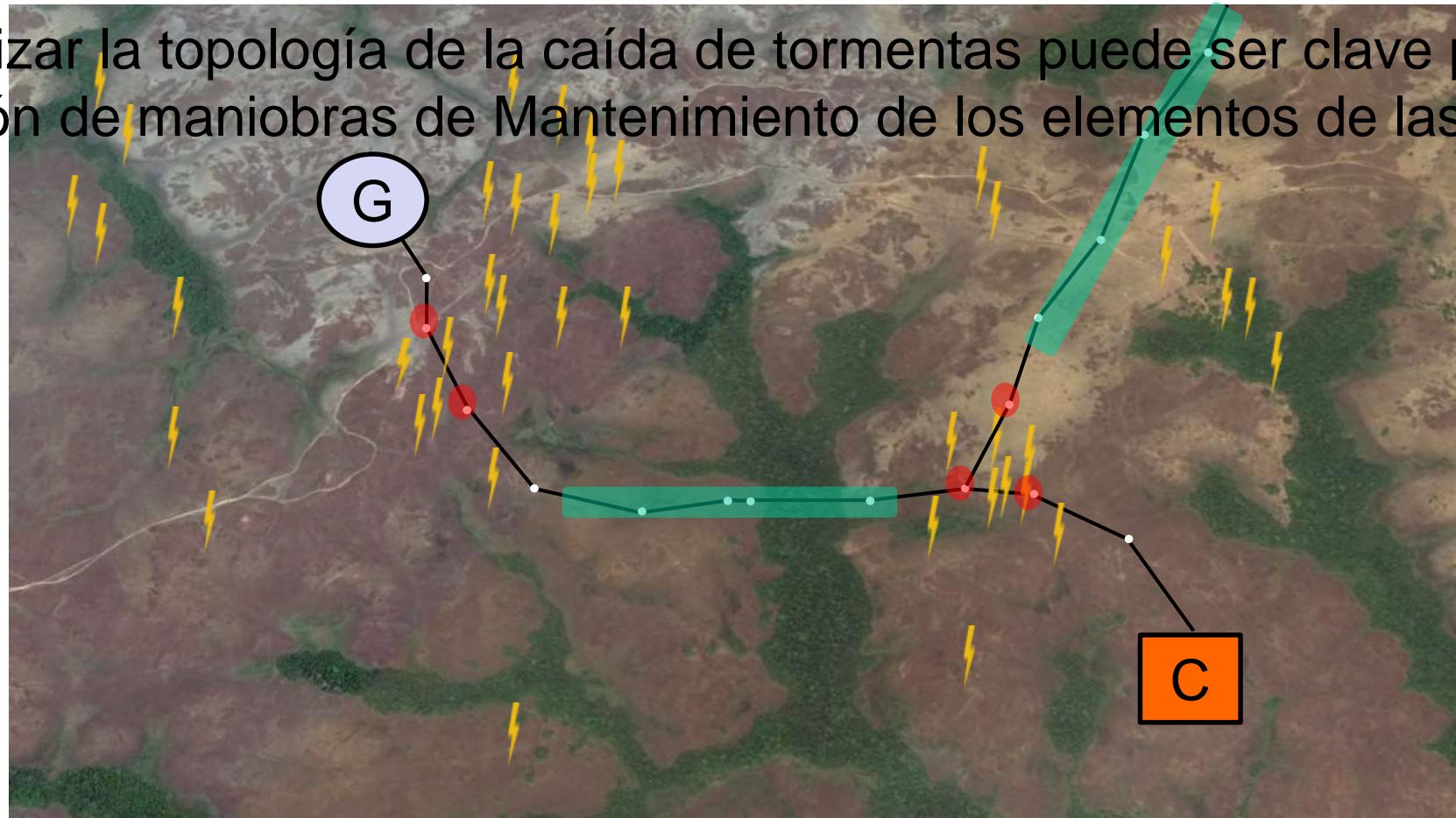
 rayos_Tormenta_16_Agosto

Densidad atmosférica histórica

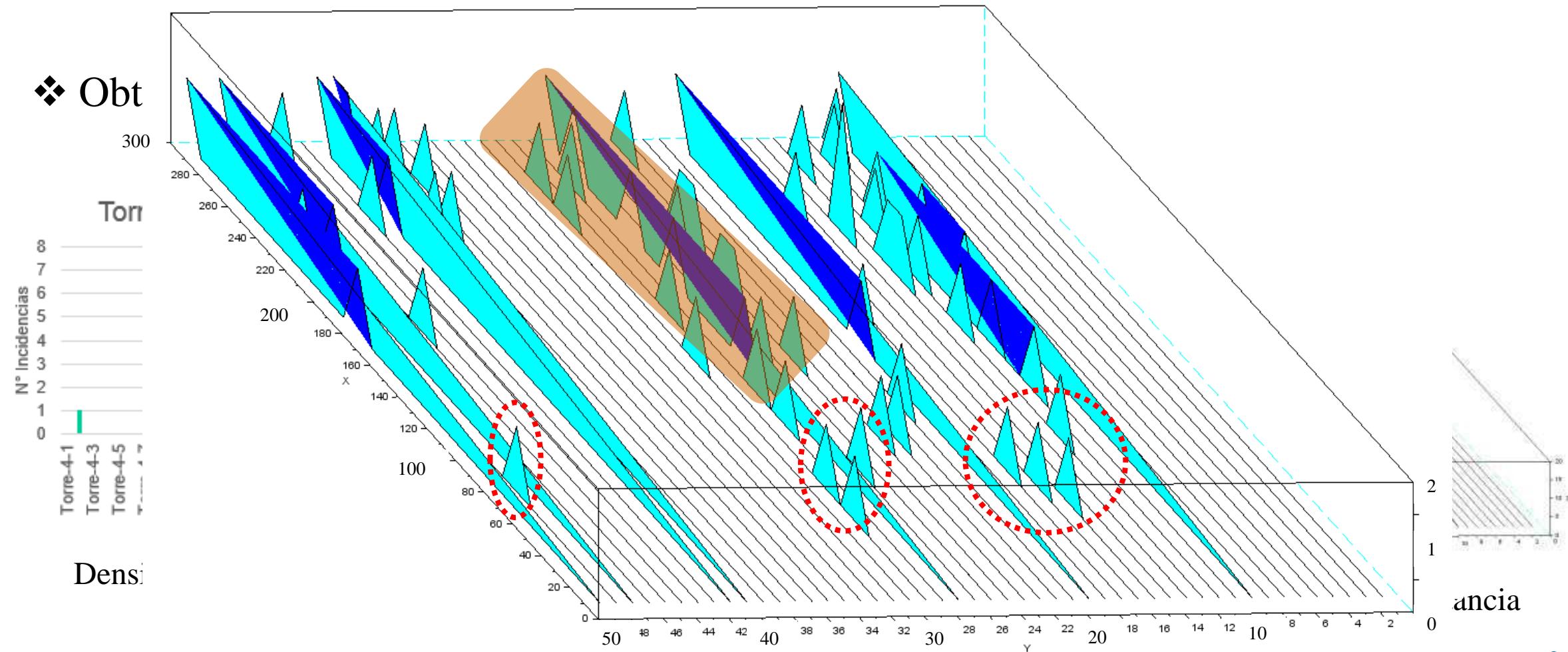
 rayos_2	 rayos_29	 rayos_56
 rayos_3	 rayos_30	 rayos_57
 rayos_4	 rayos_31	 rayos_58
 rayos_5	 rayos_32	 rayos_59
 rayos_6	 rayos_33	 rayos_60
 rayos_7	 rayos_34	 rayos_61

Caracterización de tormentas

- El caracterizar la topología de la caída de tormentas puede ser clave para coordinación de maniobras de Mantenimiento de los elementos de las líneas aéreas



Caracterización de tormentas

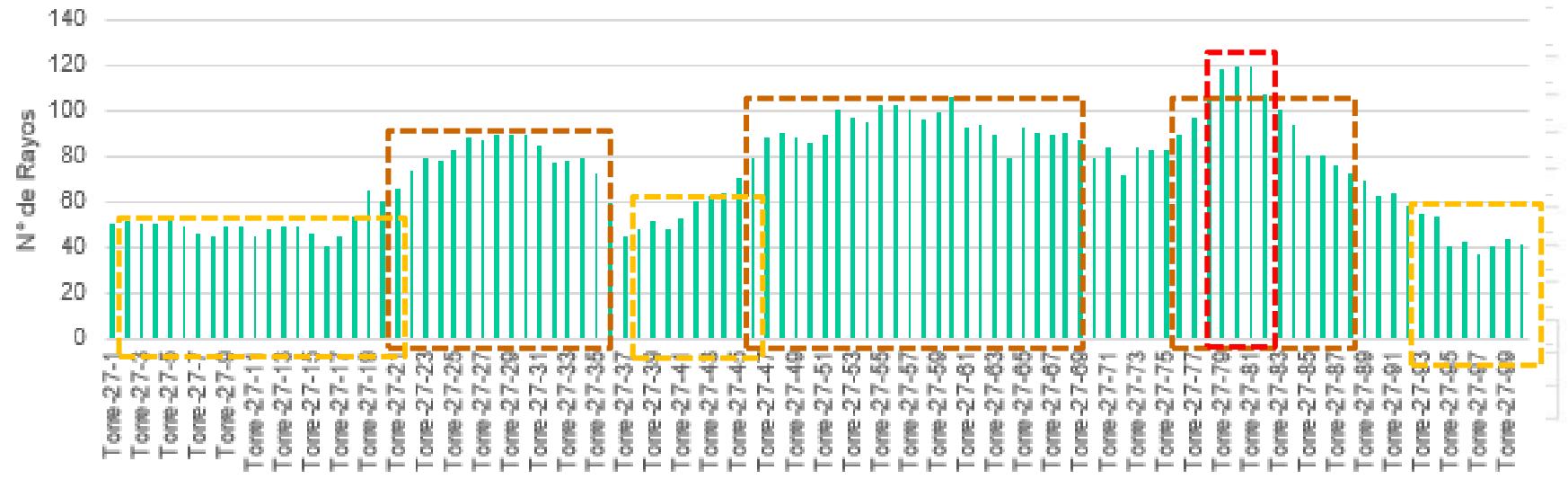


Densidad atmosférica histórica

- Definir la variabilidad espacio temporal de la actividad atmosférica del los circuitos, puede ser de base para:

Manejo para la contingencia en los DPS sobre las tensiones - DPS:

Incidencia de rayos a 300m, 2017 a la fecha. Circuito 27



Conclusiones



XXI Congreso Internacional
de Mantenimiento
y Gestión de Activos
3, 4 y 5 de abril de 2019. Bogotá - Colombia



EXPO
MANTENER
2019



Asociación Colombiana
de Ingenieros
Capítulo Cundinamarca

¿Preguntas?

