

II EFECTOS DESTRUCTIVOS DEL VIENTO

2.1 INTRODUCCIÓN AL FENÓMENO DEL VIENTO

El viento, junto con las inundaciones que se producen por las lluvias intensas, son los dos efectos que caracterizan a los fenómenos que operan en la atmósfera terrestre, producto de las diferencias de presiones que, como se mencionó, surgen de la diferencia de temperatura entre masas de aire calentadas de manera diferente por los rayos del Sol. Aunque los niveles de daño y pérdidas económicas generados por estos fenómenos meteorológicos ocuparon en conjunto aproximadamente el 55% de los daños generados en el planeta en la década de los años noventa, nos ocuparemos en este trabajo únicamente del fenómeno de los vientos intensos, el cual generó el 34% de muertes no naturales (incluyendo desastres no naturales) y el 24% de las pérdidas económicas en la misma década señalada (Fuente: Universidad de Luvaina, Bélgica).

Los vientos que interesan a los fines de la protección civil son aquellos que se presentan en la biosfera, son los vientos de superficie. Como ya se ha dicho, los vientos de la zona templada del hemisferio Norte soplan generalmente de Oeste a Este, pero en vez de correr con regularidad a unos 60 km/h, las ciudades, las montañas y los bosques entorpecen y desvían su marcha de tal modo que solo a unos 5,000 metros de altura puede considerarse que soplan de manera uniforme (Ahrens, 2000), mientras que cerca del suelo o de una superficie rugosa su trayectoria se ve alterada y giran de manera tan aleatoria que es imposible adivinar de dónde vienen y hacia dónde van.

Desde el punto de vista del estudio del efecto de los vientos fuertes sobre las estructuras creadas por el hombre, resulta importante conocer cuáles son los patrones probables de flujos de vientos tanto en temporadas de calma, cuando se tiene un flujo quieto y uniforme al que se le da el nombre de flujo laminar, como en temporadas de perturbaciones importantes, como los ciclones tropicales cuando se presentan flujos con trayectorias impredecibles que se conocen como flujos turbulentos. En ambos casos, los meteorólogos han podido establecer patrones de trayectorias probables y rangos de influencia para diferentes niveles de velocidad de viento (indicándose tanto magnitud como dirección del viento). A esta información sobre la distribución espacial del viento durante un meteoro se le da el nombre de campo de vientos (Rosengaus, 1998; Strahler, 1963).

Los vientos que determinan la mayor parte de nuestro tiempo atmosférico obedecen a grandes remolinos de aire, que los meteorólogos llaman ciclones tropicales. El ciclón tropical es una inmensa rueda de aire que gira y avanza a velocidades tan bajas, que en algunas ocasiones no se puede siquiera advertir su movimiento traslacional. Generalmente se mueve con un movimiento tan regular que permite a los meteorólogos establecer adónde irá y cuánto tardará en llegar y, por lo tanto, pronosticar con bastante antelación el tiempo que tomará en llegar a las distintas zonas situadas en su ámbito de acción.

Como ya se ha mencionado, el movimiento de las masas de aire en la atmósfera terrestre se debe básicamente a la existencia de zonas de alta y de baja presión. Cuando en el periódico, la radio o la televisión se da el pronóstico del tiempo, generalmente se habla de la existencia de zonas de baja o de alta presión. Ahora bien, en la atmósfera se crean zonas de alta y baja presión debido básicamente al calentamiento de diversos lugares en la superficie terrestre. Cuando en un cierto lugar, la superficie del mar se calienta por la acción de los rayos solares, provoca un incremento en la temperatura, en consecuencia, el aire que yace sobre ella también se calienta y comienza a elevarse, formando una corriente convectiva ascendente, que llega tan alto como su temperatura lo permite, hasta que vuelve a enfriarse, haciéndose más pesada que su alrededor y hundiéndose hacia la superficie nuevamente. Donde la corriente convectiva comienza a elevarse, se crea una zona de baja presión por pérdida de aire, y entonces el circundante, que ahora está a mayor presión, se dirigirá hacia esta zona para, más tarde, elevarse como el anterior, sobre todo si está caliente y húmedo. Si además en la zona de baja presión el aire comienza a circular enrollándose, formando un torbellino que gira en el sentido contrario de las manecillas del reloj, se dice entonces que hay un movimiento ciclónico.

Durante los meses de mayo a noviembre, en el hemisferio Norte, en una región oceánica donde confluyen los vientos provenientes del Noreste y del Sureste (vientos que se denominan alisios), y en lugares donde la superficie del mar alcanza temperaturas de hasta 29 grados centígrados, se crean enormes masas de

aire y vapor que comienzan a elevarse. Estas masas crean, a partir de la superficie y hasta una altura de aproximadamente tres kilómetros, una gran zona de baja presión a la cual confluye el aire circundante formando enormes espirales, debido a la fuerza de Coriolis (fuerza o efecto que se presenta producto del movimiento de rotación del globo terráqueo). El aire que ha sido atraído, a su vez, comenzará a ascender en forma de espiral por el “camino” abierto por el primero. De esta manera, en la zona tropical donde se presenta la convergencia de los vientos alisios se formará una gran cantidad de nubes, que conjuntamente formarán una mancha que comenzará a desplazarse preferentemente hacia el Norte. En esta etapa de la formación de un meteoro los vientos giran a una velocidad de apenas 64 km/h.

Conforme se desplaza a lo largo de su camino, el meteoro puede encontrarse con aguas con temperaturas alrededor de los 27°C. La intensidad de las corrientes de viento se incrementará, alcanzando velocidades de 67 km/h. Ahora, contemplado desde arriba, el remolino de nubes habrá tomado perfectamente una forma, y en su centro habrá una región circular vacía: el ojo del meteoro. Conforme pasa el tiempo, si la temperatura superficial del mar que encuentra en su camino no desciende, el ciclón tendrá una capacidad de generar vientos con una velocidad superior a los 118 km/h y su ojo estará perfectamente formado, con grandes bandas nubosas en forma de espiral a su alrededor. En su base, sobre la superficie del mar, “succionará” grandes cantidades de aire y vapor que saldrán por su parte superior debido a la menor presión reinante en ella. En resumen, se puede considerar que ha nacido un huracán, que durante los días posteriores podrá causar enormes daños, la muerte de decenas de personas, y providenciales lluvias en las zonas desérticas cercanas, para más tarde “morir” al encontrar zonas frías de la superficie terrestre en su camino.

La circulación del viento en los niveles bajos de una tormenta tropical puede dividirse en tres distintas regiones: la porción externa que, extendiéndose desde la periferia de la tormenta hacia la región de vientos máximos, se incrementa conforme se avanza hacia el centro. La región de vientos máximos, que rodea al ojo del huracán y es una de las características de una tormenta, tiene del orden de 9 a 18 kilómetros de ancho en promedio (Dominguez *et al.*, 1998) y coincide con las paredes nubosas que rodean al ojo de la tormenta. Es a esta velocidad de vientos máximos en el campo de vientos superficiales a la que se denomina como la velocidad máxima sostenida; el calificativo de máxima se refiere al máximo con respecto a la distribución en planta del viento (Rosengaus, 1998). La velocidad máxima sostenida es el índice de intensidad de este tipo de fenómenos para las disciplinas relacionadas con la revisión de estructura ante el embate de vientos intensos. A pesar de que se indica como un solo valor, no se trata de una velocidad constante y uniforme en el tiempo, se deberá estar consciente de que puede presentar variaciones en el tiempo y espacio.

Los vientos que se consideran dentro del presente trabajo, así como dentro de la ingeniería civil y la prevención de desastres, son vientos generados por el estado superior del fenómeno meteorológico conocido como ciclón tropical; llamado en occidente huracán y en oriente tifón. Resulta interesante saber que la palabra usada en occidente, para definir este meteoro tan majestuoso, como destructivo, es de origen Maya. La palabra huracán surge de la forma como los Mayas denominaban a su dios del Trueno y los Vientos. Por otro lado, en oriente, la palabra tifón, tiene su origen en el idioma japonés, y significa “gran plataforma de vientos”.

Desde el punto de vista de la protección civil y del estudio del comportamiento de las estructuras ante la incidencia de un ciclón tropical con características de huracán, interesa la zona de influencia, dentro de la estructura del huracán y definido a partir del punto central que define su trayectoria de traslación, de vientos con niveles de velocidades determinados. Por ejemplo, para poder estimar el nivel de daño que pudiera generar un fenómeno al impactar tierra, resulta importante poder entender los niveles de velocidades esperados y la probable zona de influencia. De esta manera, se tiene la información sobre el nivel de peligro que afectará una cierta región, parámetro que, tratado conjuntamente con los niveles de vulnerabilidad de la zona de impacto, permitiría establecer una estimación preliminar del nivel de susceptibilidad de daño esperado. A esta zona de influencia de vientos con una velocidad y dirección determinada se le denomina “campo de vientos”.

Algunos estudiosos de este tipo de fenómenos mencionan que, en términos generales, en un evento muy intenso la zona de vientos con altas velocidades será más extensa que en un evento más débil. Pero deberá entenderse que esto es sólo la tendencia de comportamiento observado; se han logrado identificar eventos intensos que son relativamente compactos en su extensión y viceversa, así como eventos

relativamente débiles que mantienen vientos fuertes en una gran zona dentro de la estructura del meteoro (Rosengaus, 1998). Desafortunadamente sólo algunos boletines meteorológicos contienen información sobre la extensión del campo de vientos, definiendo las distancias radiales en las direcciones NE, SE, SO y NO desde el centro de giro hasta donde se presentan los vientos de categoría tormenta tropical y huracán, por ejemplo. Con el propósito de llevar a cabo labores de evacuación de una región susceptible de ser impactada por vientos intensos, o cuando se requiere evaluar la susceptibilidad de daño, es importante tener en mente que existirá una diferencia entre el punto, dentro del ojo del huracán, que define la trayectoria del fenómeno, y la frontera del campo de vientos. La diferencia entre los dos puntos puede ser de cientos de kilómetros y repercutirá en que los vientos intensos arriben horas antes que el centro de giro, pudiendo alterar el desarrollo de las tareas de emergencia.

Además de la importancia de determinar el campo de vientos dentro de una perturbación, resultará de vital importancia, para labores de análisis posterior de los daños ocasionados, la obtención de mapas de las máximas velocidades de vientos producidos por el paso de un evento durante toda su evolución. Este tipo de mapas generalmente se presenta como un conjunto de líneas que indican puntos donde se registraron iguales intensidades (velocidades) de viento (llamadas isotacas). La bondad de contar con este tipo de información *a posteriori* es que se puede establecer una correlación entre las velocidades de vientos locales con los diferentes tipos, niveles y densidades de daños observados.

Otro aspecto que caracteriza al comportamiento del movimiento de la masa de aire durante un ciclón tropical es la irregularidad de los niveles de velocidad del viento. Podría aceptarse que, de manera similar a las aceleraciones en el terreno provocadas por un sismo, las velocidades de viento registradas en un punto dentro de la estructura del meteoro también tendrán propiedades netamente aleatorias. De la teoría de los fluidos en movimiento se sabe que se pueden presentar movimientos con una variación suave y en capas paralelas, generalmente llamado flujo laminar y asociado a velocidades muy bajas de movimiento del fluido. Pero para las velocidades que se observan en la naturaleza y, principalmente para las velocidades de viento de un fenómeno meteorológico, la masa de aire presenta una gran irregularidad en su movimiento, con numerosos vórtices de distintos tamaños llamado flujo turbulento. Este flujo turbulento tiende a presentarse preferentemente cerca de las superficies inmóviles. La irregularidad en el movimiento genera lapsos cortos con velocidad mucho mayor que la velocidad que se da en promedio en un intervalo de tiempo mayor. Entonces, lo que se ha comentado sobre las velocidades reportadas en el campo de vientos de un fenómeno meteorológico se refiere a la velocidad media. Así, los meteorólogos acostumbran usar el término velocidad sostenida para indicar el valor promedio en lapsos de tiempo de alrededor de un minuto, mientras que cuando se menciona a la velocidad de ráfaga se refieren a los valores máximos de velocidad instantáneos registrados en intervalos de uno o dos segundos. La velocidad de ráfaga siempre resultará del orden de 30 a 35% mayor a la velocidad sostenida del viento. Esta diferencia entre las dos velocidades tiende a magnificarse al entrar el fenómeno a tierra, pues la turbulencia será mayor (Tanck, 1971).

Para fines de protección civil y de evaluación de susceptibilidad de daño, ambas velocidades del viento son importantes. Existen estructuras vulnerables ante cargas repetidas y constantes, a las cuales les afectará el efecto de la velocidad sostenida del viento. Por otro lado, existen también estructuras más sensibles a cargas del tipo cíclico, para lo cual será importante conocer las propiedades de la velocidad de ráfaga en cuanto a magnitud y periodicidad. Los dos tipos de velocidades se muestran en la fig. 2.1, donde se presenta un segmento de un registro de viento, así como una interpretación de lo que sería la velocidad sostenida y la velocidad de ráfaga dentro del mismo.

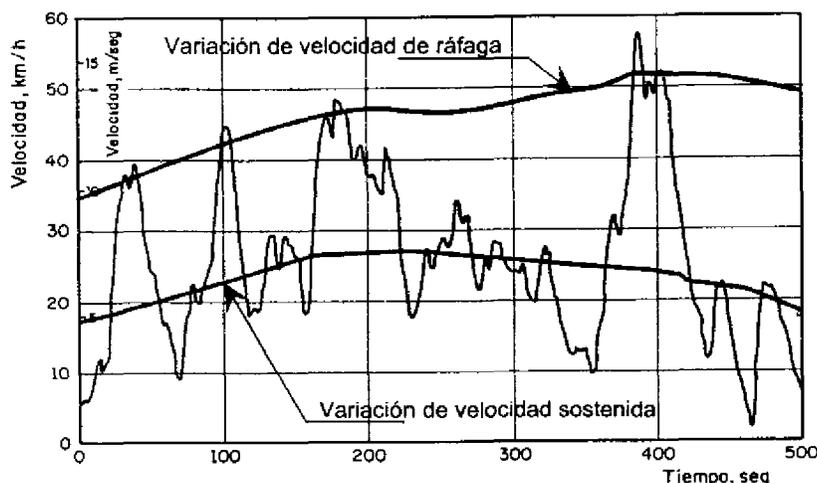


Figura 2.1 Interpretación de velocidad sostenida y velocidad de ráfaga sobre un registro de velocidad de viento (Rodríguez, 1972)

De la figura se nota que ninguno de los dos tipos de velocidades son constantes en el tiempo; ambos presentan variaciones de acuerdo con la evolución del fenómeno sobre el punto de interés. En general, se considerará la velocidad sostenida máxima en un sitio; de igual manera, los estudios que intenten establecer relaciones entre niveles y densidades de daño con velocidades, se recomienda se hagan considerando esta misma velocidad. Según algunos autores, se considera conveniente informar a la población sobre lo que significan estos términos relativos a las velocidades de viento durante un meteoro. Otro aspecto que se considera importante que la población conozca es la diferencia entre la velocidad del viento y la velocidad de translación del evento. La primera generalmente es mucho mayor que la segunda; por ejemplo, en el caso del huracán Isidore, las velocidades de viento alcanzaban valores de 250 km/h cuando la de translación era del orden de 6 km/h.

Para estudiar el comportamiento de las estructuras, en este caso de edificaciones de vivienda, ante la incidencia de viento, resulta necesario determinar si la velocidad de viento medida o determinada en un cierto punto de la biosfera, a una altura determinada sobre la superficie del terreno, será la misma para cualquier otro punto ubicado en la misma capa de la atmósfera terrestre. De estudios en laboratorio y de mediciones controladas en campo, se ha podido determinar que la distribución de las velocidades de viento en la altura resulta variable. Este hecho se menciona en la parte de la Física que estudia a los fluidos en movimiento, donde se indica que un fluido que está en contacto con un cuerpo o superficie fija, también se encontrará inmóvil, y que paulatinamente el nivel de inmovilidad variará hasta, a una cierta altura sobre el nivel del terreno, donde se podrá aceptar que la velocidad del viento es uniforme y, por lo tanto, el flujo se considerará como libre (Rosengaus, 1998). A esta característica de la distribución de la velocidad de viento en la altura se le conoce como capa límite (Rosengaus, 1998). La altura a la que se alcanza esta capa límite, dependerá de las características de rugosidad del terreno. Así, para un terreno relativamente liso, como un campo abierto con vegetación baja o como los frentes de costa, a alturas bajas, el viento alcanzará velocidades muy altas; y viceversa, para terrenos con gran rugosidad, las altas velocidades del viento se tendrán a grandes alturas. Desde la altura donde se presenta la capa límite, hasta la superficie del terreno, se acepta que la velocidad del viento disminuye rápidamente; de estudios en túnel de viento se ha podido determinar una expresión exponencial que permite determinar una aproximación adecuada de esta variación de la velocidad del viento con la altura. En la fig. 2.2 se muestra la variación de la velocidad del viento con la altura para distintas condiciones del terreno. Se puede esperar que la capa límite se presente aproximadamente a 250 m en campo abierto o frente de costa, entre 350 y 400 m para zona rural, y para una altura sobre el nivel del terreno del orden de 500 m para zonas urbanizadas.

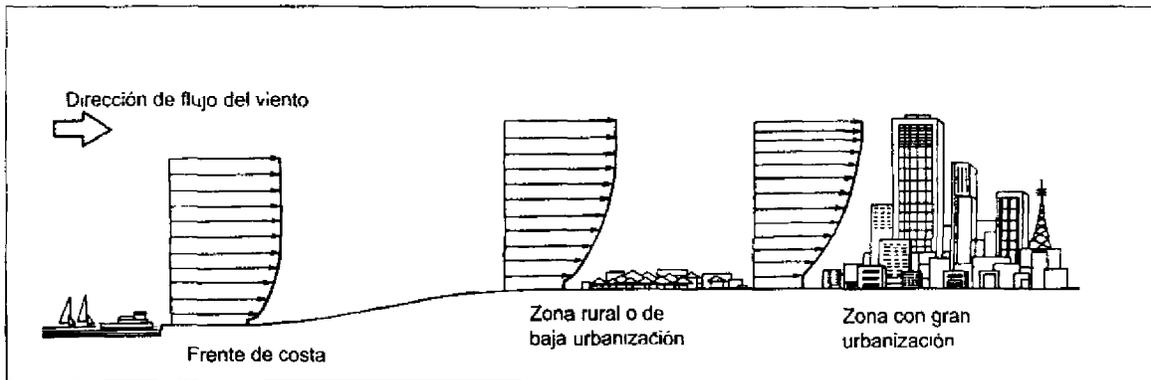


Figura 2.2 Ilustración del efecto de la capa límite o velocidad gradiente

2.2 EFECTO DEL VIENTO SOBRE CUERPOS

De igual manera que cualquier otro flujo, cuando el libre flujo del viento se ve obstaculizado por un objeto fijo o tiene que pasar alrededor de obstáculos que impiden su paso, y tiene que desviarse para rodearlo, se producen variaciones en las velocidades de viento con respecto a las que se esperarían de estar en una zona completamente plana sin obstáculos. En la fig. 2.3 se muestra un esquema que muestra las variaciones de flujo cuando se tiene un obstáculo de gran escala, como pueden ser consideradas las montañas.

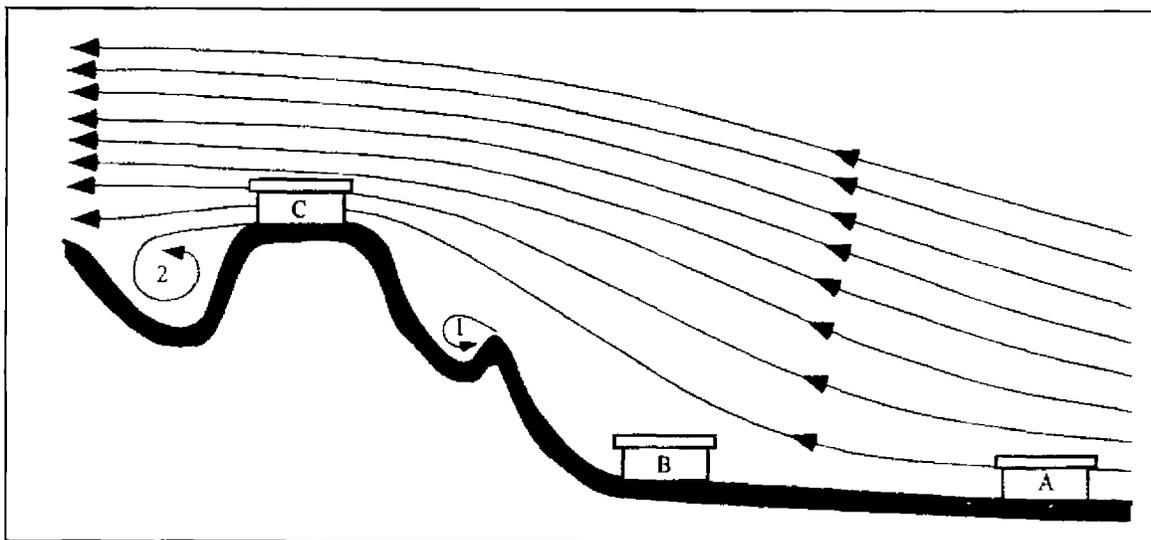


Figura 2.3 Flujo del viento alrededor de un obstáculo orográfico (Rosengaus, 1998)

En la fig 2.3 se observa que habrá zonas donde se presentará cierta tranquilidad, como serían las hondonadas, donde se localiza la edificación identificada con la letra B; y contrariamente, también habrá puntos donde la velocidad del viento se incrementa notablemente, como sucedería en la edificación identificada con la letra C. En la actualidad, la mayor parte de la población no puede darse el lujo de elegir una ubicación de su vivienda con el menor nivel de peligro en la zona. Sin embargo, es recomendable que se tenga conciencia de la ubicación dentro de una misma zona, y de los puntos donde el nivel de peligro ante viento resulte mayor (como el C dentro de la figura) que en otros puntos dentro de la misma vecindad (como el B).

Cuando se revisa a nivel local el comportamiento del viento alrededor de una edificación, se puede decir que ocurrirá algo similar a lo indicado en los párrafos anteriores. Como se muestra en la fig. 4, cuando el

flujo del viento se ve obstaculizado por un objeto fijo, tendrá que desviarse para poder rodearlo, lo cual producirá una distribución de presiones y succiones sobre todas las caras externas del cuerpo. Resulta claro que las partículas de aire al golpear la cara expuesta directamente al efecto del viento, generalmente conocida como cara de barlovento, producirán un empuje o presión sobre la misma. En la cara opuesta, llamada de sotavento, las líneas de flujo presentan un carácter turbulento, tendiéndose a separar del objeto y provocar una succión sobre las caras del mismo. Los dos efectos podrían sumarse dando lugar a lo que generalmente se define como fuerza de arrastre sobre el objeto. En las caras laterales (paralelas a la dirección original del flujo) también se presentará un fenómeno de flujo turbulento, que provocará un cambio en la distribución de presiones sobre las caras, variando éstas a efectos de succión. En una vivienda como la mostrada en la fig. 2.4, el efecto de succión generado por el viento en la cara superior, que sería la techumbre de la estructura, produce una fuerza resultante hacia arriba. Este efecto sobre las techumbres de las edificaciones de vivienda de bajo costo, autoconstrucción o que están constituidas predominantemente de "material precario" (entendiéndose por material precario al cartón, láminas sin estructura de soporte, bahareque, y cualquier tipo de mampostería sin elementos confinantes de concreto reforzado), es el detonante de un alto porcentaje de los daños reportados durante el impacto de huracanes en regiones de las costas de nuestro país.

Como se puede notar en la fig. 2.2, en las zonas altamente urbanizadas, debido a que se puede considerar una mucho mayor rugosidad al viento por la presencia de edificaciones altas, se acepta que para edificación de baja altura el nivel de peligro resultará bajo; siendo más notable esta protección en las zonas centrales de las ciudades que en la periferia. Sin embargo, una zona urbana generalmente presentará una mayor densidad de objetos que al ser arrastrados por el viento se convertirán en proyectiles peligrosos, esto sin contar la probabilidad de que se presenten otros detonadores de daño, como tuberías de gas, combustibles, líneas de electricidad, etc.

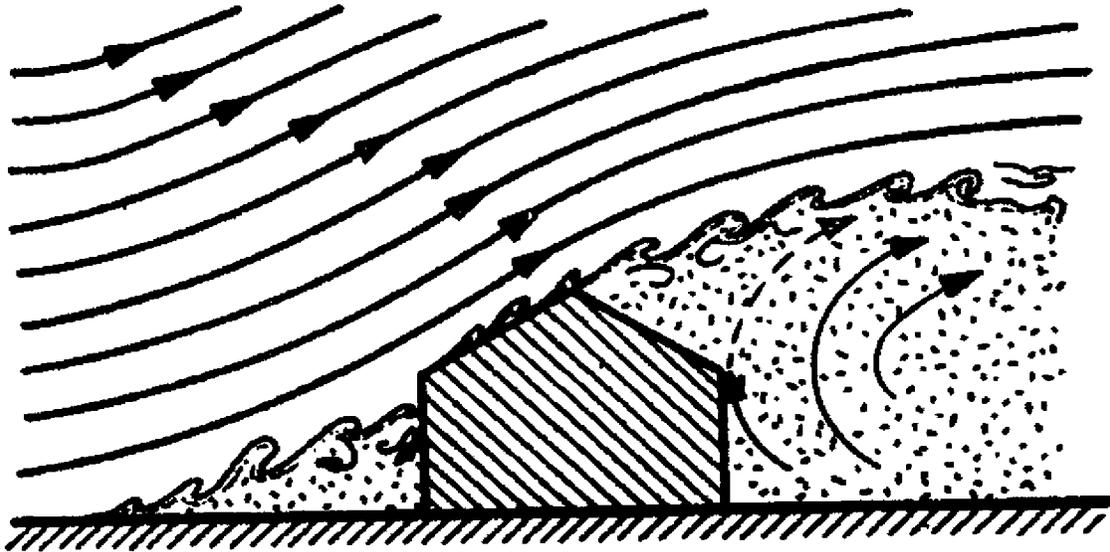


Figura 2.4 Flujo del viento alrededor de obstáculos artificiales.

2.3 EFECTO DESTRUCTIVO DEL VIENTO EN ESTRUCTURAS Y ESCALAS DE DAÑO

Una vez determinados los efectos del viento sobre los objetos que obstaculizan su libre flujo, se puede comentar sobre algunos de los mecanismos generadores de daño más comunes. El mecanismo más común es el que se presenta en las superficies planas, que son un obstáculo para el flujo del viento, como pueden ser las bardas y los anuncios publicitarios, por ejemplo. Como ya se explicó en párrafos anteriores, estas fuerzas denominadas de arrastre, que son la conjunción de las presiones en las caras de barlovento y las succiones en la de sotavento, generarán momentos de volteo en la base de las estructuras de soporte. Conjuntamente con

los efectos de los momentos de volteo que se generan por la incidencia sostenida de las fuerzas de arrastre, producto del carácter dinámico y aleatorio del mismo flujo de viento que generará incrementos intempestivos en la magnitud de la velocidad, denominados ráfagas, se generará un efecto cíclico de aumento y decremento del nivel de la fuerza de arrastre. Este tipo de carga cíclica reversible, independientemente que no alcance magnitudes que superen la resistencia por fluencia de los elementos de soporte, debido a la fatiga, pueden llegar a generar daños de consideración e, incluso, la falla de las estructuras.

La clasificación de las fallas provocadas por el efecto del viento sobre las estructuras en general se puede clasificar, de manera similar a la clasificación del tipo de fallas ante otro tipo de fenómenos naturales como sismo, como totales, parciales o locales. Las fallas totales, generalmente tienden a ser frágiles y abruptas, se presentan en estructuras con pocas líneas de defensa o redundantes, como las bardas de colindancia y los anuncios espectaculares apoyados en un solo poste. Las fallas locales están asociadas a problemas en sitios específicos de la estructura, generalmente asociadas al deterioro de la misma por falta de mantenimiento o por haber sido sujeta de un uso inadecuado. En este tipo de falla pueden estar incluidas las fallas de sujetadores de láminas en las cubiertas de bodegas y naves industriales; resulta difícil afirmar que las fallas locales se deben a una concentración de fuerzas de viento en sitios específicos. Finalmente, las fallas parciales están asociadas a un conjunto de fallas locales; por ejemplo, se tendrá una falla local en el techo cuando se presenten un número suficiente de fallas locales en los dispositivos de fijación de las láminas de cubierta.

Para el profesional de la evaluación post-desastre del comportamiento de las estructuras ante la incidencia del fenómeno, y con objeto de determinar el tipo y mecanismo de falla, no siempre se puede ser concluyente. Una estructura totalmente fallada pudo presentar su falla debido a velocidades de viento relativamente bajas, y a problemas locales en los sujetadores de las láminas de cubierta. Sin embargo, también pudo haber ocurrido por la incidencia de velocidades de viento cuyos efectos superaran ampliamente las fuerzas de diseño consideradas originalmente y, por lo tanto, producirse la falla en los elementos estructurales por insuficiencia en la resistencia ante la fuerza demandada, independientemente del comportamiento adecuado o no de los sujetadores de las láminas de la cubierta. Obviamente, para poder emitir una opinión concluyente al respecto, será entonces necesario observar, si es posible, el comportamiento de las estructuras en la vecindad de la estructura dañada, de igual manera que el comportamiento de la vegetación en la zona, identificando el tipo, nivel y densidad de daño. A partir de ello se podrá suponer un cierto valor de la velocidad del viento. Es interesante que, desde el punto de vista del profesional del diseño de estructuras contra vientos, la calidad en el diseño y la adecuada elaboración de los planos para los detalles estructurales, como son las uniones entre todos los componentes del sistema de techo, incluyendo la forma de conectar éste con los elementos verticales de soporte, son tan importantes como la calidad de las componentes principales o la estructura en sí. Esta preocupación del profesional del diseño generalmente no es compartida por el constructor o el autoconstructor. De aquí que se considere necesaria la concientización sobre la importancia de cumplir con las recomendaciones mínimas en los detalles de unión entre los diferentes elementos estructurales, para lograr un comportamiento y niveles de seguridad estructural adecuados ante viento.

En la fig 2.5 se observa el tipo de presiones a las que estaría sujeta una estructura inmersa en un viento intenso (Sotelo, 1979). Ante este tipo de sollicitaciones, generalmente no se considera que las estructuras de mampostería, y sobre todo las de mampostería confinada, pudieran presentar una falla porque las fuerzas resultantes de la presión de viento son menores que las fuerzas estáticas equivalentes que se consideran para su diseño por sismo. Sin embargo, aún en estados con un alto nivel de peligro por sismo, como es Oaxaca, producto del huracán Pauline, se pudieron observar daños de importancia en estructuras hechas con materiales competentes, tanto en muros como en techos; un ejemplo se puede observar en la fig 2.6. Este tipo de comportamiento se puede asociar básicamente a dos aspectos: 1) Dificultad en la unión entre la estructura de la losa de techo con los muros, que permita una libre rotación entre los elementos ante el impacto de viento, lo cual coloca en una situación crítica de comportamiento a los muros; y, 2) Insuficiente estructura de cimentación ante la demanda de volteo, que permite la rotación de la base del sistema muro-cimentación ante el impacto de viento en la dirección perpendicular al plano del muro. De la evaluación del comportamiento de estructuras ante el efecto del viento, se puede mencionar que el primer aspecto es más frecuente en viviendas, sobresaliendo lo observado en eventos extraordinarios impactando las costas del Caribe y del Golfo de México, durante los huracanes Gilbert en 1988 y, recientemente, Isidore en 2002.

Cabe señalar que las recomendaciones que se presentan en este trabajo se centran en tratar de reducir la vulnerabilidad de las edificaciones y sus componentes, observando el comportamiento de la estructura, suponiendo que la estructura de cimentación tiene una profundidad y ancho en la base adecuadas.

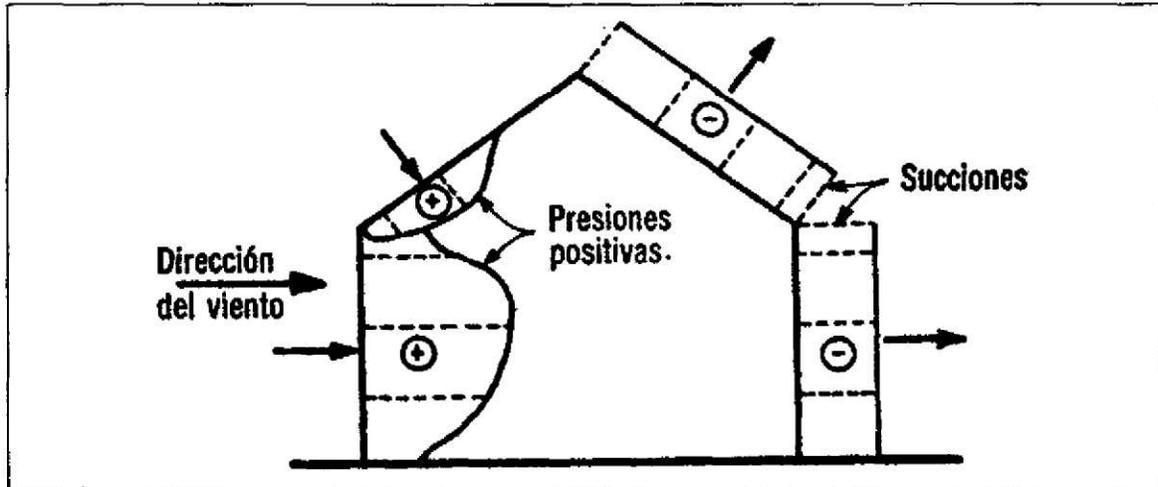


Figura 2.5 Ilustración de la distribución de presión o fuerzas producto del viento sobre una estructura (Sotelo, 1979)



Figura 2.6 Falla de una estructura de mampostería confinada por efecto del viento (H. Toledo; Oaxaca, México, 1999)

En el caso de edificaciones temporales, como es el caso de casas o casetas móviles, donde, debido a la temporalidad y al poco peso de la estructura, las cimentaciones generalmente están simplemente apoyadas en el suelo, un tipo de falla común es el desprendimiento, desde la cimentación, de la estructura. Al contar con dispositivos de fijación en el suelo poco resistentes, las fuerzas de succión hacia arriba que genera el viento