

A continuación se presentan las distintas localidades consideradas en la zonificación propuesta. A cada localidad se le ha asociado

tres zonas distintas según los datos climatológicos de esta localidad. Cada Zona se explicará más adelante.

Zonificación en base a presión de viento e intensidad pluviométrica **Tabla I1**

Ciudad	Estación de referencia	Intensidad Pluviométrica	Velocidad Viento Máxima	Velocidad Viento Media	Zona Presión Viento Máximo	Zona Intensidad Pluviométrica	Zona Presión Viento Medio
		l/m2 h	Km/h	Km/h	Zona	Zona	Zona
Arica	Arica-Chacalluta DMC	-	48	11,7	A	I	Y
Iquique	Iquique-Cavanca	-	33	6,5	A	I	X
Calama	Calama DMC	-	83	25,1	B	I	Z
Antofagasta	Antofagasta-UNorte	-	67	14,3	B	I	Y
Copiapó	Copiapó DMC-DGA	3,8	48	10,6	A	I	Y
Vallenar	Vallenar DMC	4,9	65	4,4	B	I	X
Ovalle	Ovalle Aeródromo	10,6	89	6,8	C	II	X
La Serena	La Serena DMC	9,1	65	5,8	B	II	X
Valparaíso	Valparaíso Pta. Ángeles	11,7	83	10,8	B	II	Y
Villa Alemana	V. Alemana – Belloto	S.I	65	10,8	B	II	Y
Santiago	Santiago – A. Merino	S.I	83	3,2	B	II	X
Santiago	Santiago – Quinta Normal	11,4	46	3,2	A	II	X
Rancagua	Rancagua DMC	8,2	46	S.I	A	II	X
Curico	Curico General Freire	13,6	82	8,9	B	II	X
Linares	Linares DOS	14,8	67	S.I	B	II	X
Constitución	Constitución	22,7	83	7,0	B	III	X
Chillán	Chillán	18,2	78	9,1	B	III	X
Concepción	Concepción-Carriel Sur	20,0	110	18,2	C	III	Z
Temuco	Temuco – Manquehue	15,6	102	12,4	C	III	Y
Valdivia	Valdivia-Pichay	16,5	83	S.I	B	III	Y
Pto montt	Puerto Montt	13,1	120	16,2	D	II	Y
Ancud	Ancud	22,4	115	19,5	D	III	Z
Pto Aysén	Puerto Aysén DGA	33,0	74	4,8	B	III	X
P.Arenas	G.C.Ibáñez del Campo	10,3	120	19,3	D	II	Z

A. Zonas Según Presión de Viento Máxima

Se agrupan las ciudades de acuerdo al valor de la presión básica de viento, equivalente a la velocidad máxima del viento en la ciudad, con un periodo de retorno de 10 años.

Los rangos de presión básica por zona, resultan de la dispersión observada de esta característica en las distintas localidades del país y, de la experiencia internacional revisada. La tabla I-2 presenta las zonas de presión básica de viento, definidas en el contexto de este estudio.

Zonas de Presión Básica de Viento **Tabla I2**

Característica	Zonas según Presión de viento			
	A	B	C	D
Velocidad básica límite (Km/h)	60	85	110	120
Presión básica (Pa)	<= Pb 170	170 < Pb <= 341	341 < Pb <= 570	570 < Pb <= 681

(1) Trabajo desarrollado por el profesor Luis Ariel Bobadilla Moreno, en el contexto del Proyecto INNOVA CHILE: Desarrollo de una Metodología para Prevenir Patologías en Viviendas Sociales, por encargo de la Dirección de Extensión en Construcción DECON UC de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

B. Zonas de Intensidad Pluviométrica

Para definir el grado de estanquidad de una carpintería, se utiliza como referente pluviométrico, las precipitaciones máximas en una hora de una localidad, con un período de retorno de a lo menos 10 años.

Así, se definen las tres zonas de intensidad pluviométricas que presenta la tabla I-3. Los rangos de intensidad pluviométrica por zona, se establecen observando la dispersión de esta característica en las distintas localidades y, de la experiencia internacional revisada.

TablaI3 Zonas de Intensidad Pluviométrica

Característica	Zonas según Intensidad Pluviométrica		
	I	II	III
Intensidad Pluviométrica (l/hm ²)	$l_p \leq 5$	$5 < l_p \leq 15$	$l_p > 15$

C. Zonas Según Presión de Viento Media

Las infiltraciones a través de las ventanas deben ser de un volumen tal que aseguren un nivel de ventilación mínimo durante el período invernal igual a 0,5 rph. En atención a dicho criterio se utiliza la presión media de viento del mes de Julio, para definir las características de hermeticidad al aire de las ventanas por zona.

Para los propósitos prácticos de establecer clases de permeabilidad por zonas de características relativamente homogéneas, el desarrollo distingue tres zonas de presión media de viento, atendida la dispersión de esta característica en las distintas localidades. La tabla I-4 define las zonas consideradas de referencia en este estudio.

TablaI4 Zonas de Presión Media de Viento

Característica	Zonas según Presión media de viento (mes de Julio)		
	X	Y	Z
Velocidad media límite (Km/h)	9.2	17.8	25.2
Presión media (Pa)	$P_m \leq 4$	$4 < P_m \leq 15$	$15 < P_m \leq 30$

Criterio de Elección de las Características de las Ventanas en Relación con su Ubicación y Condiciones Climáticas

2.1

A. Introducción

El Catálogo de Normas Chilenas Oficiales incluye una serie de normas sobre ventanas. Normas básicas relativas a conceptos y terminología; normas de procedimientos de ensayo para evaluar propiedades mecánicas así como características físicas de permeabilidad y estanquidad y; normas que establecen requisitos a las características mecánicas y físicas de las ventanas. No existen al mismo nivel, sin embargo, ningún procedimiento que permita determinar cuál es el grado de dichas características deseables para cada ubicación geográfica de la ventana y situación de exposición.

Este capítulo presenta el desarrollo de una propuesta de procedimiento en este sentido, basado en parte en la Norma UNE 85-220-86, procedimiento construido a partir del conocimiento de las variables climáticas de viento y lluvia del lugar de ubicación de la ventana y de los factores de altura, exposición y entorno que condicionan las prestaciones de la ventana puestas en servicio. Su propósito es servir de guía a los fabricantes de ventanas en la identificación de características y grado de ella que alcanzan sus productos, y de apoyo al desarrollo de nuevos productos más adecuados a los requerimientos climáticos del mercado geográfico particular al cual se destinan. Sirve también de apoyo a proyectistas, en la especificación precisa del elemento constructivo, de modo de permitir al usuario demandar y exigir correctamente los requisitos de una ventana.

También se exponen los criterios técnicos para decidir grados de características mecánicas y de estanquidad al agua y aire de ventanas en función de su ubicación geográfica, altura de la ventana sobre el nivel del suelo exterior y condiciones de entorno y exposición. Con algunas modificaciones se consideran los requisitos por clase o estándar que proponen las Normas Nacionales. La asociación de clases con localidades principales del país y situación de exposición, se deducen en parte de la comparación de las variables climáticas locales con las variables tipos que describe la Norma UNE 85-220-86 y en parte de la experiencia empírica y experimental recogida en el país para los propósitos de este desarrollo.

Los criterios que se exponen se refieren a la determinación de los parámetros básicos de las carpinterías exteriores convencionales a disponer en fachadas verticales. No se contemplan ni las ventanas en paramentos inclinados (integradas en tejados) ni las que forman parte de muros cortina (aunque puede afectar a las partes practicables de los mismos), ni las destinadas a compartimentación interior (como las mamparas) ni las carpinterías que dan a espacio público protegido (en galerías comerciales, recintos de exposiciones, terminales de transporte, etc.).

De igual forma, requieren estudios complementarios a lo que se establece en la presente guía; las carpinterías a disponer en edificios singulares, bien por la altura (superior a 50 m), por su situación geográfica (alta montaña) o sumamente expuesta (construcciones aisladas al borde del mar o lagos), en emplazamientos de alta sismicidad o sometidos a fuerte viento o tempestades (como por ejemplo en faros) bien aquellas cuya menor dimensión exceda de tres metros.

B. Características generales que deben reunir las ventanas de uso exterior

Las ventanas de uso exterior necesitan responder a una gran variedad de exigencias, muchas de ellas de difícil estimación. Entre ellas están:

- Fácil maniobrabilidad
- Capacidad de iluminación
- Resistencia al viento
- Durabilidad
- Estanquidad al aire
- Estanquidad al agua

Este capítulo se refiere particularmente a las características físicas de resistencia al viento, estanquidad al agua y permeabilidad al aire de ventanas, para las cuales existen niveles o estándares definidos en las Normas Nacionales así como procedimientos de ensayos para evaluarlas. Características que dependen fundamentalmente del tamaño, la relación entre las partes practicables y fijas, tipo y diseño de sellos y burletes, tipo y forma de la perfilera, diseño de las evacuaciones y espesor y tipo de acristalamiento de la ventana. Por otro lado, las exigencias para dichas características son función de la ubicación geográfica, altura y entorno del edificio, del grado de exposición o protección de la ventana, de la relación de superficies local-ventana y de las prestaciones de todo tipo (iluminación, ventilación, confort térmico y acústico), que la aplicación determine.

C. Resistencia al viento

La acción del viento sobre una carpintería, ejercidas como presión de viento de valor proporcional al cuadrado de la velocidad, depende fundamentalmente del régimen de viento del lugar, de la ubicación de la ventana en el edificio y de las condiciones de entorno que la afecten.

Con el propósito de estimar la resistencia del viento de ventanas, se establece la presión de cálculo W , como sigue:

$$1) W = P_b \times C_e \times C_p$$

Donde:

W : Presión de cálculo, Pa

P_b : Presión básica de viento, característica de una determinada zona o lugar, Pa.

C_e : Coeficiente de entorno/altura.

C_p : Coeficiente de presión/succión.

Parámetros que se explican como sigue:

C.1. Presión básica de viento y zonificación

Se entiende por presión básica para estos efectos; la presión determinada por la velocidad media en intervalos de 10 min a 10 m de altura, en terreno abierto y llano, y cuyo valor no es superado en cincuenta años.

Como se mencionó en el capítulo I-A del presente anexo, la presión básica representa la velocidad máxima de viento en una localidad.

C.2. Coeficiente de entorno / altura

pueden ser tomados los valores indicados en la tabla II-1.

Coeficiente que tiene en cuenta el tipo de entorno y la altura a que está situada la ventana. No existiendo mediciones expresas,

TablaII1 Coeficiente de entorno/altura

Entorno del edificio	Altura de la ventana sobre el nivel del suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	8	50
Centro de grandes ciudades	1,63	1,63	1,63	1,63	1,68	2,15
Zonas urbanas	1,63	1,63	1,63	1,96	2,32	2,82
Zonas rurales	1,63	1,63	1,89	2,42	2,75	3,20
Terreno abierto sin obstáculos	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47
	Las ventanas en fachadas sumamente expuestas, como borde de acantilados, mar abierto o lagos importantes, necesitan un estudio especial.					

C.3. Coeficiente de presión / succión

Se propone utilizar los valores que presenta la tabla II-2, para las situaciones genéricas que se indican.

Este coeficiente depende de la forma y proporciones del edificio, situación de la ventana respecto al viento, su distancia a puntos singulares de la fachada, como aleros y esquinas y de la exposición de la construcción.

TablaII2 Coeficientes de presión/succión para distintas situaciones de exposición de la ventana

Exposición de la Ventana	Coeficiente Cp
Ventanas en patios interiores de ancho inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior; ventanas interiores, cuando se disponen dobles.	0,3
Ventanas en fachadas protegidas; en edificios alineados en calles rectas a una distancia de la esquina mayor que la altura de la edificación; en bloques exentos en la parte central de una fachada de longitud mayor que el doble de la altura y en patios abiertos a fachadas o patios de manzana.	0,8
Ventanas en fachadas expuestas en edificaciones aisladas, en fachadas de longitud menor que el doble de la altura.	1,3

Fuente: UNE 85-220-86

C.4. Resistencia a la acción del viento

necesariamente, mediante ensayos normalizados.

La acción de tipo no eventual que produce el viento sobre la ventana, le exige a ésta capacidades mínimas para soportar esfuerzos tanto de fatiga como de deformación y rotura. El comportamiento de la ventana frente a sollicitaciones de este tipo determina los grados y clases estructurales de las ventanas en Chile. Características que deben ser observadas,

Las NCh 890 y NCh 888 especifican respectivamente los métodos de ensayo y clasificación de ventanas en atención a sus características mecánicas. La tabla II-3 refiere las clases de ventanas según resistencia bajo efecto de viento según la Norma Chilena.

Clasificación estructural de ventanas según resistencia bajo efectos de viento (NCh 888) TablaII3

Código de clasificación	Requisitos	Clase de ventanas					
		5V (mínima)	7V (normal)	10V (mejorada)	12V (especial)	15V (reforzada)	20V (excepcional)
Deformación	Presión con flecha menor a 1/175 de la longitud (Pa)	500	750	1000	1200	1500	2000
Fatiga	Presión en ciclos de presión/succión no debe presentar deformación residual (Pa)	500	750	1000	1200	1500	2000
Rotura	Presión de seguridad sin rotura ni apertura brusca (Pa)	900	1125	1500	1800	2400	3000

Las clases de ventanas determinadas por los requisitos mecánicos y presiones límites que define la NCh 888 se relacionan finalmente con las presiones de cálculo por localidad y exposición como se muestra en la tabla II-4. La asociación de

parámetros climáticos con clases o estándares conecta en definitiva la ubicación geográfica del edificio con el grado de las características deseables de las ventanas para cada ubicación geográfica.

Clase de resistencia al viento de la ventana según su presión de cálculo TablaII4

Presión de cálculo (Pa)	<500	<750	<1.000	<1.200	< 1.500	<= 1.500
Clase ventana NCH890	5V (mínima)	7V (normal)	10V (mejorada)	12V (especial)	15V (reforzada)	20V (excepcional)

Este desarrollo, como se deduce de la tabla II-4, plantea que la clase de resistencia al viento mínima exigible en Chile debe ser clase 5v.

Esta tabla debe ser interpretada, a modo de ejemplo, como sigue: si la presión de cálculo de una ventana en una localidad/exposición determinada es 650 Pa, la clase exigible debe ser 7v, cuyo dominio, de acuerdo a la tabla II-3 se encuentra entre los 750 y 1000 Pa. Esto para asegurar que se cumpla con la resistencia especificada, puesto que, si se le exigiera una clase 5v, se arriesga a que la ventana no cumpla con los 650 Pa necesarios, ya que el dominio de esta última clase se encuentra entre 500 y 750 Pa.

C.5. Especificación de la ventana por su resistencia al viento

Para las cuatro zonas de presión básica de viento y las diferentes situaciones de exposición entorno y altura que considera este estudio, se determinan las presiones de cálculo resultantes. Con esto se asocian las presiones de viento a la Clase de Resistencia al Viento que se recomienda para la ventana atendida la presión a que se encuentra sometida en las distintas zonas y situación de exposición considerada. En las tablas II-5 y II-6 se muestran las distintas presiones de cálculo resultantes y la clase de resistencia al viento respectivamente.

TablaII5 Presiones de cálculo estructural de ventanas por zonas de intensidad de viento en Chile (Pa)

Entorno del Edificio	Altura de la Ventana sobre el Suelo (m)	Situación de la Ventana											
		En Patios				En Fachada Protegida				En fachada expuesta			
		Zonas de Presión Básica de Vientos											
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Centro de grandes ciudades	50	110	220	369	439	293	587	984	1171	476	954	1598	1902
	30	86	172	288	343	229	459	769	915	372	746	1249	1486
	20	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
	10	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
	5	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
	< 3	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
Zonas urbanas	50	144	289	484	576	384	770	1290	1535	624	1252	2096	2495
	30	113	238	398	474	316	634	1061	1263	513	1030	1725	2053
	20	100	201	336	400	267	535	897	1067	434	870	1457	1734
	10	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
	5	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1552
	< 3	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
Zonas rurales	50	163	328	549	653	436	874	1464	1742	708	1410	2379	2831
	30	140	282	472	561	374	751	1258	1497	608	1221	2044	2433
	20	124	248	415	494	329	661	1107	1318	535	1074	1799	2141
	10	97	194	324	386	257	516	865	1029	418	839	1405	1672
	5	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
	< 3	83	167	280	333	222	445	746	887	361	724	1212	1442
Terrenos abierto sin obstáculos	50	177	355	595	708	472	948	1587	1889	767	1540	2580	3070
	30	158	317	530	631	421	844	1414	1682	683	1372	2297	2734
	20	143	288	482	574	382	748	1286	1530	622	1247	2089	2486
	10	120	241	403	480	320	642	1075	1279	520	1043	1747	2079
	5	99	198	331	394	263	527	883	1051	427	857	1435	1708
	< 3	84	168	281	335	223	448	750	893	363	728	1219	1451

TablaII6 Clases de resistencia al viento de ventanas según NCh 888, por zonas de intensidad de viento y distintas condiciones de entorno, altura y exposición de las ventanas

Entorno del Edificio	Altura de la Ventana sobre el Suelo (m)	Situación de la Ventana											
		En Patios				En Fachada Protegida				En fachada expuesta			
		Zonas de Presión Básica de Vientos											
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Centro de grandes ciudades	50	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	12v	5v	10v	20v	20v
	30	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	20	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	10	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	5	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	< 3	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
Zonas urbanas	50	5v	5v	5v	7v	5v	7v	15v	15v	7v	12v	20v	20v
	30	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	12v	7v	12v	20v	20v
	20	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	10v	5v	10v	15v	20v
	10	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	5	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
	< 3	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
Zonas rurales	50	5v	5v	7v	7v	5v	10v	15v	20v	7v	15v	20v	20v
	30	5v	5v	5v	7v	5v	7v	12v	15v	7v	12v	20v	20v
	20	5v	5v	5v	5v	5v	7b	12v	15v	5v	12v	20v	20v
	10	5v	5v	5v	5v	5v	5v	10v	10v	5v	10v	15v	20v
	5	5v	5v	5v	5v	5v	5v	10v	10v	5v	7v	15v	20v
	< 3	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v
Terrenos abierto sin obstáculos	50	5v	5v	7v	7v	5v	10v	20v	20v	7v	15v	20v	20v
	30	5v	5v	5v	7v	5v	10v	15v	20v	7v	15v	20v	20v
	20	5v	5v	5v	7v	5v	7v	15v	15v	7v	12v	20v	20v
	10	5v	5v	5v	5v	5v	7v	12v	15v	5v	10v	20v	2v
	5	5v	5v	5v	5v	5v	5v	10v	10v	5v	10v	15v	20v
	< 3	5v	5v	5v	5v	5v	5v	7v	10v	5v	7v	12v	15v

Finalmente para validar esta metodología y aplicarla a este estudio, se resume en considerar dos situaciones de exposición del terreno y una situación de exposición de la ventana como se podrá observar en el punto F del presente capítulo. Con esto presente, las exigencias de clase de ventana por su resistencia al viento se presentan en la **Tabla N°1**: Clase estructural de ventanas por zonas de presión básica de vientos y ubicación de la construcción para edificios de distinta altura; de la Ficha N° 19, en el cuerpo central de la presente guía técnica. Además, estas exigencias se pueden consultar en la Tabla IV-1 expuesta en el capítulo IV de este anexo.

D. Estanquidad al agua

La acción del agua lluvia sobre una carpintería depende de la pluviometría del lugar, del tamaño y distancia de la ventana a las contiguas en el sentido vertical, de la exposición de la ventana y de la presión del viento concomitante con la lluvia. Al respecto:

D.1. Pluviometría del lugar

Como ya se mencionó en el capítulo I-B del presente anexo, se utiliza como referente pluviométrico característico, para decidir el grado de estanquidad al agua necesaria para una carpintería,

las precipitaciones máximas en una hora, con un período de retorno de a lo menos 10 años.

D.2. Determinación de la clase de estanquidad al agua

No existen modelos analíticos que permitan establecer el grado de estanquidad al agua de una ventana. Dicho grado se establece solo mediante ensayos normalizados.

La NCh 891 define el método convencional de ensayo para determinar la estanquidad al agua de ventanas y puertas completamente ensamblada en un banco de prueba que simula las condiciones en obra. Por otro lado, La NCh 888 clasifica la ventana en grados o clases de estanquidad en función de la capacidad de la ventana, cerrada, de oponerse a las infiltraciones de agua, observadas bajo las condiciones tipo del ensayo. Específicamente, la ventana se somete a un rociado de 0,75 l/min m² de agua, aumentando la presión diferencial desde 0 hasta Pmax, en etapas de una duración de 15 minutos a 0 Pa y 5 minutos a presiones sucesivas. De este modo las clases quedan definidas como se explica en la tabla II-7. En el capítulo II de este anexo se detallará el método de ensayo y de clasificación utilizado en Chile.

Clases de estanquidad al agua de ventana según NCh 888, la ventana debe ser estanca a las presiones indicadas

TablaII7

Presión de Ensayo (Pa)	Tiempo Duración	Clase de Estanquidad
0	15	0 e (Básica)
40	5	4 e (Mínima)
100	5	
150	5	
200	5	15 e (Normal)
250	5	
300	5	
350	5	
400	5	30 e (Especial)
450	5	
500	5	
		50 e (Reforzada)

D.3. Especificación de la ventana por su clase de estanquidad

Las recomendaciones para la elección del grado de estanquidad de las ventanas, se establecen en función del nivel pluviométrico del lugar, y la clase de ventana necesaria por viento, como se vio en el capítulo anterior del presente anexo. La asociación que se establece se basa fundamentalmente en el conocimiento experimental desarrollado en el Laboratorio de Física de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío en los últimos 20 años, y de la asociación entre clases y variables climáticas locales que describe la Norma UNE 85-220-86 para similares propósitos.

Además, para los efectos prácticos de relacionar características de estanquidad al agua de las carpinterías con pluviometría, se definen las tres zonas de intensidad pluviométricas como se puede ver en el capítulo I-B del presente anexo.

Cabe hacer mención que las recomendaciones incluyen clases intermedias de estanquidad al agua, entre las clases que consulta la Norma Chilena, la cual distingue sólo los niveles 0e, 4e, 15e, 30e y 50e como se deduce de la tabla II-7, modificación que se ha estimado en atención a lo siguiente:

La proposición de clases de la NCh 888 se basa en la antigua Norma UNE EN 1027, reemplazada el año 2001 por la Norma UNE EN 12208, vigente actualmente. Esta última considera clases por escalones de 50 Pa lo que permite diferenciar más claramente niveles de calidad o estándares.

La experiencia local en materia de ensayos y clasificación de ventanas coincide con la necesidad de dicha modificación. El dominio de clases que consulta la NCh 888 actualmente no es lo suficientemente discreto para apreciar diferencias de calidades entre una ventana y otra. Entre la clase 15e y 30e debería haber una o dos clases intermedias, lo mismo entre las clases 30e y

50e. Así, una ventana con un límite de estanquidad de 151 Pa clasifica en el mismo grado que otra con límite de estanquidad de 299 Pa. No obstante, en la práctica y conforme se observa experimentalmente, las diferencias entre ambas son sustantivas.

La Normalización Nacional deberá a futuro introducir también cambios en la estimación de clases de estanquidad al agua, como ya lo ha hecho la Normalización Europea.

Con todo esto, las exigencias de clase de ventana por su estanquidad al agua se presentan en la **Tabla N°2**: Clase de permeabilidad al agua de ventanas por zonas de intensidad pluviométrica y clase estructural de ventanas, de la Ficha N° 19, en el cuerpo central de la presente guía técnica. Además, estas mismas exigencias se pueden consultar en la Tabla IV-2 del capítulo IV del presente anexo.

E. Estanquidad al aire

La cantidad de aire que se infiltra a través de las carpinterías puestas en servicio, depende de la capacidad de éstas para oponerse al flujo y de la presión de viento puntualmente aplicada. La presión de viento a utilizar en la estimación de las infiltraciones, es la presión de cálculo de infiltraciones P_i , definida como sigue:

$$2) P_i = P_m \times C_a \times C_p$$

Donde:

P_i : presión de cálculo de infiltraciones, Pa
 P_m : presión promedio del viento en la zona, Pa
 C_a : coeficiente de entorno/altura
 C_p : coeficiente de presión/succión

Parámetros que se explican como sigue:

E.1. Presión promedio de vientos

El criterio rector para establecer clases de permeabilidad al aire por zonas de presión media de vientos, conforme propone este desarrollo, es el de ventilación mínima como se ha expuesto en el capítulo I-C del presente anexo.

E.2. Coeficiente de altura / entorno

Este coeficiente considera la influencia de la altura y entorno sobre las características permeables de las ventanas. No existiendo mediciones expresas pueden ser tomados los valores indicados en la tabla II-8.

Tabla II8

Coeficiente de entorno altura para la estimación de las infiltraciones.

Entorno del edificio	Altura de la ventana sobre el nivel del suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52	0,76
Zonas urbanas	0,50	0,50	0,50	0,66	0,85	1,12
Zonas rurales	0,52	0,52	0,66	0,94	1,12	1,39
Terreno abierto sin obstáculos	0,61	0,76	1,00	1,30	1,50	1,72

Fuente: UNE 85-220-86

E.3. Coeficiente de presión / succión

Como coeficiente de presión/succión sirven los mismos coeficientes definidos en el punto C.3 del presente capítulo.

E.4. Resistencia a la infiltración de aire

La NCh 888 define una gama de clases para la resistencia o capacidad de la ventana para oponerse a las infiltraciones de aire.

Las clases se definen para una presión de referencia de 100 Pa. Para otros valores de presión, se utiliza la siguiente ecuación, de acuerdo a la Norma EN 12207:1999:

$$3) Q = Q_{100} \left(\frac{P}{100} \right)^{2/3}$$

Donde:

Q_{100} : permeabilidad al aire de referencia a una presión de ensayo de 100 Pa, m³/hm²
 Q : permeabilidad al aire a una presión de ensayo P, m³/hm²

Las líneas que definen los límites superiores de cada clase se derivan de las permeabilidades al aire de referencia a 100 Pa relacionadas con la superficie total y con la longitud de junta de apertura. Los valores de Q_{100} se obtienen experimentalmente mediante el procedimiento de ensayo que explica la NCh 892, descrito en el capítulo III de este Informe.

La tabla II-9 muestra la clasificación que propone la NCh en función, tanto de la permeabilidad al aire de la superficie total como de las juntas de apertura de la ventana.

Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo relacionadas con la superficie total y junta de apertura, para los 4 tipos de clases que considera la norma chilena

Tabla II 9

Clase	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa m3/hm2	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa m3/hm	Presión máxima de ensayo (Pa)
60 a (mínimo)	60	12	150
30 a (normal)	30	6	300
10 a (especial)	10	2	600
7 a (reforzado)	7	1,4	600

E.5. Infiltraciones tolerables y clases de infiltración de aire recomendadas

La forma de establecer las clases de permeabilidad recomendadas por zona/localidad, se basa en los siguientes criterios y procedimientos:

- 1.- Las infiltraciones de aire a través de las ventanas, deben asegurarle al local un nivel de ventilación mínimo durante el período invernal, de base, equivalente a 0,5 renovaciones/hora, cualquiera sea el local o zona del país. De referencia se utilizan las presiones medias de viento del mes de Julio.
- 2.- La ventilación adicional, hasta los niveles recomendados por local y zona del país, son provistos mediante artificios de ventilación y aireación, tales como celosías, chimeneas, extractores, etc.
- 3.- En las viviendas, si las ventanas suponen 1/6 de la superficie útil de la planta, la mitad ubicada a sotavento y, se aceptan las renovaciones mínimas recomendadas en 1, se puede determinar la permeabilidad al aire de las ventanas a la presión media de la localidad, como sigue:

$$4) \quad Q_m = \frac{12 \cdot v \cdot n}{A_p}$$

Donde:

- Qm : Permeabilidad al aire de la ventana a la presión media Pm de la localidad, m3/h m2
- v : Volumen de la vivienda, m3
- Ap : Superficie planta de la vivienda, m2
- n: Cambios de aire de la vivienda.1/h

- 4.- Las presiones de cálculo Pi para efectos de establecer las infiltraciones de aire por zonas y para cada altura y exposición de la ventana, se calculan a través de la fórmula 2 del presente capítulo y, que el volumen de aire infiltrado a través de la ventana a 100 Pa, esto es, el valor Q100 (m3/hm2) utilizado para establecer su clase, es igual a:

$$5) \quad Q_{100} = Q_m / (P_i/100)^{2/3}$$

- 5.- Como corolario de lo anterior y considerando los estándares por clase de permeabilidad que establece la NCH 888, expuestos en la tabla II-9, se establece la clase de permeabilidad al aire de la ventana de acuerdo a las presiones de cálculo de infiltración y a los caudales de aire, como se expone en las tablas II-10, II-11 y II-12:

Tabla II10 Presiones de cálculo de infiltración en Pa para las distintas zonas de presión media y situación de exposición de ventanas

Entorno del Edificio	Altura de la Ventana Sobre el Suelo (m)	Situación de la Ventana								
		En Patios			En Fachada			En Fachada Expuesta		
		Zonas de Presión Media de Vientos								
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
Centro de grandes ciudades	50	0.9	3.4	6.8	2.4	9.1	18.2	3.9	14.8	29.7
	30	0.6	2.3	4.7	1.7	6.2	12.5	2.7	10.1	20.3
	20	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	12	2.6	9.7	19.5
	10	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	12	2.6	9.7	19.5
	5	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	12	2.6	9.7	19.5
< 3	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	1.2	2.6	9.7	19.5	
Zonas urbanas	50	0.6	5	10.1	3.6	13.4	26.9	5.8	21.8	43.7
	30	1	3.8	7.6	2.7	10.2	20.4	4.4	16.5	33.2
	20	0.8	2.9	5.9	2.1	7.9	15.8	3.4	12.8	25.8
	10	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	12	2.6	9.7	19.5
	5	0.6	2.2	4.5	1.6	5.9	12	2.6	9.7	19.5
< 3	0.6	2.2	4.5	1.1	5.9	12	2.6	9.7	19.5	
Zonas rurales	50	1.7	6.2	12.5	4.5	16.7	33.4	7.2	27.1	54.2
	30	1.3	5	10.1	3.6	13.4	26.9	5.8	21.8	43.7
	20	1.1	4.2	8.4	3	11.3	22.6	4.9	18.3	36.7
	10	0.8	2.7	5.9	2.1	7.9	15.8	3.4	12.8	25.8
	5	0.6	2.3	4.7	1.7	6.2	12.5	2.7	10.1	20.3
< 3	0.6	2.3	4.7	1.7	6.2	12.5	2.7	10.1	20.3	
Terrenos abierto sin obstáculos	50	2.1	7.7	15.5	5.5	2	41.3	8.9	33.5	67.1
	30	1.8	6.7	13.5	4.8	18	36	7.8	29.2	58.5
	20	1.6	6	11.7	4.1	15.6	31.2	6.8	25.3	50.7
	10	1.2	4.5	9	3.2	12	24	5.2	19.5	39
	5	0.9	3.4	6.8	2.4	9.1	18.2	4	14.8	29.7
< 3	0.7	2.7	5.5	1.9	7.3	14.6	3.2	11.9	23.8	

Tabla II11 Caudales de aire a la presión de referencia de 100 Pa, valores Q100 (m3/hm2) para las distintas zonas y situaciones de exposición de las ventanas

Entorno del Edificio	Altura de la Ventana Sobre el Suelo (m)	Situación de la Ventana								
		En Patios			En Fachada Protegida			En Fachada Expuesta		
		Zonas de Presión Media de Vientos								
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
Centro de grandes ciudades	50	316	131	83	164	68	43	119	49	31
	30	407	169	106	212	88	55	153	64	40
	20	418	173	109	217	90	57	157	65	41
	10	418	173	109	217	90	57	157	65	41
	5	418	173	109	217	90	57	157	65	41
< 3	418	173	109	217	90	57	157	65	41	
Zonas urbanas	50	244	101	64	127	53	33	92	38	24
	30	293	122	76.6	153	63	40	110	46	29
	20	347	144	91	181	75	47	131	54	34
	10	418	173	109	217	90	57	157	65	41
	5	418	173	109	217	90	57	157	65	41
< 3	418	173	109	217	90	57	157	65	41	
Zonas rurales	50	211	88	55	110	46	29	80	33	21
	30	244	101	64	127	53	33	92	38	24
	20	274	114	72	143	59	37	103	43	27
	10	347	144	91	181	75	47	131	54	34
	5	407	169	106	212	88	55	153	64	40
< 3	407	169	106	211.2	88	55	153	64	40	
Terrenos abierto sin obstáculos	50	183	76	48	95	25	25	69	29	18
	30	201	83.3	52	104	43	27	76	31	20
	20	221	92	58	115	48	30	83	34	22
	10	263	11	69	137	57	36	99	41	26
	5	316	131	83	164	68	43	119	49	31
< 3	366	152	96	190	79	50	138	57	36	

Clases de permeabilidad al aire de ventanas según NCh, para las distintas zonas de presión media y situación de exposición de las ventanas

Tabla II.12

Entorno del Edificio	Altura de la Ventana Sobre el Suelo (m)	Situación de la Ventana								
		En Patios			En Fachada Protegida			En Fachada Expuesta		
		Zonas de Presión Media de Vientos								
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Centro de grandes ciudades	50	-	-	-	-	60a	60a	-	60a	30a
	30	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	20	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	10	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	5	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	≤ 3	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
Zonas urbanas	50	-	-	60a	-	60a	30a	-	30a	30a
	30	-	-	-	-	60a	60a	-	60a	30a
	20	-	-	-	-	-	60a	-	60a	30a
	10	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	5	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	≤ 3	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
Zonas rurales	50	-	-	60a	-	60a	30a	-	30a	30a
	30	-	-	60a	-	60a	30a	-	60a	30a
	20	-	-	-	-	60a	60a	-	60a	30a
	10	-	-	-	-	-	60a	-	60a	30a
	5	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
	≤ 3	-	-	-	-	-	60a	-	60a	60a
Terrenos abierto sin obstáculos	50	-	-	60a	-	60a	30a	-	30a	30a
	30	-	-	60a	-	60a	30a	-	30a	30a
	20	-	-	60a	-	60a	30a	-	30a	30a
	10	-	-	60a	-	60a	30a	-	60a	30a
	5	-	-	-	-	60a	60a	-	60a	30a
	≤ 3	-	-	-	-	-	60a	-	60a	30a

Finalmente, al igual que para la clase de ventanas por su resistencia al viento expuesta en el punto C del presente capítulo, esta metodología se resume en considerar dos situaciones de exposición del terreno y una situación de exposición de la ventana como se podrá observar en el siguiente punto. Con esto presente, las exigencias de clase de ventana por su permeabilidad al aire se presentan en la **Tabla N°3**: Clase de permeabilidad al aire de ventanas por zonas de presión media de vientos y ubicación de la construcción para edificios de distinta altura, de la Ficha N° 19 en el cuerpo central de la presente guía técnica. Además, estas mismas exigencias se pueden consultar en la Tabla IV-3 expuesta en el capítulo IV de este anexo.

F. Establecimiento de clases de ventanas por ciudades

Es importante tener presente para la clasificación de ventanas que durante los meses de Marzo y Junio del 2005 se realizaron ensayos y ejercicios de clasificación de ventanas en relación a sus prestaciones de permeabilidad al aire, estanquidad al agua y comportamiento frente a la acción del viento. Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Física de la Construcción de la Universidad del Bío-Bío, las ventanas sujetas de estudio provinieron de 3 obras del SERVIU en la VIII Región, en desarrollo durante el primer semestre del 2005 (2).

Los ensayos permitieron, por un lado, validar las propuestas de clases y, por otro, definir adecuaciones al diseño de las ventanas y a la perfilera en aluminio, necesarias para su utilización en zonas lluviosas.

Como resultado de este proceso de consulta y observación experimental, se estimó necesario además simplificar, por razones más bien de aplicabilidad, las recomendaciones de clases. De esta forma se introdujeron las siguientes consideraciones:

1. Considerar sólo exposición fachada expuesta y dos tipos de ubicación o emplazamiento de la construcción, a saber:
 - Ubicación terreno abierto: campo abierto o frente al mar o en sitios asimilables a estas condiciones.
 - Ubicación en ciudades: en ciudades o en su equivalente.
2. Considerar respecto de la altura los siguientes casos a tratar como singularidad: edificio 1-2 pisos; edificio 3-5 pisos; edificio 6-10 pisos y edificio 11-20 pisos.

El procedimiento para establecer clases por ciudades considera finalmente la siguiente doble asociación:

- Asociación de localidades con información meteorológica disponible a las distintas zonas definidas; de presiones básicas de viento, de intensidad pluviométrica y de presión media de vientos y;
- Asociación de zonas a las diferentes clases recomendadas de ventanas de edificios en Chile; de resistencia al viento, de estanquidad al agua y de permeabilidad al aire, conforme se ha definido anteriormente.

Se privilegia en definitiva la aplicabilidad de las recomendaciones;

(2) Las siguientes obras: 897 viviendas San Pedro de la Costa, Michaihue; reparación 600 viviendas sector Centinela II, Talcahuano y 467 viviendas dinámicas sin deuda, San Pedro de la Paz.

una diversificación mayor de las recomendaciones obligaría a la industria a desarrollar y mantener una oferta de producto mucho más diferenciada que difícilmente el mercado podría soportar dado su tamaño.

3. En base a la metodología desarrollada, se establecen finalmente las clases de ventana para distintas ciudades de Chile. Clase resistencia al viento, clase estanquidad al agua y clase permeabilidad al aire, para las dos condiciones de emplazamiento del edificio consideradas.

Metodos de ensayo y clasificacion de ventanas respecto de su resistencia al viento y propiedades de estanquidad

2.2

A. Ensayos y clasificacion de ventanas y puertas respecto de su estanquidad al aire

A.1 Ensayo de estanquidad al aire de ventanas y puertas

La NCh 892 especifica un método de ensayo para evaluar la característica estanquidad al aire de ventanas. Definida como la propiedad de una ventana de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial en condiciones tipo que especifica la misma norma.

Se basa en las Normas ISO 6613 y ASTM E283. Se aplica a la medición de flujos de aire a través de las juntas entre el vano y marco de la ventana, como también de los materiales que los constituyen.

El método consiste en ubicar la ventana de tamaño natural en un banco de prueba y someterla a una presión diferencial controlada, de acuerdo al programa que muestra la tabla II-13.

Previo al ensayo se determina las infiltraciones estándar de la cámara para cada probeta a ensayar, se instala la probeta y se aplican a lo menos tres pulsaciones de presión de aire de ajuste de 3 segundos, hasta una presión superior en un 10% la presión máxima de ensayo. Los elementos se someten a presiones positivas incrementadas en etapas de una duración mínima de 10 segundos hasta la presión máxima requerida para el ensayo, como muestra la Figura N° 1. Sirve para estos efectos un equipo de características similares al de la Figura N°1, dotado con elementos de control y medición de caudal de aire.

La permeabilidad al aire se caracteriza finalmente por la capacidad de paso de aire expresado en m³/h en función de la presión. Esta capacidad de paso puede referirse a la superficie de apertura (capacidad de paso por unidad de superficie m³/hm²); a la longitud de junta de apertura (capacidad de paso por unidad de longitud m³/hm); o por último a la superficie total de la ventana (capacidad de paso por unidad de superficie m³/hm²).

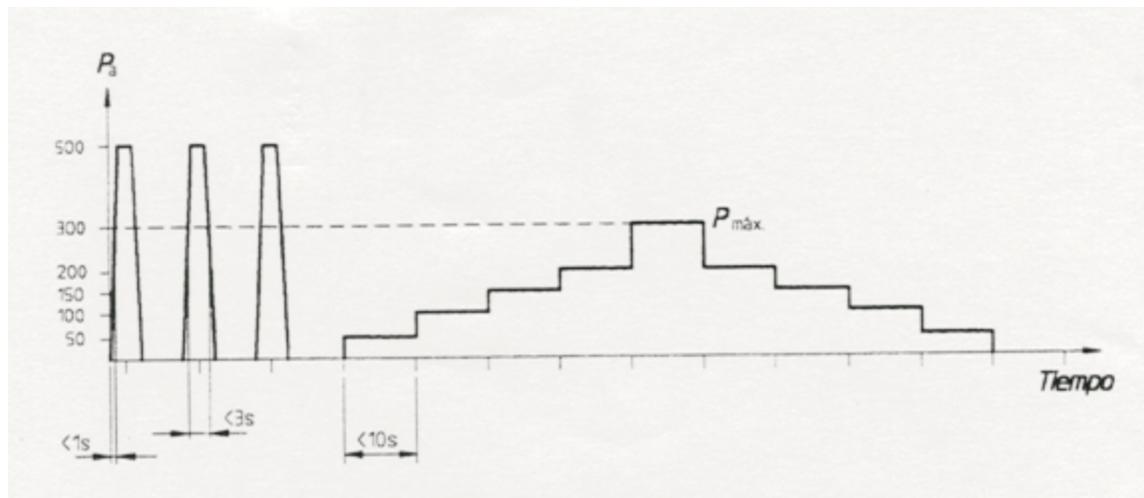
Programa de prueba para ensayo de estanquidad al aire

Tabla II13

Diferencia de Presión entre la Cámara y el Exterior (Pa)	Duración (seg)
50	10
100	10
150	10
Seguir por tramos de 50 Pa hasta presión máxima de ensayo	

Ensayo estanquidad al aire, P_{máx} inferior a 600 Pa

FIG 1



A.2. Clasificación de ventanas y puertas respecto de su estanquidad al aire

Se clasifica en base a los coeficientes de infiltración de aire medidos según NCh 892.

En una ventana sometida al ensayo de estanquidad al aire, el aire infiltrado a través de las juntas debe ser menor o igual a lo indicado en la tabla II-9 del presente anexo, para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa, debiendo cumplirse, por lo menos, con la condición menos exigente.

En toda ventana, debe comprobarse que no existen zonas de ajuste situadas a menos de 2 m del piso que puedan producir movimientos de aire, de velocidad superior a 1,4 m/s, molestos para los ocupantes.

Nota: Según las dimensiones y características de la ventana, el caudal máximo de aire infiltrado permitido es diferente si se expresa en m³/h por metro cuadrado de superficie de hoja, o en m³/h por metro de junta. Se debe considerar al menor valor, aplicándose preferentemente el valor indicado por m² de elemento.

Los distintos tipos o grado en que clasifican las ventanas se explican como sigue:

Estanquidad grado 60 a (mínimo): En el ensayo realizado según NCh 892, en cualquier tipo de ventana, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 60 m³/hm² de superficie de hoja practicable, para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa .

Estanquidad grado 30 a (normal): En cualquier tipo de ventana, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 30 m³/hm² de superficie de hoja practicable para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 .

Estanquidad grado 10 a (especial): En cualquier tipo de ventana, el caudal de aire que se infiltra a través de juntas debe ser igual o inferior a 10 m³/hm² de superficie de hoja practicable para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa.

Estanquidad grado 7 a (reforzado): En cualquier tipo de ventana, el caudal de aire que se infiltra a través de las juntas debe ser igual o inferior a 7 m³/hm² de superficie de hoja practicable para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 100 Pa.

B. Metodo de ensayo y clasificacion de ventanas y puertas respecto de la estanquidad al agua

B.1 Método de ensayo de estanquidad al agua de ventanas y puertas

La NCh 891 especifica un procedimiento para evaluar la característica estanquidad al agua de ventanas y puertas bajo presión estática. Esta es la capacidad de una ventana o puerta de oponerse a las infiltraciones de agua, observadas en las condiciones tipo de ensayo que define la misma Norma.

Se basa fundamentalmente en la Norma EN 86 y las ASTM E330 y ASTM E331. Es aplicable a todo tipo de puertas y ventanas, sin importar la naturaleza de los materiales que las constituyen. La estanquidad se mide en un banco de prueba donde se ubica el elemento a ensayar tal como se utiliza normalmente, montado según recomendaciones del fabricante en un edificio terminado y hasta su condición final de empleo.

El método consiste en proyectar una cantidad de agua y presión de aire de acuerdo a un programa determinado, sobre la superficie exterior de la puerta o ventana sometida a ensayo. Bajo ciertas condiciones se observa y determinan las eventuales infiltraciones de agua y límites de estanquidad, definidos como:

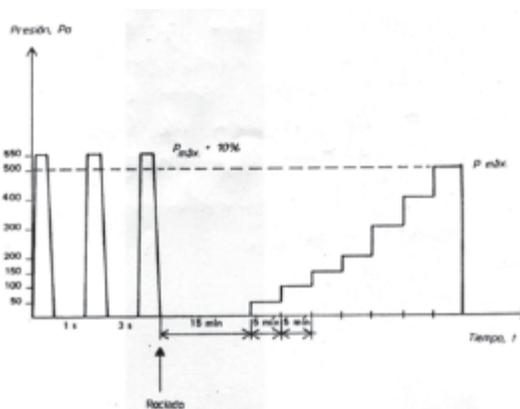
Infiltración de agua: penetración continua o intermitente de agua en contacto con elementos de la construcción, no previstos para ser mojados. Evento que en la práctica determina el estándar de la ventana o puerta.

Límite de estanquidad Lc (Pa): presión máxima anotada en el curso del ensayo, para la cual está asegurada la estanquidad al agua.

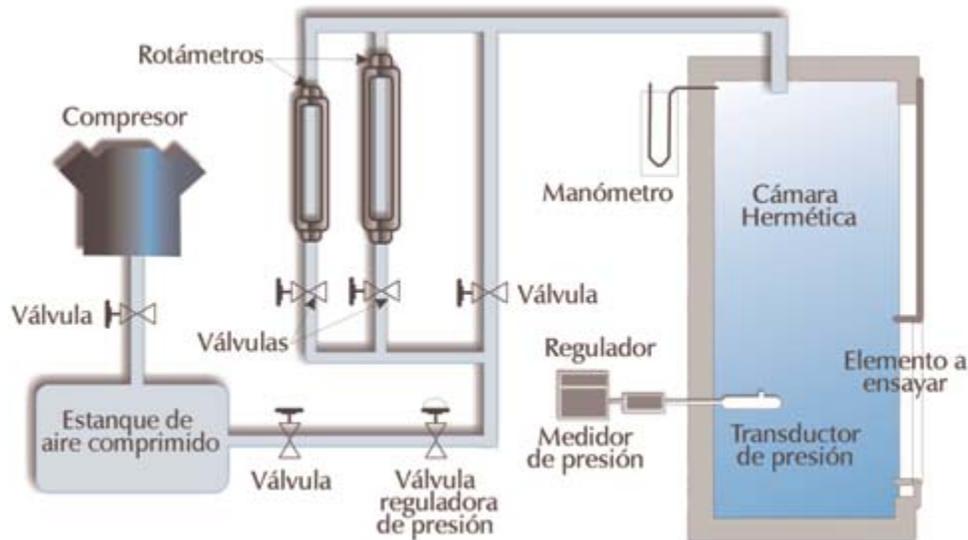
El programa de solicitaciones agua-viento es el que muestra la tabla II-14. Al inicio del ensayo se aplican tres pulsaciones de presión de aire a una velocidad determinada y hasta una presión 10% superior la P_{máx} definida para el ensayo. Cada pulsación debe mantenerse durante 3 seg como mínimo desarrollándose a continuación el ensayo como muestra la secuencia operativa de Figura N° 2. La cantidad de agua a proyectar sobre el elemento es de 2 l/minm², posible de lograr mediante 3 métodos alternativos de rociado propuestos en la norma.

Las solicitaciones combinadas presión de viento-lluvia se simulan en un Banco de Prueba, el de la Figura N° 3, dotado de una red neumática e hidráulica y los elementos de control y medición necesarios.

FIG 2 Ensayo estanquidad al aire, P_{máx} inferior a 600 Pa



Esquema montaje experimental FIG 3



Programa de prueba para ensayo de estanquidad al agua TablaII14

Diferencia de presión entre la cámara y el exterior (Pa)	Duración (min)
0	15
50	5
100	5
150	5
200	5
300	5
400	5
500	5
Seguir por tramos de 250 Pa como máximo	5 en cada tramo

B.2. Clasificación de ventanas y puertas respecto de la estanquidad

Se clasifica en base a los coeficientes de infiltración de agua medidos según NCh 891.

Como establece la Norma de Clasificación NCh 888, una puerta o ventana sometida a ensayo de estanquidad al agua debe ser estanca a caudales de agua de 0,75 l/minm² de superficie de hoja a las presiones indicadas en la tabla II-7 del presente anexo, para los diferentes tipos de ventanas.

Existen al respecto algunas diferencias que es el caso señalado. La NCh 891 de ensayo establece que las pruebas deben asegurar un caudal sobre la superficie de alrededor de 2 l/minm². Para similares propósitos, la Norma EN 1027: 2000 utiliza como caudal de referencia 2 l/minm² para ensayar productos que estén totalmente expuestos y; 1,0 l/mm³ es propuesto para productos que están parcialmente expuesto.

En el Banco de Prueba de la Universidad del Bío-Bío se han realizado pruebas con solicitaciones en el rango 0,75 - 2,0 l/minm² y no se han encontrado diferencias en los resultados a los cuales finalmente conduce el ensayo, que es definir la clase de la ventana. Fenómeno explicado por la acción concomitante de la presión, que es más determinante en la definición de clases que la cantidad de agua que finalmente se proyecta sobre la ventana, por lo menos para los rangos analizados.

C. Método de ensayo y clasificación de ventanas respecto de su resistencia al viento

C.1 Método de ensayo de resistencia al viento

El procedimiento de ensayo se describe en la NCh 890. El ensayo reproduce los efectos del viento sobre las ventanas, en

la forma de presiones y depresiones generadas en un banco de prueba.

El ensayo busca verificar que bajo estos efectos la ventana completa tiene una deformación admisible, conserva sus propiedades y garantiza la seguridad de los usuarios.

El procedimiento de ensayo y la clasificación de niveles de exigencia a las cargas de viento toma como base la Norma Europea EN77:1977, siendo equivalente a ella con algunas desviaciones menores. Se aplica a las ventanas, cualquiera sea la naturaleza de los materiales con que son construidas, tal y como son normalmente utilizadas y fijadas según las recomendaciones del fabricante en un edificio terminado, teniendo en cuenta las condiciones de los ensayos definidos en la misma Norma.

La norma especifica en rigor tres ensayos distintos y necesarios, mediante los cuales se somete a la ventana a los siguientes esfuerzos críticos:

De deformación: ensayo de deformación hasta el límite P1 en presión y/o depresión.

De fatiga: ensayo de presión y/o depresión repetido 50 veces hasta el límite de presión P2.

De rotura: ensayo de presión de viento de protección a la presión y/o a la depresión, hasta el límite de presión P3.

Los límites P1, P2 y P3 corresponden a los niveles de exigencia máximas por clase estructural que define la NCh 888.

Para los propósitos de la ejecución de los ensayos; interpretación y clasificación posterior, la norma aplica las siguientes definiciones:

Deformación residual permanente: modificación de forma o de medidas producida por la aplicación de presiones y que no desaparece después de que las presiones han dejado de aplicarse.

Deformación residual temporal: modificación de forma o de medidas producidas por la aplicación de presiones y que desaparece progresivamente después de que las presiones han dejado de aplicarse.

Desplazamiento frontal: desplazamiento de un punto de un elemento de ventana medido perpendicularmente al plano de la ventana.

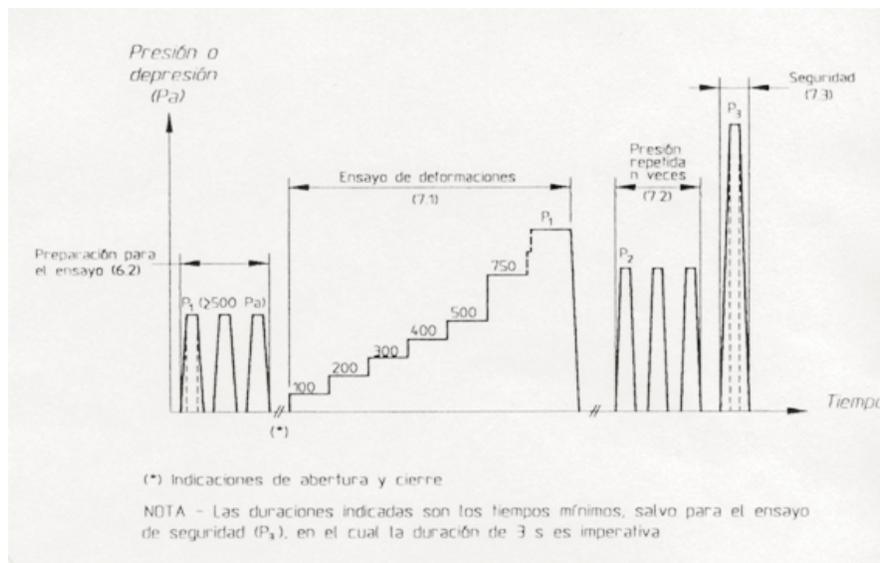
Flecha frontal: diferencia máxima entre los desplazamientos frontales tomada a lo largo de un mismo elemento de ventana (después de compensado el efecto de los desplazamientos frontales de las extremidades de este elemento).

Flecha frontal relativa: valor de la flecha frontal en relación con la distancia entre las dos extremidades del elemento de ventana examinado.

El aparato utilizado es un banco de prueba como el que muestra la Figura N° 1, al que se fija perimetralmente la ventana a ensayar. El aparato cuenta con dispositivos para producir variaciones regidas y controladas de la diferencia de presión entre límites definidos y dispositivos adecuados para medir desplazamientos frontales.

Los ensayos de deformación, fatiga y de presión de viento de protección se aplican sucesivamente de acuerdo a una secuencia que describe la misma norma, cuya representación gráfica se muestra en la Figura N° 4.

FIG 4 Secuencia esquemática de los procesos operativos para ensayos bajo presión o depresión



C.2. Clasificación de ventanas respecto de su resistencia al viento

Se clasifica de acuerdo a los límites P1, P2 y P3, obtenidos de

los ensayos de resistencia al viento, como muestra la tabla II-15.

Clasificación de ventanas según
resistencia bajo efectos del vientos

Tabla II15

Ensayo			
Clase	De Deformación (P1) Pa	De Presión y/o Depresión Repetidos (P2) Pa	De Seguridad (P3) Pa
5 V (mínima)	500	500	900
7 V (normal)	750	750	1.125
10 V (mejorada)	1	1	1.5
12 V (especial)	1.2	1.2	1.8
15 V (reforzada)	1.5	1.5	2.4
20 V (excepcional)	2	2	3

Para los ensayos de presión y/o depresión repetidas, el número de ciclos a que debe ser sometida la ventana, es como mínimo 50 ciclos.

1 kgf/cm²= 0.098 Mpa; 1 N/m²= 1 Pa

Considerando los siguientes requisitos mecánicos:

Resistencia al viento

- a) La flecha máxima alcanzada en cualquiera de los perfiles que forman la ventana debe ser menor o igual a L/175, para vidrios monolíticos (siendo L, la longitud mayor del elemento), a las presiones indicadas en la tabla II-15, para los diferentes tipos de puertas y ventanas.
- b) Las ventanas con doble vidriado hermético, la flecha máxima aceptada para los perfiles que la forman debe ser menor o igual a L/225 en cualquiera de sus lados.
- c) La ventana sometida al ensayo de resistencia al viento por presión estática diferencial (P2); no debe presentar deformaciones permanentes apreciables, fallas en las fijaciones o cualquier otro deterioro.

Resistencia al viento de protección (tempestad)

Una ventana sometida al ensayo de resistencia al viento de protección, no debe presentar deformaciones permanentes apreciables, fallas en las fijaciones o cualquier otro deterioro. Se permite una flecha de L/300 de la luz mayor de la ventana como máximo, después de ser sometida al ensayo de resistencia al viento de seguridad, especificado en NCh 890.

Resistencia al alabeo

Sólo aplicable a ventanas practicables sobre eje horizontal o vertical. La deformación máxima bajo carga en el ensayo que se especifica en NCh 889 debe ser inferior o igual a 50 mm y no debe producir rotura del vidrio. La deformación residual debe ser inferior o igual a 1 mm inmediatamente después de la descarga y no debe afectar el movimiento de cierre.

Facilidad de maniobra

La ventana debe abrir con facilidad, tanto bajo la aplicación de la carga dinámica, como bajo la carga estática descrita en NCh 889.

Resistencia en el plano de las hojas en ventanas practicables por rotación de eje vertical

La deformación máxima bajo carga en el ensayo realizado según NCh 889, cláusula 6, debe ser inferior o igual a 50 mm y no debe producir rotura del vidrio. La deformación residual debe ser inferior o igual a 1 mm inmediatamente después de la descarga y no debe afectar al movimiento de la hoja o al cierre.

Resistencia del sistema de giro de ventanas practicables por rotación

La aplicación de las cargas descritas en NCh 889 cláusula 7, no debe producir alteraciones en el funcionamiento del sistema de giro, ni desprendimiento de los elementos de unión de la hoja al marco (bisagras, etc.).

Seguridad en ventanas de eje horizontal inferior

La aplicación de las cargas especificadas en NCh 889, no debe producir deformación residual permanente que impida el cierre de la ventana ni alteren el normal funcionamiento del compás de retención.

Resistencia a la flexión de ventanas correderas y de guillotina

Las cargas especificadas en NCh 889, no deben producir deformación permanente ni deterioro apreciable.

A. Criterios de evaluación

Para evaluar la permeabilidad de viviendas materializadas, parcial o totalmente, sobre la base de muros de albañilería de ladrillos o bloques de hormigón se han establecido los siguientes criterios:

A.1 Ensayos previos recomendados, control de materiales

- Verificación del coeficiente de absorción capilar C_b , medido sobre un mínimo de 3 probetas extraídas al azar de cada partida de ladrillos o bloques a utilizar en la obra, mediante el procedimiento establecido en la norma AFNOR P14-102. Se considera que las unidades de albañilería cumplen los requisitos necesarios para su uso cuando:

$$C = \frac{100M}{S\sqrt{t}} \leq 5$$

M= P1-P0 (peso húmedo - peso seco)

S= superficie de contacto con el agua

t = tiempo en minutos.

- Verificación del coeficiente de permeabilidad del mortero de pega, sobre probetas de mortero elaboradas con los materiales y dosificación utilizadas en obra, determinado en régimen de escurrimiento permanente con una carga hidrostática constante de 20 cm de altura (H), teniendo como referencia la norma NCh 189: Tejas planas de hormigón simple; Ensayos. Se considerará que el mortero tiene un coeficiente de permeabilidad adecuado para su uso cuando el valor de K, establecido por la relación propuesta por D'Arcy, sea inferior a 1,00 10⁻⁶, grado de resistencia hidráulica menor a 6 (exponente).

$$\frac{Q}{A} = K * \frac{H}{e}$$

Siendo:

Q= Flujo en régimen permanente.

A= área de la sección expuesta al agua.

H = Altura de la columna de agua constante (20 cm)

E = Espesor de mortero

Nota: Los ensayos anteriormente recomendados, no excluyen la obligatoriedad de realizar los ensayos necesarios para el cumplimiento de las normas de bloques (NCh 181 y 182) y ladrillos (NCh 167, 168 y 169).

B. Ensayos de aprobación o rechazo

Desde el punto de vista de la impermeabilidad e independiente de los ensayos previos recomendados, los muros de albañilerías de bloque o ladrillos, serán aprobados o rechazados, mediante ensayos de estanquidad al agua realizados sobre los muros confeccionados en terreno, utilizando el método indicado en la norma NCh 2821.

Dadas las diferencias climáticas existentes entre la zona norte

y sur de Chile y, los costos involucrados para lograr la estanquidad absoluta de los muros de albañilería, se ha planteado la necesidad de crear una escala creciente de requerimientos, acorde con las condiciones climáticas de cada zona, que considere simultáneamente las velocidades máximas de viento, la intensidad pluviométrica y la altura de la construcción, ya que la velocidad del viento se incrementa con este último parámetro.

B.1 Sectorización geográfica en función de la velocidad básica de viento (presión básica)

Para el ámbito de este estudio y como ya se ha mencionado en capítulos anteriores de este anexo, se ha definido como velocidad básica de viento, al valor máximo de las velocidades media de cada zona geográfica, en intervalos de 10 minutos, a 10 m de altura, en terreno abierto y llano, para un período de retorno de 50 años, medidas en las estaciones meteorológicas existentes en el país.

Desde este punto de vista se propuso dividir el país en cuatro zonas de velocidad básica de viento y consecuentemente de presión, como se pudo apreciar en el capítulo I-A de este anexo.

B.2 Sectorización geográfica en función de su nivel de intensidad pluviométrica

Como ya se ha visto, en el contexto de este estudio se ha definido el nivel de intensidad pluviométrica de cada zona geográfica, sobre la base de la precipitación máxima registrada en 1 hora, medida en l/m²h, con un período de retorno de 10 años.

Aceptando lo anterior se propuso sectorizar las localidades con registro de precipitaciones en 3 niveles, como ya se vio en el capítulo I-B del presente anexo.

B.3 Requisitos de estanquidad por región geográfica

Finalmente los requisitos de estanquidad para muros de albañilería, en cada zona geográfica, se han establecido considerando la combinatoria intensidad pluviométrica, presión básica de viento y número de pisos de la vivienda de albañilería, de acuerdo al procedimiento de ensayo establecido en la norma NCh 2821.

Sobre esta base es que se establecen los requisitos de carga hidráulica mínimos, que deben soportar los muros de albañilería sin mostrar puntos de filtración. Bajo el contexto de este estudio, se simboliza esta carga hidráulica con una letra L.

El principio básico del ensayo de estanquidad de muros a una determinada carga hidráulica L, establecido en la norma indicada, consiste en someter una parte representativa de un muro a una proyección de agua permanente, capaz de crear una película de agua continua sobre el elemento y simultáneamente generar una presión estática de aire, gradualmente creciente, que fuerce su acceso al muro. Con esto, la carga hidráulica L es igual a la presión hidrostática (Pa) que debe tener el muro según la zona en que se encuentre emplazado.

El flujo de agua sobre el muro se mantiene constante durante toda la duración del ensayo mediante 8 boquillas de rociado dispuestas en dos rampas paralelas, entregando, cada uno de los 4 rociadores de la rampa superior un caudal de 0,5 l/min y cada uno de los inferiores 0,25 l/min.

Tabla III 1 Carga hidráulica de presiones variables con una intensidad de flujo constante

Carga Hidráulica L	Presión Hidrostática Diferencial (Pa)	Duración (minutos)
-	0	15
L50	50	5
L100	100	5
L150	150	5
L200	200	5
L300	300	5
L400	400	5
L500	500	5
L600	600	5
L700	700	5

Consecuentemente con la tabla III-1, el ensaye en cada región geográfica, se prolongará hasta obtener la carga hidráulica de aceptación o rechazo exigida.

Es importante destacar, que no se ha desarrollado una metodología para evaluar la impermeabilidad de muros estructurados en madera o metal, sin embargo, en el marco de este estudio, se ha considerado la misma carga hidráulica exigida para la albañilería, de acuerdo a la intensidad pluviométrica y presión de viento de la zona, además de la altura de la vivienda.

Finalmente, las exigencias de estanquidad al agua de muros, se exponen en la **tabla N°1**, clase de permeabilidad al agua de fachadas por zonas de intensidad pluviométrica y presión básica de vientos, de la ficha N°5, en el cuerpo central de la presente guía técnica. Además, estas exigencias se pueden consultar en la Tabla IV-4 del capítulo IV de este anexo.

B.4 Unidad, Número de ensayos y criterio de aceptación o rechazo

Como unidad de ensayo existen 3 criterios posibles, m² de albañilería ejecutados, número de muros de albañilería entre pilares o número de viviendas materializadas, parcial o totalmente, sobre la base de albañilerías de bloques o ladrillos.

Dentro de estas alternativas, por razones de costo de ensayo y aceptando que a lo menos, las albañilerías de cada vivienda será realizada por un mismo grupo de albañiles, se ha considerado como unidad de control y ensayo el número de viviendas materializadas.

Dentro de este criterio, siempre considerando el costo del control, se propone ensayar un mínimo de 5 viviendas cada 100 o fracción, elegidas al azar. Dicho ensayo se realizará a lo menos en 1 muro de cada una de las 5 viviendas a ensayar, preferentemente en la o las fachadas de mayor exposición al viento predominante.

La proposición planteada implicaría la no aceptación del lote de 100 viviendas o fracción, si uno de los 5 ensayos presenta algún punto de filtración. El criterio de aceptación puede parecer demasiado estricto sin embargo debe considerarse que, dado el bajo número de ensayos a realizar, la restricción propuesta implica una probabilidad del 50% de aceptar lotes defectuosos y la aceptación de un 15% de fracción defectuosa.

En este contexto, si se reduce la restricción de rechazo, a la aceptación del lote con una muestra defectuosa, $c=1$, entonces la probabilidad de viviendas con problemas de filtración crece de un 15 a un 35%, lo que no parece un criterio aceptable.

Si se acepta el criterio de aceptación o rechazo del lote indicado, en caso de una o mas muestras defectuosas, debería exigirse sellar todas las llagas verticales y horizontales mediante una lechada compuesta de 1 parte de emulsión acrílica de adherencia y 3 partes de cemento en peso y repetir el ensayo en 5 viviendas elegidas al azar sin considerar las ya testeadas.

En caso de que se repita nuevamente uno o más puntos de falla se exigirá impermeabilizar los muros, salvo que la empresa renuncie al sello de calidad del lote o lotes defectuosos.

Ejemplo I: Establecimiento de las características de resistencia al viento, estanquidad al agua y permeabilidad al aire de ventanas destinadas a la obra: "500 viviendas básicas, sector Michaihue, Coronel".

Antes de establecer la metodología para la elección de la ventana, se recuerda en las tablas IV-1, IV-2 y IV-3, las clases de ventana exigidas por zona, según resistencia al viento, estanquidad al agua e infiltración de aire expuestas en la Ficha N° 19, del cuerpo central de la presente guía técnica.

Clase estructural de ventanas por zonas de presión básica de vientos y ubicación de la construcción para edificios de distintas alturas.

TablaIV1

Zonas de Presión Básica de Vientos	Emplazamiento Construcción							
	Terreno Abierto				Ciudades			
	1-2 Pisos	3-5 Pisos	6-10 Pisos	11-20 Pisos	1-2 Pisos	3-5 Pisos	6-10 Pisos	11-20 Pisos
A	5v	7v	7v	7v	5v	5v	7v	7v
B	7v	10v	12v	15v	7v	7v	10v	12v
C	12v	15v	20v	20v	12v	12v	15v	20v
D	15v	20v	20v	20v	15v	15v	20v	20v

Clase de permeabilidad al agua de ventanas por zonas de intensidad pluviométrica y clase estructural de ventanas

TablaIV2

Zonas de Intensidad Pluvio-métrica	Clase de Ventana Necesaria por Viento					
	5v	7v	10v	12v	15v	20v
I	0	4e	10e	15e	15e	15e
II	4e	10e	15e	25e	30e	35e
III	10e	15e	20e	25e	30e	35e

Clase de permeabilidad al aire de ventanas por zonas de presión media de vientos y ubicación de la construcción para edificios de distinta altura

TablaIV3

Zonas de Presión Media de Vientos	Emplazamiento Construcción							
	Terreno Abierto				Ciudades			
	1-2 Pisos	3-5 Pisos	6-10 Pisos	11-20 Pisos	1-2 Pisos	3-5 Pisos	6-10 Pisos	11-20 Pisos
X	SC	SC	SC	60a	SC	SC	SC	SC
Y	60a	60a	30a	30a	SC	SC	60a	60a
Z	60a	30a	30a	30a	60a	60a	30a	30a

Pasos a Seguir:

Primero: Tipificación de las construcciones.

A juicio de la autoridad revisora, corresponde a construcciones 1-2 pisos, ubicación terreno abierto.

Segundo: Establecimiento de zonas.

Considerada como ciudad de referencia Concepción, corresponden los siguientes parámetros climáticos y zonas, según Tabla I-1:

- Velocidad máxima de vientos : 110 km/h
- Intensidad pluviométrica : 20 l/hm²
- Velocidad media de vientos : 18,2 km/h
- Zona de presión básica de viento : C
- Zona de intensidad pluviométrica : III
- Zona de presión media de viento : Z

Tercero: Establecimiento clase resistencia al viento de la ventana. De la tabla IV-1, con zonas de presión de viento C y edificio 1-2 pisos, la clase resistencia al viento es igual a 12v (especial) según NCh 888.

Cuarto: Establecimiento clase estanquidad al agua de la ventana. De la tabla IV-2, teniendo presente la clase estructural de la ventana igual a clase 12v, y la zona de intensidad pluviométrica III, se tiene que la Clase de estanquidad al agua es igual a 25e según NCh 888.

Quinto: Establecimiento de la clase de permeabilidad al aire de la ventana. De la tabla IV-3, con zona de intensidad media de viento Z y edificio 1-2 pisos, la clase de permeabilidad al aire es igual a 60a (básica) según NCh 888.

Las clases establecidas corresponden a las prestaciones deseadas para las ventanas destinadas a la obra en cuestión. De esta forma, la autoridad revisora debería exigir los certificados de ensayos correspondientes, que den cuenta de ese

cumplimiento mínimo. Así también, y en base a la experiencia recogida junto al SERVIU VIII Región, durante el desarrollo de este estudio, se deberían certificar lotes de ventanas en base a evaluaciones de muestras seleccionadas de dichos lotes.

Ejemplo II: Establecimiento de las características de estanquidad al agua de los muros de albañilería de la obra: "500 viviendas básicas, sector Michaihue, Coronel".

Antes de establecer la metodología para la determinación de la clase necesaria de estanquidad al agua del muro, se recuerda en la tabla IV-4, la clase de permeabilidad al agua de fachadas exigida por zona, expuesta en la Ficha N° 5, del cuerpo central de la presente guía técnica.

Tabla IV4 Clase de permeabilidad al agua de fachadas por zonas de intensidad pluviométrica y presión básica de vientos

Zona Intensidad Pluviométrica	N° Pisos	Zona de Presión Básica de Vientos			
		A	B	C	D
I	1 ó 2	L100	L200	L300	L300
	3 ó 4	L150	L300	L400	L400
II	1 ó 2	L200	L300	L400	L500
	3 ó 4	L200	L400	L500	L600
III	1 ó 2	L300	L400	L600	L600
	3 ó 4	L300	L500	L600	L700

Pasos a Seguir:

Primero: Tipificación de las construcciones.
Al ser el mismo caso expuesto en el ejemplo I, las viviendas son de 1-2 pisos, ubicadas en terreno abierto.

Segundo: Establecimiento de zonas.
Al igual que en el ejemplo anterior, las viviendas están ubicadas en Concepción, ciudad a la cual le corresponden los siguientes parámetros climáticos y zonas, según Tabla I-1:

- Velocidad máxima de vientos : 110 km/h
- Intensidad pluviométrica : 20 l/hm²
- Zona de presión básica de viento : C
- Zona de intensidad pluviométrica : III

Tercero: Establecimiento clase de permeabilidad al agua del muro

De la tabla IV-4, considerando la zona de intensidad pluviométrica III y la zona de presión de vientos C, además de 1 ó 2 pisos de altura en la vivienda, se tiene que la clase de permeabilidad al agua es igual a L600, según la metodología expuesta en el capítulo III del presente anexo. Esto es, el muro debe resistir una presión de 600 Pa de acuerdo al procedimiento de ensayo establecido en la norma NCh 2821.

1. Norma UNE 85-220-86: Criterios de elección de las características de las ventanas relacionadas con su ubicación y aspectos ambientales.
2. Perfil pluviométrico de Chile. Departamento de Geofísica, Instituto de Física Universidad de Concepción, Concepción, Junio 1971.
3. Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos. Guía de diseño. Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, Santiago, Noviembre 1996.
4. Recomendaciones para la selección e instalación de ventanas. Grupo técnico ventana. Corporación de Desarrollo Tecnológico Cámara Chilena de la Construcción. Santiago, Julio 1999.

