

**"El documento original contiene páginas en mal estado."**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS**

**T E S I S**

Para optar el Título Profesional de  
**INGENIERO CIVIL**

**JOSE FERNANDO ESCALANTE SANCHEZ**

Lima - Perú

1986

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL

S. D.

José Fernando Escalante Sánchez, alumno de la Facultad de Ingeniería Civil con Código No 740249-C que culminó sus estudios en el Año Lectivo 1980-2, ante Usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, habiendo realizado una Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, cuyo tema es "EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS"; solicito a Usted se me conceda fecha y jurado para la sustentación de la Tesis, la que fue asesorada por el Ing. Luis F. Zapata Baglietto

Por lo expuesto:

A Usted Señor Decano ruego acceder a mi solicitud por ser de justicia.

LIMA, Diciembre 23 de 1985

  
.....  
José Fernando Escalante Sánchez

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
INGENIERIA

PLAN DE TESIS

ALUMNO : JOSE FERNANDO ESCALANTE SANCHEZ  
CODIGO : 740249-C  
ASESOR : INGO LUIS F. ZAPATA BAGLIETTO  
TEMA : " EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS "  
OBJETIVO : Determinar una Norma Peruana que defina los  
valores característicos de la Presión Diná-  
mica Mínima del Viento sobre las Estructuras,  
para propósitos de Diseño.

CONTENIDO:

GENERALIDADES

INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL VIENTO

CAPITULO I

CÁLCULO DE VELOCIDADES DE VIENTOS EXTREMOS EN EL PERU

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- DATOS DE VELOCIDADES DEL VIENTO.
- 3.- MODELOS PROBABILISTAS DE LAS VELOCIDADES DE VIENTOS  
EXTREMOS.
- 4.- ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS DE VIENTOS EXTREMOS
- 5.- INTERPRETACION DE RESULTADOS.
- 6.- DIBUJO DE LOS MAPAS EOLICOS/



## CAPITULO II

### DETERMINACION DE FUERZAS DE VIENTO

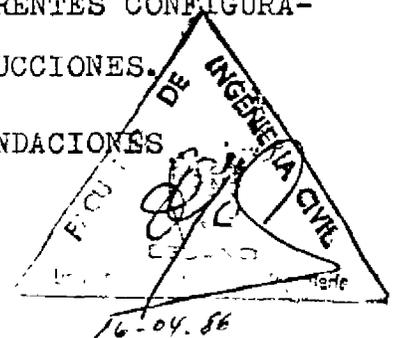
- 1.- INTRODUCCION/
- 2.- AERODINAMICA DE EDIFICIOS.
  - 2.1.- FLUJO DEL VIENTO ALREDEDOR DE EDIFICIOS.
  - 2.2.- EFECTO DE LA INCLINACION DEL TECHO.
  - 2.3.- TECHOS EN VOLADIZO.
- 3.- VELOCIDAD DEL VIENTO DE DISEÑO.
- 4.- PRESIONES DE DISEÑO.  
PRESION DINAMICA  
COEFICIENTES DE PRESION
- 5.- PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR FUERZAS DE VIENTO

## CAPITULO III

### PROPUESTA DE LA NORMA " CARGAS DE VIENTO " PARA EL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES

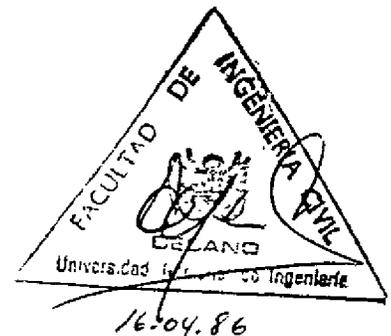
- 1.- GENERALIDADES.
- 2.- CAMPO DE VALIDEZ.
- 3.- CONSIDERACION DE LA DIRECCION DEL VIENTO
- 4.- CONSIDERACION SIMULTANEA DE LA CARGA DEL VIENTO Y OTRAS CARGAS.
- 5.- CARGAS DE VIENTO.
  - 5.1.- PRESION DINAMICA "q" ADMISIBLE A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL SUELO.
  - 5.2.- COEFICIENTES EOLICOS "c" PARA EL CALCULO DE CARGA DEL VIENTO PARA DIFERENTES CONFIGURACIONES DE DISTINTAS CONSTRUCCIONES.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## REFERENCIAS

- 1.- " DISTRIBUCION DE VIENTOS EXTREMOS EN EL PERU "  
Peñaranda C. Jorge - Ponce Campos Guillermo  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL + UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERIA - PERU - 1965.
- 2.- " CALCULO DE ESTRUCTURAS DE ACERO "  
Cudos Samblancat vicente  
H. BLUME EDICIONES ROSARIO, 17. MADRID 5. 1978
- 3.- " EL ACERO EN LA CONSTRUCCION "  
Manual para el Proyecto, Cálculo y Ejecución de Cons-  
trucciones de Acero.  
EDITORIAL REVERTE S. A. - 1972
- 4.- " BUILDING TO RESIST THE EFFECT OF WIND "  
Emil Simiu - Richard D. MARSHALL  
U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE - NATIONAL BUREAU OF  
STANDARDS - 1978.
- 5.- " UNIFORM BUILDING CODE "  
INTERNATIONAL CONFERENCE OF BUILDING OFFICIALS
- 6.- " REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES "  
MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION - OIN - 1977



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

"EFECTO DEL VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS"

TESIS  
para optar el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL

JOSE FERNANDO ESCALANTE SANCHEZ

Lima - PERU -1986

DEDICATORIA

A LA MEMORIA DE MI  
QUERIDA MADRE

A TI, ROSARIO, POR TU AMOR,  
COMPRENSION Y AYUDA

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi especial gratitud al Ing. Luis F. Zapata Baglietto por su patrocinio y valioso aporte en el desarrollo de esta tesis.

## CONTENIDO

	pág.
Resumen	7

### PARTE 1

#### PROPUESTA DE LA NORMA "CARGAS DE VIENTO" PARA EL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES

1. Objeto	12
2. Campo de validez	12
3. Generalidades	12
4. Consideración simultánea de la carga de viento y otras cargas	14
5. Consideración de la dirección del viento	14
6. Superficies de ataque del viento	15
7. Cargas de viento	16
8. Presión dinámica	17
9. Coeficientes de presión	23
10. Presiones interiores	30
11. Coeficiente de ráfaga	31
12. Vibraciones causadas por el viento	32
13. Tablas de los coeficientes de presión para diferentes tipos de estructura	34

## PARTE 2

### COMENTARIOS

INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL VIENTO	48
CAPITULO I	
CALCULO DE VELOCIDADES DE VIENTOS EXTREMOS	
1.1 Introducción	53
1.2 Datos de velocidades de viento	54
1.3 Modelos probabilísticos de las velocidades de vientos extremos	56
1.4 Análisis estadístico de los datos de vientos extremos	60
1.5 Interpretación de resultados	62
1.6 Dibujo de los mapas eólicos	63
CAPITULO II	
DETERMINACION DE FUERZAS DE VIENTO	
2.1 Introducción	65
2.2 Aerodinámica de edificios	67
2.2.1 Flujo típico del viento alrededor de edificios	68
2.2.2 Efecto de la inclinación del techo	69
2.2.3 Techos en voladizo	70
2.3 Velocidad del viento de diseño	71
2.3.1 Intervalo medio de recurrencia	72
2.3.2 Variación de la velocidad del viento de diseño con la altura	72
2.3.3 El coeficiente de ráfaga	75

2.4 Presión de diseño	77
2.4.1 Presión dinámica	78
2.4.2 Coeficientes de presión	81
2.4.3 Presión interna	86
2.4.4 Uso de los coeficientes de presión	88
2.5 Procedimiento para calcular fuerzas de viento	90
2.6 Fuerzas inconstantes de viento	91

### CAPITULO III

#### ESTRUCTURAS SUJETAS A OSCILACION POR VIENTO

3.1 Introducción	94
3.2 Oscilaciones auto-excitadas	96
3.3 Verificación experimental de la excitación del torbellino	98
3.4 Mecanismo de vertimiento del torbellino	100
3.5 Oscilación de bofetada	105
3.6 Factores que controlan la conducta de un puente colgante en el viento	106

### PARTE 3

#### APENDICE A

Actualización de los Mapas Eólicos del Perú	110
---	-----

#### APENDICE B

Ejemplos del Uso de los Coeficientes de Presión	119
---	-----

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	144
--------------------------------	-----

REFERENCIAS	148
-------------	-----

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad la presentación de una propuesta a la Norma Peruana "Cargas de Viento", que defina los valores característicos de la presión dinámica del viento sobre las edificaciones, para propósitos de diseño estructural.

Sabemos que el viento es un fenómeno natural que posee energía cinética debido a la velocidad de la masa del aire en movimiento. Si se interpone un obstáculo en su trayectoria de modo que el movimiento del aire es detenido o desviado; entonces, toda o parte de la energía cinética se transforma en energía potencial de presión. Por lo tanto, cuanto mayor es la velocidad del viento, mayor será la acción sobre dicho obstáculo.

Puesto que el ingeniero estructural desea conocer el mayor efecto que pueda ocurrir durante el tiempo de vida útil de la estructura, necesitará saber cuál es la velocidad máxima del viento que podrá presentarse en dicho período.

La velocidad máxima del viento es obtenida gracias a la Meteorología, por medio de los registros de datos de velocidades de vientos. Sin embargo, estos registros son realizados antes de la construcción de la estructura, requiriéndose la proyección de dichos datos. Esto se consigue mediante la ayuda de la Estadística de Extremos y con adecuados modelos de comportamiento probabilístico, que permita predecir

de alguna forma estas velocidades máximas. Así, con factores de seguridad adecuados, se hallarán las llamadas Velocidades Básicas del Viento de Diseño para un período de ocurrencia previamente aceptado.

Suponiendo que la velocidad básica del viento es conocida, será importante conocer también la magnitud de la presión del viento sobre un cuerpo de forma determinada, ya que esta presión depende del tamaño y configuración de la estructura. Este problema aerodinámico es resuelto por medio de la contribución de los llamados Factores de Forma o Coeficientes de Presión ( $C_p$ ), que son números abstractos adecuados para cada tipo de estructura.

La determinación de fuerzas de viento sobre una estructura es básicamente un problema dinámico; sin embargo, en la práctica, ha sido usual tratar estas fuerzas como cargas estáticas. Esta aproximación es satisfactoria si se prevé que la relación entre el tiempo de variación del viento y la frecuencia natural de la estructura es tal como para causar una respuesta esencialmente estática.

Aunque este planteamiento estático de diseño rinde generalmente buenos resultados en cuanto a la resistencia de las estructuras, puede no ser satisfactorio para edificios altos, especialmente en lo que se refiere a la comodidad de los ocupantes y a los movimientos horizontales o desplazamientos relativos entre pisos, los cuales pueden ocasionar, en algunos casos, agrietamientos de los muros divisorios y roturas de los

ventanales. La comodidad de los ocupantes está relacionada con la frecuencia y la amplitud de las vibraciones que, a su vez, dependen de la frecuencia natural del propio edificio y de las frecuencias de las ráfagas de viento, más que de la presión constante del viento.

En nuestro medio no se producen a menudo vientos de gran magnitud; por otro lado, las estructuras de concreto poseen gran masa y, en tanto el empuje del viento es una hipótesis alternativa de diseño contra la fuerza del sismo, por lo general esta última es considerada como la hipótesis más desfavorable. Debido a esto, los ingenieros estructurales no se han preocupado por un estudio más agudo sobre el régimen de vientos ni por la respuesta de la estructura a esta sollicitación.

Un avance importante sobre el estudio del viento en nuestro país se encuentra en el trabajo *Distribución de Vientos Extremos en el Perú* [1]\*, donde aparece el régimen de vientos máximos en gran parte del territorio nacional, dándose velocidades básicas de viento para las zonas de la costa y sierra, con periodos de ocurrencia de 33, 50 y 100 años, representadas debidamente en los llamados Mapas Eólicos.

En Estados Unidos, la American Society of Civil Engineers (ASCE) [2], en sus reportes finales tiene recopilada información sobre los factores que determinan las fuerzas de viento en las estructuras, recomendando velocidades básicas de viento para diseño a diferentes alturas sobre el suelo en áreas interiores y áreas costeras de los Estados Unidos, tomando como

\* Los números entre corchetes indican la Referencia Bibliográfica.

base un mapa con velocidades e isobias - Du pier sobre el viento para un periodo de recurrencia de 50 años. Asimismo, el *Uniform Building Code* [3] especifica presiones de viento para diferentes alturas sobre el suelo, de acuerdo con ciertas áreas del mapa de Estados Unidos, donde se encuentran graficadas las presiones mínimas permisibles para cada zona en particular.

En el presente trabajo se ha tenido en cuenta las velocidades extremas de viento para las zonas de la costa y sierra del Perú, dadas en *Distribución de Vientos Extremos en el Perú*; también se emplea el mismo método de análisis para la determinación de velocidades básicas de viento de diseño. Se han completado los mapas eólicos con los registros de velocidades máximas de viento, para la zona de la selva y algunas localidades de la sierra, que fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Los coeficientes de presión, importantes en el cálculo de las acciones de viento sobre las estructuras, fueron recopilados de diversas normas de construcciones de otros países y se presentan en la norma propuesta.