



REVISIÓN DE VELOCIDADES DE VIENTO EXTREMAS EN OCHO PROVINCIAS ARGENTINAS

¹Natalini, Bruno; ²Solari, Federico; ³Atencio, Benjamin; ⁴Natalini, Mario Bruno;
¹Ing. Mec., Ph.D; ²Ing. Construcciones; ^{3,4}Ing. Civil; ⁴Doctor en Ingeniería
^{1,2,3,4}Facultad de Ingeniería de la UNNE; ¹CONICET.

RESUMEN

El mapa de Velocidad Básica de Viento, V , del reglamento CIRSOC 102 está por cumplir 23 años y se basa en registros de velocidades de viento que llegan hasta 1990. En este trabajo se presentan y discuten estimaciones de velocidades de viento extremas en Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Santiago del Estero, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones, para contribuir a una futura actualización del mapa que permita optimizar la economía y la seguridad de las construcciones en nuestro país.

Se trabajó con registros de veinticinco estaciones del Servicio Meteorológico Nacional, de las cuales trece se habían usado para formular el mapa actualmente en vigencia. Los registros se depuraron de años incompletos y de mediciones realizadas con instrumental inadecuado. Se obtuvieron los parámetros de las distribuciones de valores extremos usando el método de los momentos. Casi todas las estimaciones de V dieron por debajo de las especificaciones de CIRSOC 102; pero no es posible por el momento una reducción sin más de los valores de V sin un conocimiento sólido de como juegan un conjunto de factores que introducen amplios márgenes de incertidumbre, principalmente un pequeño número de valores atípicos (outliers) y la separación por tipo de tormenta que causaron los extremos.

ABSTRACT

The Basic Wind Speed, V , map of the CIRSOC 102 code is twenty-three years old and is based in wind speed records that extend up to 1990. In this work, estimations of extreme wind speeds in Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Santiago del Estero, Corrientes, Chaco, Formosa and Misiones are presented and discussed. In this way, a contribution to an upcoming revision of the map, which will bring about an optimization of both safety and economy of buildings in or country, is intended.

Records of twenty-five stations of the Servicio Meteorológico Nacional were studied, of which thirteen were used when the map currently in force was devised. The records were cleansed of both fragmentary years and measurements coming from unfit instrumentation. Extreme value distributions parameters were obtained by applying the method of moments. Virtually all the estimations of V yielded values under the specifications of CIRSOC 102. However, it is not possible for the present to carry out a straightforward reduction without a sound understanding of a number of factors that introduce wide margins of uncertainty, chiefly among them, a small number of outliers and classification of storm types causing the maxima.



INTRODUCCIÓN

Se cumplieron 23 años desde que Viollaz¹ y Altinger² elevaran a CIRSOC los informes técnicos que hicieron posible la formulación del mapa de Velocidad Básica de Viento, V , del reglamento CIRSOC 102³.

Los trabajos que antecedieron a la preparación de este mapa, sus características, las razones que hacen deseable su actualización y el marco teórico se han explicado en detalle en trabajos anteriores^{4,5}. Se reproducirá aquí sólo la siguiente información que es necesaria para interpretar los resultados que se presentan en este trabajo:

- V está definida en CIRSOC 102 como “velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02” (período de recurrencia de 50 años).
- El mapa se basa en mediciones de velocidad de viento en 51 puntos del territorio nacional donde hay estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).
- Para obtener los valores de V en esos 51 puntos, Viollaz¹ ajustó una distribución de Tipo I, aplicando el Método de los Momentos, a series de valores máximos anuales, registrados principalmente entre 1967 y 1990.
- Los valores del mapa no son los que resultan de usar la moda y dispersión calculados localmente, si no de estimar primero una desviación estándar, σ , global para todo el país, para luego calcular un σ promedio entre el local y el global; y con este valor estimar una moda y una dispersión que son las que se utilizaron finalmente.
- No se establecieron intervalos de confianza.
- Altinger² estableció las isolíneas que serían compatibles con los valores propuestos por Viollaz y con la física de los procesos atmosféricos sobre Argentina.

En este trabajo se presentan y discuten estimaciones de velocidades de viento extremas en un área de estudio que comprende las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Santiago del Estero, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones. Se preservó la metodología usada por Viollaz a la vez que se hizo foco en asegurar la calidad de las mediciones que intervinieron en las estimaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 25 estaciones del SMN en el área de estudio con potencial para extraer datos de calidad suficiente para un análisis de valores extremos con destino a un mapa de vientos. Las estaciones se listan en la Tabla 1. Todas las estaciones, excepto la del Observatorio de Córdoba, están emplazadas en Aeropuertos. De estas estaciones se contaba con el listado de las ráfagas máximas diarias.

Aceptando el criterio de Cook⁶ de no trabajar con series de menos de 20 años útiles, el primer paso fue establecer para cada estación los períodos de tiempo afectados por una instrumentación no aceptable para este trabajo; por ejemplo, mediciones hechas con veletas de Beaufort (también llamados anemómetros wild). También se



identificaron períodos con anomalías graves, por ejemplo, períodos mayores a un año sin registros de velocidades por encima de 17 m/s, algo que tiene una probabilidad de ocurrencia del orden de 10^{-3} %. Como resultado de este análisis se desecharon las estaciones de Bernardo de Irigoyen, Venado Tuerto y Villa María del Río Seco.

Luego se identificaron los días sin registros. Siendo una condición axiomática que los máximos anuales deben extraerse de series completas (es decir con mediciones todos los días del año) se excluyeron los años con días sin registros. Se encontró que las estaciones Ceres, Reconquista y Sauce Viejo no llegaban entonces a completar 20 años de registros útiles, por lo que se las excluyó también del análisis.

En la Tabla 1 se sintetiza esta depuración y se suministran detalles de los años excluidos en cada paso. Como resultado de la depuración descrita, de un total de 1264 registros anuales se consideraron utilizables 754 registros, es decir aproximadamente el 60%.

Entre las 19 estaciones que quedaron, estaban las 13 estaciones localizadas en el área de estudio que formaban parte del conjunto usado por Viollaz; es decir que en este estudio se trabajó con 6 estaciones más y con series de datos de más del doble de longitud (temporal).

Una vez establecidos los años útiles para este estudio, se extrajo el valor más alto por cada año, por cada estación, obteniéndose así 19 series de velocidades de viento extremas anuales.

Al igual que Viollaz, se adoptó una distribución de Gumbel o Fisher-Tippet Tipo I para representar a la distribución de probabilidades de V . La Función de Distribución Acumulada (CDF por sus siglas en inglés: Cumulative Distribution Function) de los valores máximos de la velocidad de viento está dada entonces por la expresión:

$$P_{V_T} = \exp\{-\exp[-(V - \xi)/\theta]\} \quad (1)$$

donde P_{V_T} es la probabilidad de que el valor de velocidad P_{V_T} no sea excedido en el período de observación T , en nuestro caso igual a un año. La Función de Distribución Acumulada (1) está completamente determinada por los parámetros ξ , que es la moda de la distribución, y θ , que es un factor de escala, también llamado dispersión.



Estación	Período disponible para este trabajo	Años disponibles de este período	Años que no cumplen con calidad de medición mínima	Años incompletos	Años útiles
Iguazú	1965-2014	49	23	9	24
Bernardo de Irigoyen	1984-2014	31	15	10	6
Posadas	1959-2014	55	5	10	40
Formosa	1964-2014	51	8	5	39
Resistencia	1966-2014	49	0	6	43
Corrientes	1961-2014	54	8	7	41
Paso de los Libres	1965-2014	50	3	9	40
Monte Caseros	1950-2014	61	14	6	28
Santiago de Estero	1969-2018	50	20	4	28
Ceres	1956-2015	60	46	17	9
Reconquista	1956-2015	55	38	18	16
Sauce Viejo	1958-2015	58	53	10	4
Rosario	1966-2015	50	0	3	47
Venado Tuerto	1989-2016	27	27	9	0
Concordia	1962-2015	52	9	7	41
Paraná	1956-2015	57	5	7	48
Gualedguaychú	1956-2015	56	6	6	47
Córdoba	1969-2018	50	12	0	38
Córdoba Observatorio	1969-2018	50	0	4	46
Pilar	1969-2018	50	23	2	25
Villa María del Río Seo	1969-2017	49	49	25	0
Villa Dolores	1969-2018	50	4	8	39
Marcos Juárez	1969-2018	50	8	0	42
Río Cuarto	1969-2018	50	19	2	30
Laboulaye	1969-2018	50	15	2	33

Tabla 1 - Estaciones meteorológicas estudiadas en este trabajo



El Método de los Momentos estima estos parámetros mediante las siguientes relaciones:

$$\xi \cong \mu - 0,5772 \theta \quad (2)$$

$$\theta \cong \frac{s\sqrt{6}}{\pi} \quad (3)$$

donde μ y s son el valor medio y la desviación estándar de la muestra, respectivamente. El Método de los Momentos fue introducido por Gumbel^{7,8,9} y es uno de entre varios métodos existentes para estimar los parámetros ξ y θ .

La determinación de los intervalos de confianza se hace a partir de la desviación estándar de los errores de muestreo, $SD(\mathbf{V}_T)$; dado que $SD(\mathbf{V}_T)$ es la semiapertura del intervalo de confianza del 68%, $2 SD(\mathbf{v}_T)$ es la del intervalo del 95% y $3 SD(\mathbf{v}_T)$ la del intervalo del 99%. La estimación de $SD(\mathbf{v}_T)$ se hace mediante la expresión

$$SD(\mathbf{V}_T) = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[\frac{\pi^2}{6} + 1,1396(y - 0,5772) \frac{\pi}{\sqrt{6}} + 1,1(y - 0,5772)^2 \right]^{1/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

siendo n el tamaño de la muestra, es decir el número de extremos anuales disponibles, e y la variable reducida

$$y = \frac{V - \xi}{\theta} \quad (5)$$

Utilizando las ecuaciones (2) a (5) se estimaron los parámetros ξ y θ con las 19 series de extremos anuales, y a partir de ellos los valores de \mathbf{V} para períodos de retorno de 50, 300, 700 y 1700 años, con sus correspondientes intervalos de confianza de 95%. Con estos datos se buscó identificar patrones en relación a otras estimaciones existentes.

Finalmente, se tomaron los valores de \mathbf{V} con periodo de retorno de 50 años, \mathbf{V}^{50} , y sus intervalos de confianza, como realizaciones de un ensayo estadístico de hipótesis a un nivel de significación del 95%. La hipótesis nula es que los valores del mapa de CIRSOC 102 -2005 son apropiados. Para ello se procede de la siguiente manera^{10,11}: en cada estación, si el valor del mapa está comprendido en el intervalo definido por $\mathbf{V}^{50} \pm 2 SD$, entonces se acepta la hipótesis nula como verdadera; si está fuera del intervalo, se rechaza, es decir, se la considera falsa, dado que la probabilidad de que esto ocurra siendo verdadera la hipótesis nula es sólo del 5%.



RESULTADOS

La Tabla 2 presenta los parámetros ξ y θ de cada estación y los valores de V para períodos de retorno de 50, 300, 700 y 1700 años, con sus correspondientes intervalos de confianza de 95%.

La Tabla 3 compara los V^{50} presentados en Tabla 2 con los la estimación local de Viollaz¹ y con los valores especificados en CIRSOC 102. Las últimas tres columnas corresponden al ensayo de hipótesis.

DISCUSION DE RESULTADOS

Se puede ver de Tabla 2 que las estimaciones aquí presentadas en relación a las de Viollaz, son menores en diez sobre trece casos. Si bien es esperable obtener una estimación más baja cuando se usan series más largas, debido a la mejora de la convergencia hacia una distribución de Tipo I a medida se incorporan más años en la estimación, ésta no es una regla inflexible. Especialmente considerando que en los casos presentados aquí se hizo una depuración que Viollaz no hizo.

En relación a los valores de CIRSOC 102, sólo en Río Cuarto se obtuvo una estimación por encima de la especificada en el Reglamento. Se podría concluir de aquí que los valores de nuestro mapa son demasiado conservadores; y estirando un poco más las conclusiones, que se estaría en condiciones de hacer una modificación a la baja. Los autores de este trabajo se inclinan a pensar que hay suficiente evidencia en este y anteriores trabajos que soportan lo primero, pero que lo segundo necesita todavía una base más firme.

Por ejemplo, si se mira los puntos en los cuales el mapa especifica valores de 50 m/s o más, se puede ver que el ensayo de hipótesis no permite descartar la hipótesis nula. Esto no deja de causar sorpresa si se mira al mapa vientos de EEUU de ASCE 7 - 05, que fue la última revisión con mapas de 50 años de recurrencia. En ese mapa se especifican sólo dos velocidades para zonas donde no ocurren huracanes: 38 m/s para una franja de la costa oeste y 40 m/s para el resto (la mayor parte) del territorio. Estos valores fueron propuestos por Peterka y Shahid¹², quienes usaron la misma metodología que en este trabajo. Estos valores de EEUU están especificados entre las latitudes de 48° y 25° N, aproximadamente. Nuestra área de estudio se extiende entre los 25° y los 35° S, aproximadamente; y en una aproximación grosera se esperarían encontrar valores del mismo orden que en el mapa de Peterka y Shahid, es decir, no mucho más altos que 40 m/s. Traducido en carga, la diferencia entre 50 m/s y 40 m/s representa un 56% más, por lo que la discusión no es menor. La norma Australiana/Neozelandeza AS/NZS 1170.2 especifica, para vientos no ligados a huracanes, 39 m/s para la mayor parte del territorio comprendido entre los 30° y los 11° S; y 44 m/s en las franjas costeras. Es en la norma Brasileña NBR 6123 donde se puede encontrar una isopleta de 50 m/s, precisamente bordeando la frontera NE de Argentina.



Estación	ξ [m/s]	θ [m/s]	V^{50} [m/s]	V^{300} [m/s]	V^{700} [m/s]	V^{1700} [m/s]
Iguazú	22,1	3,7	36,6 ± 5,1	43,3 ± 7,3	46,4 ± 8,3	49,8 ± 9,4
Posadas	26,8	3,1	38,7 ± 3,3	44,2 ± 4,7	46,8 ± 5,3	49,6 ± 6,0
Formosa	25,6	3,2	38,2 ± 3,5	44,0 ± 4,9	46,7 ± 5,6	50,0 ± 6,4
Resistencia	27,1	3,3	40,2 ± 3,4	46,3 ± 4,9	49,1 ± 5,6	52,1 ± 6,3
Corrientes	25,3	4,5	42,9 ± 4,7	51,0 ± 6,8	54,8 ± 7,7	58,9 ± 8,7
Paso de los Libres	26,8	3,8	41,7 ± 4,1	48,6 ± 5,8	51,9 ± 6,7	55,3 ± 7,5
Monte Caseros	27,1	4,8	45,8 ± 6,1	54,4 ± 8,7	58,4 ± 9,9	62,7 ± 11,2
Santiago de Estero	23,8	4,6	41,8 ± 5,9	50,1 ± 8,4	44,0 ± 9,6	58,1 ± 10,8
Rosario	29,3	4,3	45,9 ± 4,2	53,6 ± 6,0	57,2 ± 6,8	61,0 ± 7,7
Concordia	27,6	5,5	49,3 ± 5,8	59,3 ± 8,3	64,0 ± 9,5	68,9 ± 10,8
Paraná	27,9	5,8	50,6 ± 5,6	61,0 ± 8,0	65,9 ± 9,2	71,1 ± 10,4
Gualeguaychú	23,6	4,3	40,5 ± 4,3	48,3 ± 6,1	52,0 ± 6,9	55,9 ± 7,8
Córdoba	24,6	4,5	42,1 ± 4,9	50,1 ± 7,0	53,9 ± 8,0	57,9 ± 9,0
Córdoba Observatorio	23,9	2,7	34,6 ± 2,7	39,6 ± 3,9	41,9 ± 4,4	44,3 ± 5,0
Pilar	21,7	4,8	40,3 ± 6,4	48,9 ± 9,2	52,9 ± 10,5	57,1 ± 11,8
Villa Dolores	23,7	3,8	38,6 ± 4,1	45,4 ± 5,9	48,7 ± 6,7	52,1 ± 7,6
Marcos Juárez	27,0	5,8	49,5 ± 6,0	59,8 ± 8,6	64,7 ± 9,8	69,8 ± 11,0
Río Cuarto	27,6	5,0	47,0 ± 6,1	56,0 ± 8,7	60,2 ± 10,0	64,6 ± 11,3
Laboulaye	22,9	3,9	38,0 ± 4,5	44,9 ± 6,5	48,2 ± 7,4	51,6 ± 8,4

Tabla 2 – Moda, dispersión y velocidades básicas de viento con intervalos de confianza de 95%, en m/s.

Estación	V ⁵⁰ [m/s]			Semiapertura 95%	Diferencia entre CIRSOC y este trabajo	¿Rechaza hipótesis nula?
	Viollaz	Este trabajo	CIRSOC 102			
Paraná	51,8	50,6	52	5,6	1,4	NO
Monte Caseros	46,8	45,8	50	6,1	4,2	NO
Concordia	-	49,3	50	5,8	0,7	NO
Marcos Juárez	45,4	49,5	50	6,0	0,5	NO
Rosario	48,3	45,9	50	4,2	4,1	NO
Laboulaye	42,7	38,0	49	4,5	11,0	SI
Paso de los Libres	43,2	41,7	48	4,1	6,3	SI
Gualedguaychú	-	40,5	48	4,3	7,5	SI
Corrientes	45,9	42,9	46	4,7	3,1	NO
Pilar	-	40,3	46	6,4	5,7	NO
Río Cuarto	-	47,0	46	6,1	-1,0	NO
Iguazú	-	36,6	45	5,1	8,4	SI
Formosa	-	38,2	45	3,5	6,8	SI
Posadas	40,7	38,7	45	3,5	6,3	SI
Resistencia	40,7	40,2	45	3,4	4,8	SI
Córdoba	41,6	42,1	45	4,9	2,9	NO
Córdoba Observatorio	35,7	34,6	45	2,7	10,4	SI
Villa Dolores	36,2	38,6	45	4,1	6,4	SI
Santiago de Estero	-	41,8	43	5,9	1,2	NO

Tabla 3 – Comparación de velocidades básicas con período de recurrencia de 50 años.



Sin negar que los resultados aquí presentados no permiten por el momento pensar en una reducción de los valores de la isopleta de 50 m/s que cruza las provincias de Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos, es posible extraer información relevante si se mira en más detalle los datos de cada estación. Por ejemplo, la Fig. 1 muestra la serie de extremos anuales de la estación Concordia graficados en ejes de Gumbel. Se puede ver que hay un punto que corresponde a una lectura de 185 km/h (51,4 m/s) ocurrida el 26 de octubre de 1975. Sin esta lectura, la estimación de 49,3 m/s pasaría a ser 46,8 m/s. Y si se quitara el siguiente máximo (165 km/h), la estimación bajaría a 45,4 m/s. No estamos promoviendo aquí poner o sacar datos de acuerdo a nuestra conveniencia. Lo que se intenta señalar es que en Concordia, dos tormentas extraordinarias condicionan decisivamente el valor de la estimación de V , y por lo tanto merecen ser estudiadas en detalle. Podrían tratarse de casos de Valores Atípicos (outliers). Hay diversas técnicas estadísticas para decidir cuándo un registro es un valor atípico; pero sería deseable no apoyarse únicamente en ellos sin estudiar en profundidad la física de los fenómenos y las condiciones en que se efectuaron las mediciones. Hay varias preguntas a responder sobre estos valores: ¿midieron efectivamente los anemómetros esas velocidades? ¿el fenómeno que causó esas lecturas fue de la misma naturaleza que los que causaron los otros extremos? ¿Se corresponden las lecturas con los daños que seguramente ocurrieron?

Si se mira a los datos de la estación Paraná en la Fig. 1 se observa algo similar. El 28 de abril de 1967 se registró una ráfaga de 222 km/h (61,7 m/s). Si se desestima ese registro, la estimación de 50,6 m/s pasaría a 46,1 m/s. Y si se quitara el siguiente máximo (180 km/h), bajaría a 43,9 m/s. Note también que los puntos se distribuyen en una curva con concavidad hacia arriba, lo que hasta la década de 1980 se atribuía a una distribución subyacente de Tipo II (distribución de Fréchet) pero que actualmente se acepta es una indicación de que el clima es mixto, es decir, los máximos no fueron producidos por un único mecanismo meteorológico¹³.

La presencia de estos pocos registros extraordinarios se da en la mayoría de las estaciones de Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos. En cambio no se observan en las estaciones del NEA, a excepción de Monte Caseros. En la mayoría de las estaciones del NEA la hipótesis nula fue rechazada, lo que indica que hay una sobreestimación en los valores especificados por CIRSOC. Estudios recientes¹⁴ sobre clasificación de tipos de tormentas que causaron los extremos anuales en Resistencia y Corrientes muestran que el clima es simple, siendo los fenómenos convectivos los causantes de los registros máximos. Aunque no se puede generalizar que esto ocurre en todo el NEA, es un indicador más que apoya una reducción de los valores de V en esta región.

La disparidad de resultados de Córdoba (aeropuerto) y Córdoba Observatorio merece un comentario aparte. El aeropuerto de Córdoba está situado en las afueras de la ciudad en una zona más alta en relación a la ciudad (elevación 474 m), en un terreno de campo abierto, mientras que la estación Córdoba Observatorio está en el centro de la ciudad, a una elevación de 425 m, en un entorno urbano.

En la Fig. 1 también se puede ver la serie de la estación de Río Cuarto, la única estación donde la estimación de V^{50} es mayor que la especificada en CIRSOC 102. Se distingue que la parte superior de la muestra no parece pertenecer a la misma población que el resto de la misma. Nótese que no se usaron datos de esta estación

cuando se formuló el mapa.

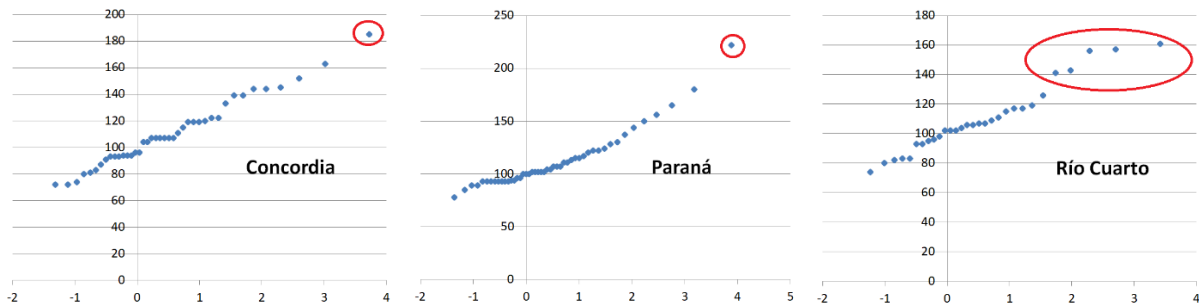


Figura 1. Distribución en ejes de Gumbel de los extremos anuales de las estaciones Concordia, Paraná y Río Cuarto. El eje de ordenadas está en km/h.

CONCLUSIONES

Se presentó en este trabajo estimaciones de la velocidad básica de viento en diecinueve puntos distribuidos en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Santiago del Estero, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones. La estimación incluyó los intervalos de confianza del 95%.

Se partió de registros de veinticinco estaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Luego de depurar los registros de años incompletos y de mediciones con instrumentación inadecuada, se desechó el 40% de las mediciones, con lo que seis estaciones no llegaban a completar un mínimo de veinte años de registros útiles, por lo que se las excluyó del análisis.

Las estimaciones de la velocidad básica con período de retorno de cincuenta años fueron menores a las especificadas en CIRSOC 102 en todas las estaciones, salvo en Río Cuarto. El análisis de los datos soporta una reducción de los valores de la velocidad básica en el NEA, como la propuesta por Natalini y Natalini⁵, pero no permite ser concluyente sobre Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba, donde se observó la presencia de un reducido grupo de registros de tormentas de gran intensidad que dominan la estimación. Esto es consistente con un clima mixto, que concuerda con lo descrito por Altinger². Consecuentemente, cualquier cambio en el mapa en esta región debería basarse en una metodología que incluya la separación por tipo de tormenta.



Agradecimientos

Los datos usados en este trabajo fueron brindados por el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. Este trabajo fue financiado con el subsidio PI 16 D005 de la Universidad Nacional del Noreste.

Referencias

- [1] Viollaz, A.J. (1997). "Estimación de las velocidades de recurrencia de vientos en la República Argentina", Informe técnico, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Buenos Aires, Argentina.
- [2] Altinger de Schwarzkopf, M.L. (1997). "Fundamentos meteorológicos que sustentan el trazado de isolíneas de la velocidad básica de viento en el mapa de la Fig. 4 del reglamento CIRSOC 102", Informe interno, Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Buenos Aires, Argentina.
- [3] CIRSOC 102 (2005). "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones".
- [4] Bruno Natalini, Mario B. Natalini (2013). "Revision de velocidades de viento extremas en tres localidades del sur de argentina", Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 13(2) 235-248.
- [5] Bruno Natalini, Mario B. Natalini (2018). "Velocidades de viento extremas en el nordeste de Argentina", Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, 18 (1-2) 15-28.
- [6] Cook, N. J. (1986). "Designers guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification" Building Research Establishment Report, London, UK.
- [7] Gumbel, E.J. (1935). "Les valeurs extrêmes des distributions statistiques", Ann. Inst. Henri Poincaré, 5 (2) 115-158.
- [8] Gumbel, E.J. (1941). "The return period of flood flows", The annals of mathematical statistics, 12 (2) 163-190.
- [9] Gumbel, E.J. (1958). "Statistics of extremes", Columbia Univ. Press, New York.
- [10] ASCE 7-16 (2016). "Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures".
- [11] Simiu, E., Scanlan R. (1996). "Wind Effects on Structures", Third Edition, John Wiley and Sons, New York.
- [12] Peterka, J. A., y Shahid, S. (1998). "Design gust wind speeds in the United States", J. Struct. Eng., 124(2), 207-214.
- [13] Gomez, L. y Vickery, B. J. (1978). "Extreme wind speeds in mixed wind climates", J. Wind. Eng. Ind. Aerodyn., 2 (4) 331-344.
- [14] Palese, C; Lassig, J.L.; Natalini, B (2020) Clasificación de los mecanismos que producen la ráfaga máxima anual en Resistencia y Corrientes, Argentina. Meteorológica, 45 (2) 43 - 62.