ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 15, 2011. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

ANÁLISIS DE METODOS DE DETERMINACION DE VIENTOS EXTREMOS.

Udrízar Lezcano, M. Sandra[1], De Bórtoli, Mario E.[2], Marighetti, Jorge O.[3]
Laboratorio de Aerodinámica- Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)
Av. Las Heras 727 C.P. 3500 – Resistencia - Chaco
Tel. 03722-439039 – e-mail: sudrizar@ing.unne.edu.ar

RESUMEN: La probabilidad de ocurrencia de velocidades de vientos superiores a las de diseño, durante la vida útil de estructuras civiles o de generadores eólicos, es valorada por medio del análisis de las velocidades extremas. Este aspecto es fundamental tanto para el diseño estructural como la selección del tipo de generador eólico. En este trabajo, se explora la teoría de valores extremos por medio de la distribución de Valores Extremos Generalizados (GEV), el Método de Picos sobre Umbral (POT), el Método de las Tormentas Independientes (MIS) y el empleo de la Distribución Generalizada de Pareto (GPD). Se analizan los principales problemas en la aplicación de los modelos y se discuten criterios de selección del valor de velocidad umbral y su validación. Presentándose el desarrollo de un ejemplo práctico aplicando software específico, con el que se evidencia que algunas cuestiones referentes al uso de aproximaciones, aún permanecen en discusión.
Palabras clave: análisis de valores extremos, seguridad estructural, diseño probabilístico, periodo de retorno.

INTRODUCCIÓN

La determinación de valores de velocidades de vientos máximas, utilizando análisis estadísticos de valores extremos, es de interés en aplicaciones de ingeniería estructural, considerando la probabilidad de que la estructura será expuesta durante su vida útil a este tipo de cargas de viento. Un extremo es el mayor valor de un conjunto de valores, todos pertenecientes a la misma población (registros originales o parent), que posee una determinada distribución de probabilidades. Para estudiar los extremos será necesario separarlos de la distribución de referencia, para lo cual existen diversas técnicas.

El Teorema Central del Límite establece que la función de distribución conjunta de un número de variables aleatorias responde a una función normal cuando el número de estas tiende a infinito; esta propiedad es independiente de la función de distribución original de dichas variables. O sea, los valores medios de N muestras se distribuyen normalmente alrededor de una media general. Si en lugar de considerar los valores medios de las muestras se tienen en cuenta los valores máximos, la distribución conjunta no será definida por una función normal, debiendo ser analizadas por la teoría de las distribuciones extremas.
Dicha teoría, desarrollada por Fisher y Tippet (1928), es comúnmente utilizada en este tipo de análisis; se basa en el supuesto que la función de distribución acumulada de la variable (CDF) no necesita ser conocida ya que la CDF de los extremos de cualquier distribución original (parent) se aproxima asintóticamente a una distribución conocida cuando el tamaño de la muestra crece. La probabilidad de que una variable aleatoria x tome un valor inferior o igual a X, está dada por:

$$P(x \leq X) = P_v(x) \tag{1}$$

Si se consideran N observaciones independientes de velocidades medias V_M, la probabilidad de que todos los N valores χ_i, con i= 1, 2, 3, …..N, resulten inferiores o iguales a X puede hallarse recurriendo a la regla de multiplicación para sucesos independientes:

$$P_{V_M} = P(x_1 \leq X)P(x_2 \leq X) \ldots \ldots P(x_N \leq X) \tag{2}$$

En otras palabras, la teoría clásica de extremos considera conjuntos finitos de N valores independientes, y determina que la distribución de los máximos valores en el conjunto está dada por la siguiente expresión:

$$\mathrm{P}_{\mathrm{V_M}} = (\mathrm{P}_v)^{\mathrm{N}} \tag{3}$$

Donde, V_M es la velocidad media máxima observada durante el periodo T, P_{V_M} es la función de probabilidad acumulada de ésta y P_v la función de probabilidad de las velocidades $\bar{v}(t)$, es decir de los registros primitivos; N es el número de ocurrencias de la variable $\bar{v}(t)$ en el periodo T. Las diversas funciones P_{V_M} forman un sistema de curvas que se desplazan hacia la derecha al crecer el número de ocurrencias.

[1]*Maestrando Ing. c/ subsidio de la Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ingeniería, Argentina*
[2]*Prof. Dr., Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ingeniería, Argentina*
[3]*Prof. Msc., Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ingeniería, Argentina*

Determinar la función de probabilidad de datos obtenidos de registros realizados en el sitio de interés es muy poco probable. Los métodos de análisis de valores extremos intentan superar esta dificultad inherente a la falta de registros lo suficientemente prolongados en el tiempo, ajustando los datos a una forma asintótica de P_{V_M}, a la cual tienden los registros cuando N es lo suficientemente grande (Harris, 2004).

Como por lo general la expresión matemática de la función de probabilidad acumulada P_V no se conoce, Fréchet (1927) y Fisher y Tippet (1928) estudiaron un conjunto de funciones asintóticas conocidas como distribuciones de valores extremos, las que, partiendo de ciertas funciones iniciales brindan un ajuste adecuado para grandes valores de N. Las estimacionesde las velocidades extremas de vientos comúnmente se expresan en términos del valor cuantil X_T. El cuantil, es la velocidad de viento máxima promedio excedida una vez cada T_R años. La probabilidad de excedencia o el periodo de retorno, se determinan a partir de las velocidades máximas anuales, V_M, registradas en una estación meteorológica durante un periodo de N años suficientemente largo. Utilizando el concepto de probabilidad de excedencia, P_E que representa la probabilidad de que una determinada velocidad del viento sea superada en un periodo de tiempo, se define el periodo de retorno o intervalo de recurrencia, T_R,como:

$$T_R = \frac{1}{1-P_{V_M}} \qquad (4)$$

Si se toma como período de registro de una muestra a T_0, la expresión matemática que permite relacionar la función de distribución correspondiente al período T_0 con otro período de observación T_1 mayor, es la siguiente:

$$P_{V_{M_{T_1}}} = (P_{V_{M_{T_0}}})^{T_1/T_0} \qquad (5)$$

Expresión similar a la (3), donde en el primer caso las funciones se referían a los registros originales, en tanto que en la expresión (5) se trata de funciones de probabilidad acumulada de valores extremos.

En resumen, el análisis de frecuencias de eventos extremos se basa en los siguientes aspectos:
a) Los eventos climáticos extremos son variables aleatorias que pueden ser expresadas mediante algún tipo de distribución de probabilidad.
b) La serie de eventos extremos son independientes; es decir,la magnitud de cada suceso no tiene correlación con los sucesos anteriores.
c) La distribución de probabilidad que describe el proceso extremo no varía en el tiempo, ni cambia en función de la magnitud de la variable.

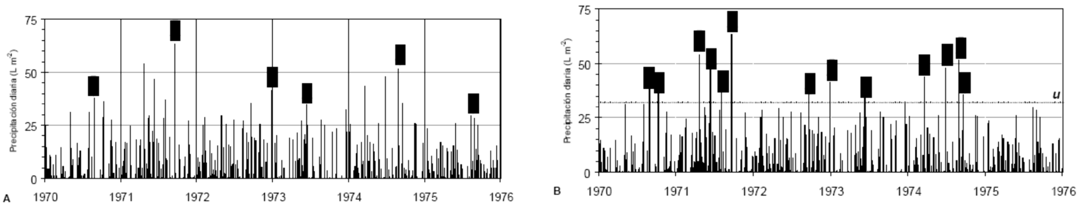


Figura 1: Muestreo de eventos extremos A: máximos anuales; B: máximos sobre umbral (Portugués Beguería, 2002)

Cabe acotar que los registros de la distribución original no son estadísticamente independientes, ya que los datos tomados en horas adyacentes estarán correlacionados debido a picos de bajas frecuencias observados en el espectro de Van der Hoven. Debe indicarse asimismo que las expresiones (3) y (5) requieren que los elementos de la muestra hayan sido obtenidos a partir del mismo mecanismo climático; si esto no fuera así, se estaría en presencia de un clima mixto, en cuyo análisis se utilizan otros procedimientos que contemplen este hecho.

Existen principalmente dos procedimientos de muestreo de valores extremos en series de datos: las series de máximos y las series de excedencias. En la Figura 1 se aprecia el procedimiento de obtención de las muestras obtenidas a partir de los mismos registros originales.

A continuación se desarrollan brevemente los métodos mencionados, señalándose sus características, ventajas y limitaciones, y ejemplificándolos asimismo en forma práctica. Esta temática prosigue actualmente en discusión por parte de numerosos investigadores, no existiendo al presente una definición dominante en relación a la conveniencia de un método sobre otro.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS GENERALIZADA (GEV)

Las series de máximos se construyen a partir de los valores máximos de la variable tomados a intervalos fijos de tiempo, habitualmente un año, por lo que el tamaño final de la muestra es igual al número de años de registro. La Teoría de los Valores Extremos supone la existencia de independencia en las observaciones, hecho que está garantizado en las series de máximos anuales por la metodología de muestreo.

A partir de mediciones de velocidades efectuadas, se dispondrá de una muestra de velocidades medias horarias anuales máximas, extraídas de los registros primitivos, apartando por cada año, de registro un solo valor. Cada valor es un máximo del evento aleatorio “velocidad media horaria anual”, por tanto puede presumirse que la curva de distribución del nuevo suceso aleatorio “velocidad media horaria extrema anual” obedecerá al extremo de la curva de registros de velocidades anuales (De Bórtoli y otros, 2002).

Para garantizar la independencia de los registros, los datos subyacentes de los cuales se extrajeron los extremos deben ser de largos periodos de observación. Cook (1985) sugiere que deben disponerse de datos de al menos 20 años para obtener resultados confiables (20 valores extremos para analizar) y establece que el método no es aplicable con datos de menos de 10 años.Así, los datos a ser analizados deberán estar separados por varios días para que cumplan la condición de independencia estadística. Este es el motivo por el cual la muestra extraída del registro medio horario anual no estará integrado por 8766 valores, sino que se verá reducido, a alrededor de 160 registros por año, según investigaciones de Davenport (1964) en base a mediciones efectuadas en el Reino Unido (Cook, 1985).

Si las funciones de distribución, F(x), primitivas son del tipo expresado en (6),

$$F(x) = 1 - \exp[-g(x)] \tag{6}$$

Donde, g(x) es una función monótona, tal como la funcion de Weibull, Gauss, lognormal, o binormal; las series de valores extremos V_M de tamaño N, para un valor de N grande, se ajustan a una de tres familias básicas, que pueden parametrizarse en una expresión, para la función de distribución conocida como Distribución de Valores Extremos Generalizados, cuya función de distribución acumulada (CDF), está dada por:

$$P_{V_M}(V_M, \mu, \sigma, \xi) = exp\left\{-\left[1 + \xi\left(\frac{V_M - \mu}{\sigma}\right)\right]^{-1/\xi}\right\} \qquad \xi \neq 0 \tag{7a}$$

$$P_{V_M}(V_M, \mu, \sigma) = exp\left\{-exp\left[\frac{V_M - \mu}{\sigma}\right]\right\} \qquad \xi = 0 \tag{7b}$$

Donde, ξ es el parámetro de forma que determina el tipo de distribución; si ξ=0, la función de distribución es la Fisher – Tippet Tipo I o distribución de Gumbel. Para valores negativos de ξ, la función de distribución es del Tipo II. La distribución Tipo III tiene valores positivos de ξ y se caracteriza por poseer un límite superior. Los parámetros μ ($-\infty < \mu < \infty$), σ (>0) son los parámetros de localización y de escala(o dispersión), respectivamente.

Típicamente, se ajusta la expresion de GEV a series de máximas anuales (o tambien halladas en la literatura como máximas por bloque, cuando se emplea otro periodo de tiempo). En base a este supuesto, se halla la expresión siguiente:

$$y = \frac{V_M - \mu}{\sigma} \tag{8}$$

Denominada variable estandarizada o reducida. El parámetro de escala está dado por la inversa de la derivada de la función primitiva $g(x)$, particularizada en $x = \sigma$; es decir,

$$\frac{1}{\mu} = \left.\frac{dg(x)}{dg}\right]_{x=\sigma} \tag{9}$$

Así, si se conoce la forma de la distribución de probabilidad del evento aleatorio, es posible establecer la distribución de probabilidad de los valores extremos.Una vez determinados los parámetros de escala y localización, y establecido el periodo de retorno, de manera que $P_{V_M} = 1 - 1/T_R$, se obtiene el valor del cuantil X_T. Invirtiendo las expresiones (7) pueden determinarse los cuantiles X_T, para el periodo de retorno T (usualmente 50 años); de manera que, para ξ≠ 0 se tiene:

$$X_T = \mu - \frac{\sigma}{\xi}\left[1 - \{-log(1 - 1/T)\}^{-\xi}\right] \tag{10}$$

Para el caso de ξ= 0, se tiene,

$$X_T = \mu - \sigma.log[-log(1 - 1/T)] \tag{11}$$

En razón de la amplia aceptación de la función de densidad de probabilidad de Weibull como modelo de distribución de las velocidades medias del viento, usualmente los valores extremos son modelados por la distribución Tipo I (Cook, 1985). En adelante, se aplica un método gráfico de resolución; a partir de la ecuación (8) se obtiene la siguiente expresión:

$$V_M = \sigma.y + \mu \tag{12}$$

se traza un gráfico, con V_M en las ordenadas e y en absisas; la ordenada al origen de la recta, dará una estimación del modo y la pendiente, la dispersión. Para estimar valores de y, a partir de la expresión (7b) se define la variable reducida de Gumbel,

$$y_{Gumbel} = -ln\{-ln[P_{V_M}]\} \tag{13}$$

Donde, P_{V_M} es la probabilidad de que las velocidades máximas anuales se encuentren por debajo de V_M. Para cada elemento de la muestra de máximas anuales se estima P_{V_M} simplemente ordenando los datos de menor a mayor y calculando un valor empírico de P_{V_M} de acuerdo a la posición del registro dentro de la serie ordenada. Estas estimaciones son conocidas como "plotting positions"; de las numerosas expresiones para calcular P_{V_M} , una de las más utilizadas es,

$$P_{V_M} = \frac{m}{N+1} \tag{14}$$

Donde, m refiere la posición del elemento dentro de la serie ordenada y N es el tamaño de la muestra (Cook, 1985). El paso siguiente consiste en ajustar una recta a los valores graficados.

Existen numerosos métodos de ajuste de las funciones dadas por (7) a un conjunto de maximas anuales. Cuando se dispone de un número limitado de observaciones, la precision requerida en la determinacion de los parámetros que posibilitan dicho ajuste es mayor. La calidad de los estimadores está dada por el sesgo (bias) y su varianza. Para la elecciòn de la distribución más adecuada se emplean diagramas de momentos en los que se representan conjuntamente los momentos (coeficiente de variación, sesgo, curtosis...) de distribuciones teóricas confrontandolas con las dstribuciones de las muestras analizadas. Los *L*-momentos se han propuesto como sustitutos ventajosos de los momentos ordinarios, en particular cuando se trata con muestras de eventos extremos (Hosking, 1990). Los *L*-momentos son combinaciones lineales de momentos ponderados por probabilidad (probability weighted moments-PWM); resultan de este modo, la generalización de momentos ordinarios, y, por ser combinacion lineal de datos estan menos influenciados por los extremos, lo que los hace mas fiables.

En general, los datos de velocidades de vientos de regiones templadas se ajustaron a la distribución Tipo I (Cook,1985). Por un lado, esta distribución incluye a la de Weibull, función comunmente ajustada para velocidades de viento, y por el otro la distribuciòn Tipo I no tiene lìmite superior, como sí es el caso de la distribuciòn Tipo III, argumentándose en este sentido que no existe un límite superior natural para las velocidades del viento (Palutikoff et al,1999). Gomez y Vickery (1978) señalaron que la supuesta convergencia a una distribución de Tipo II aparece cuando se procesan datos correspondientes a climas mixtos como si fueran simples.

Las series de máximos es el método más utilizado debido a su sencillez. El mayor inconveniente, es la pérdida de eventos secundarios que pueden ser incluso mayores que los máximos de otros años, y que por tanto proporcionan valiosa información.

SERIES DE EXCEDENCIA

Las series de excedencias se construyen extrayendo de la serie original todos aquellos valores superiores a un determinado valor de umbral, u, fijado de antemano, por lo que el tamaño de la muestra es variable. La selección del valor de umbral u permite controlar el tamaño final de la muestra. Este es un aspecto de gran importancia en todo procedimiento de regresión, donde el tamaño de la muestra condiciona la fiabilidad de los resultados. En este sentido, las series de excedencias hacen un uso mucho más eficiente de la información contenida en las series originales, pues permiten incluir más de un evento por año si éste cumple el requisito para ser considerado extremo.

El mayor problema relacionado con el uso de series de excedencias, es la dificultad para asegurar la independencia de las observaciones. En efecto, en las series de máximos anuales se asegura el espaciado temporal de los sucesos muestreados, al contrario de lo que sucede con las series de excedencias. En éstas, un valor de umbral excesivamente bajo puede hacer que las ocurrencias queden agrupadas en el tiempo, en lugar de mantener sus características aleatorias. Además los registros deben ser continuos y completos.

Dentro de los métodos de series de excedencias, se distinguen el Método de Picos sobre Umbral (Peaks Over Threshold-POT) y el Método de las Tormentas Independientes (Independient Storms Method–MIS).El método de las tormentas independientes (MIS) utiliza un periodo de calma o de velocidades de viento por debajo de un valor umbral seleccionado (Threshold) para separar las tormentas. Entonces, se seleccionan los extremos mayores de cada tormenta y los datos se ajustan al GEV. Cook (1982), señala una tasa de frecuencia típica de tormentas de alrededor a 100 eventos/año.

Aunque los métodos POT y MIS resultan semejantes en su implementación, poseen ligeras diferencias conceptuales, tal como pueden apreciarse en la Figura 2. El método POT considera todos valores que superan un cierto valor de umbral (X-u), los que deberían ser valores independientes. Sin embrago, es posible que sean considerados valores provenientes de una misma tormenta, como se puede observar en la figura. Por otra parte, el MIS utiliza los valores reales de los máximos por tormenta, e ignora otros picos más pequeños dentro de una misma tormenta. Al incrementar el valor umbral en el MIS, solo se reduce el número de valores independientes, en tanto que en el análisis POT afecta tanto al número como a la magnitud de los excesos (An&Pandey, 2005).

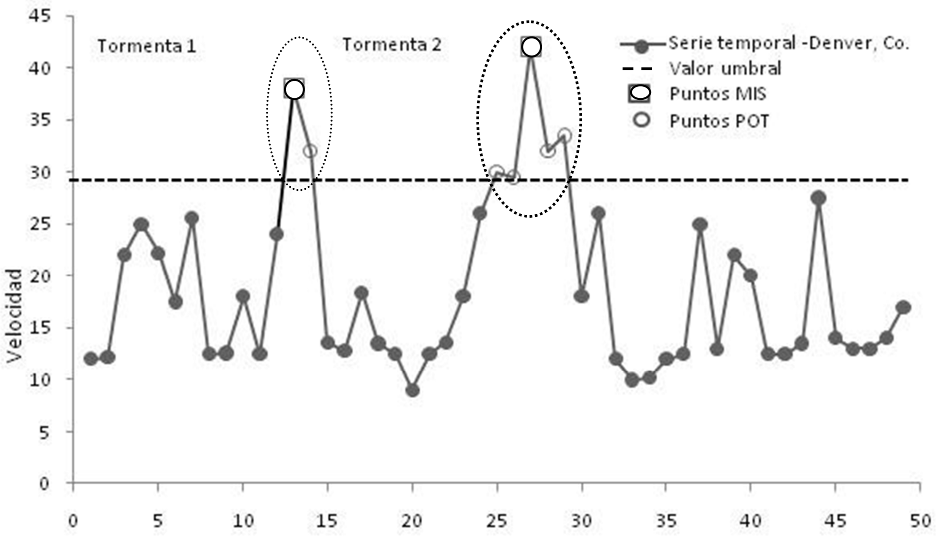


Figura 2: Diferencias entre los registros considerados en los métodos MIS y POT (An&Pandey, 2005).

Para los métodos POT, la independencia requiere una adecuada combinación, tanto en el valor de umbral, como en el tiempo de separación mínima entre eventos. Con un valor umbral elevado, la separación puede reducirse sin comprometer la independencia; con un valor umbral bajo, la separación debe incrementarse a fin de mantenerla. Para umbrales suficientemente elevados, el número de observaciones por encima del mismo por año (índice de cruce, λ) es bajo y posee una distribución de Poisson[4] homogénea, cuando se analizan procesos estacionarios, no-homogénea cuando la probabilidad de observar un valor sobre el umbral, así como el tamaño de dicho exceso, cambian con el tiempo.

A partir de lo expuesto, se desarrolla el análisis de Procesos Puntuales (PP); en el mismo, en lugar de considerar por separado los instantes en los cuales ocurren excedencias, y los valores de los excesos, se los combina en un proceso basado en una gráfica bidimensional de tiempos y valores de excedencia.

Otros autores utilizan el índice de valores extremos θ[5], que es una medida cuantitativa del grado de agrupamiento o "clustering" (que indicaría un comportamiento no-Poissoniano) en un conjunto de valores extremos; y es una valiosa herramienta en la determinación de la independencia de los eventos (Palutikof y otros, 1999).En términos generales, cuando la dependencia entre los valores aumenta, el valor de θ disminuye.

Un esquema simple para definir los clústeres, dado un valor de umbral, u, es suponer que un clúster consiste de un grupo de excedencias sucesivas de este nivel. Una vez obtenida una observación por debajo, se considera que el clúster finalizó, entonces, la próxima excedencia inicia el siguiente clúster. Este esquema permite que dos clúster sucesivos puedan estar separados por una sola observación, y, en este caso puede no ser razonable la hipótesis de independencia entre clústeres. En general, es común suponer que la separación entre clúster está determinada por *r* valores consecutivos que están por debajo del umbral seleccionado.

La distribución límite del exceso, (X-u), es una distribución Pareto generalizada (GP), con igual parámetro de forma, ξ, que la GEV y con parámetro de escala, σ_u .Su expresión de la función de distribución es:

$$P_{V_M}(V_M, \sigma_u, \xi) = 1 - \left[1 + \xi \frac{V_M}{\sigma_u}\right]^{-1/\xi} \qquad (15)$$

Donde,$\sigma_u = \sigma + \xi\,(u - \mu)$. Como en el caso de la distribución GEV, la GP engloba tres tipos de distribución: distribución Pareto, si $\xi > 0$, Beta, si $\xi < 0$ y Exponencial si $\xi = 0$.

Para calcular el valor cuantil, X_T, es necesario estimar el índice de cruces del umbral. Si el proceso se asume como de Poisson, un estimador no sesgado deíndice de cruce por año, λ, es *n/M*, donde *n* es el número total de excedencias sobre el umbral seleccionado y *M* es el número de años de registro. Entonces, resulta en la siguiente expresión:

$$X_T = u + \sigma_u\left[1 - (\lambda T)^{-\xi}\right] \qquad \xi \neq 0 \qquad (16)$$

[4]Esta distribución se caracteriza básicamente por el hecho que la probabilidad de suceso favorable es muy baja (por ello recibe el nombre de probabilidad de los sucesos raros), mientras que el número de repeticiones es muy elevado, siendo el producto de ambas magnitudes constante e igual a un valor λ , denominado intensidad del proceso.

[5]θ se define como 1sobre el número promedio de valores en el conjunto o "clúster" y su valor varía entre 0 y 1; correspondiendo el valor 1 a la situación de independencia o sea clústeres de un solo valor.

Las recomendaciones para el uso de las distribuciones exponencial (EXP) y la distribución generalizada de Pareto (GPD) para las series de excedencias, se basan en que los parámetros de forma no varían al desplazar el umbral.Algunos investigadores observan el empleo del método POT argumentando que en algunos casos pueden obtenerse distribuciones diferentes para velocidades y presiones dinámicas (función de v^2), lo que estaría violando un axioma de la Teoría de Valores Extremos.

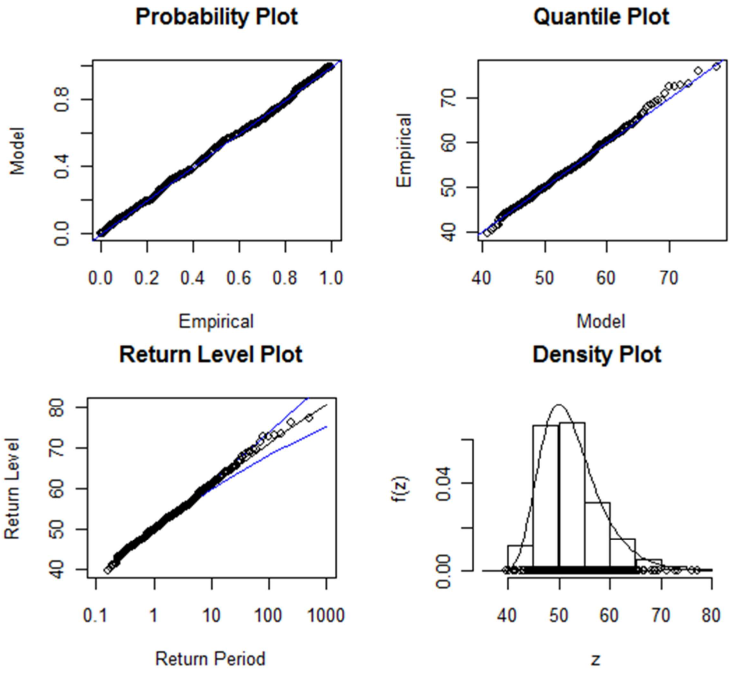
VALIDACIÓN DEL MODELO

La validez de la extrapolación que se hace en la aplicación práctica de losmodelos GEV o GP es imposible de comprobar. Antes de extrapolar, siempre se debe verificar que la aproximación hecha en elproceso de modelización es válida, considerando:

- Que el tamaño de bloque seleccionado es suficiente para asegurar laproximidad de la muestra de máximos al modelo GEV.
- Que el valor de umbral seleccionado es suficientemente extremo para que laaproximación de la muestra de excesos a la distribución GP sea aceptable.

Para ello se emplean herramientas gráficas: QQ (quantile-QuantilePlot) y PP (Probability-ProbabilityPlot), Histograma vs F. de densidad y el Test debondad de ajuste.

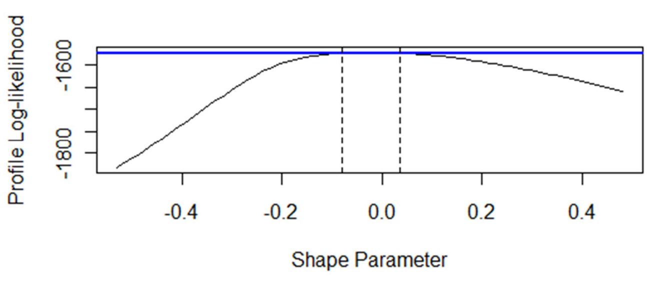
A continuación se presentan algunos resultados del análisis de una muestra obtenida mediante simulación con n= 1000 registros de velocidades, en m/seg, empleando el software R. Ajustando los registros a la distribución GEV, se obtienen los siguientes resultados:



Los resultados obtenidos se ajustan razonablemente al GEV, manifestado esto en la alineación de los puntos sobre la diagonal en los gráficos de Probabilidad y gráfico de Quantil (probability y quantil plots). En tanto que el grafico de Nivel de Retorno (return level plot) muestra que una velocidad del viento esperable, de 70 m/seg, será superada en promedio una vez cada 100 años.

Estimación máximo-verosímil de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error estándar
μ:	49.8624	0.24108
σ:	4.84675	0.17182
ξ:	-0.02428	0.02974

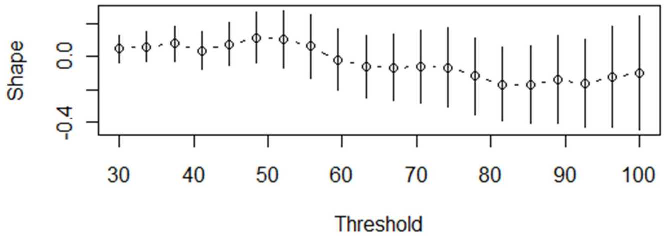


Intervalo de confianza al 95%, aproximado, del parámetro ξ (-0.02044,0.28418)

Se puede considerar modelo de Gumbel

Aplicando ahora el análisis de eventos sobre umbral, en primer lugar se analiza en la simulación el nivel de umbral a emplear.

Se observa que un umbral de 60 m/seg sería apropiado.

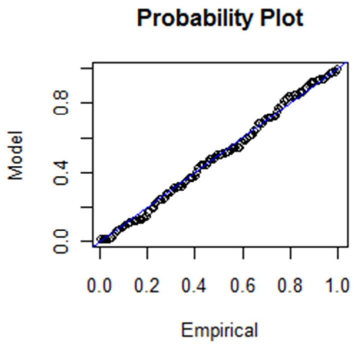


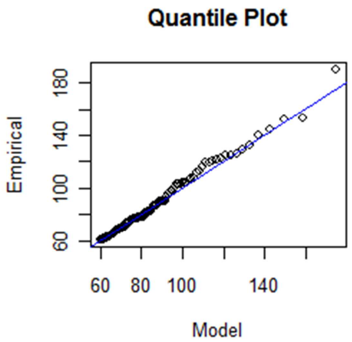
Estimación máximo-verosímil de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error estándar
σ:	23.36334	3.058909
ξ:	-0.000095	0.09928

Intervalo de confianza al 95%, aproximado, del parámetro ξ(-0.15926,0.2317)
Umbral considerado u = 60 m/seg.; Nº de excesos sobre umbral = 137 ; Índice de excedencia anual= 50,04

Utilizando la función "declustering", se detectaron 551clústeres. Una vez detectado un valor sobre el umbral, iniciar un clúster; al hallarse un registro por debajo del umbral, establecer una separación mínima de r=2 valores debajo del umbral.Efectuando nuevamente el ajuste a GPD, se obtienen las siguientes graficas y valores:





Estimación máximo-verosímil de los parámetros

Parámetro	Estimación	Error estándar
σ:	24.15303	3.2898
ξ:	-0.007202	0.1034

Intervalo de confianza al 95%, aproximado, del parámetro ξ (-0.0072,0.23568)
Umbral considerado u = 60 m/seg ;Nº de excesos sobre umbral = 127; Índice de excedencia anual= 46,37

CONCLUSIONES

Numerosas evidencias sugieren que la distribución primitiva de registros de velocidad de viento, derivados de tormentas tropicales, tormentas verticales, ciclones o huracanes, son del tipo Weibull. Esto incluye casos en que estos tipos de vientos son componentes de un clima mixto (Harris, 2005). Dado que la distribución de Weibull para los valores extremos se halla en el dominio de atracción de la asíntota de Tipo I, utilizar la distribución de Tipo I, o el análisis de valores extremos de Gumbel, es la elección natural.

El enfoque GEV de máximos anuales muestra ciertas dificultades, algunas de las cuales se derivan de la pobre convergencia y del hecho de que la longitud de registros de máximos anuales disponible no es mayor de los 40 años. Como alternativa, se desarrollaron métodos que emplean un mayor número de registros de cada año y no solo los máximos anuales. Para utilizar el enfoque GEV, pero con más datos disponibles, se requiere de la aplicación de la GPD a los excesos sobre un valor de umbral (POT). El método requiere un doble proceso de limitación y por lo tanto es potencialmente más vulnerable a los errores de convergencia.

Técnicas, tales como el MIS y POT con el GPD, tienen el atractivo que para una serie de tiempo dada, se seleccionan más puntos para el análisis, con el beneficio que el error estándar debe ser menor que el de un análisis de máxima anual efectuado sobre el mismo conjunto de datos. Sin embargo, se requiere la toma de más decisiones por parte del usuario a fin de implementar este método de manera satisfactoria, por ejemplo, la selección del valor umbral y la distancia de separación mínima. Estas decisiones pueden tener un fuerte impacto en las estimaciones finales de los parámetros. Por tanto, al menos que el usuario este preparado para proceder con cuidado y atención a los detalles, tomar la decisión de utilizar estos métodos puede distorsionar los resultados (Palutikoff y otros, 1999).

Distintos autores que han estudiado el problema de comparar la bondad de los distintos métodos de estimación de frecuencias, han recurrido en general a dos procedimientos: la medida a nivel teórico del error estándar de cada una de las distribuciones, o realizar análisis de tipo Montecarlo, utilizando un gran número de series simuladas a partir de parámetros fijados por el investigador. Los resultados presentados ratifican la necesidad de evaluar los distintos aspectos señalados en este trabajo y no limitarse únicamente a la aplicación mecánica de una formulación o software.

REFERENCIAS

An, Y., Pandey,M.(2005): *A comparison of methods of extreme wind speed estimation*. Technical note. Journal of wind Engineering and Industrial Aerodynamics (JWEIA), 93, 535-545.

Davenport A. G, (1964*): Note on the distribution of the largest value of a random function with application to gust loading*, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, paper No.6739, Vol. 28, 187- 196

De Bórtoli, M. E.; Canavesio, O.; Benítez, F.; Makuch, F. (2002): *Análisis de velocidades de viento atmosféricas medias horaria anual extrema a través del análisis probabilístico de registros cortos*. ASADES Vol. 6, Nº 1. ISSN 0329-5184

Cook, N.J. (1982): *Towards better estimation of extreme winds*, JWEIA 9 pp 295–323.

Cook,N.J.(1985):*The designer's guide to wind loading on building structures. Part I: Background, damage survey, wind data and structural classification*. Butterworth.

Fisher, R. A. and Tippett, L. H. C.(1928): *Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample.*Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society (1928), 24: 180-190

Frechet, M . (1927): Sur la loi de probabilit de l'ecartmaximum, Ann. Soc. Polon.Math. (Cracovie), 6, 93-116

Gomes, L. and Vickery, B. J. (1978): Extreme wind speeds in mixed wind climates. JWEIA, 2: 331–344.

Gumbel,E.J.(1958): *Statistics of Extremes*, Columbia University Press, New York.

Harris, R.I. (2004): E*xtreme value analysis of epochmaxima-convergence, and choice of asymptote*, JWEIA. 59 1–22.

Hosking, J.R. (1990): *L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics*. Journal of the Royal Statistical Society*, Series B*, **52**, 105-124.

Palutikof, J.P.;Brabson, B.B.;Lister, D.M.;Adcock, S.T. (1999): *A review of methods to calculate extreme winds speeds.*Meteorol. Appl. 6, 119-132.

Portugués Beguería, S. (2002): *Revisión de métodos paramétricos para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en Climatología e Hidrología: El uso de series de excedencias y su comparación con las series de máximos anuales.* VII Reunión Nacional de Climatología. Albarracín, España.

Software para el análisis de extremos en R:http://cran.r-project.org/

ABSTRACT

The probability of occurrence of wind speeds above the design level for the life of civil structures or wind generators is valued by the analysis of extreme speeds. This is essential for both structural design and the selection of the type of wind generator. In this paper, we explore the theory of extreme values by means of the Generalized Extreme Value distribution (GEV), the method of peaks over threshold (POT), Method of Independent Storms (MIS) and the use of the widespread distribution Pareto (GPD). Analyzes the main problems in the implementation of the models and discusses selection criteria threshold speed value and validation. Presenting the development of a practical example using specific software with which it is evident that some issues regarding the use of approximations, are still under discussion

Keywords: analysis of extreme values, structural safety, probabilistic design, return period