

# Estimación de la lluvia, a través de la interpolación espacial.

Carlos Orlando Barón León; Santiago Chaustre Perdomo; Andrés Felipe Cocunubo Quintero; Nicolás Mendez Gonzalez

Pontificia Universidad Javeriana

Bogotá, Colombia

baron\_carlos, santiago-chaustre, andres-coconubo, nicolas\_mendez { @javeriana.edu.co }

**Abstract**—According to the topics that we learned this semester in the class of numerical analysis, we decided to create a program in python, which consist in taking an specific variable , the reflectivity, this information belongs to a radar that is ubicated in areas that are far to El Tablazo en Subachoque, after we obtain the numbers we use the relation Marshall-Palmer to get the value of intensity of rain, once we have the results we graph these data into a map of Bogota city to see in which places exist greater amount of rain.

**Index Terms**—Rain, Reflectivity, radar, numerical, analysis, intensity, Marshall-Palmer.

## I. INTRODUCCIÓN

ESTE proyecto está enfocado a realizar diferentes interpolaciones espaciales, basados en los datos tomados por un radar, en áreas cercanas a la ciudad de Bogotá.

El formato del archivo que genera el radar es conocido como *netCDF* (formulario de datos comunes en red), “... es un formato de archivo destinado a almacenar datos científicos multidimensionales (variables) como la temperatura, la humedad, la presión, la velocidad del viento y la dirección, entre otros.” [1]. Dentro de este archivo se encuentran gran cantidad de variables, sin embargo, para cuestiones de este proyecto solo se utilizará la reflectividad y las coordenadas a la cual pertenece dichos valores. Una vez se tengan los valores se graficarán en coordenadas cartesianas y se retirarán el 20% de los datos aleatoriamente.

Con ayuda de la relación Marshall-Palmer, se obtendrán valores para la intensidad de lluvia, y puesto que no se tienen todos los puntos en las coordenadas, se realizarán interpolaciones espaciales para lograr aproximar los valores retirados.

Finalmente, cuando ya esté la información completa se graficarán las intensidades de lluvia sobre el mapa de alcance del radar (Fig. 1), este alcance esta dado en las especificaciones de la lectura (aproximadamente 300 Km).



Figure 1 Alcance radar Alto El tablazo

## II. RECOPIACION DE DATOS

El radar obtiene los campos de datos a través de una entidad y un intervalo de tiempo; esta es referenciada como un haz o un rayo.

Cada vez que el radar envía un rayo, el campo de datos es calculado teniendo en cuenta una secuencia de rangos, los cuales aumentan radialmente. Existen ciertos rangos que se conocen como “puertas de rango”, esto quiere decir, por ejemplo, cada 100 metros se toma como un rango y esta distancia se mantiene constante para la recopilación del rango.



Figure 2- Radar Alto del Tablazo(Subachoque)

### III. CONCEPTOS CLAVES

#### A. AZIMUTH

Esta variable almacena las coordenadas del ángulo acimutal para cada rayo.

#### B. RANGO

Los campos son tomados de manera creciente.

#### C. TIEMPO

Los rayos son enviados cada cierto tiempo, este crece monótonamente.

#### D. REFLECTIVIDAD

Es una composición del tiempo y el rango y es un valor flotante.

#### E. RELACIÓN MARSHALL-PALMER

Con el paso del tiempo han estudiado diferentes maneras de estimar cuantitativamente la precipitación de la lluvia a partir de la reflectividad proporcionada por un radar, estas relaciones son conocidas como Z-R. Marshall y Palmer tuvieron en cuenta la distribución de tamaños de gotas.

A través del proyecto se utilizará la relación Marshall-Palmer para obtener la intensidad de la lluvia, usando los valores de reflectividad tomados del archivo generado por el radar, esta relación está dada por la siguiente función:

$$Z = aR^b$$

Figure 3 Relación Marshall-Palmer

Donde  $Z$ , es la reflectividad medida en decibelios o  $[dB]$  puesto que son ondas o ecos que recibe el radar,  $a$  y  $b$  son funciones de frecuencia  $f$  y temperatura de la lluvia  $T$ .

Los valores de  $a$  y  $b$  son constantes experimentales, porque para tener un número aproximado de sus valores se deben tener en cuenta las distribuciones de los tamaños de las gotas y de la velocidad vertical del viento, y otros factores de la naturaleza, tales como, estimaciones por granizo.

Algunas relaciones son las siguientes:

	Llovizna	Lluvia	Chubasco
A	50	200	800
B	1,6	1,6	1,6

Tabla 1- Valores aproximados precipitación de agua [2]

Para efectos de simplicidad se toman valores de  $a$  y  $b$  como 200 y 1,6, los cuales pertenecen a la lluvia (intensidad media de precipitación) y  $R$  es la precipitación de la lluvia medida en  $[mm/h]$ , esto quiere decir que hay cierta cantidad de lluvia en un periodo de tiempo predeterminado. Puesto que se necesita conocer la intensidad de la lluvia, se despejará de la fórmula, de la siguiente manera:

$$R = \sqrt[b]{\frac{Z}{a}}$$

Reemplazando los valores de  $a$  y  $b$ :

$$R = \sqrt[1,6]{\frac{Z}{200}}$$

### IV. INTERPOLACIONES ESPACIALES

Para el desarrollo del proyecto se usaron las siguientes interpolaciones, esto con el objetivo de obtener diferentes resultados:

#### A. VECINOS CERCANOS (NEAREST)

Este es uno de los algoritmos más utilizados para la interpolación debido a su sencillez, sin embargo, no es lo suficientemente exacto.

El algoritmo en términos generales es el siguiente:

1. Se tiene un espacio multidimensional.
2. Dicho espacio se particiona en regiones.
3. En cada una de las regiones se ubican los puntos que se tienen.
4. En las regiones en donde no hay datos de se toman los vecinos cercanos, la cantidad de vecinos puede variar de acuerdo con la lectura del radar.
5. Finalmente se realiza una interpolación que sea congruente con los vecinos tomados como referencia.

En el proyecto, van a interpolar los datos previamente retirados, para así compararlos con los originales.

### V. IMPLEMENTACIÓN EN PYTHON

#### A. LIBRERÍAS

- **netCDF4:** Para leer los archivos con formato *netCDF*, se hace uso de esta librería, puesto que tiene funciones necesarias para leer los datos que contiene.

##### Funciones usadas:

- **dataSet (ubicación\_archivo, modo):** Abre el archivo en el modo que se le indique, lectura o escritura.
- **matplotlib:** Usada para la realización de las gráficas necesarias para observar las diferentes interpolaciones usadas.

##### Funciones usadas:

- **imshow (matriz, interpolación):** Se le pasa por parámetro la matriz con los valores de rango y tiempo y como segundo parámetro la interpolación a utilizar.
- **numpy:** Utilizada para colocarle los límites a las gráficas.

##### Funciones usadas:

- **linspace(xlim,ylim,zlim):** Se le pasan los límites del eje  $x$ , eje  $y$  y eje  $z$ .

#### B. FUNCIONALIDADES

En los anexos se encontrarán el código fuente del programa y a continuación se describirán sus principales funcionalidades:

- **Precipitación.py:** Se guardan todos los valores de la intensidad en una matriz a partir de lo obtenido del archivo *netCDF*.

```

intensidad = []
ax , ay , vz = [],[],[]

for i in range(0,360):
    aux = []
    for j in range(0,664):
        z = float(((ref[i][j])/200)**0.625)
        x, y = polarToCartesiano(az[i], rg[j])
        ax.append(x)
        ay.append(y)
        vz.append(z)
        aux.append(z)
    intensidad.append(aux)

fig = plt.figure()

```

Figure 4-Cálculo precipitación

- Reflectividad.py: Se gráfica la reflectividad a partir de los datos del archivo.

```

fig = plt.figure()
cax = plt.imshow(subreflec)
plt.colorbar(cax, aspect = 15 )
plt.left(0.08)
plt.show()

```

Figure 5-Gráfica reflectividad

- Interpolación.py: Se utiliza la interpolación que se observa en la imagen.

```

fig = plt.figure()
cax = plt.imshow(subreflec, interpolation = 'nearest', cmap='viridis')

plt.colorbar(cax, aspect = 'auto' )

plt.show()

```

## VI. RESULTADOS

Inicialmente se tienen la gráfica de reflectividad sin eliminar ningún punto.

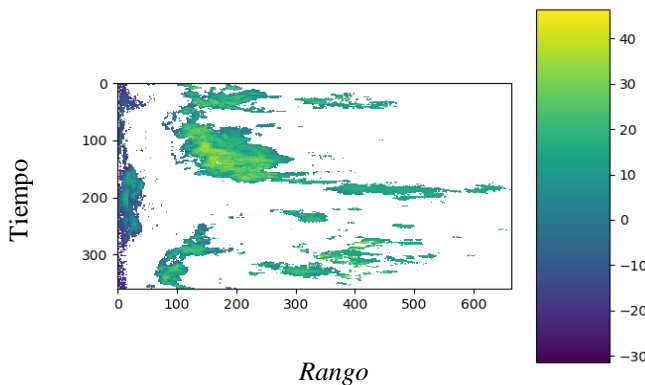


Figure 6-Reflectividad Original [ANEXO\_1]

Tomando números aleatorios se eliminan ciertos datos para poder realizar las interpolaciones planteadas:

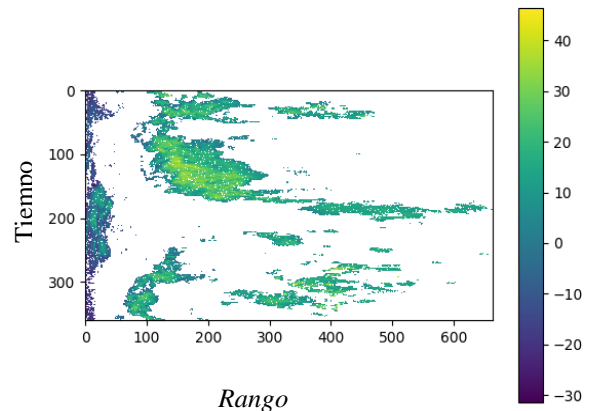


Figure 7- Reflectividad (Interpolación vecino más cercano) [ANEXO\_2]

En la figura 6 se observa el mapa con la zona que cubre el radar y la estimación de la lluvia en ciertos lugares, el color morado representa el valor cero, que indica que la intensidad de lluvia es muy baja y en caso de ser color rojo la intensidad es más alta. También existen valores intermedios los cuales poseen un valor descrito en la barra. Adicionalmente los valores del mapa que no poseen ningún color indican que no existen datos para calcular la respectiva intensidad.

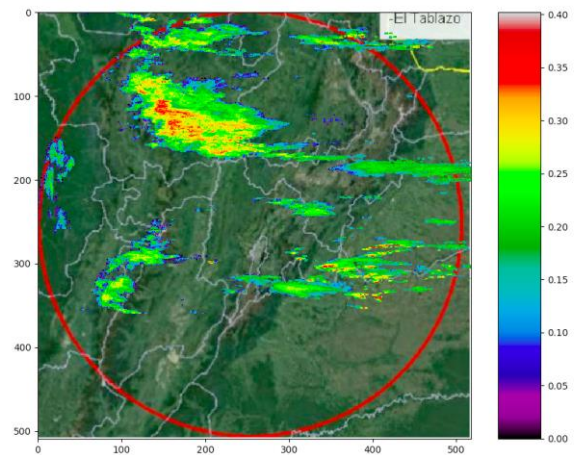
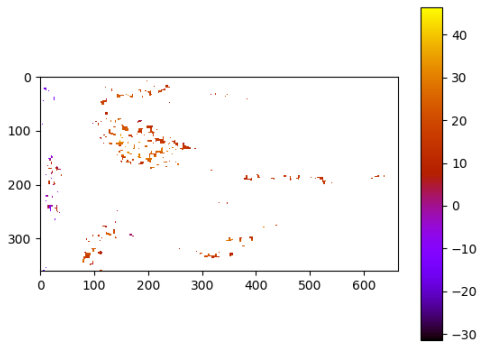


Figure 8-Mapa con intensidad de lluvia[ANEXO\_3]

## VII. CONCLUSIONES

Como se pudo observar en las gráficas la intensidad de la lluvia está fuertemente ligada a la reflectividad, pero no totalmente, puesto que sus incidencias no son con exactitud las mismas.

La interpolación espacial utilizada (Gaussiana y Conectividad) no fueron las más óptima y como se aprecia en la imagen existen muchos espacios en blanco lo cual dió cabida a una estimación hacia el vacío.



*Figure 9-Interpolaciones poco aproximadas a la realidad*

Este es el primer paso para realizar un proyecto aún más complejo, por lo cual será desarrollado y retroalimentado con el tiempo por cada uno de los participantes para lograr resultados más notables.

## VIII. ANEXOS

En la raíz del archivo se encontrarán una carpeta con los archivos anexos en este documento.

## IX. REFERENCIAS

- [1 esri, «Arcgis,» [En línea]. Available:  
] [http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial\\_ne\\_tcdf.pdf](http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/pdf/tutorial_ne_tcdf.pdf). [Último acceso: 20 11 2017].
- [2 D. Segarra, «Universidad de Valencia,» 2007. [En línea].  
] Available:  
<https://www.uv.es/~segarra/docencia/NauGran/CLIMATOLOGPAprecipitacion3-6.pdf>. [Último acceso: 20 11 2017].
- [3 O. Roderic, D. Rogers y D. Hodge, *IEEE*, pp. 318-329,  
] Marzo 1978.
- [4 Delegación Territorial en Madrid, «SlidePlayer,» Mayo  
] 2013. [En línea]. Available:  
<http://slideplayer.es/slide/10406798/>. [Último acceso: 20 11 2017].
- [5 M. Dixon, L. Wen-Chau, B. Rilling, C. Burghart y J. Van  
] Andel, «NCAR/UNIDATA,» 01 Julio 2013. [En línea].  
Available:  
<https://drive.google.com/file/d/0B798pK2GOx2UTmhwQzVsY1ljZDg/view>. [Último acceso: 20 11 2017].