

Cristina San Emeterio Berasategui

Tutores:

Carola Aparicio Sabina  
José Luis Vivancos Bono

**MODELIZACION DEL VIENTO EN EDIFICIOS SOBRE  
REVESTIMIENTOS VENTILADOS CON APLACADO  
CERAMICO**

Proyecto Final de Grado  
Taller 19

---

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

A mi madre, Nuria

Por su comprensión y apoyo en este largo camino...

## INDICE

1. Introducción.....	3
1.1 Análisis del viento .....	5
1.2 Objeto .....	9
1.3 Método.....	13
2. La fachada.....	20
2.1 La fachada Ventilada. Composición y elementos .....	21
2.2 La Fachada convencional.....	30
3. Simulación .....	35
4. Resultados Simulación .....	63
5. Empleo de los datos obtenidos en la simulación para un análisis energetico .....	121
6. Otros resultados analizados .....	128
7. Conclusiones .....	133
8. Bibliografía .....	137
9. Anexos .....	139
9.1 Análisis del viento .....	141
9.2 Croquis piezas modelizadas .....	153
9.3 Normas .....	159



## INTRODUCCIÓN

Todas las superficies de los cerramientos verticales en edificios, como ya sabemos, están en contacto con el ambiente exterior, lo que supone que estén sometidos a cambios de temperatura, debido básicamente a la ganancia de calor por radiación solar durante el día. Este exceso de energía solar captada por radiación, es transmitida tanto al interior del cerramiento como al exterior por los mecanismos de convección e irradiación.

Por lo tanto, hemos considerado que es muy importante saber con exactitud la magnitud de la convección del cerramiento con el entorno para así conocer el comportamiento térmico de estos.

En este proyecto se van a analizar el mecanismo de transferencia de calor por convección, tanto en las fachadas convencionales como en las ventiladas.

Durante mucho tiempo la única manera de ver el comportamiento del aire en distintas situaciones, ya sea para calcular la resistencia de algún tipo de material de construcción, la estructura idónea de alguna instalación o la aerodinámica de un coche han sido las experiencias en túneles de viento.

Los experimentos en túneles de viento consisten en la recreación de la realidad a escala mediante maquetas, para posteriormente a través de una serie de sensores colocados en zonas adecuadas poder medir en esos puntos magnitudes como la velocidad del viento..<sup>1</sup>

Los túneles de viento siguen siendo hoy en día muy empleados en todo tipo de estudios sobre fluidos y los datos resultantes de estas experiencias son muy valorados.

---

<sup>1</sup> BLAZEK,J. (2001): *Computacional Fluid Dynamics: Principles and Applications*, Elsevier

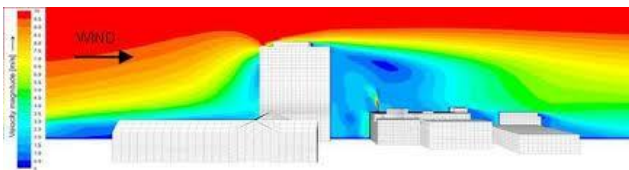
Sin embargo, actualmente existe una alternativa a estos experimentos y son los CFDs (acrónimo procedente de la denominación inglesa, «Computational Fluid Dynamics »).

Los CFDs son programas basados en la simulación por ordenador que resuelven las ecuaciones propias de la dinámica de fluidos, transferencia de calor e incluso otras, si procede, que tengan en cuenta las reacciones químicas entre especies. Estas soluciones como es obvio son soluciones numéricas y no analíticas <sup>2</sup>

En la actualidad son múltiples los campos a los que se aplican los CFDs La industria del automóvil es uno de estos campos, donde, por ejemplo, se puede simular el comportamiento aerodinámico del coche, de hecho las escuderías de fórmula uno emplean este tipo de *software* para mejorar el rendimiento de sus coches. También en el ámbito deportivo cabe destacar el uso en estudios aerodinámicos en el ciclismo, de diseño de embarcaciones e incluso en diseño de ropa de baño de alta competición. O como el caso de este proyecto, determinar la velocidad del aire en los distintos puntos de la fachada de un edificio, obteniendo datos de comportamiento del flujo de aire, variable según la dirección y geometría del edificio



**Ilustración 1: Aplicación de un CFD a la Aerodinámica de un coche de fórmula 1 (Gráfica tomada de la página web de FLUENT, Un CFD de uso comercial).**



**Ilustración 2: Aplicación de un CFD a la obtención del viento al chocar con varias configuraciones de edificios (Gráfica tomada de la página web de**

---

<sup>2</sup> VERSTEEG, H.K y W. MALALASEKERA (1995): *An introduction to Computational Fluid Dynamics*, Pearson Prentice Hall

# 1.1

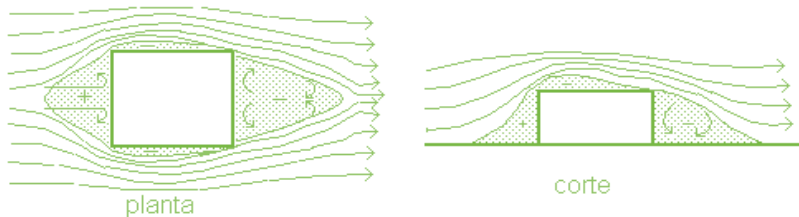
## ANÁLISIS DEL VIENTO





Las cargas producidas por el viento sobre las edificaciones son, en general, cargas fluctuantes, no estáticas, debido tanto a la turbulencia de la corriente incidente como a la no estacionariedad de los fenómenos asociados al desprendimiento de las capas límites en los cuerpos romos.<sup>3</sup> Sin embargo, en el caso de muchos edificios, basta con una estimación precisa de las cargas aerodinámicas adecuadamente promediadas en el tiempo (cargas estáticas) para determinar los esfuerzos generados por el viento sobre la estructura de la edificación, o las cargas aerodinámicas sobre partes locales del revestimiento exterior de fachadas y sobre sus elementos de anclaje.<sup>4</sup>

Además, el viento, al interactuar con las edificaciones, condiciona y distribuye el flujo de aire tanto en el interior como en el exterior de las construcciones. Por todo ello, debería tenerse en cuenta el movimiento del aire en el entorno de las edificaciones a la hora de planificar la construcción de un edificio con fachada ventilada.



Cuando el viento incide sobre un edificio, la modificación del campo fluido genera sobre la fachada áreas de alta presión (positiva) en la fachada frontal al viento (BARLOVENTO); al rodear el edificio incrementa su velocidad, creando zonas de

---

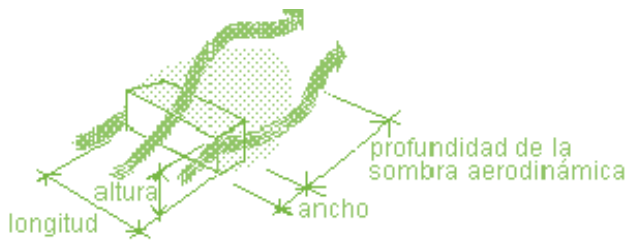
<sup>3</sup> **Cuerpo romo** es un término que se le da a un objeto o un cuerpo cuyas facetas o vértices tienen una terminación obtusa

<sup>4</sup> MESEGUER, J. (2001): Aerodinámica civil, cargas de viento en las edificaciones

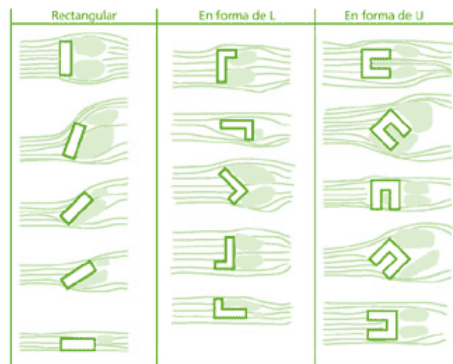
relativa baja presión (negativa) en las caras laterales y en la cara posterior del edificio (SOTAVENTO)

Cuando el viento incide perpendicularmente en el edificio, la máxima presión se produce en la fachada de barlovento, esta presión se verá reducida si el viento incide de forma oblicua llegando a reducirse hasta un 50% aproximadamente con un ángulo de incidencia

La acción del viento sobre el edificio, que produce diferencias de presión en sus fachadas, se llama efecto aerodinámico.<sup>5</sup>



Mientras mayor sea el desvío de la trayectoria del viento producido por el volumen del edificio, mayor será la zona de calma o sombra de viento. En la figura se muestran diversas configuraciones geométricas y la magnitud de la sombra de viento producida



**Ilustración 3: Sombra de viento para diferentes geometrías. (Fuente: Basado en Poler, M. "Clima y arquitectura")**

<sup>5</sup> ARROYO ARROYO, J; BENITO MUÑOZ, JJ; ALBAREZ CAVAL, R (1997): *Análisis de la acción del viento en los edificios*

# 1.2

## OBJETO



El objeto del proyecto es simular la acción del viento en distintos puntos del cerramiento vertical del edificio, para conocer los distintos comportamientos de este, como el flujo, el aumento y disminución de su velocidad en función de la altura del edificio y de su acabado superficial y los efectos que se producen en el caso de que el edificio posea un retranqueo en su cara exterior, como en el caso de que exista un patio de luces.

Una vez analizados los datos, podremos concluir que posición del edificio es más favorable en cuanto a un mejor rendimiento de la circulación del aire tanto para un edificio con un acabado de fachada ventilada cerámica como convencional.

También se ha propuesto como objetivo del proyecto, analizar los aspectos fundamentales del mecanismo de transferencia de calor por convección, resultado inmediato de la existencia del flujo de aire. Especialmente, se va a estudiar el comportamiento de la fachada con respecto al calentamiento por la radiación, y en consecuencia, consideraremos el papel del enfriamiento de la cara del edificio en contacto con el aire, en el caso de fachadas convencionales; o el enfriamiento producido por el proceso de movimiento del aire en el interior de la cámara de aire en el caso de fachadas ventiladas, como consecuencia del efecto de la convección.

Para analizar este movimiento del aire con detalle, se aplicaran una serie de ecuaciones de mecánica de fluidos y transmisión de calor, que estudiando sus resultados y organizándolos en una hoja de datos, podremos sintetizarlos en unas graficas sencillas y de fácil comprensión.

En resumen, pretendemos llegar a conocer la temperatura que tendría la pared directamente en contacto con una estancia cualquiera (Por ejemplo, oficinas), cuando en su cara exterior en contacto con el ambiente existe la fachada ventilada, en comparación con la no existencia de la misma (fachada convencional)



# 1.3

## MÉTODO





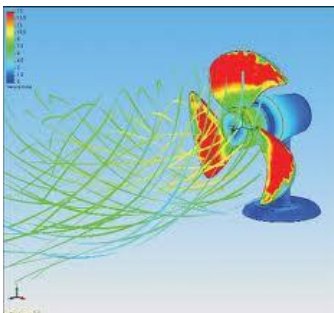
Como ya se ha citado en la introducción, el método de determinación del viento que hemos utilizado es una aplicación informática variante de los túneles de viento y los CFDs (acrónimo procedente de la denominación inglesa, “Computational Fluid Dynamics”), el “Solidworks Flow Simulation”

Se ha utilizado la versión de Solidworks 2010, que permite tanto diseñar piezas de cualquier forma, como simular con ellas una situación real, como sería la presión que soporta una pieza en un engranaje mecánico, o como en nuestro caso, el flujo y la velocidad del viento en un dominio concreto, introduciendo en el mismo un edificio con una geometría característica, que sea de interés.



Dentro de dicho programa informático, se ha elegido uno de sus complementos, el Solidworks Flow Simulation, una potente herramienta que nos resuelve las simulaciones en un dominio determinado, con unas condiciones de contorno exteriores, aplicadas sobre el volumen que contiene al flujo (aire) y en el que se realiza un mallado para llegar a la convergencia y conseguir los perfiles de velocidades del viento en la región de estudio.

Además, posee una gran ventaja, ya que es una herramienta capaz de visualizar las líneas de corriente, algo que tiene gran importancia para así poder comprender el fenómeno a estudiar, y que de forma analítica sería imposible hacerse una idea.



**Ilustración 4: Solidworks Flow Simulation aplicación**

## *Características y ventajas de Solidworks Flow Simulation*

**Integración completa con Solidworks.** Solidworks Flow Simulation está totalmente incrustado dentro del entorno de Solidworks. No hay que modificar los diseños de flujo para fluidos y análisis de la transferencia de calor

**Totalmente automático e innovadoras mallado tecnología.** Simulación de flujo de Solidworks puede capturar la geometría y resolverlo para calcular con precisión la capa límite automáticamente. Esta tecnología maneja bien de geometría muy delgada y resulta en una reducción significativa del número de células computacionales. Simulaciones que toman varias horas para los programas tradicionales de CFD pueden resolverse en menos tiempo.

**Modo de Asistente para configuración de análisis.** Solidworks Flow Simulation utiliza una interfaz de Asistente para configurar el análisis que fácil e intuitiva para resolver el problema. Los cuadros de diálogo y barras de herramientas son muy similares a la interfaz de Solidworks, con lo que la experiencia de usar Solidworks flujo simulación muy similares a Solidworks.

**Base de ingeniería objetivo análisis.** Simulación de flujo de Solidworks es un objetivo basado en el programa de análisis CFD. Simplemente indicar al programa qué estás interesado en como Max temperatura en la parte A, velocidad de Max en mi flujo, caudal en apertura 1, caída de presión a través de mi modelo etc. y se calcular estos objetivos y presentar al usuario después de la finalización del análisis. Esta funcionalidad le ayuda a obtener el mejor conocimiento de ingeniería en los diseños.

**Capacidad de análisis de CFD ampliado.** Simulación de flujo de Solidworks puede resolver una amplia gama de problemas, incluida la transferencia de calor conjugada, flujos subsónicos, supersónicos y compresibles, mezcla de gases, flujo alrededor de rotación de geometría, medios porosos, cavitación predicción, la humedad y el clima control y líquido estructura interacción.

### *¿Qué se puede hacer con Solidworks Flow Simulation?*

- Análisis de transferencia de calor
- Calcular el flujo de calor en la aproximación de las paredes adiabáticas o en sólidos.
- Especificar diferentes tipos de fuentes de calor.
- Asignar a los modelos una amplia gama de materiales sólidos guardados en la base de datos de ingeniería.
- Definir sus propios materiales asignándoles valores para propiedades físicas como conductividad térmica, capacidad calorífica, etc.
- Calcular el calor por radiación. La base de datos de ingeniería contiene superficies radiactivas como Pared de cuerpo negro, Pared de cuerpo blanco, Cuerpo gris con un albedo arbitrario y una amplia gama de superficies de materiales reales.

### Fluidos y tipos de flujo

Analizar el flujo de hasta diez fluidos de diferentes tipos (líquidos, gases/vapor, gases reales, líquidos no newtonianos y líquidos compresibles).

La base de datos contiene numerosos fluidos con propiedades predefinidas.

Analizar un problema con múltiples fluidos de diferentes tipos, siempre que separe las áreas de los diferentes fluidos utilizando subdominios de fluidos.

Analizar la disolución mutua de fluidos. Los fluidos de mezcla deben ser del mismo tipo.

Definir sus propios fluidos.

### Visualización de resultados

Solidworks Flow Simulation incluye estas operaciones para ver los resultados:

Trazados	Animaciones	Estudios de partículas
Trazados de perfil 3D	Trayectorias de flujo	Informes
Trazados de cortes	Objetivos	Parámetros de punto, superficie y volumen
Trazados de superficies	Superficies ISO	
Trazados XY		

**2**

**LA FACHADA**



## 2.1 La fachada ventilada. Composición y elementos

La fachada ventilada tiene antecedentes muy numerosos y asentados en la tradición constructiva, tantos como la cubierta ventilada tan conocida como "a la catalana", el tabique pluvial de larga tradición en el tratamiento de medianeras y la versión inglesa del la "cavity wall". De acuerdo con esto la fachada ventilada se compone fundamentalmente de dos hojas. La interior, de carácter resistente o no, y la exterior de protección frente a la acción directa de la lluvia y el sol, separando a ambas una cámara de aire en movimiento que permite mantener la temperatura ambiental, eliminar, facilitando la evaporación, el agua que haya podido penetrar en ella y entre ambas capas los materiales aislantes y los conectores o separadores elásticos de estas dos hojas, los anclajes.

La ventilación puede conseguirse facilitando el "tiro" con aberturas practicadas en el arranque y coronación de la cámara o mediante juntas abiertas entre las piezas del aplacado o revestimiento que forman la hoja exterior.



Ilustración 5: Edificio Cantalejo (Jerez) por "Alaplana"



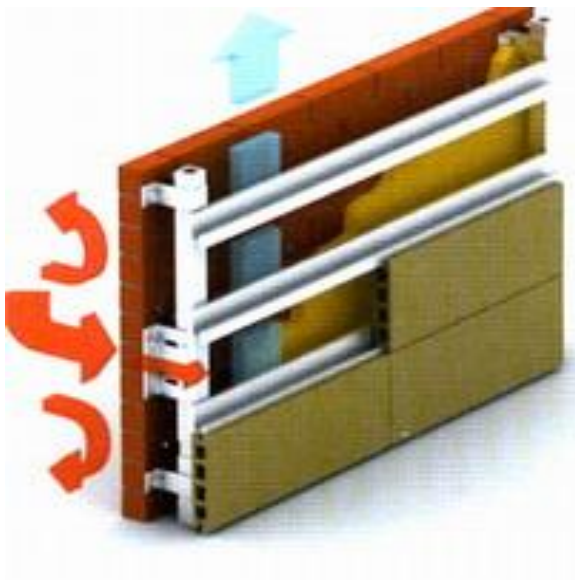
Ilustración 6: Edificio en Aldea por "Alaplana"



Ilustración 7: C.C. Aqua (Valencia) "DISSET ENGINEERING"



El desarrollo moderno, no obstante, de este concepto nace de la necesidad de separar un cerramiento de edificio que se considera, por una parte, que debe estar uniformemente aislado, sin solución de continuidad por forjado o elemento estructural alguno que actúe como puente térmico, y por otra protegido, también sin solución de continuidad, por un revestimiento "flotante", flexiblemente unido a él que le proteja de las acciones directas del sol, a modo de sombrilla, a la vez que le embellece con los materiales más nobles y duraderos o con los últimos diseños de composites, maderas tratadas o aleaciones que el mercado pone a disposición del técnico.<sup>6</sup>



**Ilustración 8: Perspectiva de las distintas capas que componen una fachada ventilada.**

---

<sup>6</sup> PARDA,C; PARICIO,I. Fachada ventilada y ligera.



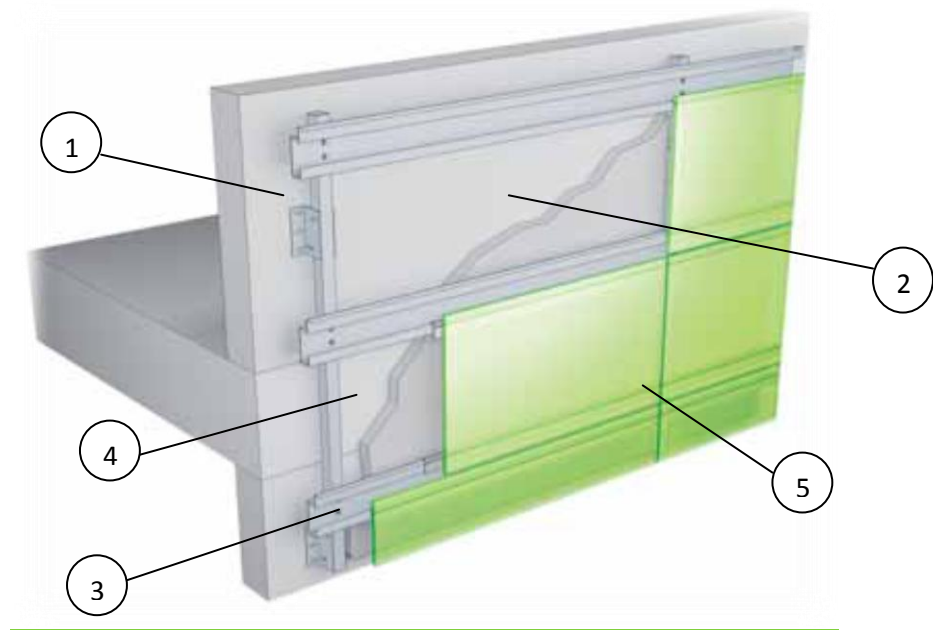
### **Ventajas frente a las fachadas convencionales**

- Protección de la hoja interior de cerramiento de la fachada y de la estructura de los saltos térmicos exteriores.
- La cámara ventilada mediante la corriente de aire evita condensaciones y humedades.
- Optimiza el aprovechamiento de la inercia térmica del muro portante.
- Elimina la totalidad de los puentes térmicos al colocar el aislamiento térmico por el exterior.

### **Ventajas frente a otras soluciones de fachadas**

- Mejora de la estabilidad dimensional del cuerpo del tratamiento frente a la acción térmica
- Continuidad del aislamiento térmico al poder “forrar” este la totalidad del edificio incluyendo los frentes de forjados, pilares de fachada etc. Manteniendo la temperatura del cerramiento dentro del abanico restringido de las temperaturas ambientales y controlando por tanto con mayor efectividad las condiciones higrotermicas del edificio, incluso en aquellos puntos rebeldes donde la condensación tradicionalmente es difícil de evitar.
- Libertad de elección del material de revestimiento entre los de más calidad
- Aligeramiento del sistema envolvente

## Componentes básicos



Esquema 1.1 Partes de una Fachada Ventilada

- 1 Hoja interior del cerramiento
- 2 Capa aislante térmico
- 3 Subestructura metálica
- 4 Cámara de aire
- 5 Hoja exterior flotante (cerámica)

## 1. Hoja interior del cerramiento

En una fachada ventilada el elemento soporte es el encargado de dar estabilidad a la composición, dotar de propiedades de aislamiento acústico al sistema y servir de soporte para el acabado interior de la edificación y el aislante térmico

Fundamentalmente existen dos tipos de elementos de soporte, según el sistema estructural del edificio:

- Si el cerramiento es un muro de carga, la subestructura se anclara directamente con anclajes puntuales. Las características acústicas dependerán directamente de su materialización, y este servirá de soporte directo tanto para el acabado interior como para la capa de aislante térmico
  
- Si la estructura es un entramado de pilares y vigas, la subestructura se anclara a estos mediante anclajes de sustentación. Sobre el forjado se apoyara una hoja de cerramiento de fabrica sin carácter estructural, encargado de recibir los esfuerzos horizontales a través de los anclajes denominados “de retención”, así como las funciones aislantes acústicas y servir de soporte para el aislante térmico.

## 2. Capa de aislante térmico

La característica fundamental del aislante será su alta resistencia térmica. Para su buen funcionamiento es necesario que el aislante térmico recubra todo el paramento de forma continua, eliminando los posibles puentes térmicos.

Existen en el mercado un gran número de aislantes térmicos, como el poliestireno extruido, poliuretano, fibras de vidria, etc. Se suministrarán en piezas rígidas que se anclaran al elemento soporte según prescripciones técnicas del fabricante o en forma líquida que se proyectara sobre el muro soporte, forjado y demás elementos que configuren el paramento exterior

### 3. Subestructura metálica

La subestructura es un entramado de perfiles metálicos que sostienen la capa exterior separada suficientemente del sistema para crear la cámara de aire necesaria para el correcto funcionamiento de la fachada ventilada

El entramado dependerá del sistema utilizado, pudiendo resolverse con elementos puntuales, elementos lineales verticales o elementos verticales y horizontales

Generalmente se utiliza perfilería de aluminio, por su ligereza y su amplio abanico de posibilidades de diseño, al ser un elemento extruido. En contrapartida están la baja resistencia y la mayor deformabilidad, si lo comparamos con el acero

El acero es el otro material utilizado en las subestructuras, normalmente en chapas galvanizadas conformadas en frío por plegado. Sin embargo, se utilizan poco por su elevado coste.

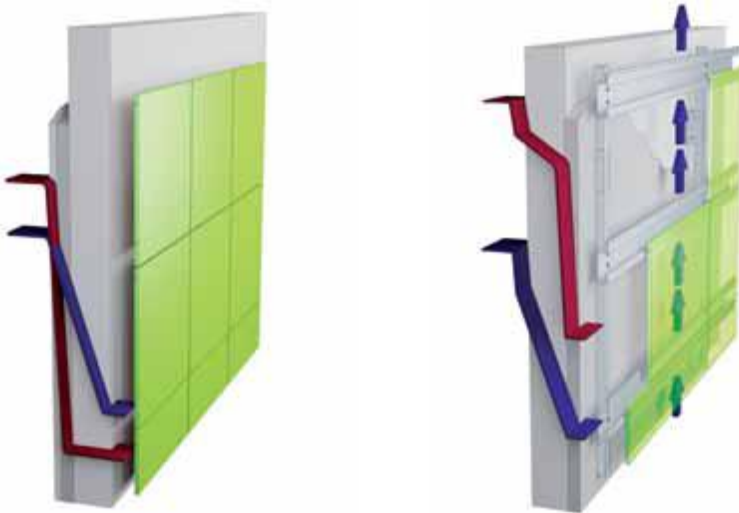
En todo caso, ha de tenerse en cuenta las incompatibilidades de los materiales que generen pares galvánicos por contactos entre materiales de diferente naturaleza como aleaciones de aluminio y acero inoxidable en atmosferas agresivas

La subestructura será la encargada de recibir y transmitir al elemento soporte las acciones verticales aplicadas, el peso de la hoja exterior y el propio peso y los esfuerzos horizontales del viento

#### 4. La cámara de aire

La cámara de aire es el elemento característico de toda fachada ventilada que la diferencia del resto de cerramientos convencionales.

Esta cámara permite la ventilación por el trasdós y aumenta considerablemente la eficiencia energética de estas fachadas, mejorando el comportamiento del aislamiento térmico, la eliminación de condensaciones, la eliminación de puentes térmicos y la protección contra el agua



Esquema 2. Eliminación de condensaciones

## 5. Paramento exterior

Las funciones del paramento exterior son:

- Configurar la cámara de aire y permitir su correcta ventilación. Para ello es fundamental estudiar el tamaño de junta y la separación del paramento con la capa del aislante térmico, que suele estar entorno a los cinco centímetros
- Los elementos de revestimiento exterior son los encargados de recibir las acciones horizontales directamente aplicadas sobre ellos y transmitirlos a la subestructura de la fachada ventilada. Como las piezas trabajan a flexión en una o dos direcciones, dependiendo del tipo de anclaje a la subestructura, se ha de comprobar su resistencia para dichas condiciones

Por último, la función estética ha pasado a ser uno de los requisitos fundamentales de los paramentos exteriores, debido a las exigencias de la cultura contemporánea, basada en la imagen, la marca, la singularidad o la identidad

Tabla 1. Características de los materiales utilizados en fachadas ventiladas

Características		Materiales								
		porcelánico natural	porcelánico pulido	mármol	caliza	granito	madera	plástico	aluminio lacado	hormigón
características dimensionales	UNE-EN ISO 10545-2	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	-	-
resistencia a la flexión	UNE-EN ISO 10545-4	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	bajo	alto
resistencia a la helada	UNE-EN ISO 10545-12	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	bajo
permeabilidad	BS 4131	alto	alto	medio	medio	medio	medio	medio	alto	bajo
relación masa/superficie		medio	medio	bajo	bajo	bajo	medio	medio	alto	bajo
expansión por humedad		alto	alto	alto	alto	alto	bajo	bajo	-	medio
dilatación térmica lineal	UNE-EN ISO 10545-8	alto	alto	alto	alto	alto	bajo	bajo	bajo	medio
resistencia a las manchas		alto	alto	bajo	alto	bajo	alto	alto	medio	bajo
corrosión niebla salina	UNE 112017 ISO 9227	alto	alto	bajo	bajo	alto	alto	alto	alto	bajo
atmósfera SO2	UNE-EN ISO 6988	alto	alto	bajo	bajo	medio	medio	alto	alto	bajo
envejecimiento solar	UNE-EN ISO 11341 (M2, C-A)	alto	alto	bajo	bajo	medio	bajo	medio	medio	-

### **Funcionamiento**

La fachada ventilada en su conjunto, proporciona un eficaz aislamiento frente al calor extremo, gracias a la suma de sus diferentes estratos (ESQUEMA 1.2). El primer elemento que interviene en el aislamiento, es la piel externa, que protegerá al resto del sistema de la acción directa de los rayos de sol. El calor generado en el intradós de la piel por la incidencia de los rayos solares calienta el aire de la cámara disminuyendo su densidad, provocando la ascensión del mismo. De este modo se produce un flujo de aire por el interior de la cámara que extrae el aire caliente.



Esquema 1.2. Estaciones Cálidas



Esquema 1.3. Estaciones Frías

Finalmente el aislante térmico, o tercera capa, debe cubrir todo el muro del cerramiento de forma continua eliminando los posibles puentes térmicos

Durante las estaciones frías la fachada ventilada funciona de un modo distinto (ESQUEMA 1.3), ya que la temperatura elevada se encuentra en el interior de la edificación. Por lo tanto la primera barrera que impide las pérdidas caloríficas será el muro y seguidamente el aislante térmico adherido. Por último, el movimiento ascendente de aire caliente mantendrá seca la superficie del aislamiento

## 2.2 La fachada convencional

### 2.2.1 Evolución de la fachada convencional sin cámara de aire a la ventilada

Ante las crecientes exigencias de calidad que se le piden a la fachada, surge la **fachada ventilada** como respuesta al agotamiento en la evolución de la convencional.

En un principio, el muro macizo tradicional solucionaba las exigencias más importantes de la construcción y el confort gracias a su espesor. Estas fachadas de pie y medio de ladrillo soportaban grandes cargas y además de garantizar la estanqueidad, proporcionaban un aislamiento térmico eficaz gracias a su inercia térmica.

Durante las primeras décadas de este siglo, la difusión de las estructuras porticadas de acero u hormigón, cambió radicalmente el escenario técnico de la construcción de muros de cerramiento. Las fachadas afinaban sus espesores al verse liberadas de su misión portante. Los cerramientos exteriores se insertaban en las estructuras sin tener en cuenta el comportamiento mecánico del edificio. La junta entre los muros y estructura no podía garantizar la estanqueidad cuando la estructura entraba en carga.

Para mejorar este tipo de fachada se forma una cámara de aire separando dos hojas, una exterior de medio pie y otra interior, resuelta con un tabique sencillo. Introduciendo en la cámara un material aislante se mejora el aislamiento térmico de la fachada.

La imagen exterior que presenta este tipo de fachada es la de un muro portante tradicional, por ello se cubren los cantos de los forjados con piezas cerámicas y se ocultan los elementos estructurales que realmente soportan el edificio.



La fachada ventilada pretende mejorar el comportamiento de la convencional, en cuanto a:

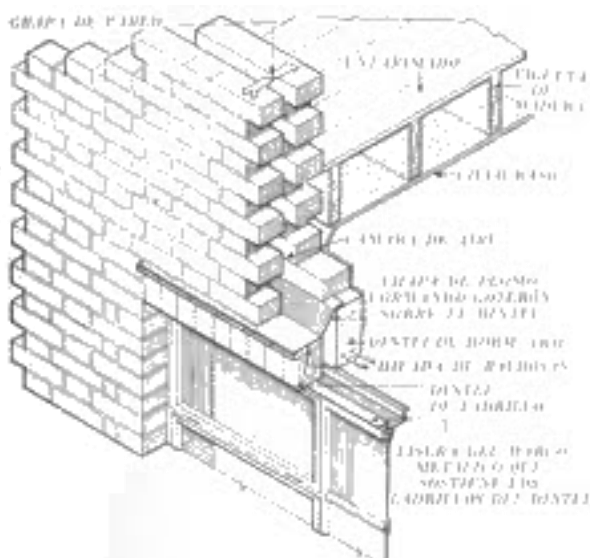
- Protección térmica
- Estanqueidad
- Estabilidad
- Limitaciones de uso

### 2.2.1 Componentes

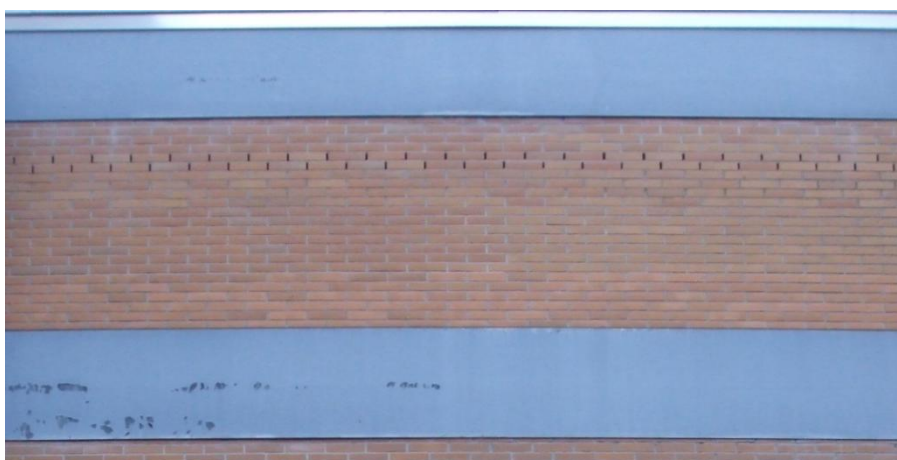
Para solucionar estos puntos, la fachada convencional evoluciona hacia una progresiva separación de las dos hojas, pero continúa inserta en la estructura y apoyada en cada forjado del edificio. Como alternativa está la fachada ventilada, formada por:

- Una **hoja exterior** continúa, que no se apoya directamente en la estructura del edificio. Esta hoja exterior debe ser absolutamente libre, deformándose independientemente de la hoja interior y del edificio. Su misión constructiva principal es la de formar la cámara mediante un muro, generalmente de 1/2 pie de ladrillo cara vista que define la imagen exterior del edificio.
- Una **cámara de aire** ventilada y continua en toda la fachada, cuya misión es la de cerrar el paso del agua desde la hoja exterior a la interior y evacuar la humedad gracias a su continua ventilación. Su espesor oscila entre 3 y 10 cm.
- Una hoja de **cerramiento interior** que se apoya directamente en la estructura del edificio. Su misión es la de garantizar el cierre del espacio interior y a su vez servir de soporte estabilizador de la hoja de cerramiento exterior gracias a las llaves que unen ambas hojas.

- Un material **aislante térmico**, que en caso de ser necesario se debe colocar adosado a la hoja interior del cerramiento. También se tendrá en cuenta la necesidad de utilizar una barrera contra el vapor, en función de las condiciones higrotermicas del edificio y su entorno.



**Ilustración 9** Detalle de muro de ladrillo denominado “Cavity Wall”



**Ilustración 10:** Fotografía de un “Cavity Wall”

Las fachadas que vamos a analizar son muros multicapas, normalmente con cámara de aire, que se caracterizan, dada su ligereza y pequeño espesor, por su baja inercia térmica por lo que requieren la utilización de un aislamiento para mejorar sus características térmicas.



**Ilustración 11: Perspectiva de un cerramiento convencional de doble hoja con acabado en ladrillo caravista**

Dichos cerramientos deben cumplir las siguientes exigencias:

- Deben construirse de tal forma que la demanda energética anual del edificio, necesaria para alcanzar el bienestar térmico, debe limitarse en función de la ubicación, del uso del edificio y del régimen de verano-invierno 4 .
- La contribución de los cerramientos a la demanda energética del edificio se determina teniendo en cuenta sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.
- Se ejecutarán de tal forma que no presenten humedades de condensación en su superficie interior, ni dentro de la masa de cerramientos que degraden sus condiciones
- Se tratarán adecuadamente los soportes del cerramiento que puedan tener puentes térmicos.



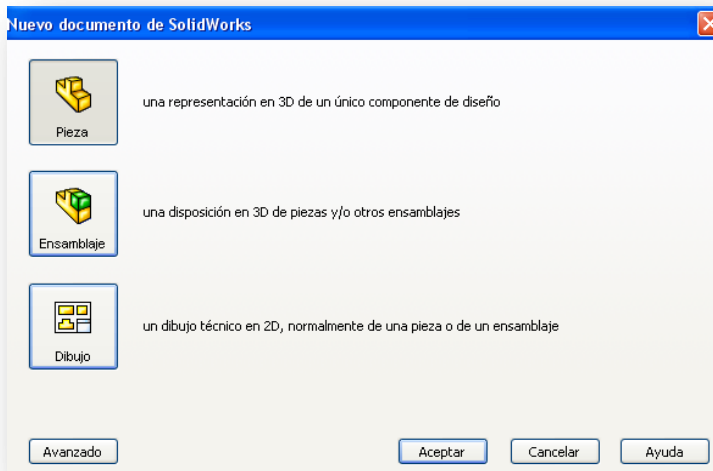
# 3

## SIMULACIÓN



Como ya hemos citado anteriormente, la simulación la realizaremos con la aplicación Solidworks Flow Simulation.

Previamente, deberemos crear nuestro modelo de edificio con el cual queremos simular. Esto se realiza con el programa Solidworks



Antes de comenzar a utilizar el Software, es importante entender los componentes que conforman un modelo Solidworks

El primer elemento y más básico de un modelo Solidworks es una **PIEZA**.

Las piezas son la geometría y características primitivas tales como extrusiones, revoluciones, barridos, etc.

El segundo componente es el **ENSAMBLAJE**. Los ensamblajes son colecciones de piezas que se ensamblan de manera particular a través de relaciones de posición

Cualquier modelo complejo suele consistir en uno, o varios ensamblajes

El tercer componente, y final en Solidworks es el **DIBUJO**

Un dibujo es la forma típica de representar un modelo 3D de manera que cualquier ingeniero o fabricante puede volver a crear la pieza

En un principio, la idea de este proyecto era modelizar un edificio con fachada ventilada, para conocer el comportamiento del aire en la cámara; Sin embargo, por falta de medios informáticos, nos vimos en la obligación de simular en un principio un edificio con fachada convencional, para conocer el comportamiento del aire al colisionar con él, para a continuación, solventar los problemas informáticos y finalmente poder simular el mismo edificio en el caso de que estuviera revestido exteriormente con una fachada ventilada.

Como ya se ha explicado, primero se crean las distintas piezas que componen la fachada. Por ejemplo, en el caso de la fachada ventilada, se crearon los montantes, las grapas, los tornillos, los angulares, y las piezas cerámicas.

Con todo ello, se crea un ensamblaje, repitiendo cada pieza las veces que sea necesario y colocando todo en su posición correcta, según un previo replanteo de las dimensiones de la fachada y sus retranqueos con respecto al un modulo único, la pieza cerámica vista.

Las distintas piezas creadas se adjuntan en los anexos de este documento.

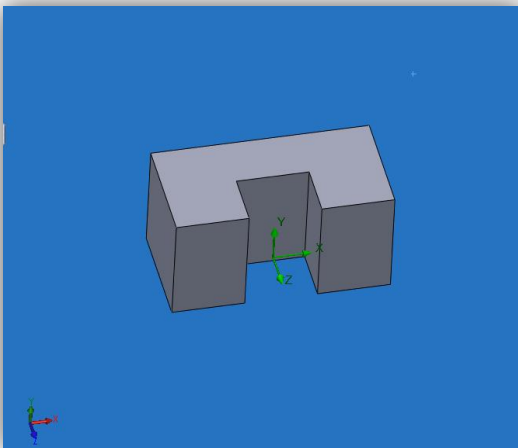
El ensamblaje final lo iremos viendo a medida que avancemos con la simulación



Una vez diseñadas todas las piezas que van a componer la fachada, y ensambladas entre sí, las ensamblaremos en el edificio a estudiar:

Se trata de un edificio de 12 m. de altura, una sección de 12 x 24 m. que contiene en una de sus fachadas un retranqueo central de 4 x 6 m.

También destacar que para que la simulación sea correcta, deberemos de haber insertado en el ensamblaje un suelo para el edificio, con el fin de que el aire no fluya por la parte inferior de este, ya que si no no sería una simulación con condiciones reales.



**Ilustración 12: Perspectiva del edificio objeto de estudio**

A continuación ya podemos empezar a insertar las condiciones para nuestra simulación

El primer paso es cargar el complemento de Solidworks, “Solidworks Flow Simulation 2010”

### Condiciones de contorno

→ Para comenzar, debemos de crear un dominio computacional, que es el volumen que deseamos que haya en total de fluido. Es recomendable que este volumen tenga su centro de coordenadas en el mismo centro del edificio, y que a partir de ese punto insertemos a todas las direcciones las dimensiones

Las dimensiones recomendables del dominio computacional son 2.5 veces la dimensión a que está referida, es decir, si el edificio tiene de altura 12 metros, el dominio seria 2.5 x 12 m.

En el caso de la anchura, el edificio tiene 24 metros, por lo tanto pondremos 2.5 x 24 a cada lado del edificio.

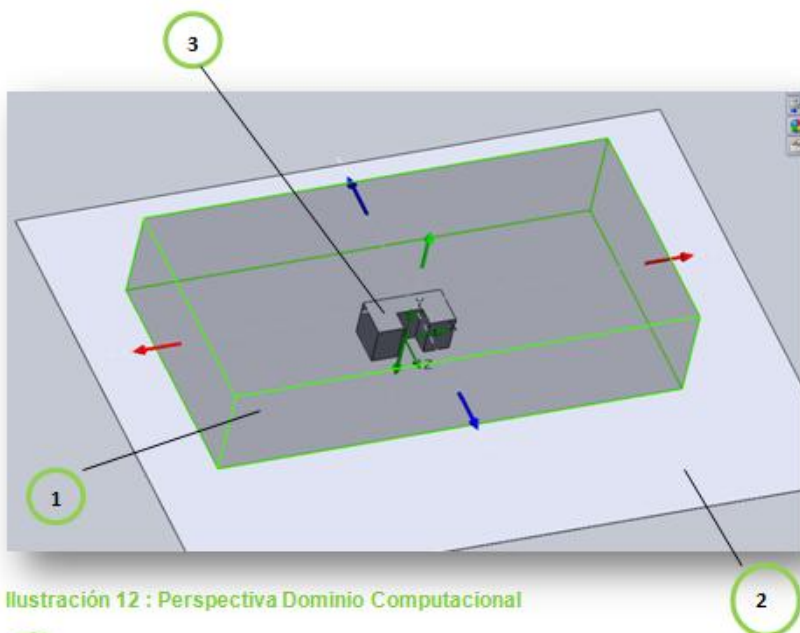


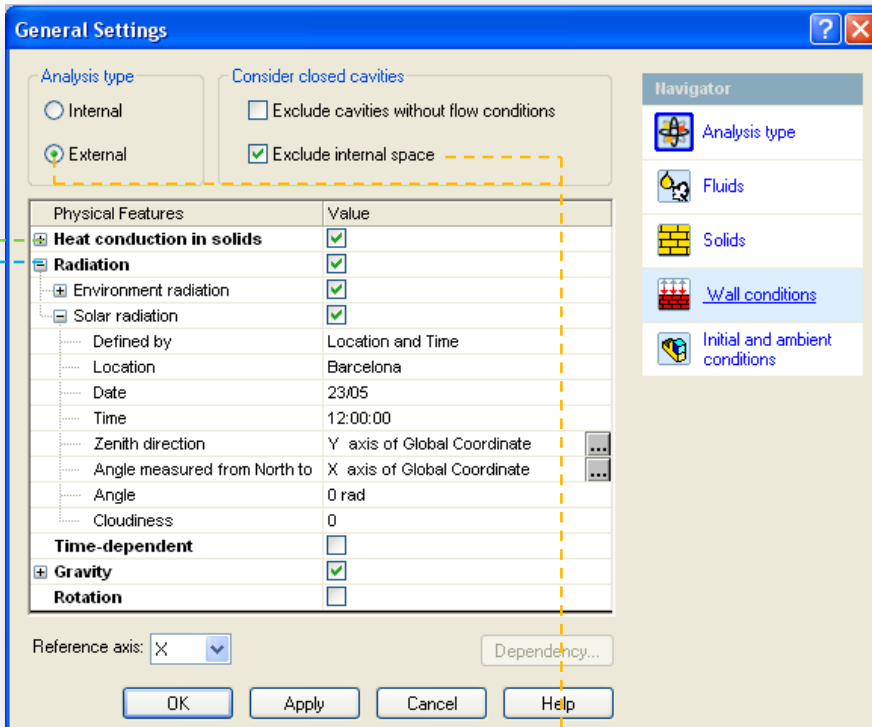
Ilustración 12 : Perspectiva Dominio Computacional

- 1 Dominio Computacional
- 2 Suelo
- 3 Edificio objeto de análisis

En este proyecto en concreto, las coordenadas del dominio computacional respecto a las coordenadas del centro del edificio son:

<b>COMPUTACIONAL DOMAIN (SIZE)</b>	
<b>X min.</b>	-72 m
<b>X máx.</b>	72 m
<b>Y min.</b>	-0.5 m
<b>Y máx.</b>	30 m
<b>Z min.</b>	-36 m
<b>Z máx.</b>	36 m

A continuación se crea un nuevo proyecto de simulación y vamos insertando las condiciones de contorno:

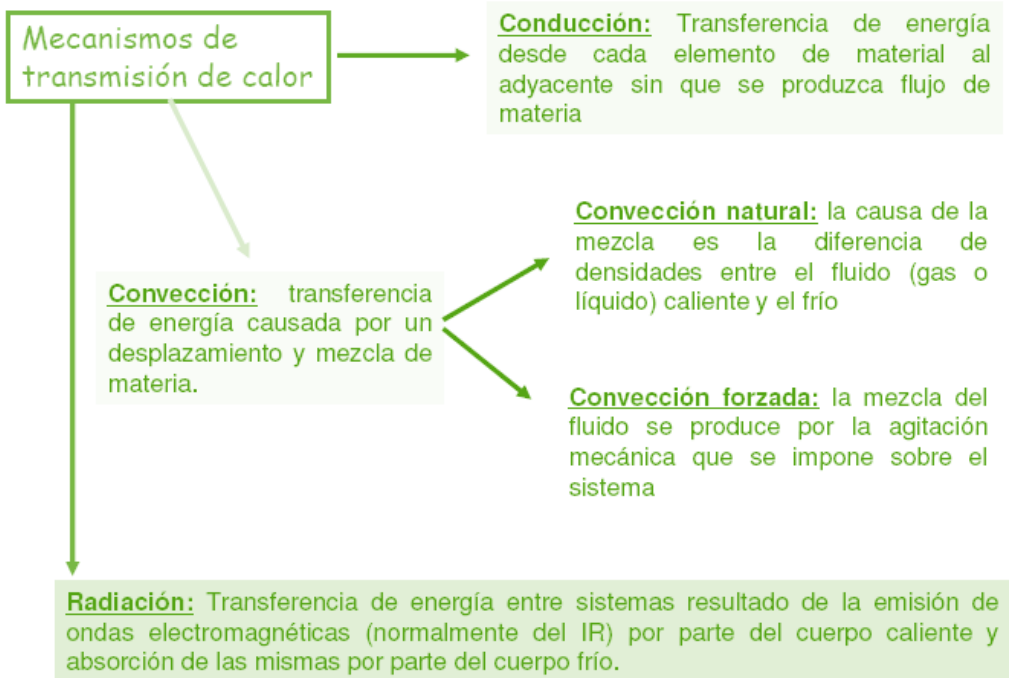


El tipo de análisis que queremos conseguir es del contorno del edificio, es decir, de su fachada; Por lo tanto, elegiremos análisis externo, para que el fluido (aire) se mueva alrededor de nuestro edificio. Como no queremos datos del movimiento del fluido en el interior, excluimos el espacio interno.

Como deseamos que se produzca conducción de calor por convección del aire, activaremos esta casilla.

Sometemos a nuestro edificio a unas condiciones lo más cercanas posibles a la realidad, por tanto, activaremos la pestaña de radiación y elegiremos una ubicación

y el momento exacto en que deseamos realizar la simulación. La radiación solar y el flujo de viento estas íntimamente relacionadas

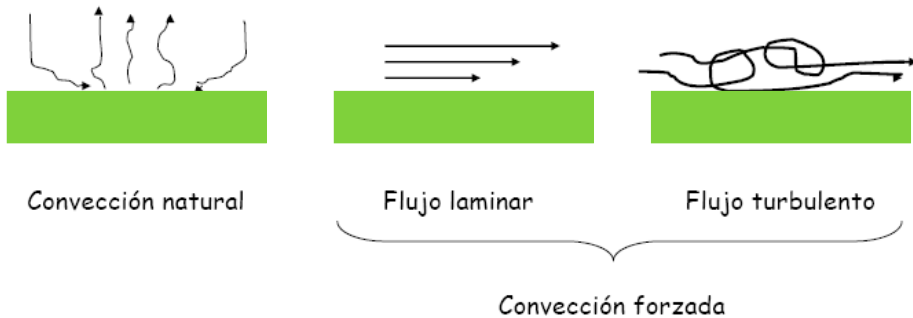


### ***Convección***

Para que exista transmisión de calor por convección se considera que el calor fluirá a través del aire, medio cuyas partículas presentan movimiento relativo

El caso más elemental de convección es aquel que la única fuerza actuante sobre el aire es la producida por la gravedad sobre la diferencia de densidad de aire, debido a la diferencia de temperatura.

Cuando un fluido se encuentra en contacto con una superficie a distinta temperatura, el calor se transfiere a una velocidad que depende de la densidad del fluido, su viscosidad y de que se esté desplazando por procesos de convección natural o por convección forzada por ejemplo con una bomba o turbina.



### Radiación Solar

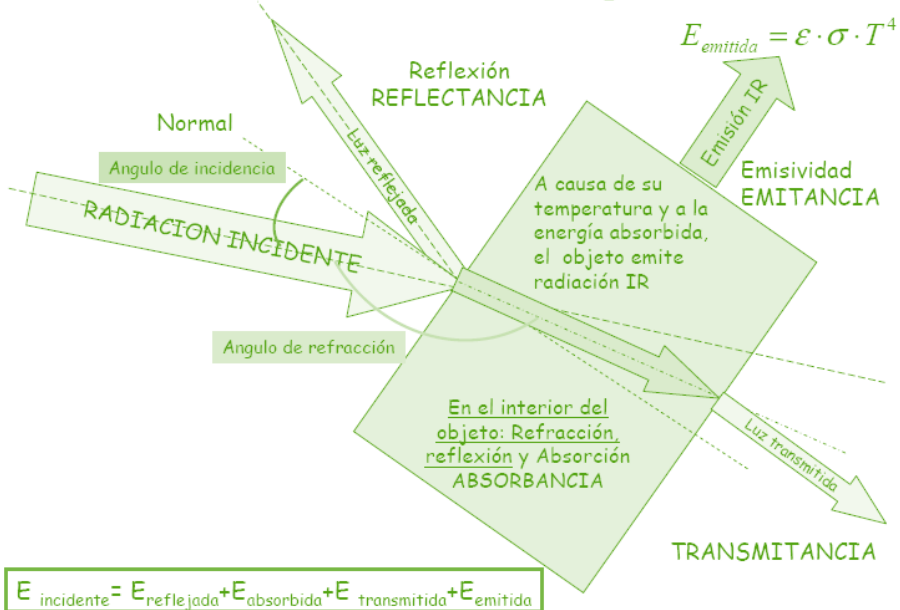
Localización	Barcelona
Fecha	23/05
Hora	12:00:00
Dirección del Cenit	Y axis of Global coordinate system
Angulo medido desde Norte	X axis of Global coordinate system
Angulo	0 rad
Nubosidad	0

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión. Por tanto, el Sol es el motor del viento.

Los vientos son generados a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre por parte de la radiación solar, entre el 1 y 2% de la energía proveniente del sol se convierte en viento. De día, las masas de aire sobre los océanos, los mares y los lagos se mantienen frías con relación a las áreas vecinas situadas sobre las masas continentales.

Los continentes absorben una menor cantidad de luz solar, por lo tanto el aire que se encuentra sobre la tierra se expande, y se hace por lo tanto más liviana y se eleva. El aire más frío y más pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente.

### Interacción de la radiación con los cuerpos

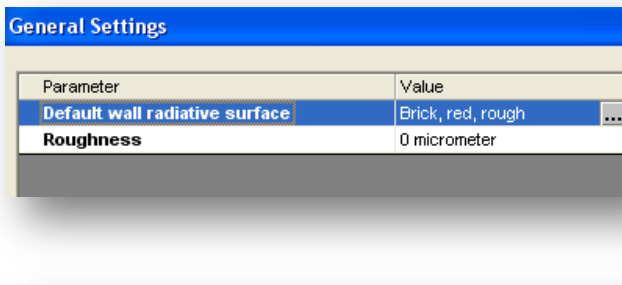


## Gravedad

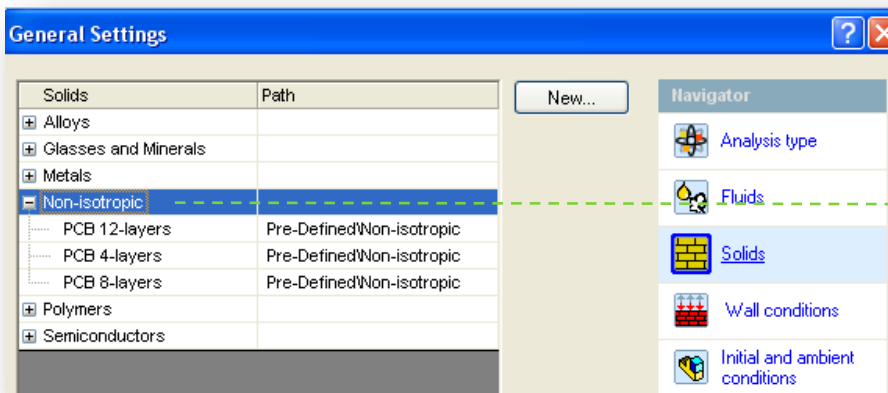
Componente X	0 m/s <sup>2</sup>
Componente Y	-9.81 m/s <sup>2</sup>
Componente Z	0 m/s <sup>2</sup>

Solidworks resuelve problemas de flujo turbulento por defecto. Al plantear problemas de convección natural, es necesario que incluyamos la gravedad y definamos la componente del vector de aceleración, que en nuestro caso actuará en la dirección del eje Y negativo de valor  $A_y = -9.81 \text{ m/s}^2$ .

Ya explicado el proceso de transmisión de calor por convección, hay que saber que depende del material empleado en nuestra fachada, tendrá mayor o menor absorción del calor. Por consiguiente, debemos seleccionar el material



Como queremos que nuestra fachada sea convencional, seleccionamos un ladrillo cerámico rojo.

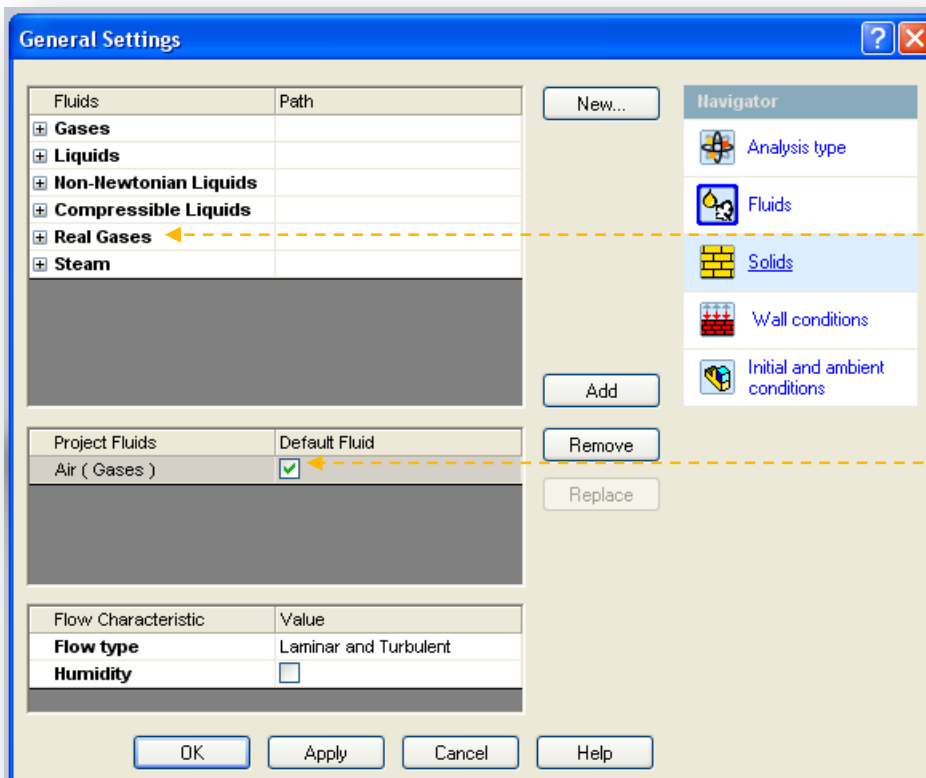




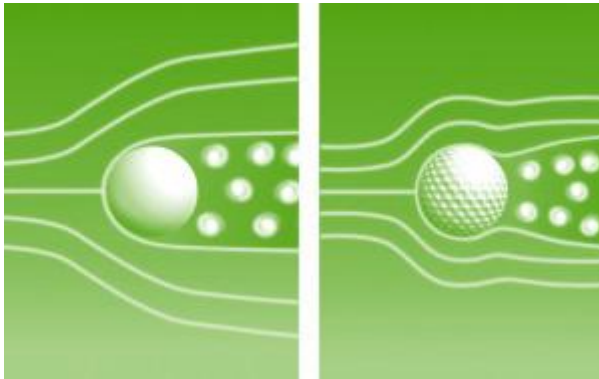
→ Un material es anisotrópico si sus propiedades mecánicas son diferentes en diferentes direcciones. En general, las propiedades mecánicas de los materiales anisotrópicos no son simétricas con respecto a ningún plano o eje. Los materiales ortotrópicos a veces se denominan anisotrópicos.

### Fluidos

El fluido que utilizaremos en nuestra simulación, como ya hemos comentado, será el aire, así que lo seleccionamos en la lista de Gases



Ya sabemos que el aire posee un flujo tanto laminar como turbulento, dependiendo de la velocidad de este. SolidWorks aplica esta característica automáticamente al seleccionar al aire como el fluido de la simulación

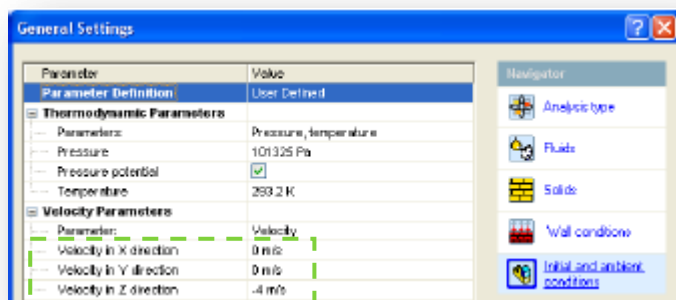
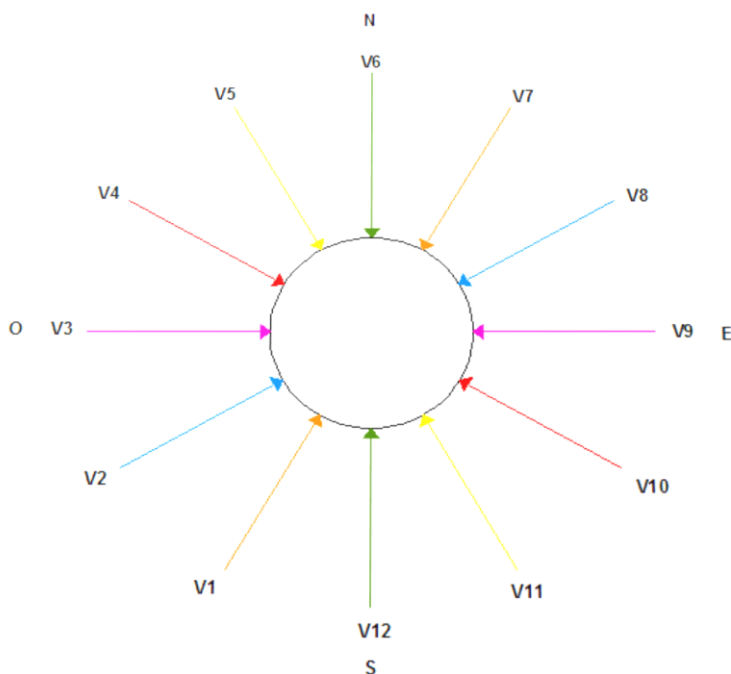


**Ilustración 13: Flujo laminar (izqda.) y turbulento (dcha.) del aire al colisionar con un Solido**

Por último, debemos introducir en la aplicación, cual es la velocidad del aire que queremos simular.

Se analiza sobre 12 direcciones diferentes haciendo un barrido de 360°. Se plantean 12 direcciones distintas con 5 velocidades. Siguiendo el modelo lineal empleado para la convección natural de los fluidos y considerando una relación lineal al igual que Y. Liu y el modelo lineal de Kimura, para velocidades de hasta 5 m/s. Los valores obtenidos a barlovento y sotavento tendrán una relación lineal en función de la dirección del viento

Para introducir los valores de la velocidad en Solidworks, se ha de hacer una descomposición previa, mediante razones trigonométricas, para obtener los valores de los doce vectores en los ejes X y Z



**Descomposición del viento a 1 m/s en 12 direcciones**

VELOCIDAD	SENO	COSENO	HIPOT.
V1	0,50	-0,87	1
V2	0,87	-0,50	1
V3	1,00	0,00	1
V4	0,87	0,50	1
V5	0,50	0,87	1
V6	0,00	1,00	1
V7	-0,50	0,87	1
V8	-0,87	0,50	1
V9	-1,00	0,00	1
V10	-0,87	-0,50	1
V11	-0,50	-0,87	1
V12	0,00	-1,00	1

**Descomposición del viento a 2 m/s en 12 direcciones**

VELOCIDAD	SENO	COSENO	HIPOT.
V1	1,00	-1,73	2
V2	1,73	-1,00	2
V3	2,00	0,00	2
V4	1,73	1,00	2
V5	1,00	1,73	2
V6	0,00	2,00	2
V7	-1,00	1,73	2
V8	-1,73	1,00	2
V9	-2,00	0,00	2
V10	-1,73	-1,00	2
V11	-1,00	-1,73	2
V12	0,00	-2,00	2

**Descomposición del viento a 4 m/s en 12 direcciones**

VELOCIDAD	SENO	COSENO	HIPOT.
V1	2,00	- 3,46	4
V2	3,46	- 2,00	4
V3	4,00	0,00	4
V4	3,46	2,00	4
V5	2,00	3,46	4
V6	0,00	4,00	4
V7	- 2,00	3,46	4
V8	- 3,46	2,00	4
V9	- 4,00	0,00	4
V10	- 3,46	- 2,00	4
V11	- 2,00	- 3,46	4
V12	0,00	- 4,00	4

**Descomposición del viento a 6 m/s en 12 direcciones**

VELOCIDAD	SENO	COSENO	HIPOT.
V1	3,00	-5,20	6
V2	5,20	- 3,00	6
V3	6,00	0,00	6
V4	5,20	3,00	6
V5	3,00	5,20	6
V6	0,00	6,00	6
V7	- 3,00	5,20	6
V8	- 5,20	3,00	6
V9	- 6,00	0,00	6
V10	- 5,20	- 3,00	6
V11	- 3,00	- 5,20	6
V12	0,00	- 6,00	6

### Tablas inserción de vectores en SolidWorks

En el edificio se han posicionado sondas en varias plantas, a una altura aproximada de 1, 6 y 10.5 metros.

Para el cálculo del coeficiente de convección superficial exterior en la fachada convencional se ha tomado la velocidad a una distancia de la piel exterior de 80 cm. En el caso de la fachada ventilada, dichas sondas se han colocado en el punto central de la distancia entre la piel interior y exterior de la misma, es decir, en el centro de la cámara de aire.

El programa SolidWorks nos proporciona la opción de insertar el viento por sus componentes x, y, z. La componente “y” es la cenital, por lo que directamente la descartamos. Solo descomponemos el viento en 2 dimensiones, obteniendo las siguientes tablas:

1 m/s		
	X	Z
Vectores	V1	0,50 -0,87
	V2	0,87 -0,50
	V3	1,00 0,00
	V4	0,87 0,50
	V5	0,50 0,87
	V6	0,00 1,00
	V7	-0,50 0,87
	V8	-0,87 0,50
	V9	-1,00 0,00
	V10	-0,87 -0,50
	V11	-0,50 -0,87
	V12	0,00 -1,00

2 m/s		
	X	Z
Vectores	V1	1,00 -1,73
	V2	1,73 -1,00
	V3	2,00 0,00
	V4	1,73 1,00
	V5	1,00 1,73
	V6	0,00 2,00
	V7	-1,00 1,73
	V8	-1,73 1,00
	V9	-2,00 0,00
	V10	-1,73 -1,00
	V11	-1,00 -1,73
	V12	0,00 -2,00

4 m/s			
	X	Z	
Vectores	V1	2,00	-3,46
	V2	3,46	-2,00
	V3	4,00	0,00
	V4	3,46	2,00
	V5	2,00	3,46
	V6	0,00	4,00
	V7	-2,00	3,46
	V8	-3,46	2,00
	V9	-4,00	0,00
	V10	-3,46	-2,00
	V11	-2,00	-3,46
	V12	0,00	-4,00

6 m/s			
	X	Z	
Vectores	V1	3,00	-5,20
	V2	5,20	-3,00
	V3	6,00	0,00
	V4	5,20	3,00
	V5	3,00	5,20
	V6	0,00	6,00
	V7	-3,00	5,20
	V8	-5,20	3,00
	V9	-6,00	0,00
	V10	-5,20	-3,00
	V11	-3,00	-5,20
	V12	0,00	-6,00

8 m/s			
	X	Z	
Vectores	V1	4,00	-6,93
	V2	6,93	-4,00
	V3	8,00	0,00
	V4	6,93	4,00
	V5	4,00	6,93
	V6	0,00	8,00
	V7	-4,00	6,93
	V8	-6,93	4,00
	V9	-8,00	0,00
	V10	-6,93	-4,00
	V11	-4,00	-6,93
	V12	0,00	-8,00

## Point Goals

Por último, antes de comenzar la simulación, debemos insertar en nuestro edificio los puntos donde queremos que analice las distintas velocidades, a modo de sondas.

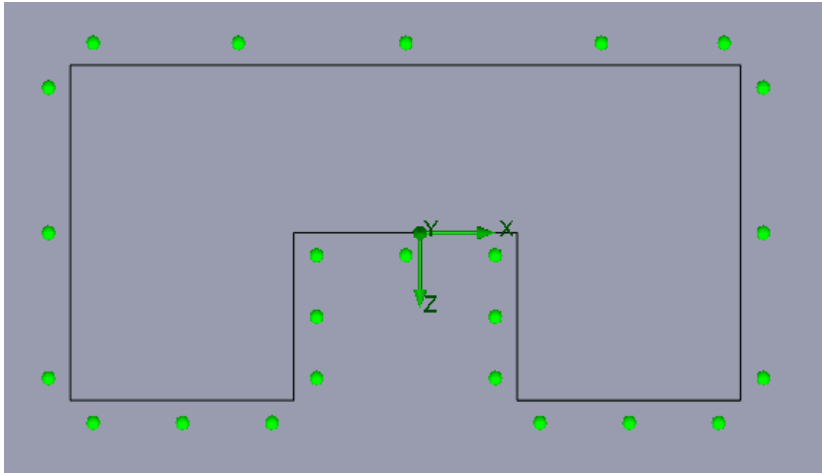
Vamos a generar dos tipos puntos diferenciados, unos en la zona exterior de nuestra fachada, aproximadamente a 80 centímetros de esta y otros, en la cámara de aire de la fachada, para analizar la repercusión del viento en la hoja interior de esta. En cada cara, los puntos se situaran a 3 alturas distintas, unos a 80 centímetros del suelo, otros en la parte intermedia y los últimos, a 80 centímetros por debajo de la cubierta. Se han insertado multitud de puntos, con el fin de poder comprobar la validez de los datos obtenidos

Se pueden disponer tantos puntos como se crea necesario, aunque existe la desventaja de que contra más puntos de estudio haya, más tiempo tardara la simulación, ya que habrá más número de convergencias. El programa de simulación crea una especie de mallado en el edificio objeto. En torno a cada punto de esta malla se construye un volumen de control que no se solapa con los de los puntos vecinos. De esta forma, la ecuación de dinámica de fluidos se aplica sobre cada punto, hasta llegar a su convergencia y finalmente llegar a la consecución de los perfiles de velocidades en la región de estudio

Como mas adelante podremos comprobar, los valores obtenidos a barlovento y sotavento tienen una relación lineal en función de la dirección del viento.

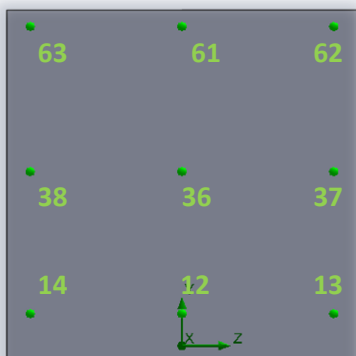


En el presente proyecto, se han creado los siguientes Point Goals:

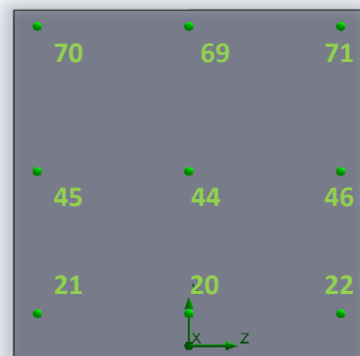


**Ilustración 14: Planta del edificio con los correspondientes Point Goals**

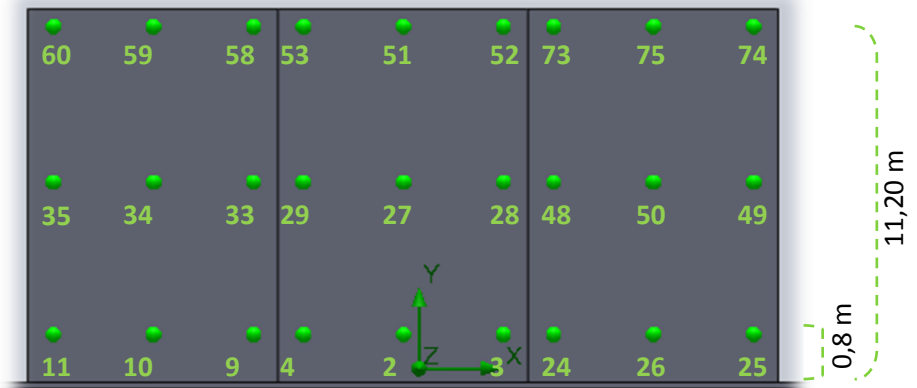
En la cara del edificio que mide 24 metros, hemos insertado los puntos en 4 zonas distintas, las caras que miden 12 metros, en 3 zonas y la cara frontal, donde está el retranqueo, se han colocado los mismos aunque midan menos, ya que serán las zonas donde más cambios hallan en las velocidades del fluido y se crearan turbulencias



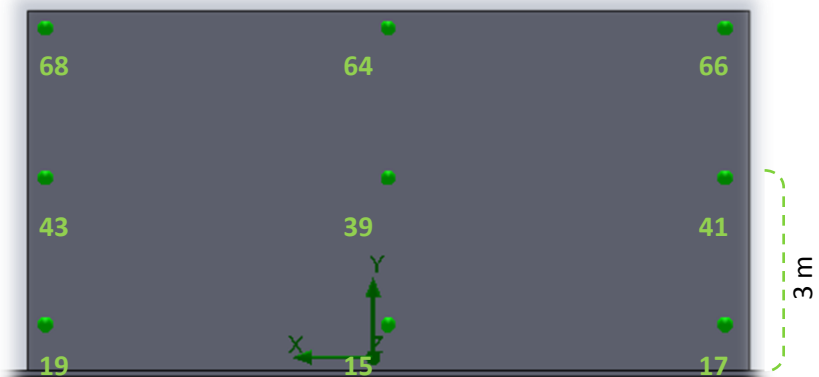
**Cara Oeste**



**Cara Oeste**

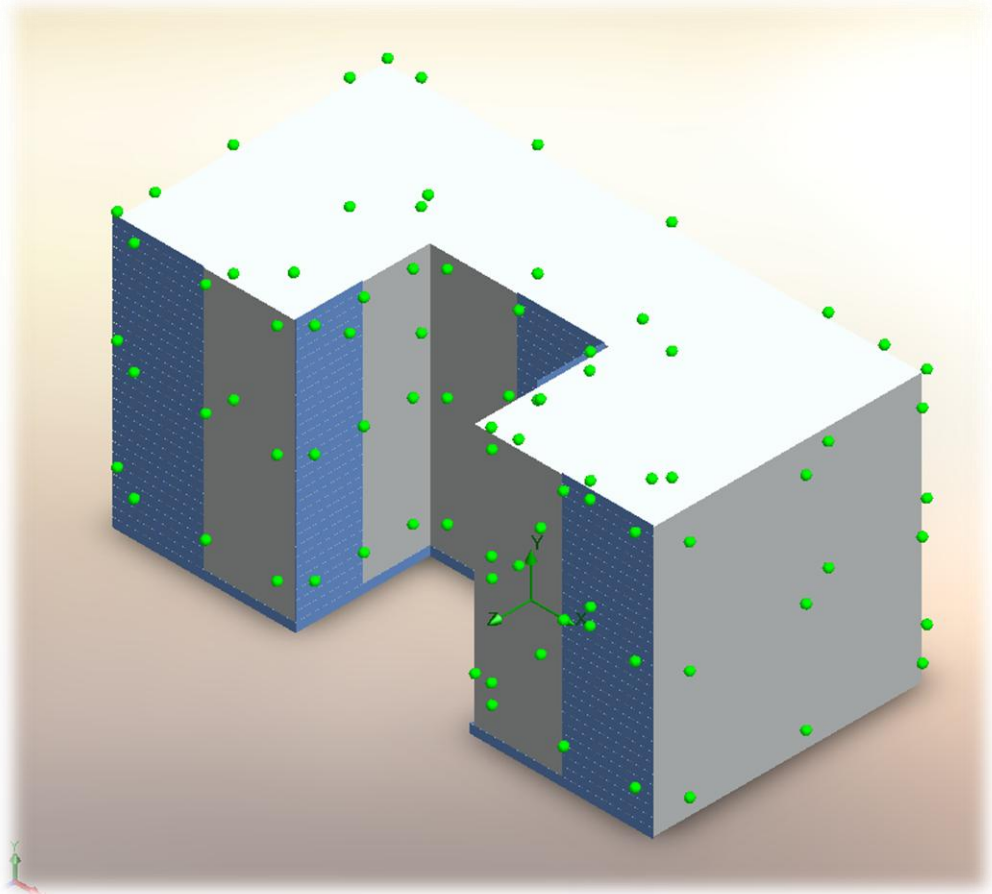


Cara Norte



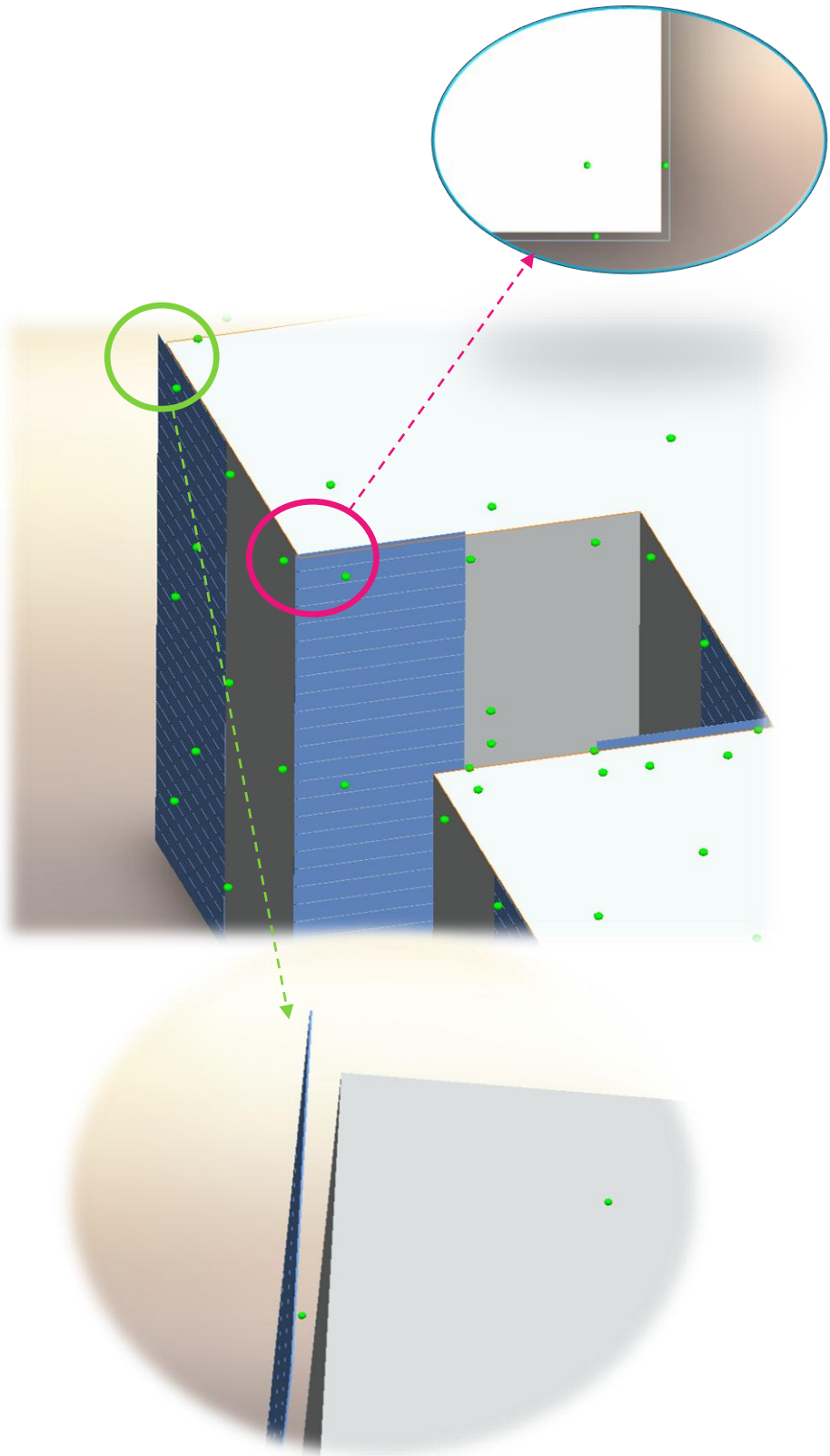
Cara Sur

Y ahora veamos los mismos puntos pero en la cámara de aire



Realmente, el programa Solidworks, nos da la vista previa de un edificio con puntos en su cara exterior, pero esos puntos están en la cámara que existe entre el paramento interior y la hoja exterior de la fachada.

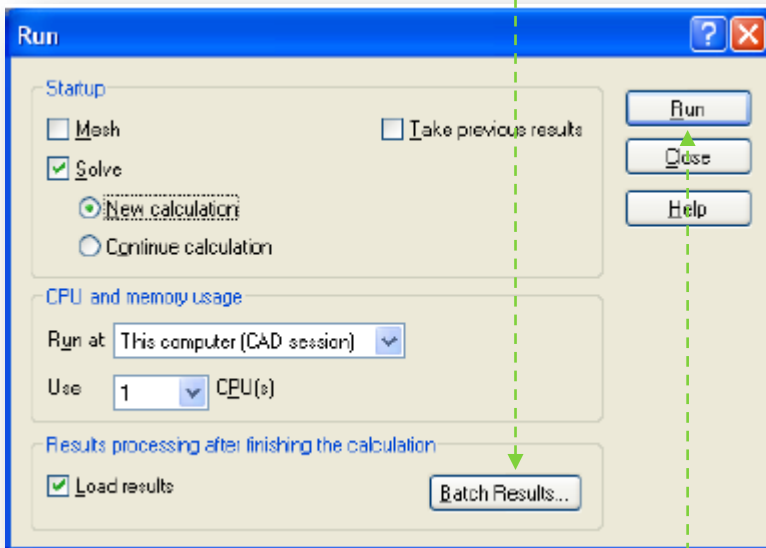
Lo comprobamos haciendo un zoom en la imagen y creando algunos detalles que mostramos a continuación:



Ahora ya tenemos todos los datos introducidos, solo nos queda iniciar la simulación mediante el icono *Run* y nos saldrá la siguiente pantalla donde seleccionaremos las siguientes opciones:

- Solve
- New Calculation

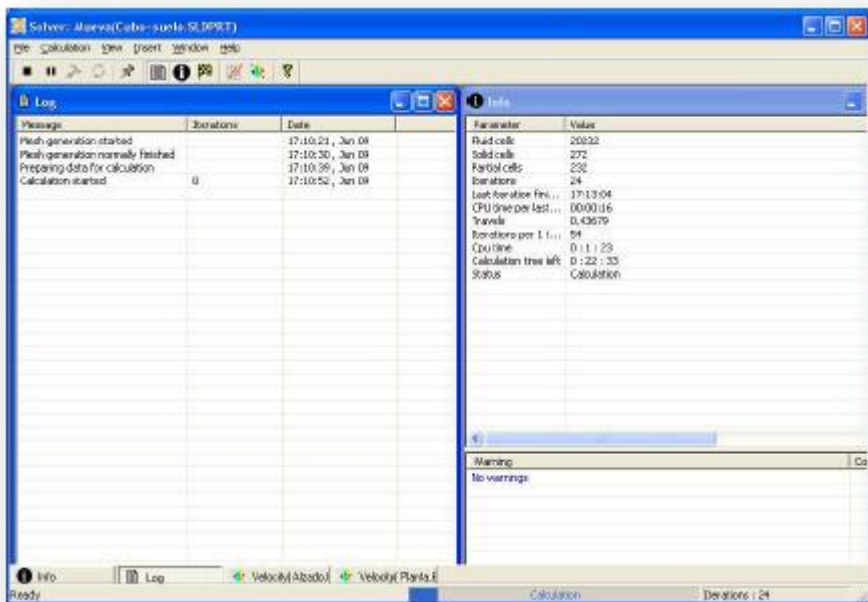
En la pestaña “Batch Results” tenemos la opción de decidir donde queremos que nos guarde el Excel que genera con la simulación con los datos



Ahora, es el momento de comenzar la simulación, seleccionando la pestaña “Run”

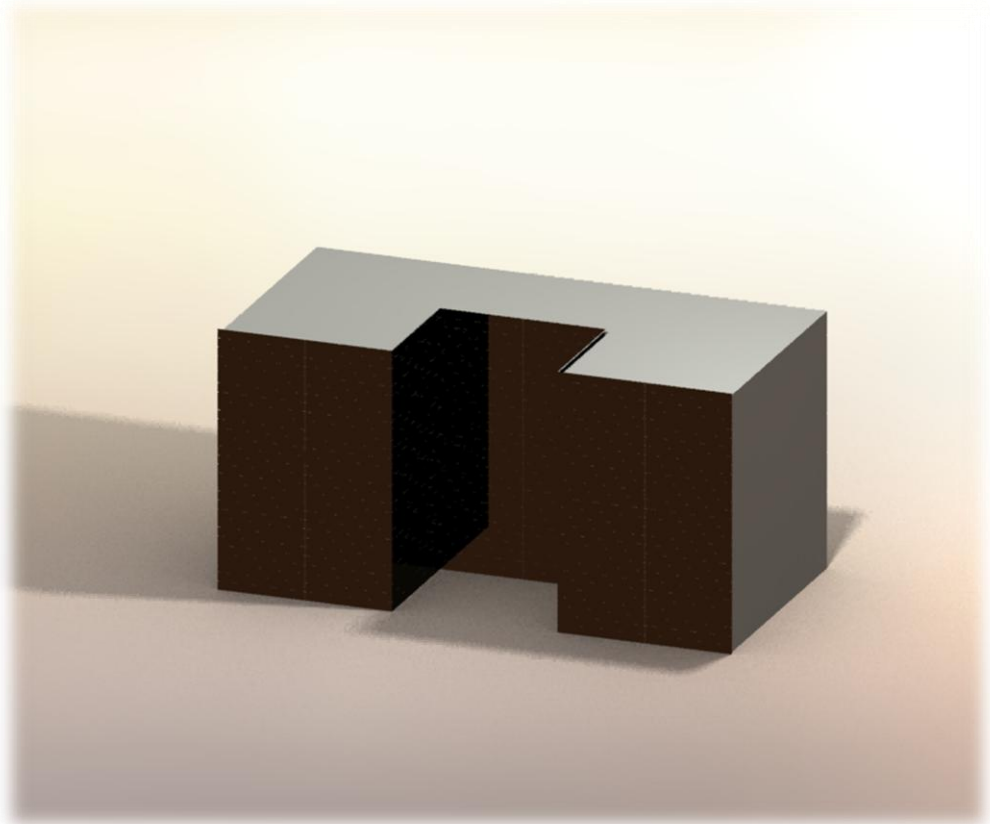
Comenzara pues la simulación, y en breves instantes nos aparecerá la siguiente pantalla, con los datos previos de la simulación. Una vez finalizada, nos avisara y ya tendremos guardado en el directorio que hemos elegido anteriormente los datos de nuestra simulación.

Este paso habrá que repetirlo tantas veces como diferentes direcciones de cada viento queramos simular, tantas velocidades como deseemos.



El programa, además del Excel con los datos de las velocidades del viento simuladas, nos genera 3 archivos Word con las características de la simulación, a modo de resumen.

Veamos una vista preliminar del edificio que hemos modelado y simulado:







# 4

## RESULTADOS SIMULACIÓN



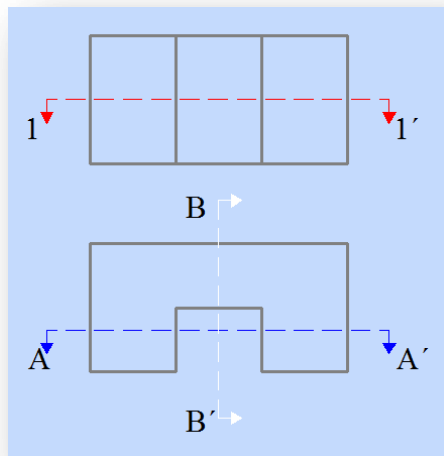
Como método de representación de los resultados obtenidos de cada simulación, hemos creído que el más representativo es volcarlos en unos mapas conceptuales llamados gráficos de araña.

En ellos, se han representado cada punto del edificio simulado, comparando tanto el comportamiento del viento en el exterior, como en la cámara de aire ventilada, para cada velocidad.

En cada página, se representara de cada punto 2 tipos de gráficos de araña:

- En la primera pagina, 3 gráficos , donde se exponen los 3 puntos de la misma zona de la fachada, cada uno a una altura , las 4 velocidades de viento simuladas, en el exterior del cerramiento
- En la segunda página, un segundo grafico, representa una comparación en el mismo punto, entre la velocidad de viento en el exterior y en la cámara de aire, en una velocidad de viento de 2 m/s. Además, se proyecta una imagen representativa del comportamiento del viento en cada dirección, tanto en tres secciones distintas, como en perspectiva, con un total de 12 imágenes.

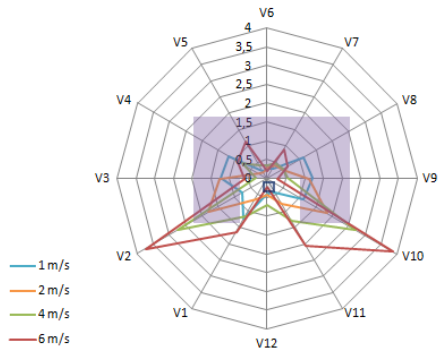
Las distintas nomenclaturas de las secciones del edificio que dan como resultado las imágenes son las siguientes:



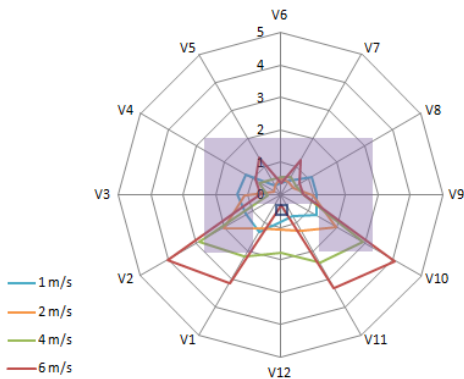
Veamos el análisis de cada uno de ellos:

## CERRAMIENTO SUR

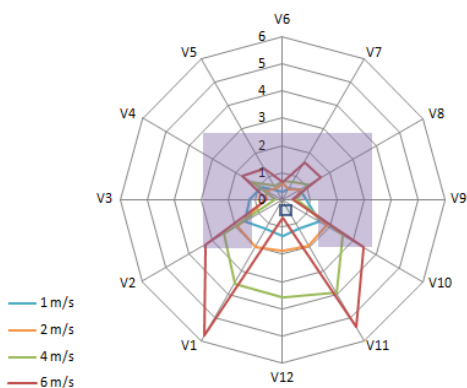
Punto 2



Punto 27



Punto 51

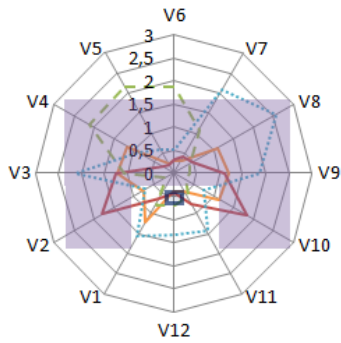


**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, la designación es P1, P27 y P51.**

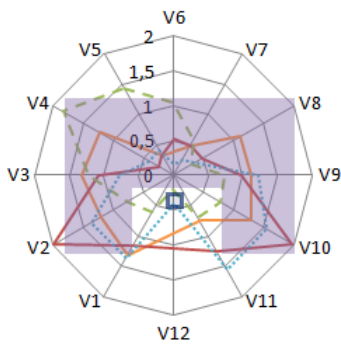
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, de donde podemos deducir que el flujo de aire se ve disminuido cuando la dirección del viento es perfectamente perpendicular al punto y va aumentando cuando es oblicuo a él, aunque vuelve a disminuir cuando el viento choca con los cerramientos laterales, ya que al retranqueo no llega ese viento, sino que escapa alrededor del edificio.

Como podemos observar, el comportamiento es simétrico, ya que el edificio lo es, y que las mayores velocidades se registran en las alturas menores y mayor, y que en la altura intermedia del edificio es menor, ya que al chocar con este y no tener vía de escape, disminuye la velocidad, aumentando cuando llega a la parte superior del edificio

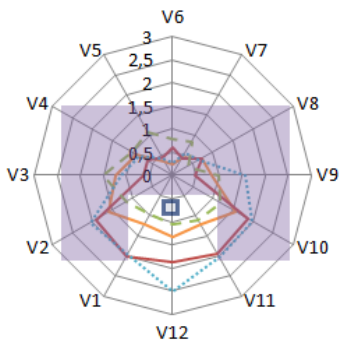
### Punto 2



### Punto 27



### Punto 51



**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, la designación es P1, P27 y P51.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que en la zona central del retranqueo, el flujo de aire es mucho mayor en la cámara que en el exterior del cerramiento.

Esto es así ya que, en la zona analizada, el retranqueo del edificio, se produce un gran efecto de succión, y el flujo de aire que entra en la cámara, posee mayor velocidad, debido a que hay mayores presiones, y por tanto el efecto de convección es mayor que en el exterior

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

## DIRECCION DEL VIENTO V1

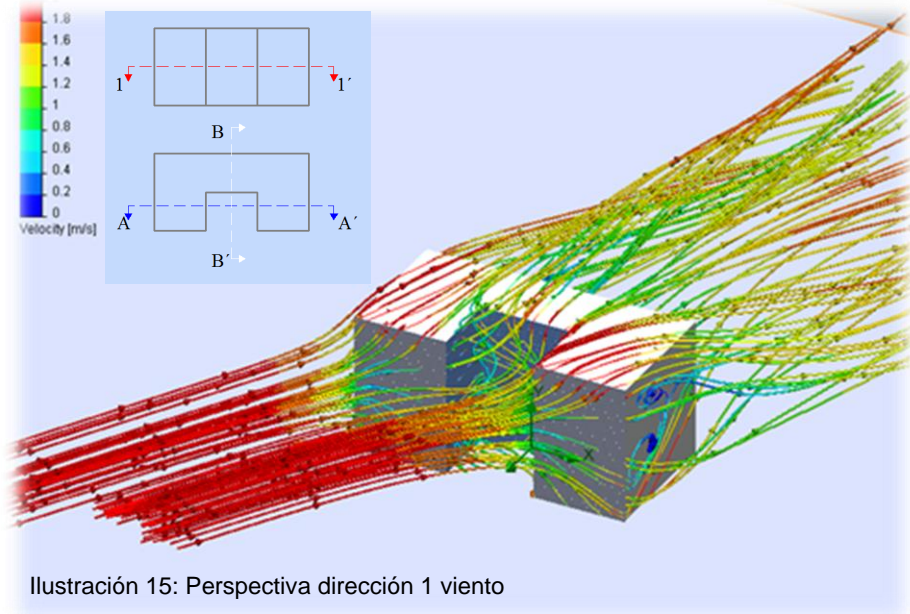


Ilustración 15: Perspectiva dirección 1 viento

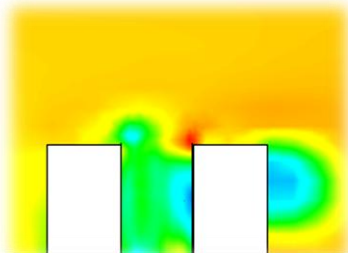


Ilustración 16: Sección A-A'

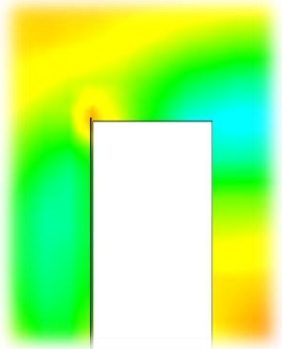


Ilustración 17: Sección B-B'

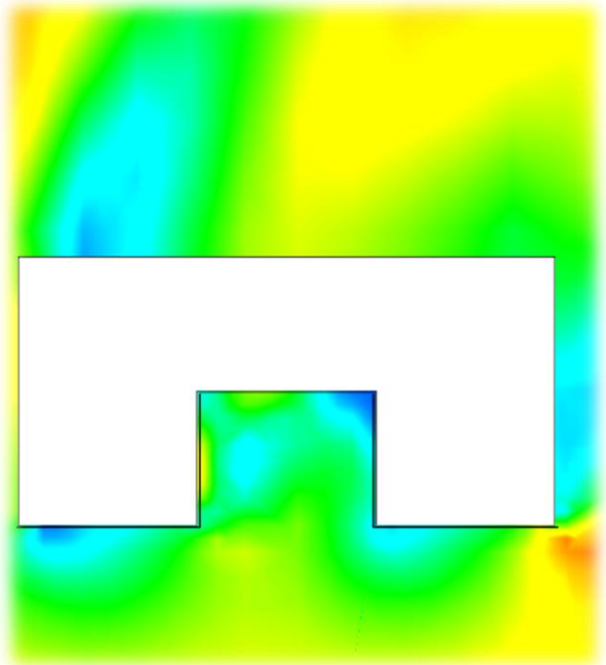
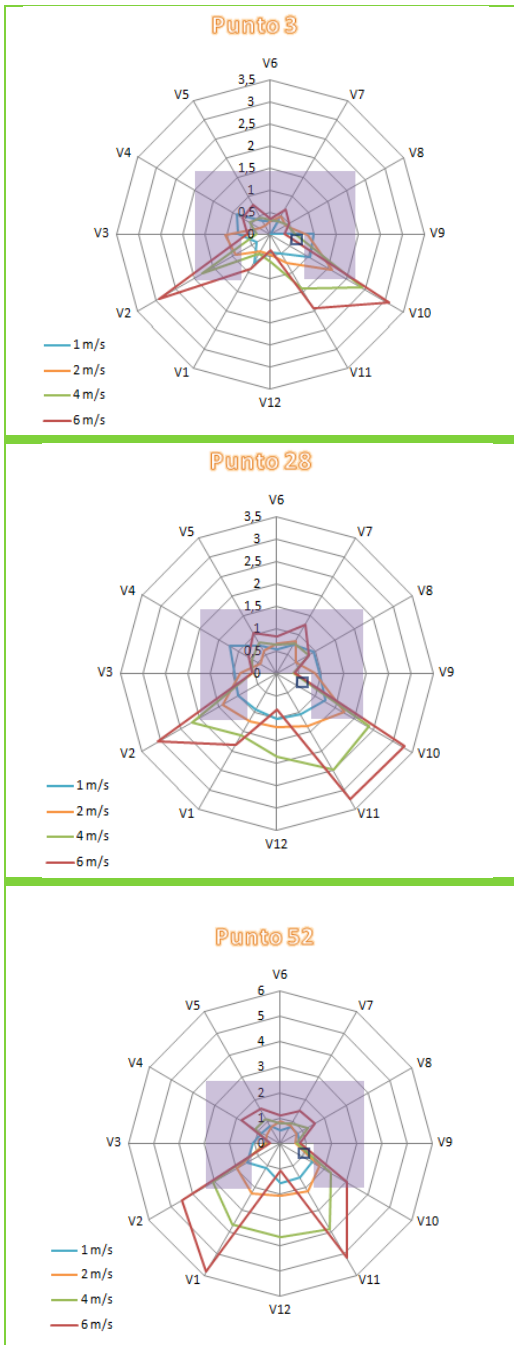


Ilustración 18: Sección 1-1'

## CERRAMIENTO SUR

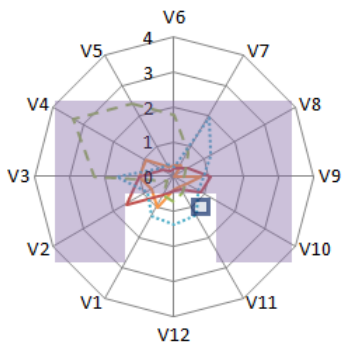


**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, esquina sureste, la designación es P3, P28 y P52.**

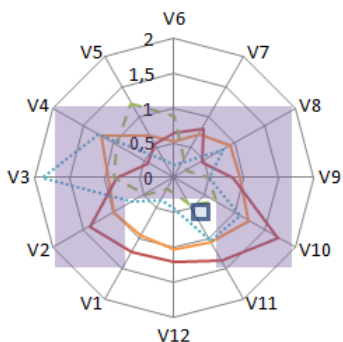
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el flujo de aire aumenta considerablemente cuando la dirección del viento viene desde la esquina opuesta al edificio, ya que mantiene una trayectoria oblicua que hace que en el retranqueo se produzca un efecto de succión.

El caso opuesto, es decir, disminución de velocidad, se da cuando la dirección del viento es perpendicular al punto, o cuando la fachada opuesta frena esta velocidad, escapando el viento por las caras laterales, sin formación de turbulencias en el retranqueo.

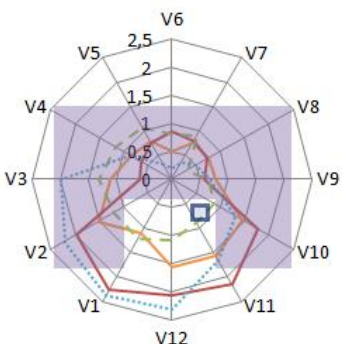
### Punto 3



### Punto 28



### Punto 52



**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, esquina sureste, la designación es P3, P28 y P52.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar, según que direcciones del viento, las velocidades del flujo de aire dentro de la cámara son mayores que en la hoja exterior.

Esto es así ya que según la dirección en que penetra el aire en el retranqueo, que es la zona que ahora analizamos, se forman turbulencias y un gran efecto de succión en el punto analizado.

También destacar que dichas velocidades van en aumento proporcional a la altura, que como veremos en un análisis más adelante, es un comportamiento normal debido a la convección

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire



## DIRECCION DEL VIENTO V2

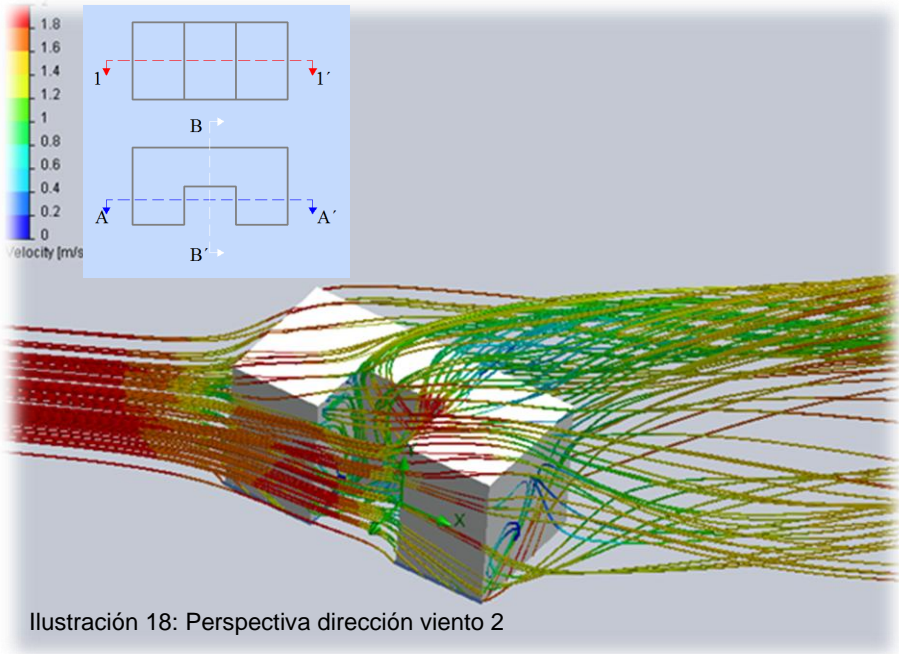


Ilustración 18: Perspectiva dirección viento 2

Ilustración 20: Sección A-A'

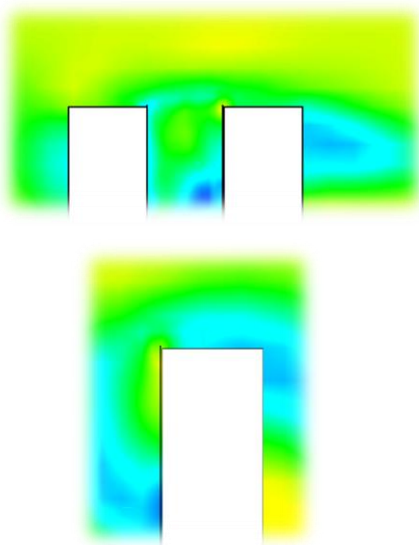


Ilustración 21: Sección B-B'

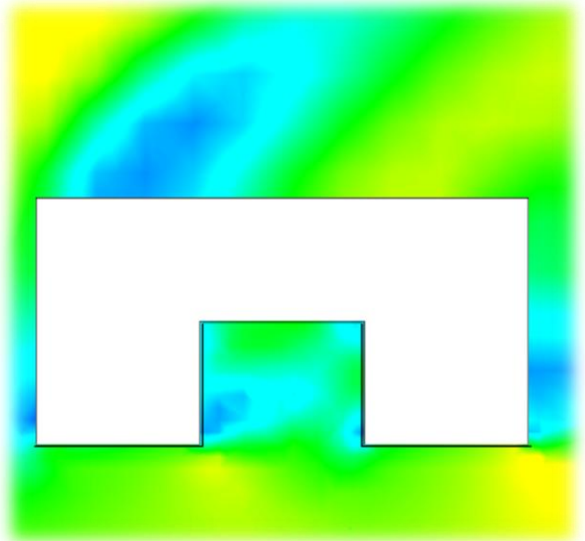
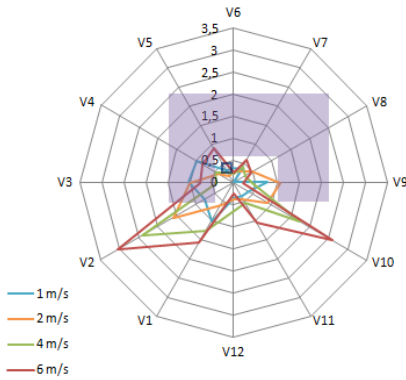


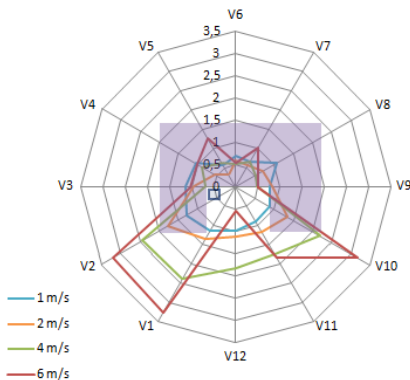
Ilustración 22: Sección 1-1'

## CERRAMIENTO SUR

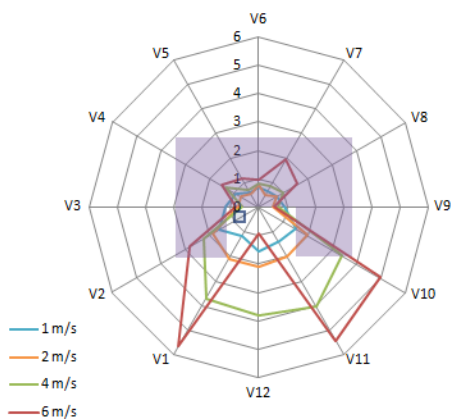
Punto 4



Punto 29



Punto 53

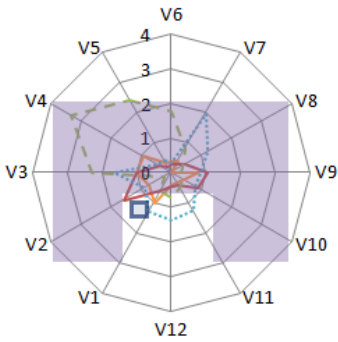


**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, esquina suroeste, la designación es P4, P29 y P53.**

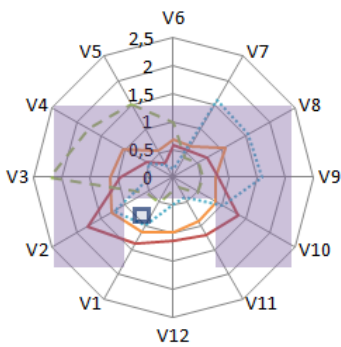
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el flujo de aire aumenta considerablemente cuando la dirección del viento viene desde la esquina opuesta al edificio, ya que mantiene una trayectoria oblicua que hace que en el retranqueo se produzca un efecto de succión.

El caso opuesto, es decir, disminución de velocidad, se da cuando la dirección del viento es perpendicular al punto, o cuando la fachada opuesta frena esta velocidad, escapando el viento por las caras laterales, sin formación de turbulencias en el retranqueo.

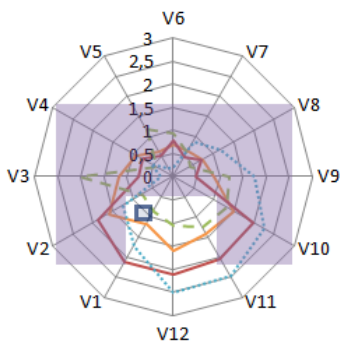
### Punto 4



### Punto 29



### Punto 53

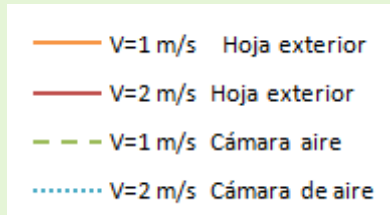


**Cerramiento Sur en su cara sur del retranqueo, esquina suroeste, la designación es P4, P29 y P53.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar, según que direcciones del viento, las velocidades del flujo de aire dentro de la cámara son mayores que en la hoja exterior.

Esto es así ya que según la dirección en que penetra el aire en el retranqueo, que es la zona que ahora analizamos, se forman turbulencias y un gran efecto de succión en el punto analizado.

También destacar que dichas velocidades van en aumento proporcional a la altura, que como veremos en un análisis más adelante, es un comportamiento normal debido a la convección



## DIRECCION DEL VIENTO V3

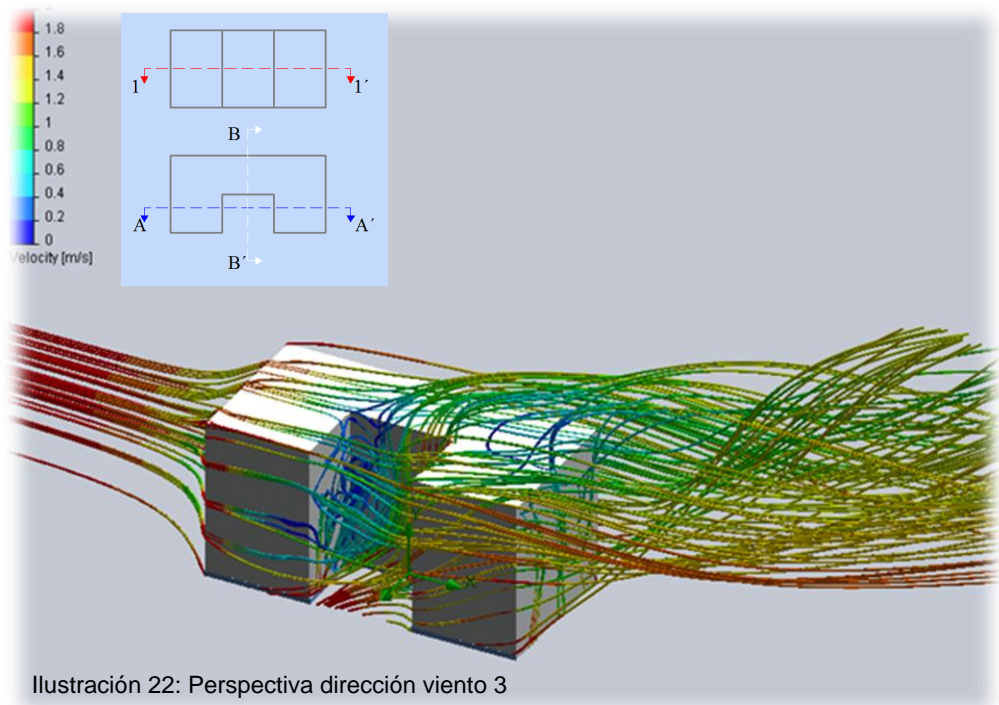


Ilustración 23: Sección A-A'

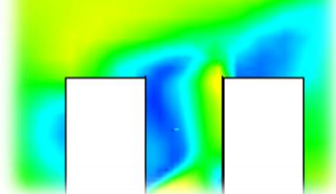


Ilustración 23: Sección B-B'

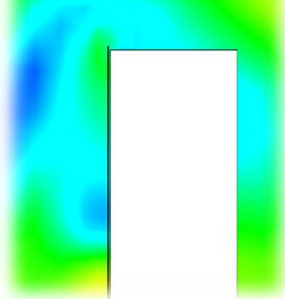
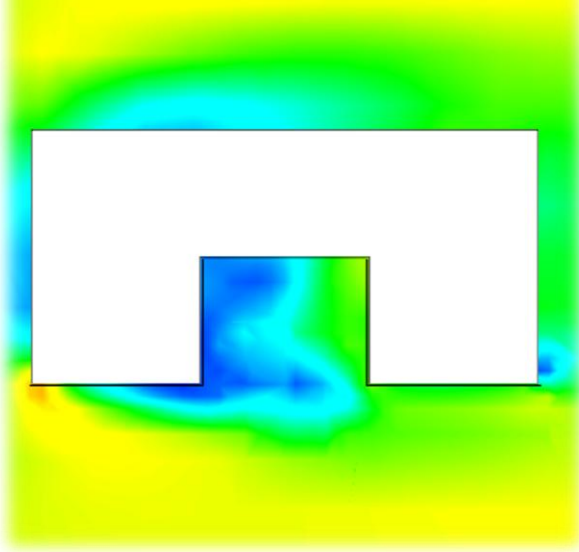
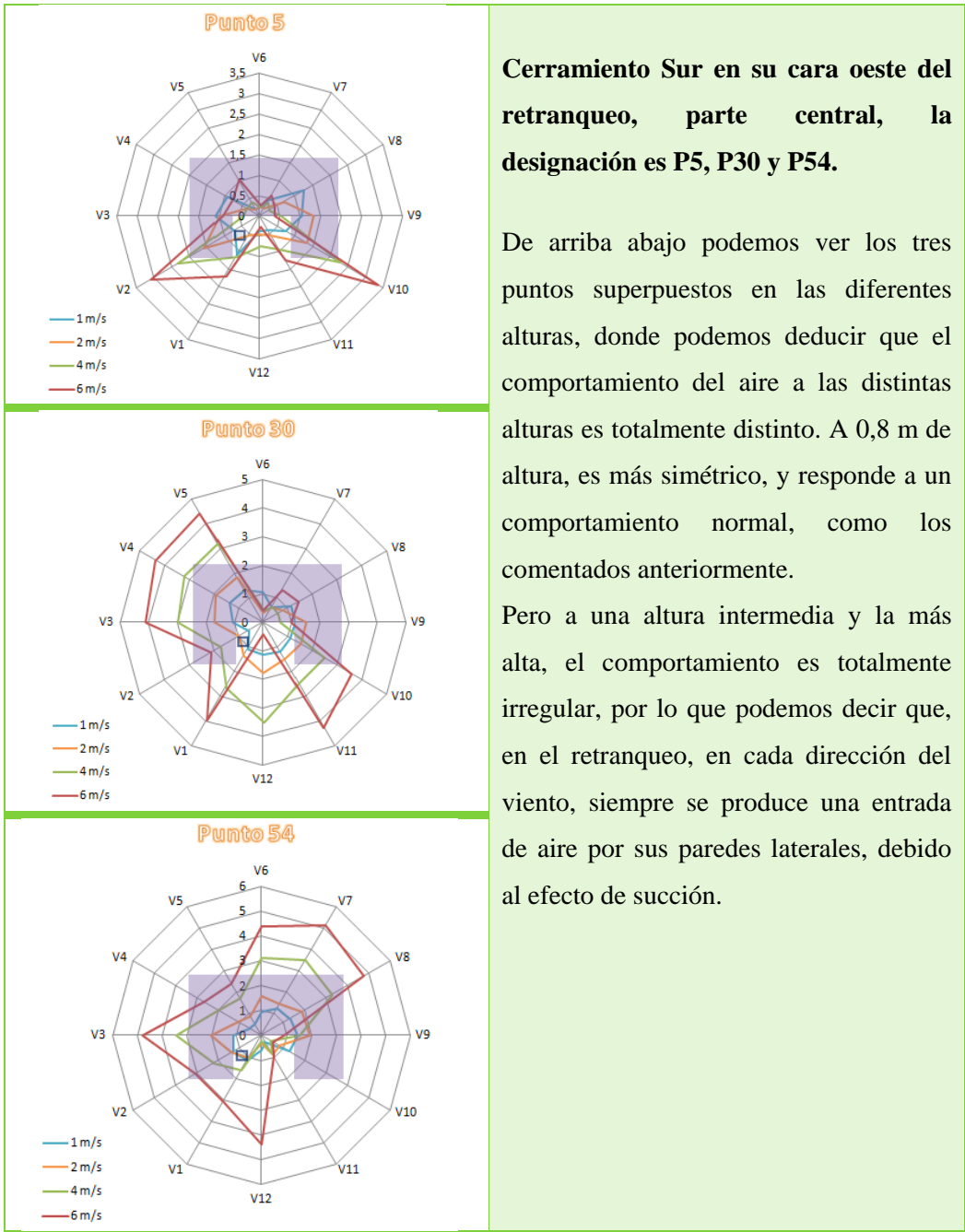


Ilustración 25: Sección 1-1'



## CERRAMIENTO SUR

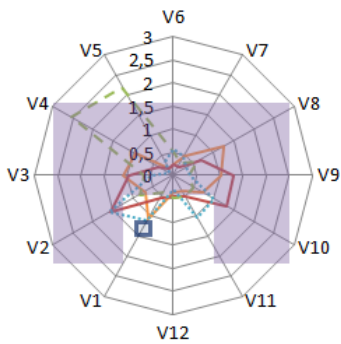


**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte central, la designación es P5, P30 y P54.**

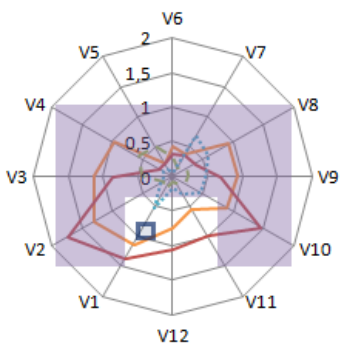
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento del aire a las distintas alturas es totalmente distinto. A 0,8 m de altura, es más simétrico, y responde a un comportamiento normal, como los comentados anteriormente.

Pero a una altura intermedia y la más alta, el comportamiento es totalmente irregular, por lo que podemos decir que, en el retranqueo, en cada dirección del viento, siempre se produce una entrada de aire por sus paredes laterales, debido al efecto de succión.

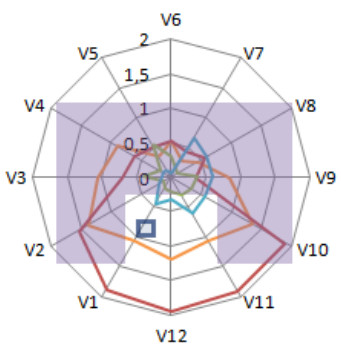
### Punto 5



### Punto 30



### Punto 54



**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte central, la designación es P5, P30 y P54.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que el comportamiento del flujo de aire en ese punto es mas regular, es decir, mayor en la hoja exterior del cerramiento que en la camara de aire. Aunque en la parte inferior del edificio, cabe destacar que con la direccion V4 del viento, perpendicular al punto analizado, en la camara se incrementa la velocidad, disminuyendo en altura. Lo contrario sucede en el exterior, ya que aumenta la velocidad con la altura, tema que analizaremos en profundidad mas adelante.

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire



**DIRECCION DEL VIENTO V4**

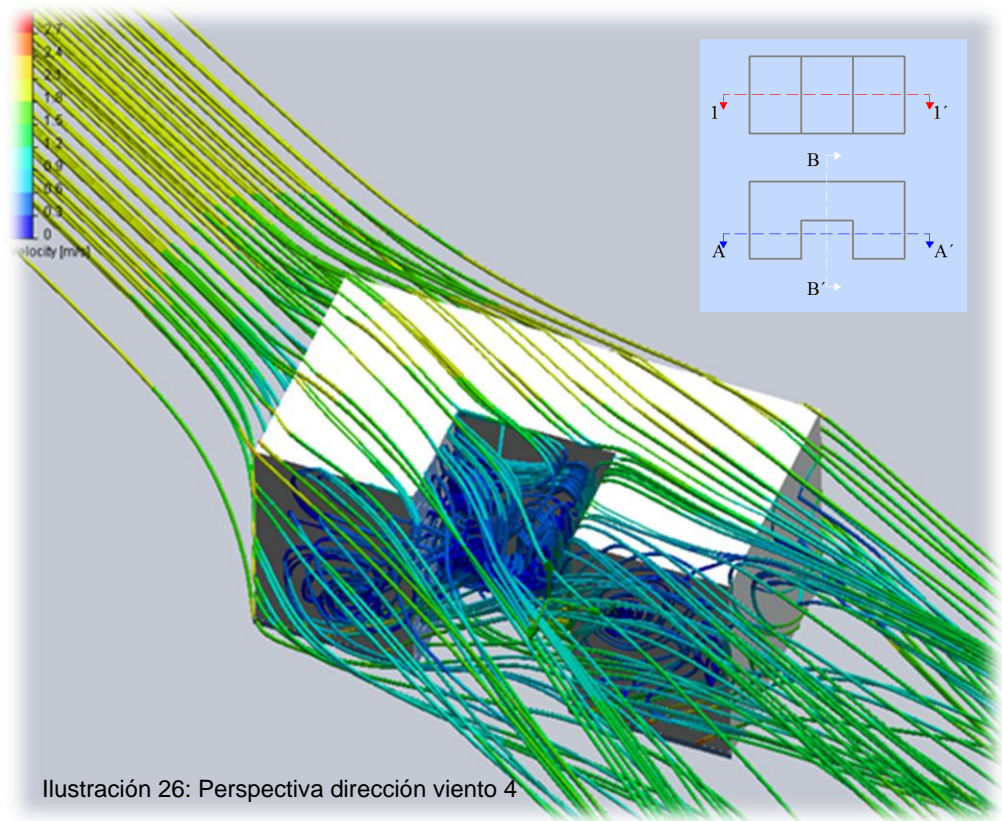


Ilustración 26: Perspectiva dirección viento 4

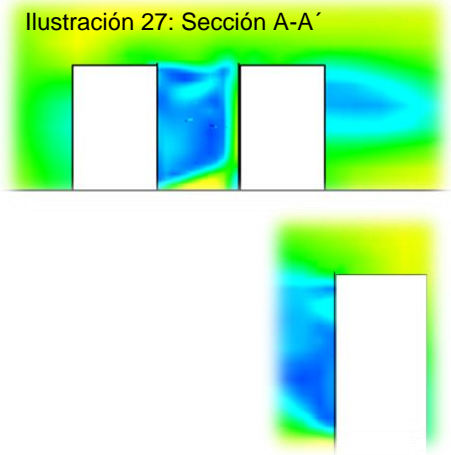


Ilustración 28: Sección B-B'

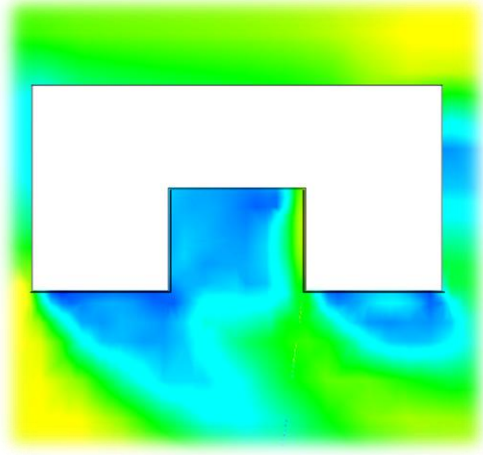
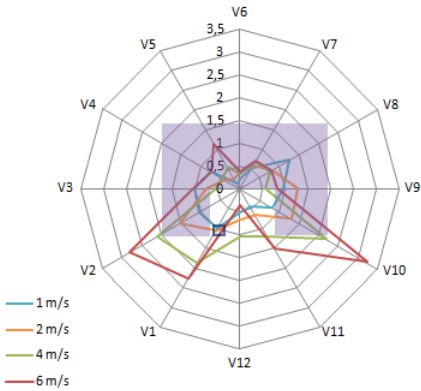


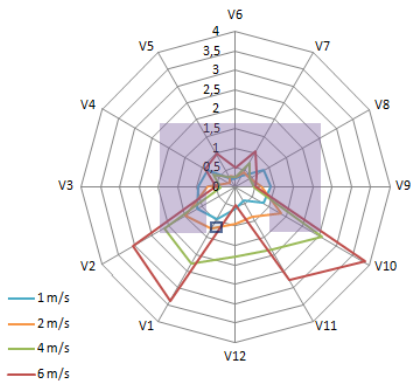
Ilustración 27: Sección 1-1'

## CERRAMIENTO SUR

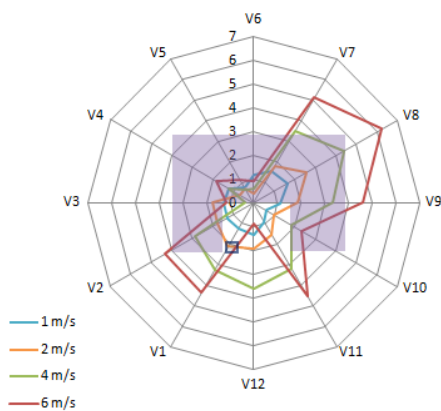
Punto 6



Punto 47



Punto 55



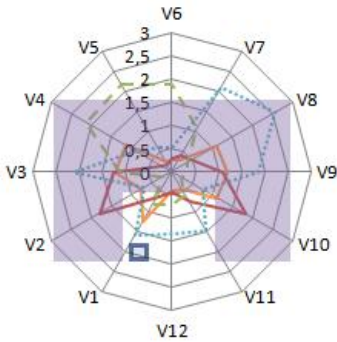
**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte exterior, la designación es P5, P30 y P54.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento del aire a las distintas alturas es totalmente distinto. A una altura intermedia, es más simétrico, y responde a un comportamiento normal, como los comentados anteriormente.

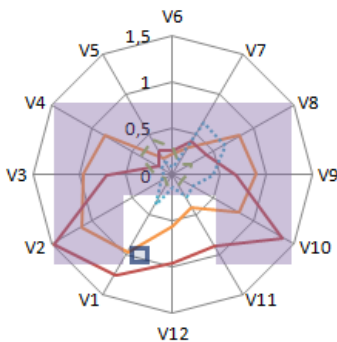
Pero a una altura baja y la más alta, el comportamiento es totalmente irregular, por lo que podemos decir que, en el retranqueo, en cada dirección del viento, siempre se produce una entrada de aire por sus paredes laterales, debido al efecto de succión. Siempre siendo mayor cuando el aire entra en la dirección del retranqueo, y menor en la esquina opuesta



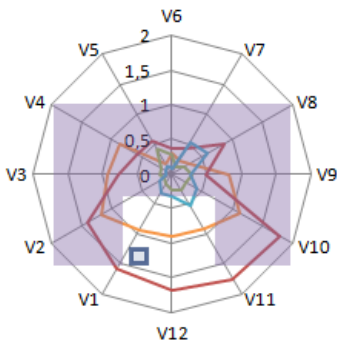
### Punto 6



### Punto 47



### Punto 55



**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte exterior, la designación es P5, P30 y P54.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que en la parte inferior del edificio (Punto 6), es una zona crítica en cuanto a la cámara de aire, ya que el aumento de velocidad en ella es considerable. Esto es un hecho, ya que, como veremos mas adelante, existen edificios donde las fachadas ventiladas se han desprendido por dicho comportamiento, en la parte inferior del edificio.

En la zona exterior, como ya se ha comentado, la velocidad aumenta con la altura, un comportamiento correcto, ya que la conveccion en el exterior, como analizaremos mas adelante, aumenta con la altura

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

DIRECCION DEL VIENTO V5

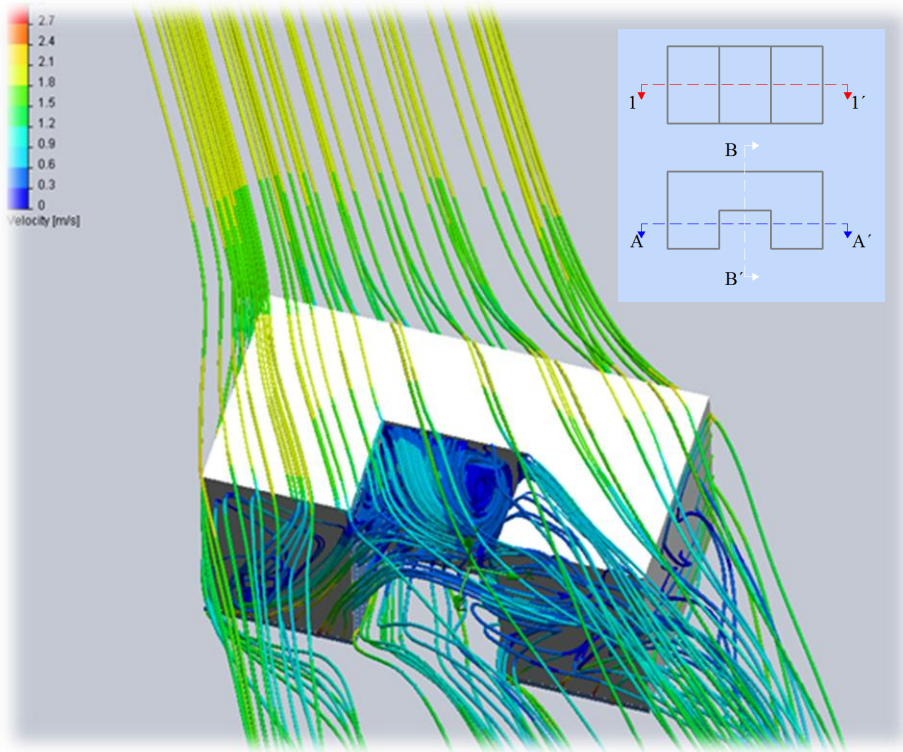


Ilustración 29: Perspectiva viento dirección 5

Ilustración 30: Sección A-A'

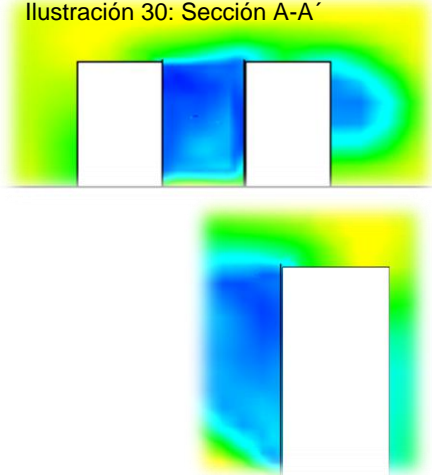


Ilustración 31: Sección B-B'

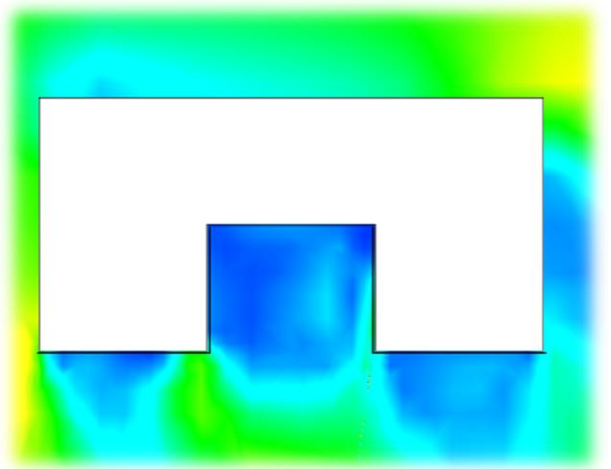
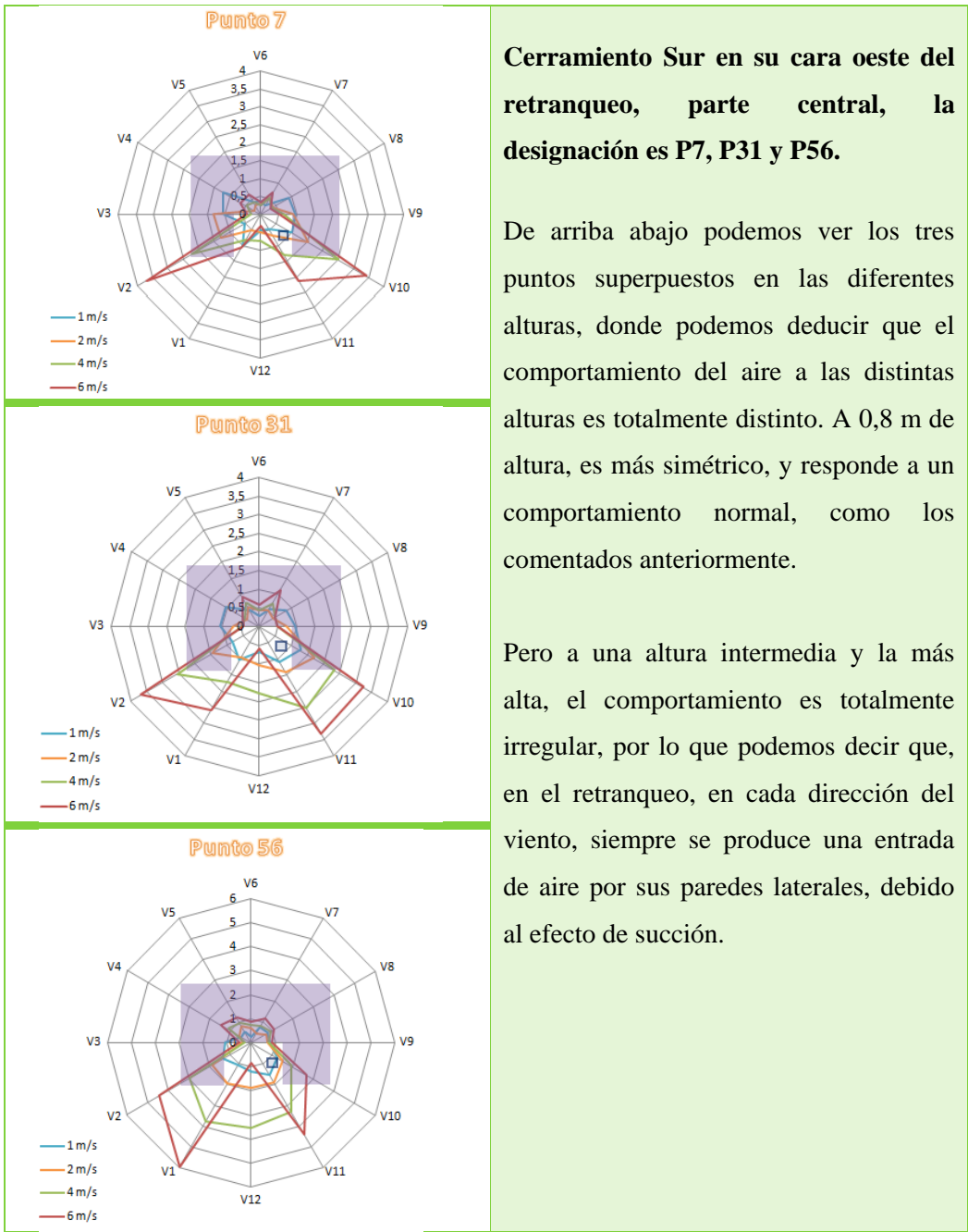


Ilustración 32: Sección 1-1

## CERRAMIENTO SUR

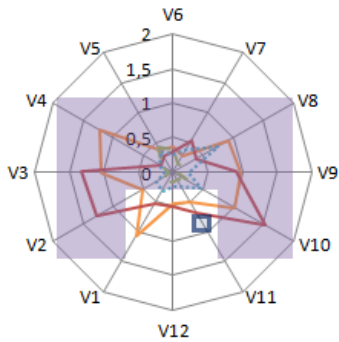


**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte central, la designación es P7, P31 y P56.**

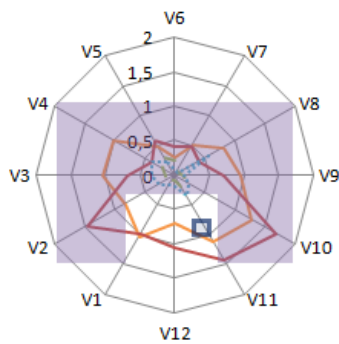
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento del aire a las distintas alturas es totalmente distinto. A 0,8 m de altura, es más simétrico, y responde a un comportamiento normal, como los comentados anteriormente.

Pero a una altura intermedia y la más alta, el comportamiento es totalmente irregular, por lo que podemos decir que, en el retranqueo, en cada dirección del viento, siempre se produce una entrada de aire por sus paredes laterales, debido al efecto de succión.

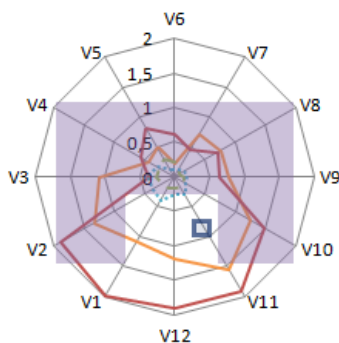
### Punto 7



### Punto 31



### Punto 56



**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte central, la designación es P7, P31 y P56.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que, el comportamiento del flujo de aire en ambos lados es el convencional, es decir, mayores velocidades en el exterior del cerramiento y menores en la cámara de aire.

Observamos también que en la cámara de aire las velocidades son menores en el centro y mayores en los extremos superior e inferior, comportamiento razonable, ya que como explicaremos más adelante, el efecto de convección en la cámara, produce una corriente hacia arriba y hacia abajo, siendo menor en las alturas medias.

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

## DIRECCION DEL VIENTO V6

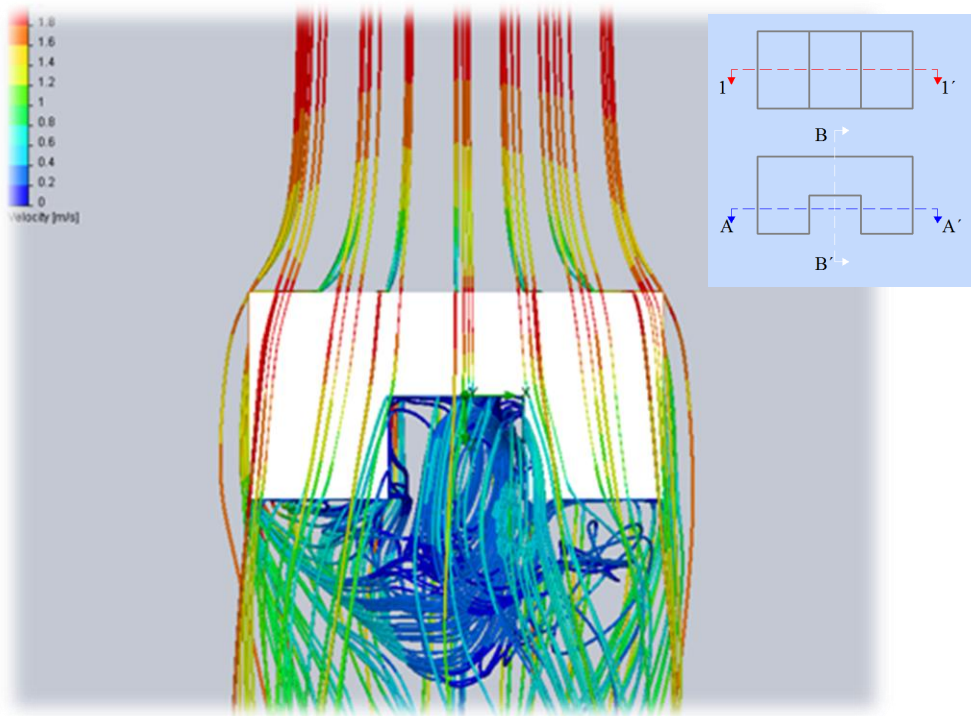


Ilustración 33: Perspectiva viento dirección 6

Ilustración 34: Sección A-A'

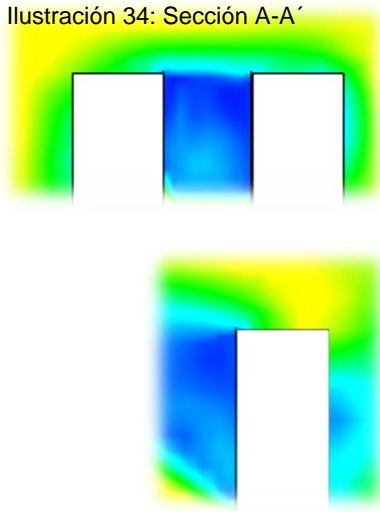


Ilustración 35: Sección B-B'

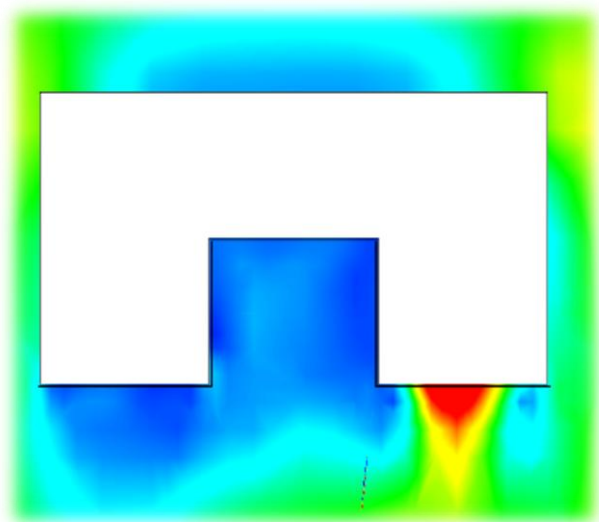
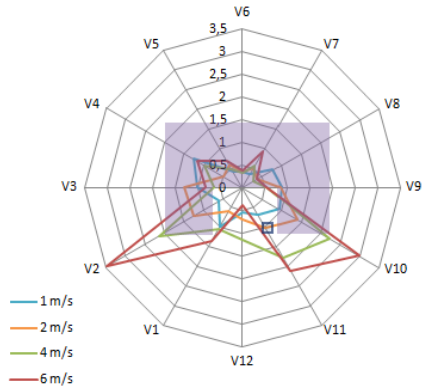


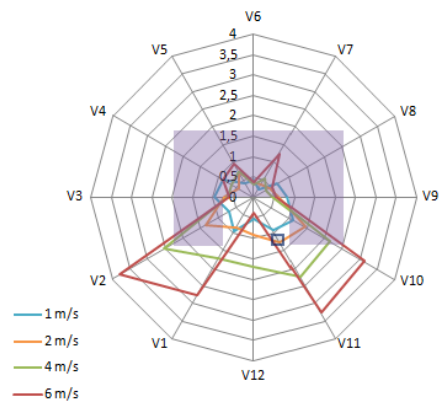
Ilustración 36: Sección 1-1'

## CERRAMIENTO SUR

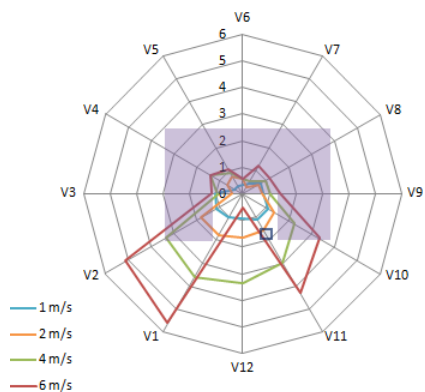
Punto 8



Punto 32



Punto 57

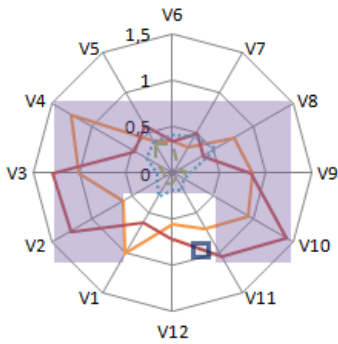


Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte exterior, la designación es P5, P30 y P54.

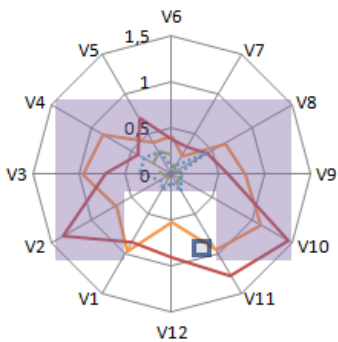
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento del aire a las distintas alturas es totalmente distinto. A una altura intermedia, es más simétrico, y responde a un comportamiento normal, como los comentados anteriormente.

Pero a una altura baja y la más alta, el comportamiento es totalmente irregular, por lo que podemos decir que, en el retranqueo, en cada dirección del viento, siempre se produce una entrada de aire por sus paredes laterales, debido al efecto de succión. Siempre siendo mayor cuando el aire entra en la dirección del retranqueo, y menor en la esquina opuesta

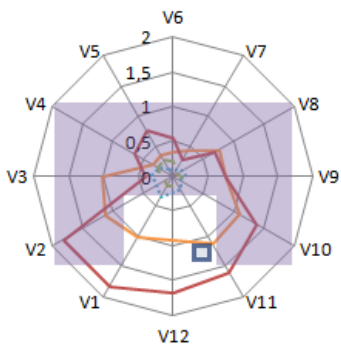
### Punto 8



### Punto 32



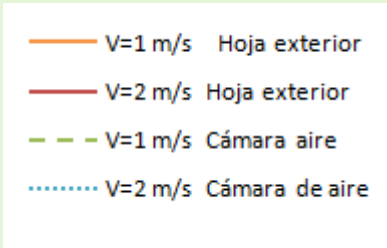
### Punto 57



**Cerramiento Sur en su cara oeste del retranqueo, parte exterior, la designación es P5, P30 y P54.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que los vectores V10 y V2 son los mas criticos en cuanto al aumento de velocidad en el exterior del edificio, ya que son las direcciones de viento que abordan oblicuamente al punto analizado.

Sin embargo, en la camara de aire, el vector mas desfavorable es el V8, cuando el viento es perpendicular perfectamente al punto, produciendo un flujo de aire dentro de la camara, que aunque no llega a ser de la misma magnitud que en la hoja exterior, es considerable





DIRECCION DEL VIENTO V7

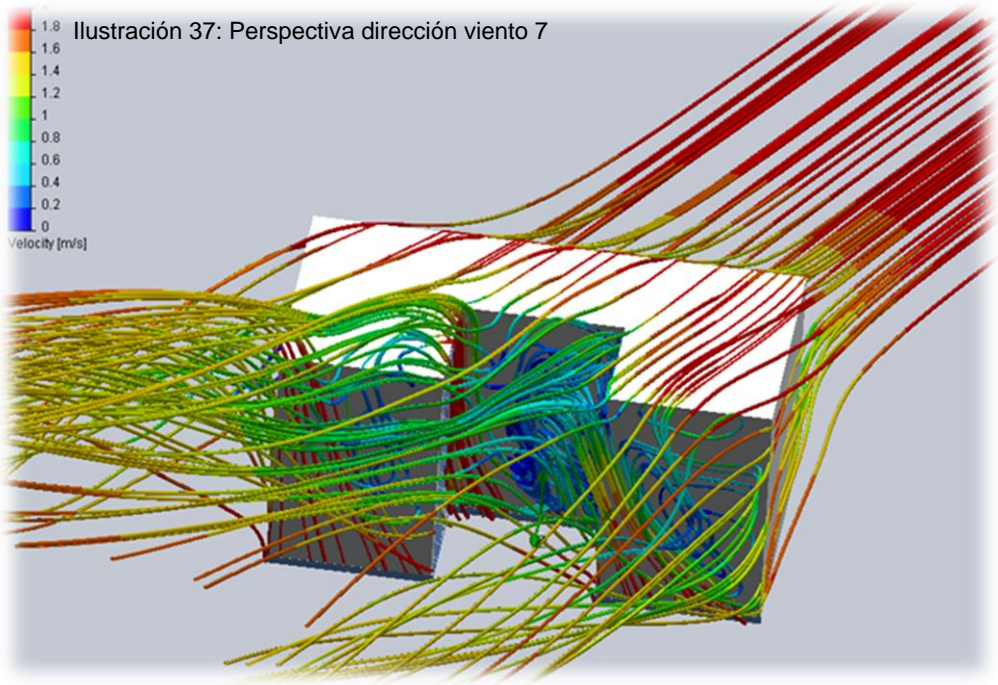


Ilustración 38: Sección A-A'

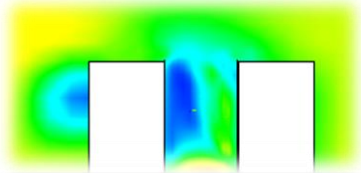


Ilustración 40: Sección 1-1'

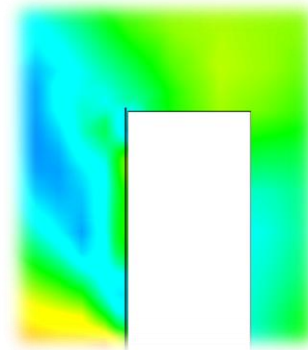
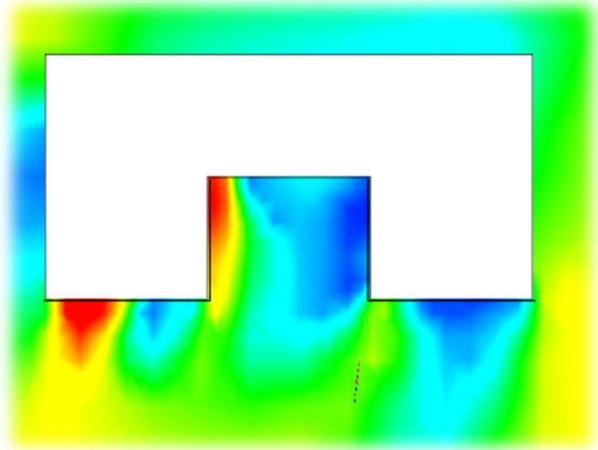
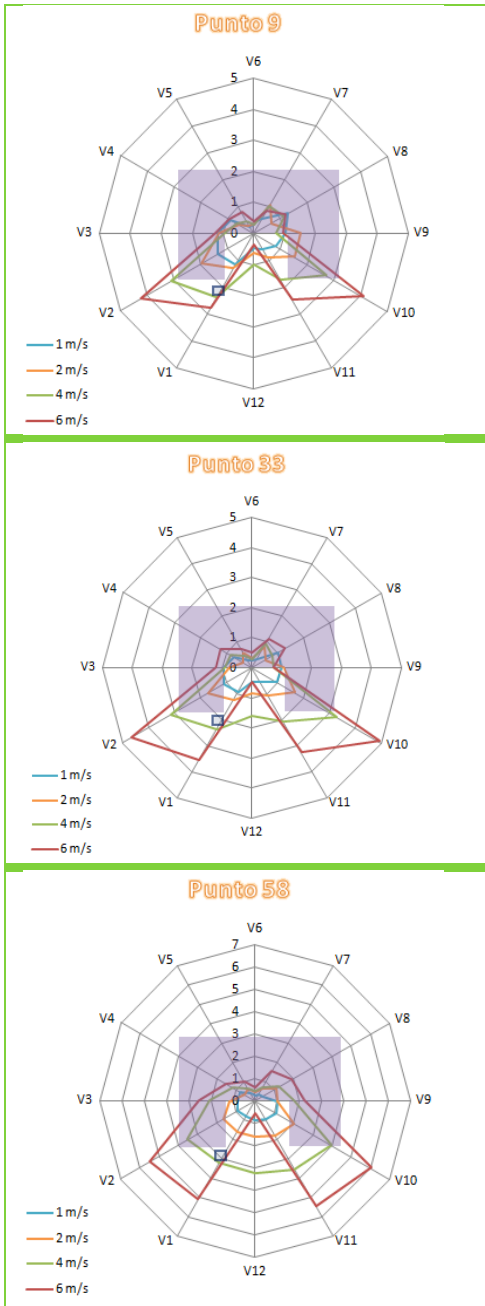


Ilustración 39: Sección B-B'



## CERRAMIENTO SUR

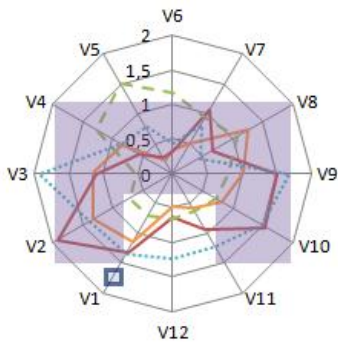


**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte interior, la designación es P9, P33 y P58.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que cuando los puntos están situados en mitad del paramento, las velocidades son totalmente simétricas.

En su dirección perpendicular la velocidad al chocar con el paramento, se ve reducida D12 para ir aumentando según la dirección se va lateralizando, para ir disminuyendo a medida que el edificio les va haciendo sombra.

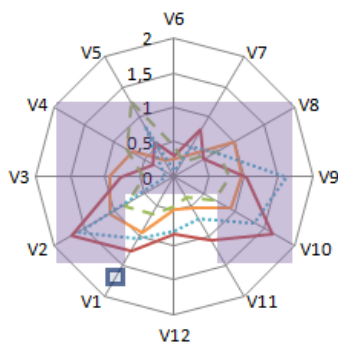
### Punto 9



**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte interior, la designación es P9, P33 y P58.**

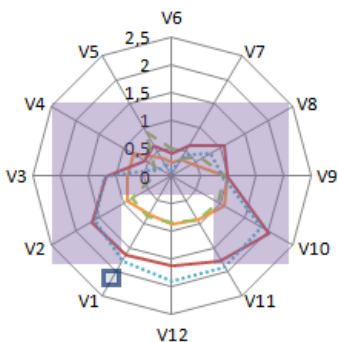
En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que las velocidades del flujo de aire tanto en la cámara, como en la hoja exterior del cerramiento son casi similares.

### Punto 33



Esto se debe a que el punto analizado esta en la esquina del retranqueo, donde existe una junta mayor en el aplacado ceramico de la fachada ventilada, por lo que el aire, según en que direccion, penetra con mas facilidad, como son las direcciones V2 y V10.

### Punto 58



En cambio, en la parte superior del edificio, este flujo de aire se ve reducido en esas direcciones ya que se contrarresta con el flujo ascendente de la cámara y del exterior, producido por el efecto de conveccion.

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

**DIRECCION DEL VIENTO V8**

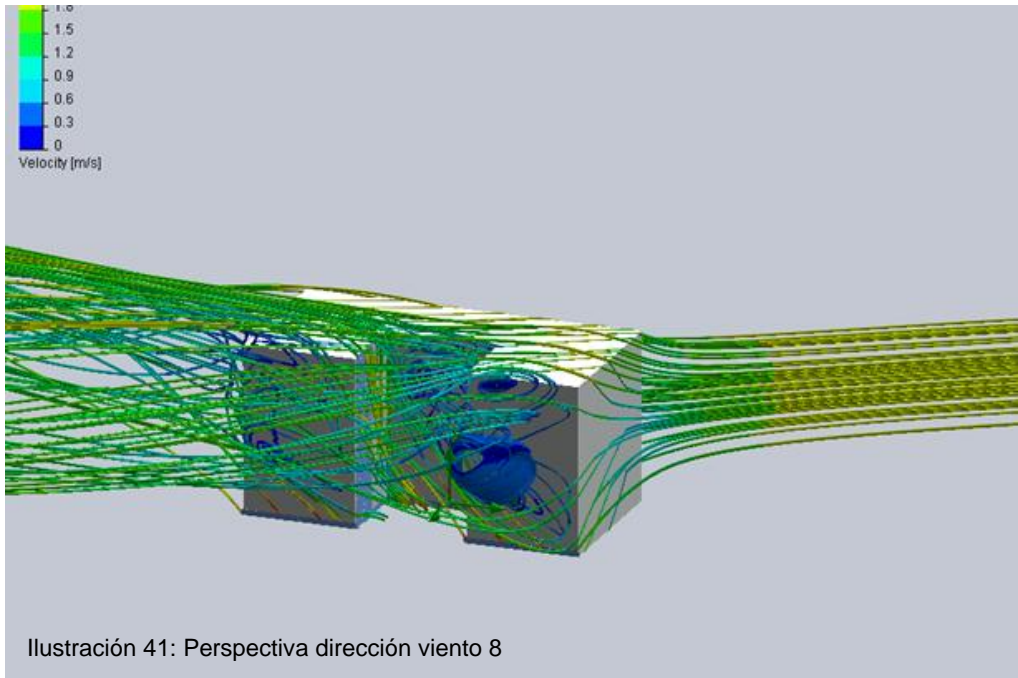


Ilustración 42: Sección A-A'

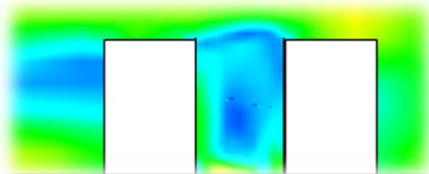


Ilustración 44: Sección 1-1'

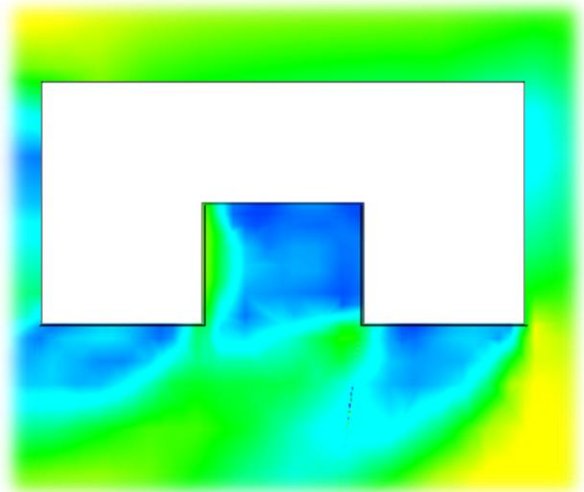
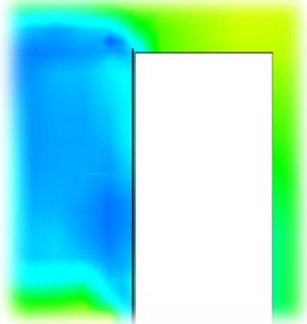
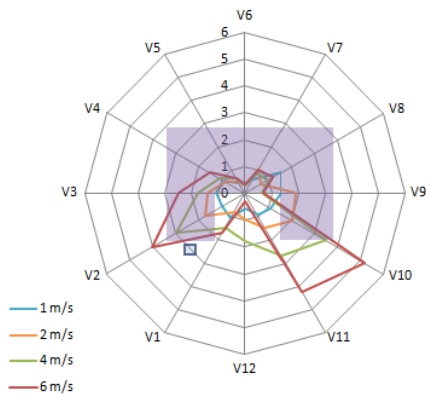


Ilustración 43: Sección B-B'

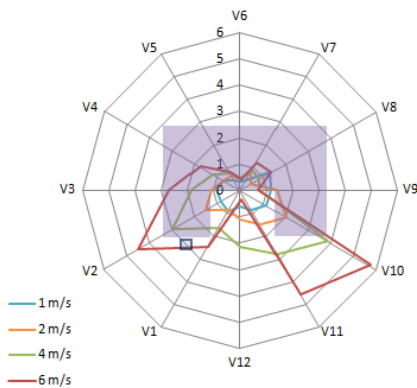


## CERRAMIENTO SUR

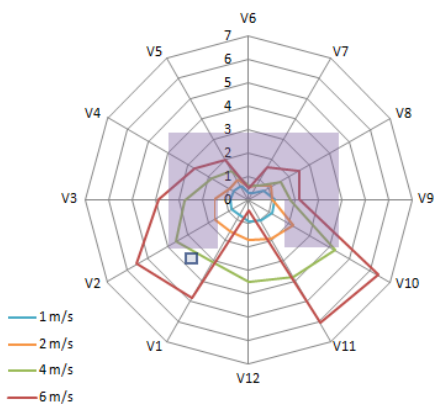
Punto 10



Punto 34



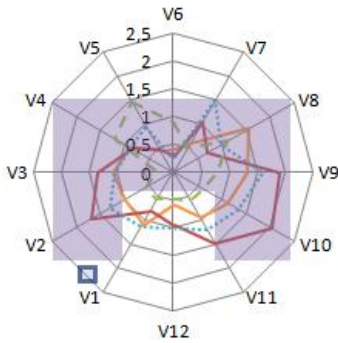
Punto 59



Cerramiento Sur en su cara oeste, parte central, la designación es P10, P34 y P59.

En este punto, al no tener otros edificios que le hagan sombra, el comportamiento del viento es más regular, es decir, aumenta de velocidad cuando choca perpendicularmente y cuando es paralela al punto, es cuando se reduce, o cuando alguna parte del propio edificio hace sombra al punto

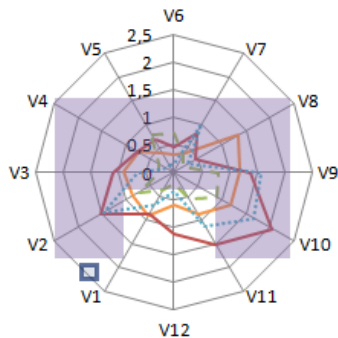
### Punto 10



**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte central, la designación es P10, P34 y P59.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que a las tres alturas, el comportamiento es casi igual.

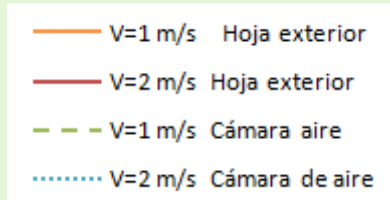
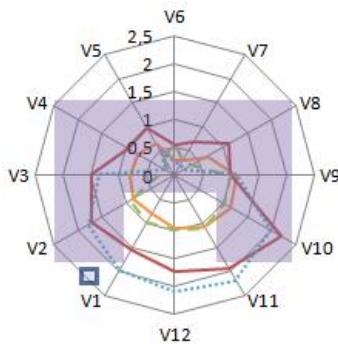
### Punto 34



Solamente observamos un aumento de la velocidad en los puntos superiores.

Las direcciones mas desfavorables, como se ha comentado anteriormente, son las que abarcan en la parte opuesta al edificio donde estan situados los puntos analizados, puesto que este mismo, se comporta como un obstaculo para el viento y situa a los puntos en la zona de sombra, excepto en los puntos superiores, donde el viento vuelve a escapar de la zona de la azotea hacia el centro del edificio.

### Punto 59



DIRECCION DEL VIENTO V9

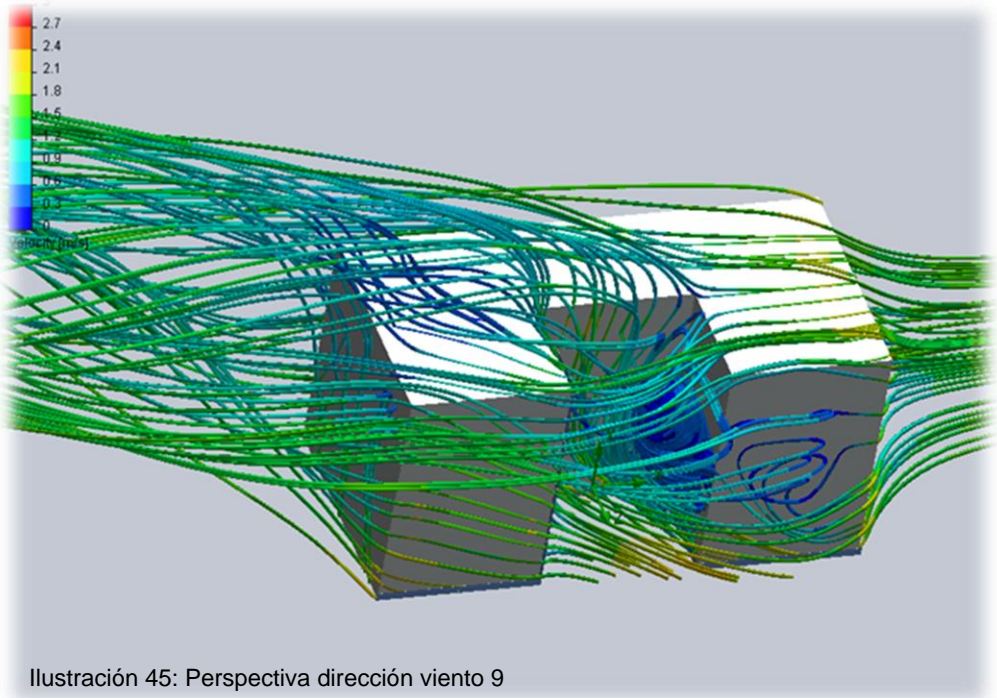


Ilustración 45: Perspectiva dirección viento 9

Ilustración 46: Sección A-A'

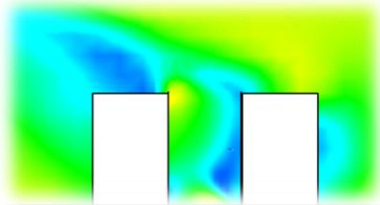


Ilustración 48: Sección 1-1'

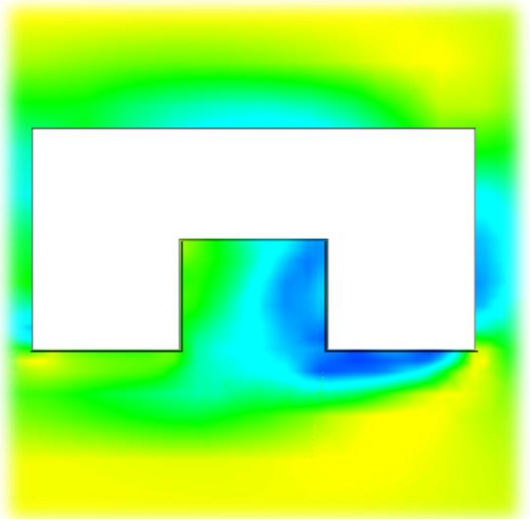
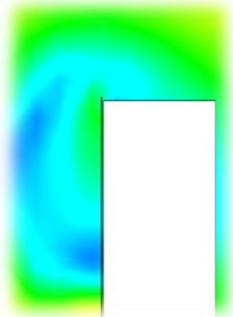
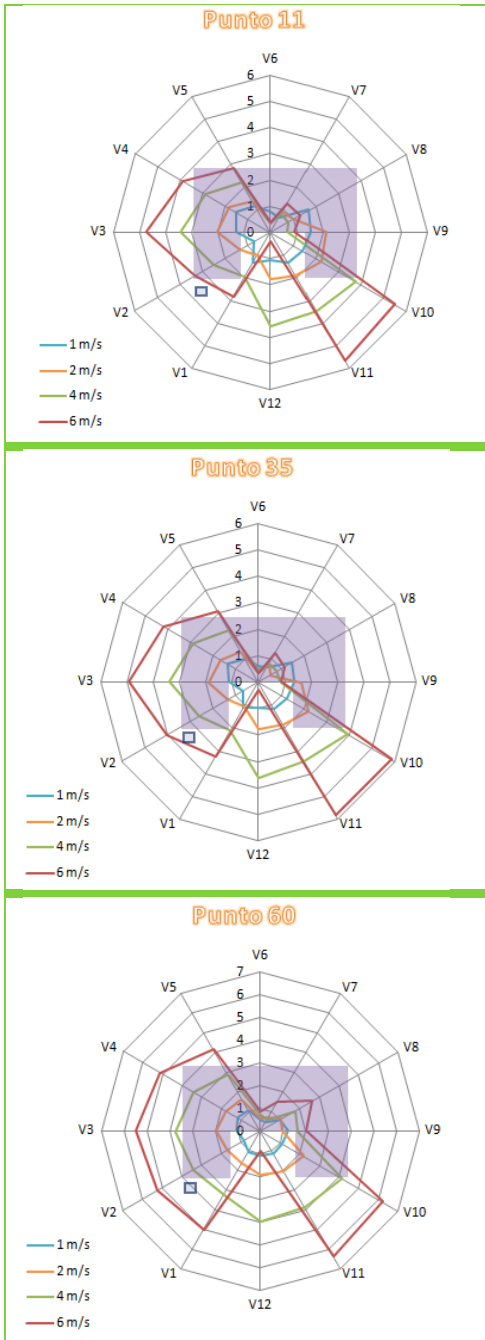


Ilustración 47: Sección B-B'



## CERRAMIENTO SUR



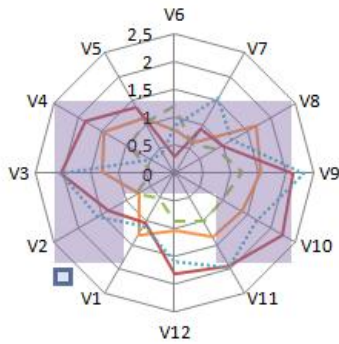
**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte exterior, la designación es P11, P35 y P60.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que la dirección más desfavorable al punto en este caso es la D6, registra los valores más bajos de velocidad al estar a sotavento y también sus direcciones adyacentes D5, D7, D8 Y D9.

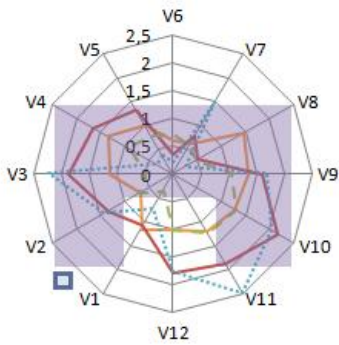
También decir que, en la altura intermedia del paramento, y un poco antes de llegar al punto de la azotea, es donde se registra el valor más bajo de todos, ya que al chocar y no tener una vía libre no vuelve a recuperar velocidad hasta que llega a la parte superior del edificio.



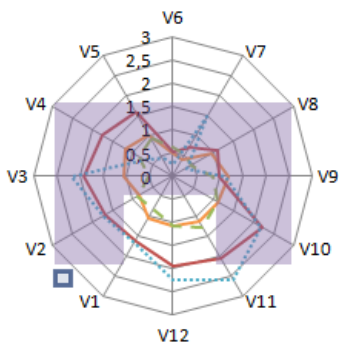
### Punto 11



### Punto 35



### Punto 60



**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte exterior, la designación es P11, P35 y P60.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que según que direcciones del viento, las velocidades en la camara son mayores que en la hoja exterior, y que no son coincidentes en las mismas direcciones

Por ejemplo, el el punto intermedio del edificio (punto 35) las direcciones del viento mas desfavorables y que producen un incremento del flujo de aire en el interior de la camara son el V3 y V11. En cambio, en la zona exterior, las direcciones mas desfavorables son V3 y V10.

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire



**DIRECCION DEL VIENTO V10**

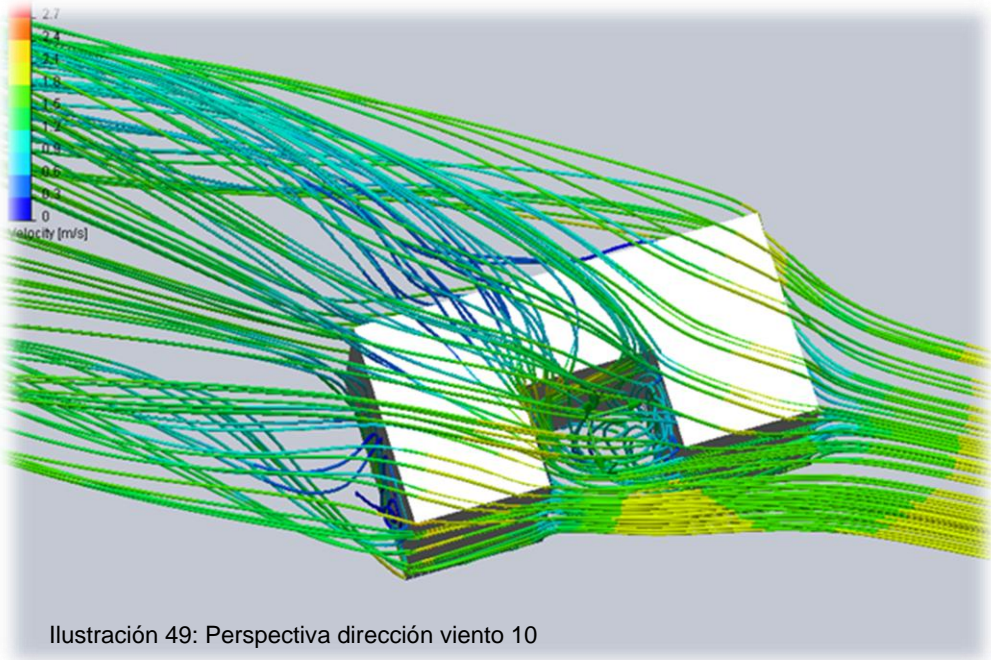


Ilustración 50: Sección A-A'

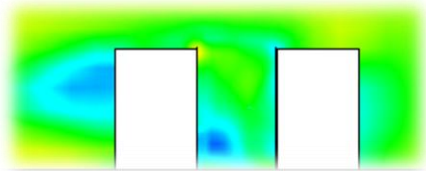


Ilustración 52: Sección 1-1'

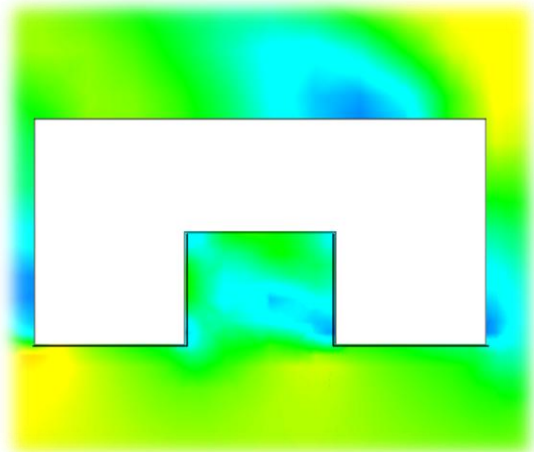
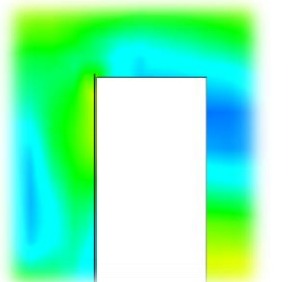
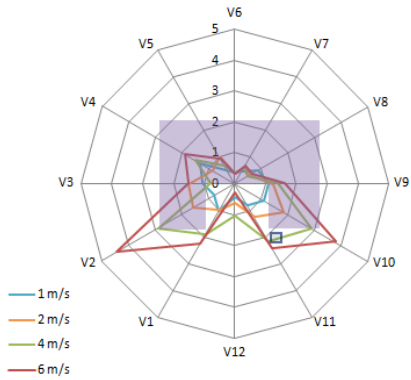


Ilustración 51: Sección B-B'



## CERRAMIENTO SUR

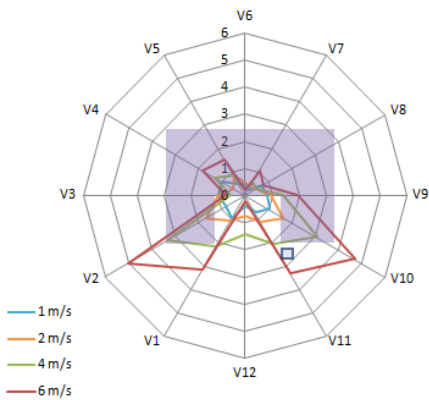
**Punto 24**



**Cerramiento Sur en su cara este, parte interior, la designación es P24, P48 y P73.**

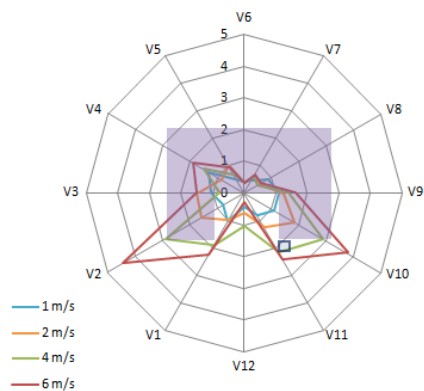
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que cuando los puntos están situados en mitad del paramento, las velocidades son totalmente simétricas.

**Punto 48**



En su dirección perpendicular la velocidad al chocar con el paramento, se ve reducida D12 para ir aumentando según la dirección se va lateralizando, para ir disminuyendo a medida que el edificio les va haciendo sombra.

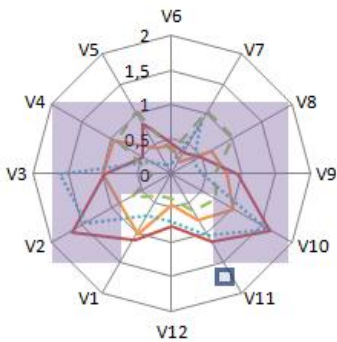
**Punto 73**



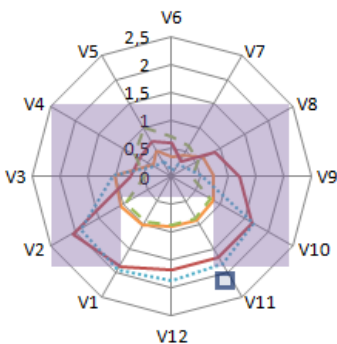
### Punto 24



### Punto 48



### Punto 73



**Cerramiento Sur en su cara este, parte interior, la designación es P24, P48 y P73.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que las velocidades del flujo de aire tanto en la cámara, como en la hoja exterior del cerramiento son casi similares.

Esto se debe a que el punto analizado esta en la esquina del retranqueo, donde existe una junta mayor en el aplacado cerámico de la fachada ventilada, por lo que el aire, según en que dirección, penetra con mas facilidad, como son las direcciones V2 y V10.

En cambio, en la parte superior del edificio, este flujo de aire se ve reducido en esas direcciones ya que se contrarresta con el flujo ascendente de la cámara y del exterior, producido por el efecto de convección.

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

DIRECCION DEL VIENTO V11

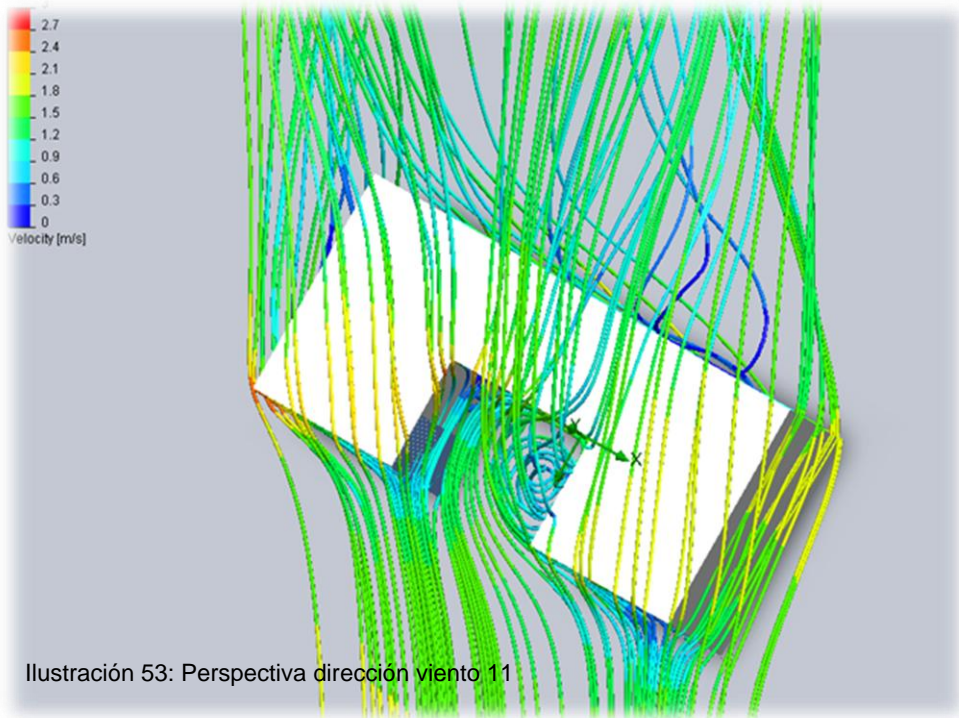


Ilustración 53: Perspectiva dirección viento 11

Ilustración 54: Sección A-A'

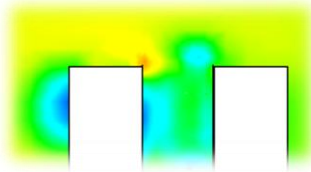


Ilustración 55: Sección B-B'

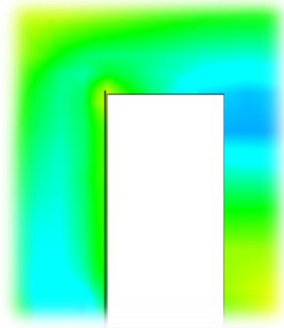
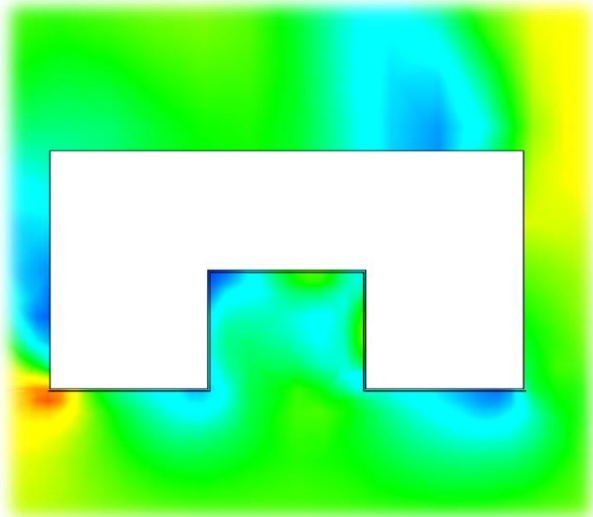
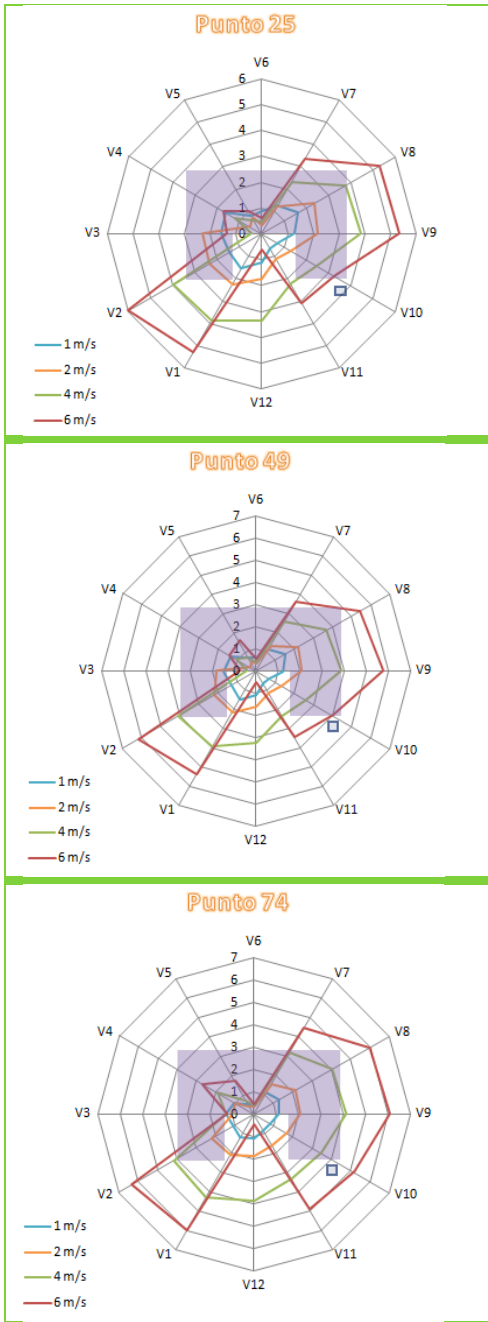


Ilustración 56: Sección 1-1'



## CERRAMIENTO SUR

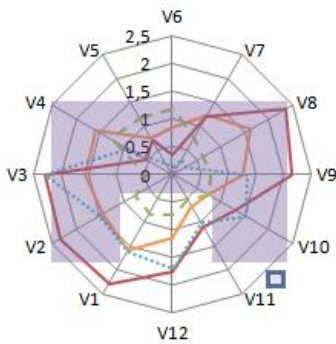


**Cerramiento Sur en su cara este, parte exterior, la designación es P25, P49 y P74.**

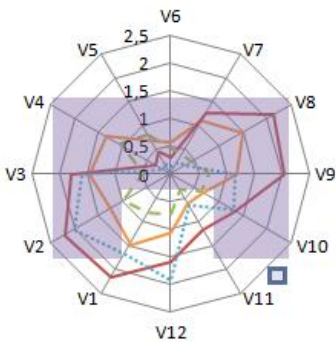
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que la dirección más desfavorable al punto en este caso es la D6, registra los valores más bajos de velocidad al estar a sotavento y también sus direcciones adyacentes D5, D7, D8 Y D9.

También decir que, en la altura intermedia del paramento, y un poco antes de llegar al punto de la azotea, es donde se registra el valor más bajo de todos, ya que al chocar y no tener una vía libre no vuelve a recuperar velocidad hasta que llega a la parte superior del edificio.

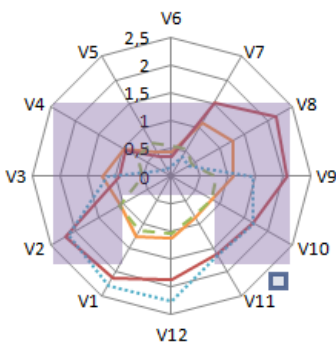
### Punto 25



### Punto 49



### Punto 74



**Cerramiento Sur en su cara este, parte exterior, la designación es P25, P49 y P74.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que según que direcciones del viento, las velocidades en la cámara son mayores que en la hoja exterior, y que no son coincidentes en las mismas direcciones

Por ejemplo, en el punto intermedio del edificio (punto 35) las direcciones del viento más desfavorables y que producen un incremento del flujo de aire en el interior de la cámara son el V2 y V12. En cambio, en la zona exterior, las direcciones más desfavorables son V2 y V8.

Comportamiento completamente inverso y simétrico a los puntos situados al otro extremo del retranqueo

- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire



**DIRECCION DEL VIENTO V12**

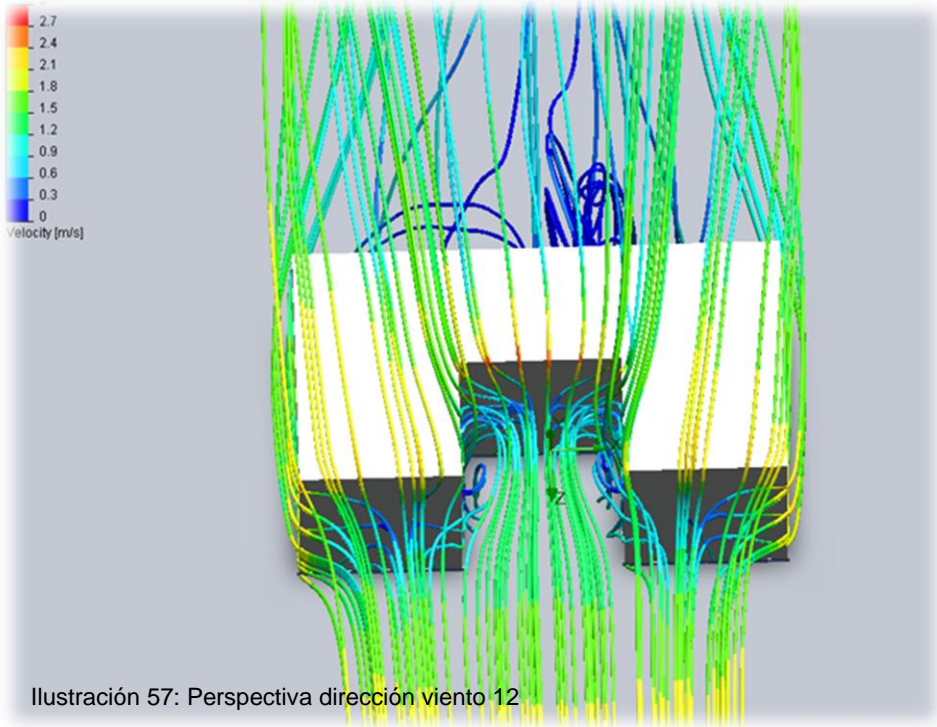


Ilustración 57: Perspectiva dirección viento 12

Ilustración 58: Sección A-A'

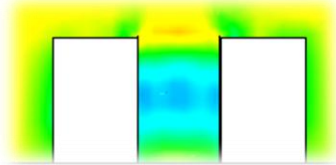


Ilustración 60: Sección 1-1'

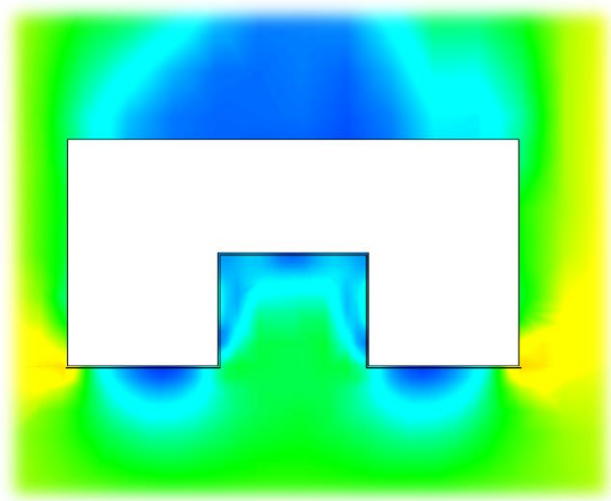
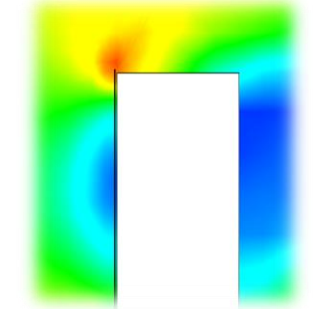
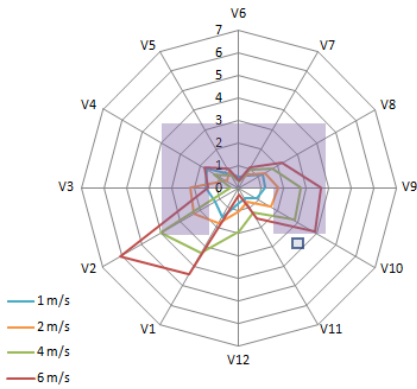


Ilustración 59: Sección B-B'

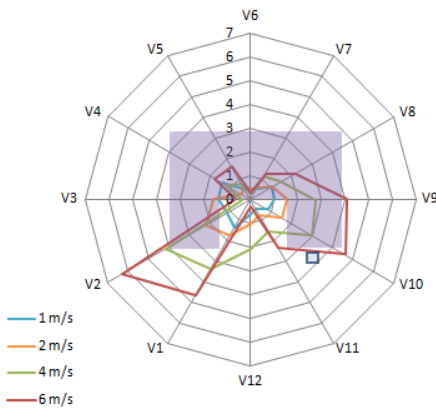


## CERRAMIENTO SUR

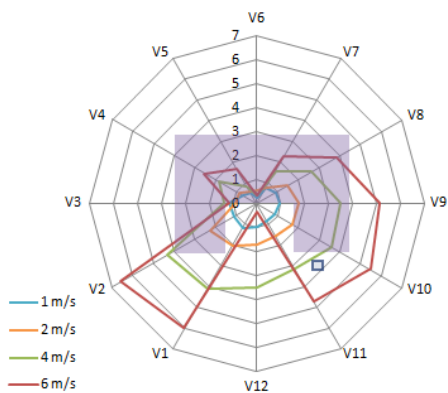
Punto 26



Punto 50



Punto 75

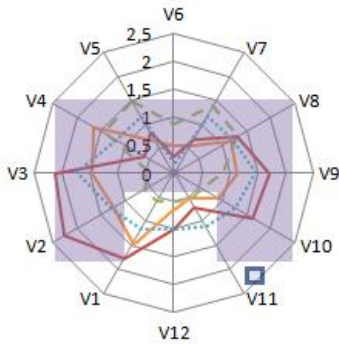


**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte central, la designación es P26, P50 y P75.**

En este punto, al no tener otros edificios que le hagan sombra, el comportamiento del viento es más regular, es decir, aumenta de velocidad cuando choca perpendicularmente y cuando es paralela al punto, es cuando se reduce, o cuando alguna parte del propio edificio hace sombra al punto



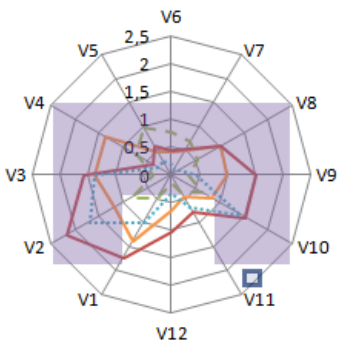
### Punto 26



**Cerramiento Sur en su cara oeste, parte central, la designación es P26, P50 y P75.**

En la comparativa de los tres puntos superpuestos a distinta altura, entre los mismos colocados en la hoja exterior del cerramiento y mismos en la cámara de aire, podemos observar que a las tres alturas, el comportamiento es casi igual.

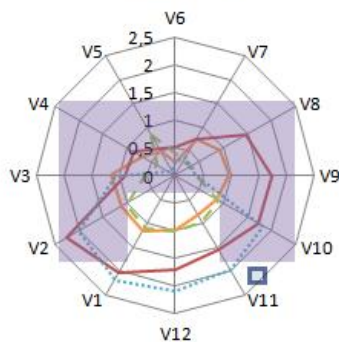
### Punto 50



Solamente observamos un aumento de la velocidad en los puntos superiores.

Las direcciones mas desfavorables, como se ha comentado anteriormente, son las que abarcan en la parte opuesta al edificio donde estan situados los puntos analizados, puesto que este mismo, se comporta como un obstaculo para el viento y situa a los puntos en la zona de sombra, excepto en los puntos superiores, donde el viento vuelve a escapar de la zona de la azotea hacia el centro del edificio

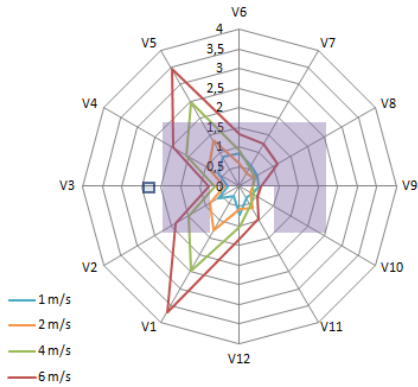
### Punto 75



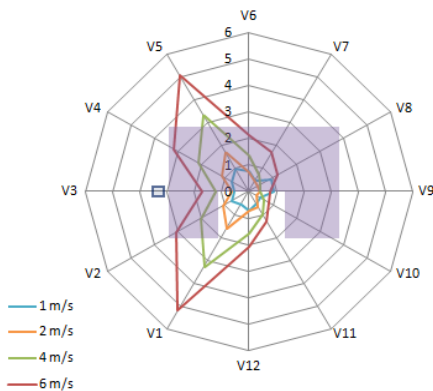
- V=1 m/s Hoja exterior
- V=2 m/s Hoja exterior
- - - V=1 m/s Cámara aire
- ..... V=2 m/s Cámara de aire

## CERRAMIENTO OESTE

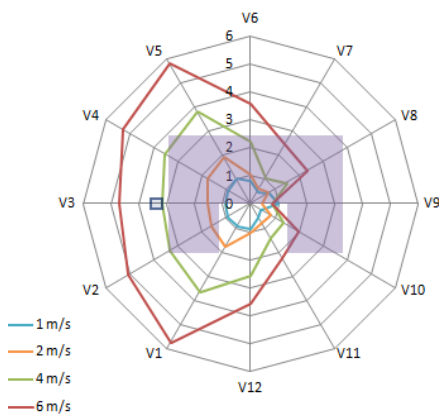
Punto 12



Punto 36



Punto 61



**Cerramiento Oeste, parte central, la designación es P12, P36 y P61.**

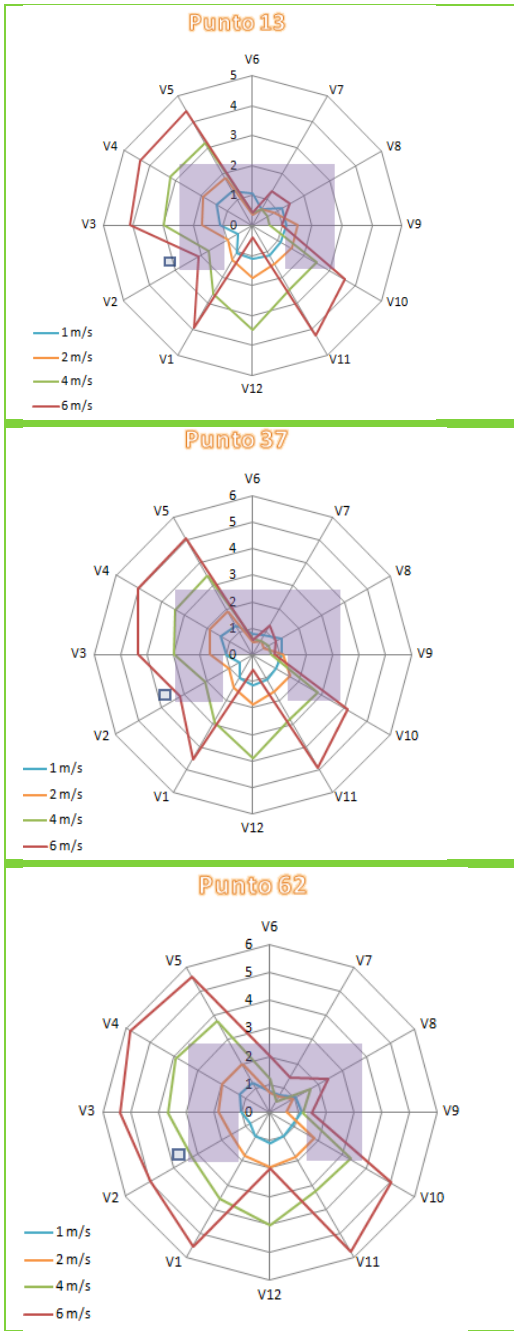
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que cuando los puntos están situados en la mitad del paramento las velocidades son totalmente simétricas

En su dirección perpendicular, al chocar con el paramento, se ve reducida D3, para ir aumentando según la dirección se va lateralizando.

Cuando el propio edificio hace sombra al punto respecto a la dirección del viento, es decir, es su propio obstáculo, la velocidad va disminuyendo.

En la altura superior del edificio es donde se registran mayores velocidades de viento, ya que este viene por la parte superior del edificio (cubierta) desde la cara opuesta del edificio, para escapar por la parte trasera, donde está situado el punto.

## CERRAMIENTO OESTE



**Cerramiento Oeste, en su esquina suroeste, la designación es P13, P37 y P62.**

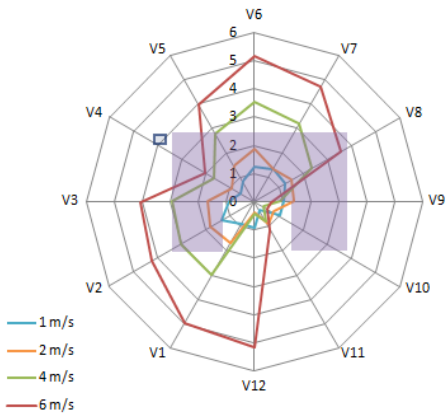
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que las direcciones más desfavorables son las que chocan con el paramento y por tanto se reduce la velocidad D2 y D3

Por el contrario las direcciones oblicuas al punto, es decir, D11 Y D5 y las adyacentes, son las que registran el mayor valor.

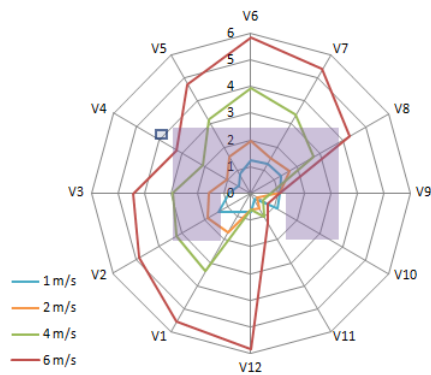
Finalmente vemos como las direcciones D6, D7, D8 y D9 son las que menos valor registran, ya que antes de llegar al punto analizado, chocan con la otra parte del edificio, creando este su propia sombra, y situándose el punto en la zona de sotavento.

## CERRAMIENTO OESTE

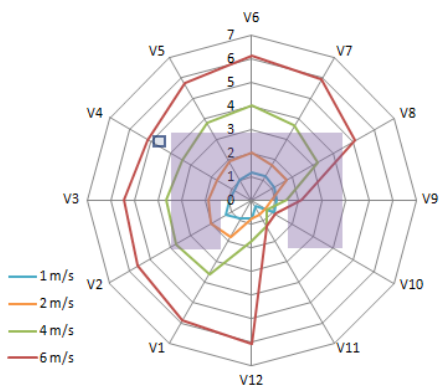
Punto 14



Punto 38



Punto 63

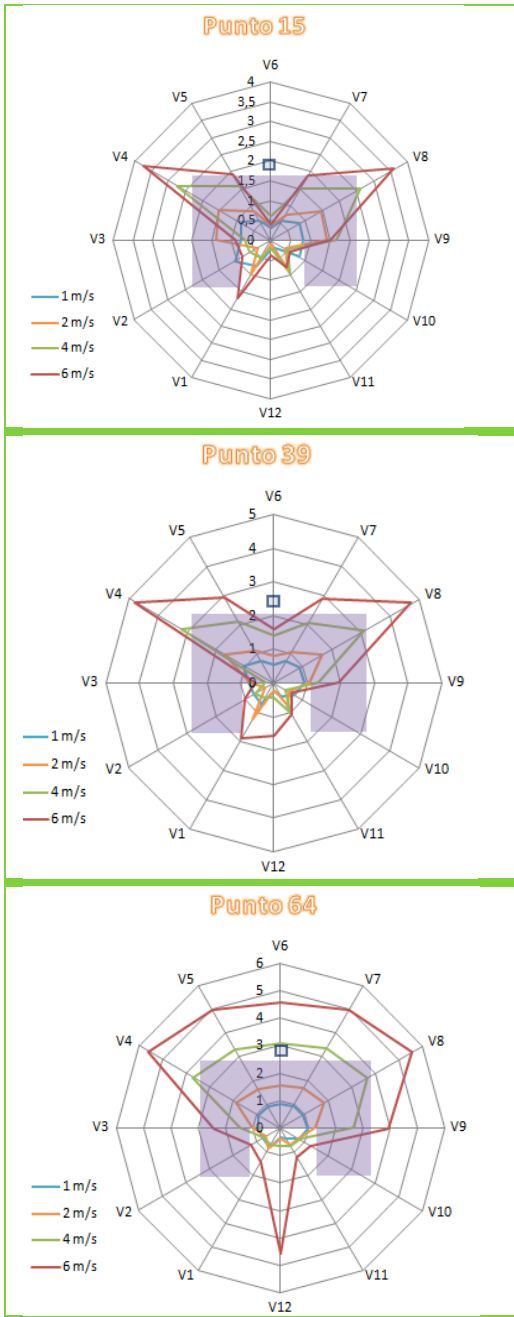


Cerramiento Oeste, en su esquina sureste, la designación es P14, P38 y P63.

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que las direcciones más desfavorables son las perpendiculares al punto estudiado, y que por el contrario, cuando la dirección del viento recae lateralmente al punto, la velocidad aumenta.

En este caso, el punto está situado a sotavento respecto al propio edificio, cuando la dirección del viento es D9, D10 Y D11

## CERRAMIENTO NORTE



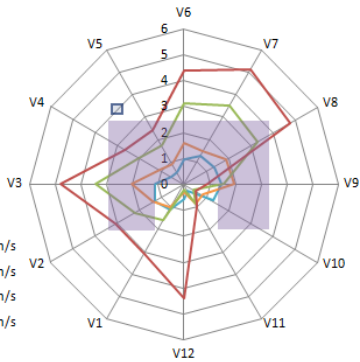
**Cerramiento Norte, en su parte central, la designación es P15, P39 Y P64.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que las velocidades aumentan en cuanto aumenta la altura del punto en el paramento, y que son totalmente simétricas respecto a este

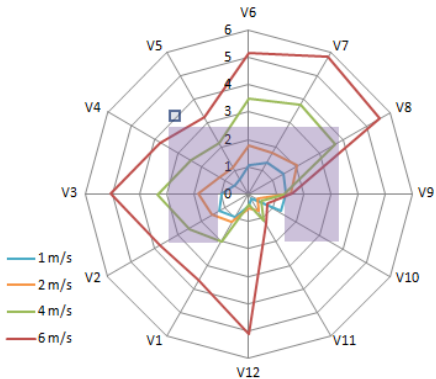
En las direcciones perpendiculares al punto, la velocidad disminuye, es decir, en D6 y D12, aumentándose en las partes laterales, excepto cuando la dirección es paralela a la pared donde está situado el punto, donde vuelve a disminuir.

## CERRAMIENTO NORTE

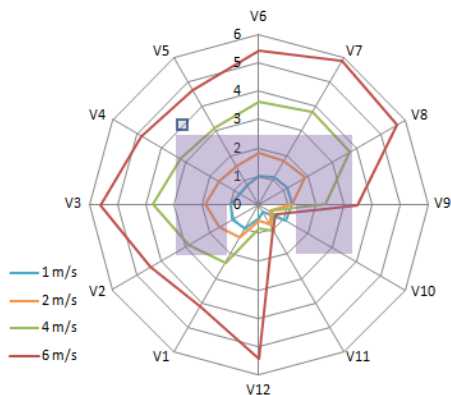
Punto 17



Punto 41



Punto 66

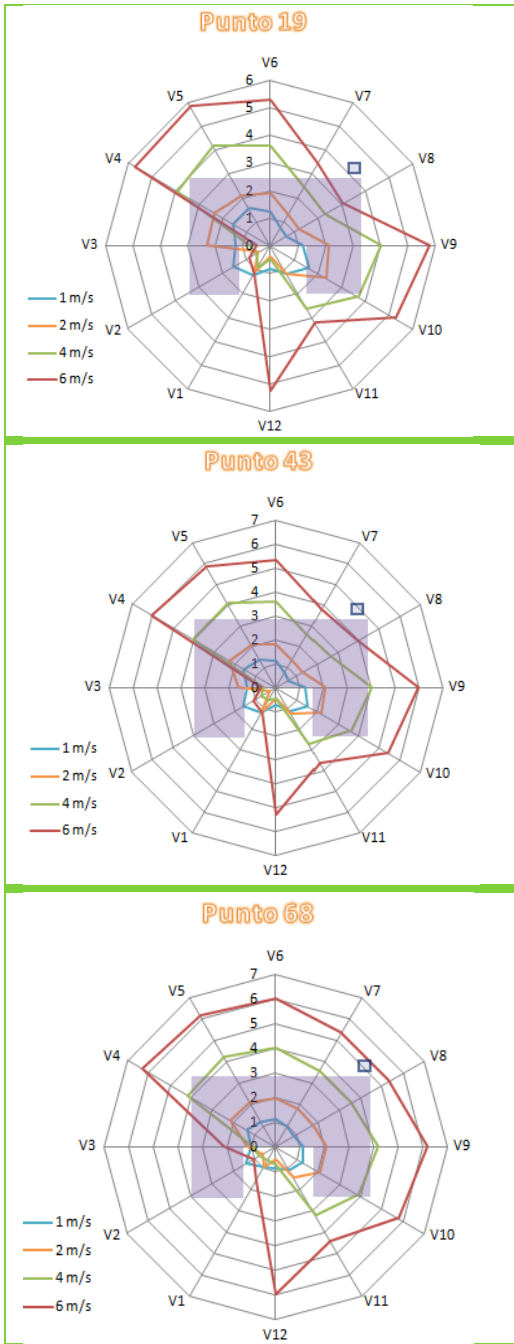


Cerramiento Norte, en su esquina noroeste, la designación es P17, P41 Y P66.

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que la dirección del viento más desfavorable es la D10 y D11, donde se registran los valores más bajos, ya que siguiendo esa dirección, el punto está a sotavento del propio edificio analizado.

También cabe destacar que en la altura intermedia y la más alta antes de llegar a la azotea, es donde se ven los valores mayores.

## CERRAMIENTO NORTE



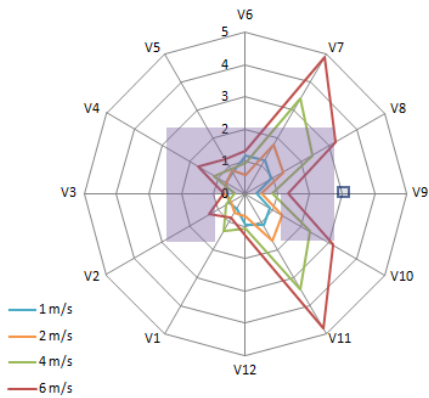
**Cerramiento Norte, en su esquina Noreste, la designación es P19, P43 y P68.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que la dirección del viento más desfavorable es la D10 y D11, donde se registran los valores más bajos, ya que siguiendo esa dirección, el punto esta a sotavento del propio edificio analizado.

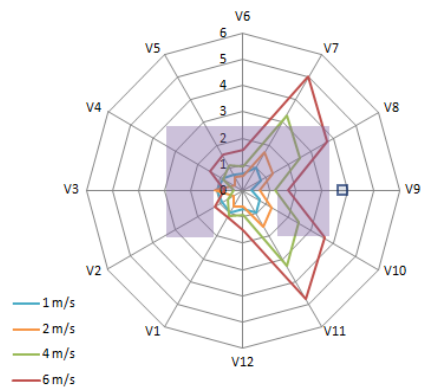
También cabe destacar que en la altura intermedia y la más alta antes de llegar a la azotea, es donde se ven los valores mayores.

## CERRAMIENTO ESTE

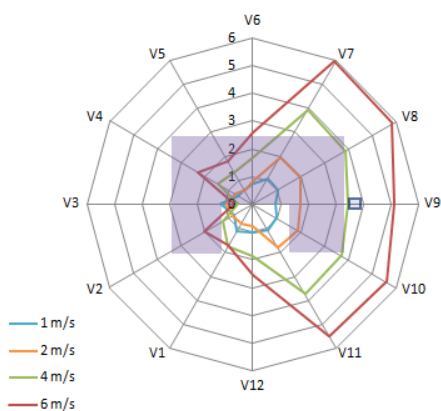
**Punto 20**



**Punto 44**



**Punto 69**



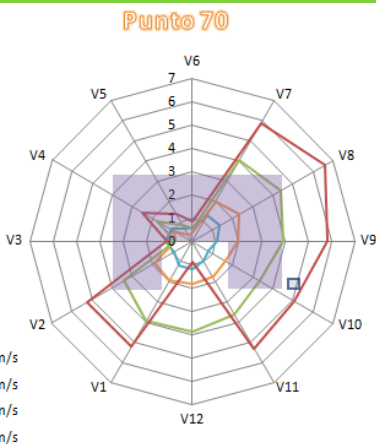
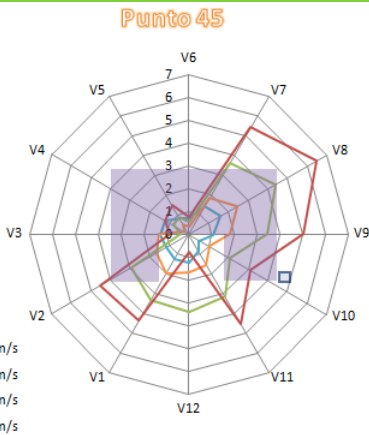
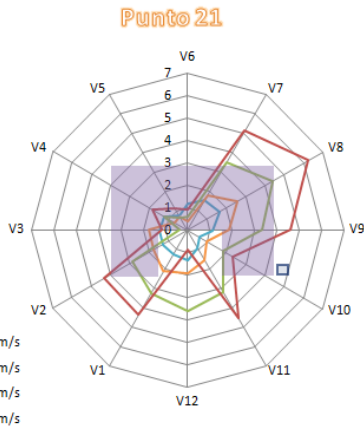
**Cerramiento Este, en su parte central, la designación es P20, P44 y P69.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento es totalmente regular, respecto al mismo punto en las distintas alturas, tan solo se observa un ligero descenso de la velocidad respecto al nivel inferior de la parte media del edificio, para pasar a un gran aumento de la velocidad en la parte superior.

En las direcciones situadas en la zona opuesta al punto analizado, es decir, en la grafica, de los vectores V12 al V6, son las que registran menores velocidades ya que el edificio está siendo su propio obstáculo situando al punto en su zona de sombra, y lo contrario ocurre con las demás direcciones, que concurren al punto analizado directamente



## CERRAMIENTO ESTE



**Cerramiento Este, en su esquina Sureste, la designación es P21, P45 y P70.**

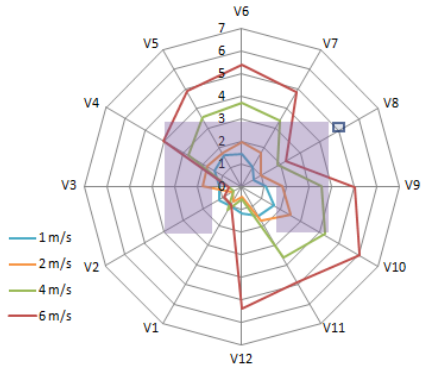
De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que el comportamiento del flujo de aire es el mismo en las tres alturas analizadas, exceptuando que hay un aumento en las velocidades en la parte superior.

Las direcciones más desfavorables en cuanto a una menor velocidad de aire son de la V3 a la V6, que son las que encuentran al edificio como propio obstáculo para alcanzar al punto.

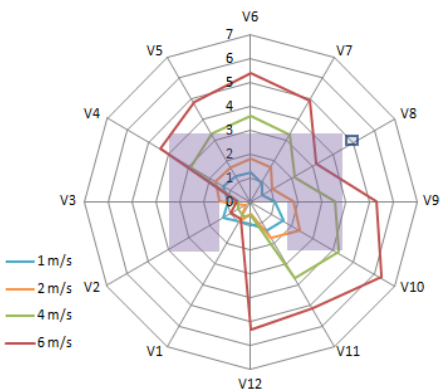
También se observa que la dirección V12 es mucho menor que las demás, posiblemente a que en la esquina analizada, pasamos de la fachada delantera que es ventilada con aplacado, a otra que no, y el aplacado sobresale ligeramente sobre la lateral, impidiendo un paso frontal del aire

## CERRAMIENTO ESTE

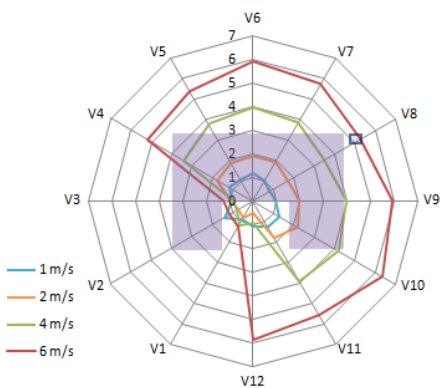
**Punto 22**



**Punto 46**



**Punto 71**



**Cerramiento Este, en su esquina Sureste, la designación es P22, P46 y P71.**

De arriba abajo podemos ver los tres puntos superpuestos en las diferentes alturas, donde podemos deducir que las direcciones más desfavorables son las perpendiculares al punto estudiado, y que por el contrario, cuando la dirección del viento recae lateralmente al punto, la velocidad aumenta.

En este caso, el punto está situado a sotavento respecto al propio edificio, cuando la dirección del viento es D1, D2 Y D3

### Calculo del coeficiente de convección

La determinación del coeficiente de convección  $h_{co}$  tiene un grado de dificultad elevado, ya que, su expresión depende tanto de la velocidad y dirección del viento incidente, como del efecto de la convección natural debido a la diferencia de temperatura con el exterior.

Esta determinación se deben realizar a base de medidas experimentales, ya que, tanto en el caso de colectores solares como en el caso de las fachadas, el flujo es tridimensional y altamente turbulento, de manera que se aleja de la condición teórica.

En 1954, McAdams realizo una descripción de los estudios experimentales de Jurges, quien en 1922 calentó una placa vertical de cobre de  $0,5 \text{ m}^2$  y la introdujo en un túnel de viento para someterla a diferentes módulos y direcciones de viento. Los resultados del estudio condujeron a la siguiente correlación:<sup>7</sup>

$$\begin{array}{ll} h_{co} = 5,62 + 3,91 \text{ vs} & v < 5 \text{ m/s} \\ h_{co} = 7,19 v^{0,98} & v > 5 \text{ m/s} \end{array}$$

Por lo que, a través de dicha correlación, podemos demostrar que el coeficiente de convección en la cámara de aire de la fachada ventilada, es linealmente dependiente a la velocidad del aire.

En una representación del perfil de velocidades, según la altura del edificio, puede verse como el campo de velocidades tiende a aumentar hacia la parte superior del edificio. Estas velocidades, como ya hemos comentado, dependen de la velocidad a la que asciende el aire por la línea central de la fachada ventilada, debido al efecto de convección.

Veamos un ejemplo con varios puntos del edificio, tanto con fachada ventilada como en la cara exterior de esta.

<sup>7</sup> McAdams, William H. *Transmision de calor*

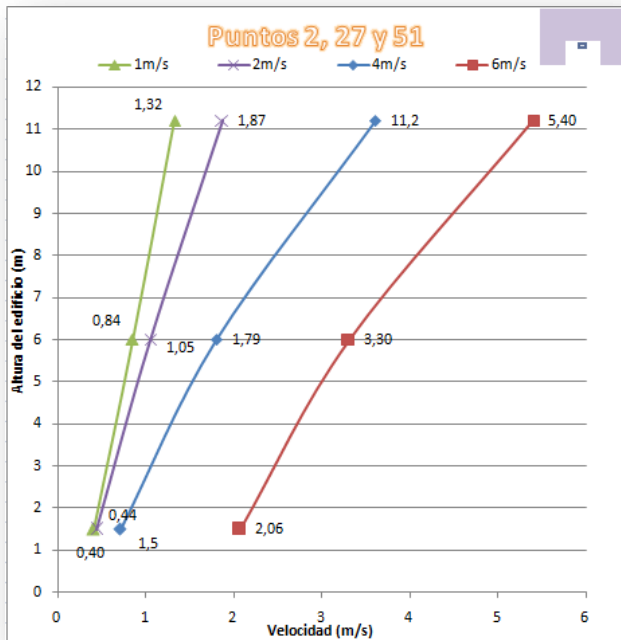


Grafico 1: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cara exterior del edificio

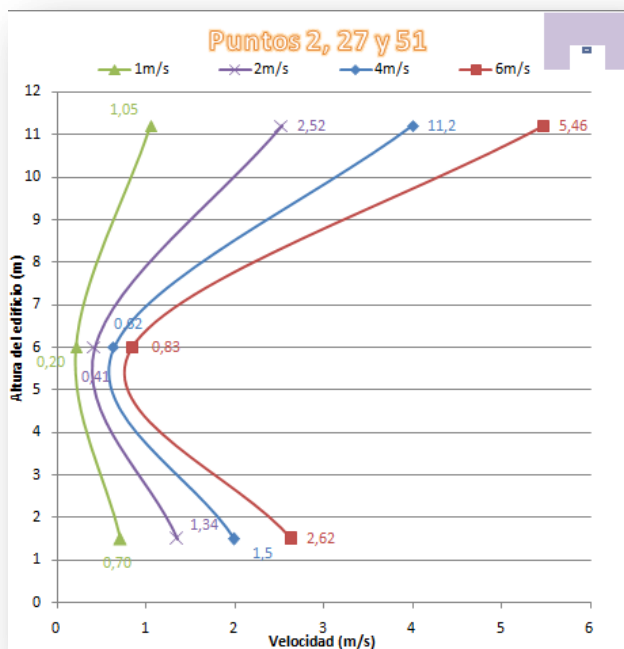


Grafico 2: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cámara de aire

Se han analizado los puntos en la parte central del retranqueo del edificio, tanto en la cara exterior del cerramiento como en la cámara de aire. El viento que hemos escogido para la representación de la velocidad del viento, es la incidente a los puntos a analizar, es decir, el vector 12.

Como podemos observar, en la cara exterior de la fachada, el viento va en aumento en cuanto aumenta la altura del edificio, y es una relación constante a medida que aumenta también la velocidad del viento incidente.

En cambio, el comportamiento en la cámara es distinto, ya que en las alturas intermedias, es donde menor velocidad alcanza el flujo de aire en su interior y aumenta al escapar

A pesar de que el comportamiento del flujo de aire en la zona exterior de la fachada y en la cámara sea distinto, podemos afirmar que en ambas zonas se mantiene una relación lineal respecto a la velocidad del aire, y por lo tanto, habrá una relación igualmente entre los coeficientes de convección:

Altura	1 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s
1,5	0,7025	1,3424	1,9823	2,622
6	0,2041	0,4135	0,6229	0,8323
11,2	1,0474	2,5192	3,9911	5,4629

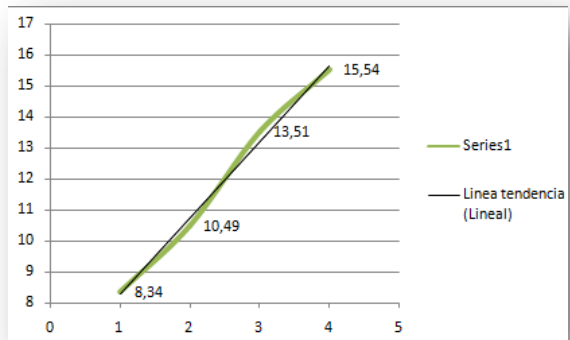
**h<sub>c</sub> altura 1,5**

1 m/s → 5,62 + 3,91 (0,70) = 8,34

2 m/s → 5,62 + 3,91 (1,34) = 10,49

4 m/s → 5,62 + 3,91 (1,98) = 13,51

6 m/s → 5,62 + 3,91 (2,62) = 15,54



En la grafica adjunta, vemos la línea de tendencia del coeficiente de convección, que como ya hemos citado, es una línea de tendencia lineal. Veamos el caso del flujo en la parte exterior de la fachada, donde la línea de tendencia será, a primera vista, polinómica

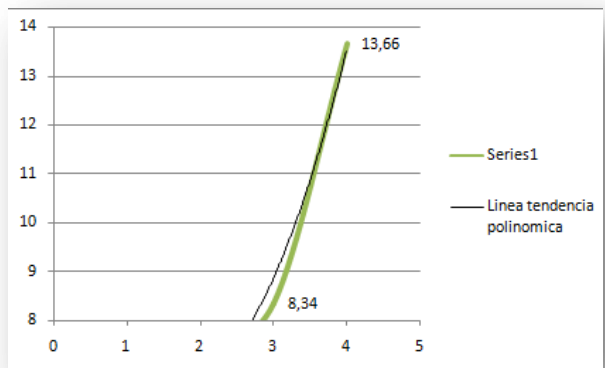
**h<sub>c</sub> altura 1,5**

1 m/s → 5,62 + 3,91 (0,39) = 7,13

2 m/s → 5,62 + 3,91 (0,43) = 7,29

4 m/s → 5,62 + 3,91 (0,70) = 8,34

6 m/s → 5,62 + 3,91 (2,06) = 13,6



Veamos más ejemplos con puntos situados en zonas distintas a la ya analizada:

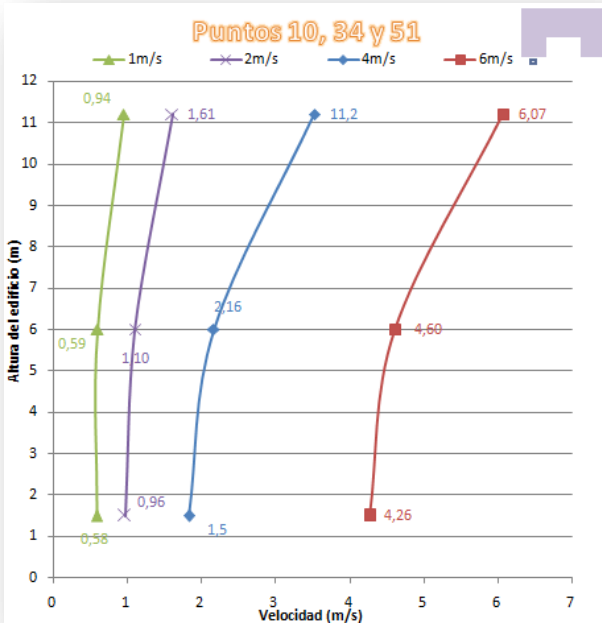


Gráfico 3: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cara exterior del edificio

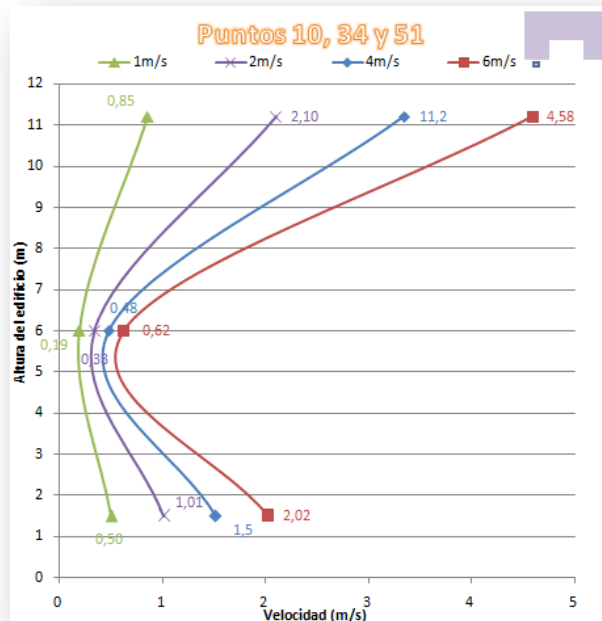


Gráfico 4: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cámara de aire

Se han analizado los puntos en la exterior izquierda del retranqueo del edificio, tanto en la cara exterior del cerramiento como en la cámara de aire. El viento que hemos escogido para la representación de la velocidad del viento, es la incidente a los puntos a analizar, es decir, el vector 12.

Como podemos observar, en la cara exterior de la fachada, el viento va en aumento en cuanto aumenta la altura del edificio, y es una relación constante a medida que aumenta también la velocidad del viento incidente.

En cambio, el comportamiento en la cámara es distinto, ya que en las alturas intermedias, es donde menor velocidad alcanza el flujo de aire en su interior y aumenta al escapar

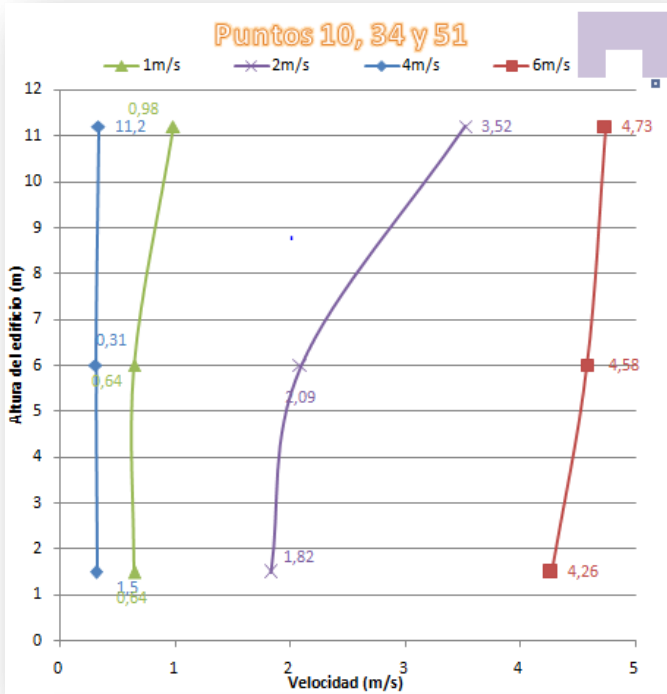


Gráfico 5: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cara exterior del edificio

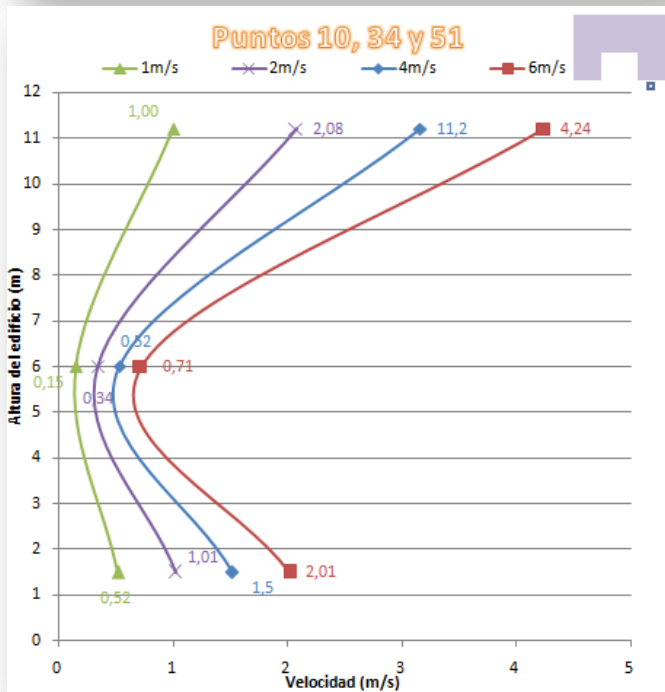
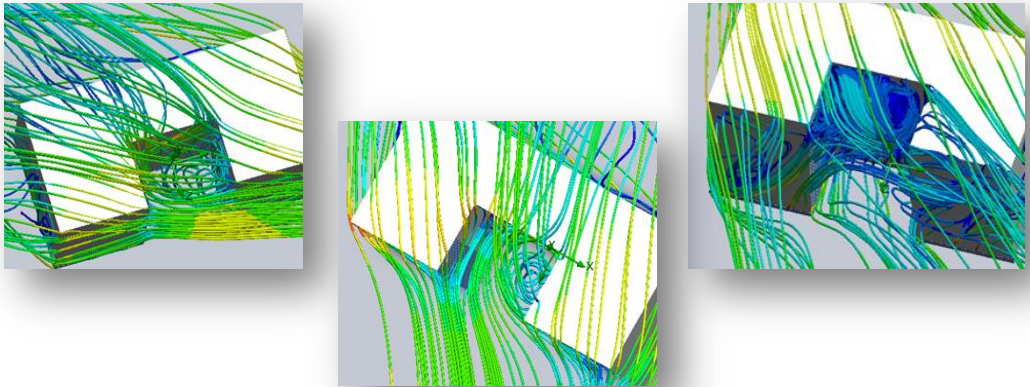


Gráfico 6: Relación entre altura del edificio y velocidad en la cámara de aire

Una vez ya hemos analizado el comportamiento del flujo de aire en cada punto de la fachada, podemos hacer una breve alusión a un caso real.

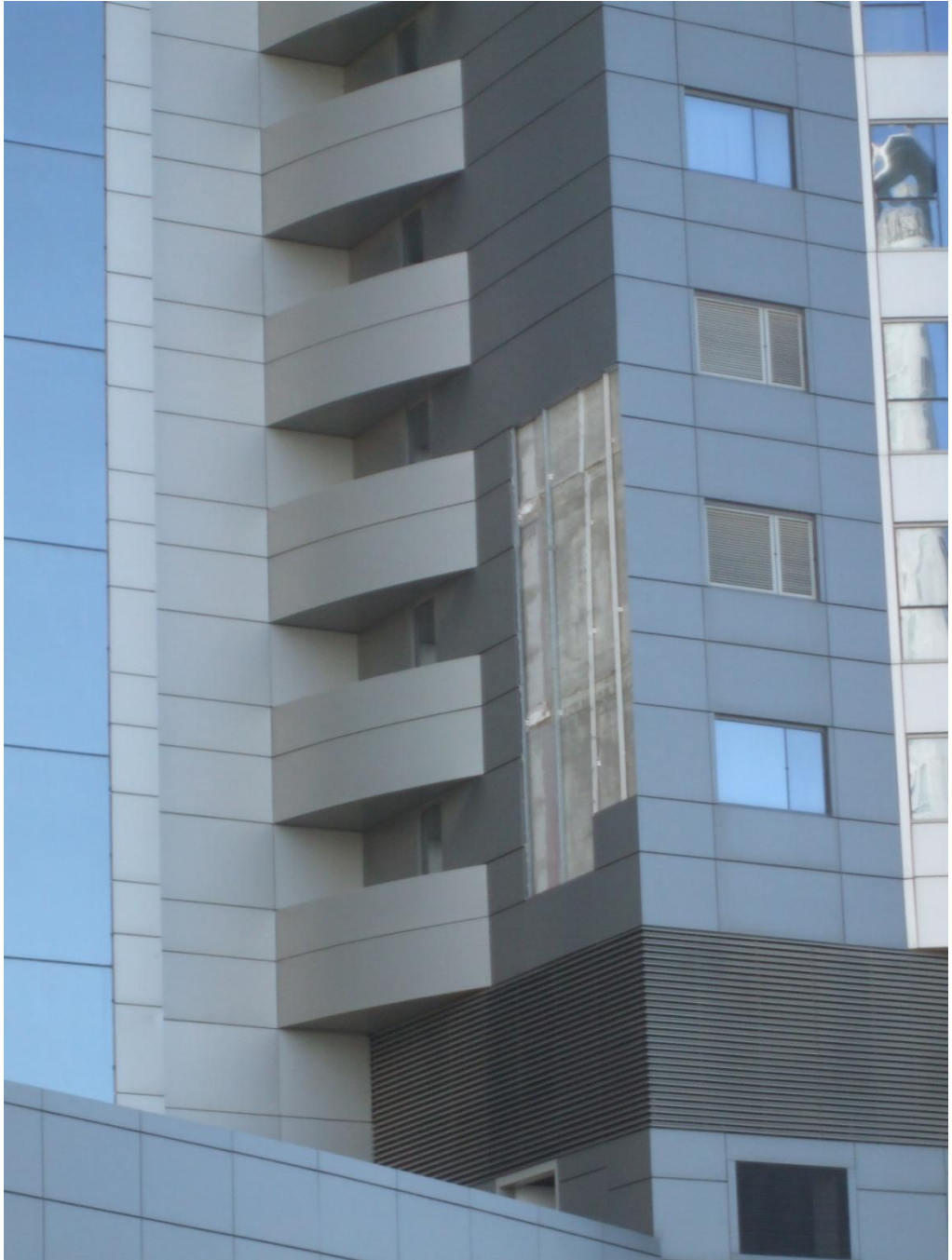
Los edificios construidos con la forma arquitectónica que posee el edificio objeto de estudio, es decir, con un retranqueo, suelen presentar diversas patologías en su fachada, de pronta aparición, debido básicamente al efecto de succión que produce dicha forma geométrica, y al comportamiento turbulento que produce en el aire.

Recordemos varias imágenes que nos dan una vista clara del efecto que estamos mencionando:



Dicho comportamiento del aire en los retranqueos de los edificios, fue el responsable de que en el Hotel Hilton de Valencia, se produjeran desprendimientos de las placas cerámicas de su fachada ventilada. En dicho retranqueo, en la parte inferior, está ubicada la entrada al hotel, lo que provocó un importante problema, ya que hubo que acordonar la zona y colocar un nuevo acceso al hotel en la parte posterior del edificio.







# 5

## **EMPLEO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA SIMULACION PARA UN ANALISIS ENERGÉTICO**



Desde un punto de vista de la determinación de la eficiencia, el objetivo principal de la fachada ventilada cerámica sería, contribuir al ahorro de la energía de refrigeración que habría que transmitir a una estancia en la que se instala la fachada.

Este análisis energético, implican un conocimiento de la transmisión de calor a través del muro que cierra la estancia. Por ello es necesario conocer varios parámetros para determinar el valor del coeficiente de transmisión U, como son:

- Coeficientes de transividad de todas y cada una de las capas que componen la fachada
- Los coeficientes de convección superficial exterior e interior

### Simplificaciones

El objetivo del presente apartado es demostrar que los datos obtenidos en la simulación, nos puede ser de ayuda para plantear una comparación de eficiencia energética entre la fachada ventilada y la que no lo está. Por ello, se han realizado algunas simplificaciones:

- Se ha considerado la misma temperatura exterior en el ambiente y en la superficie del edificio en contacto con el mismo. Estas temperaturas dependen del material y de la convección y radiación, posición geográfica...etc, por lo que a modo de simplificación, se han considerado las mismas condiciones

$$T_{\text{cam}} = T_{\text{ext}}$$

- La modelización se ha considerado en régimen permanente

### Calculo de U de las distintas fachadas

La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

Siendo R<sub>t</sub> la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/ W]. Por tanto, la expresión más desarrollada quedaría de la siguiente forma:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i} + \sum \left(\frac{e_i}{k_{i+}}\right) + \frac{1}{h_e}\right)}$$

Según el CTE, en su apéndice E del DB-HE y como ya hemos comentado anteriormente como una simplificación, Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento. Por lo tanto podemos decir que:

$$T_{\text{cam}} = T_{\text{ext}} \rightarrow h_{\text{ext}} = h_i$$

Realizaremos la comparativa en el punto central del retranqueo a una altura de 6 m (Punto 27)

$$h_e = 5,62 + 3,91 (0,20) = 6,402 \text{ (W/m}^2\text{K)} \rightarrow 1/h_e = 0,156$$

Como ya hemos calculado en el apartado de cálculo de convección el coeficiente h de convección, podemos realizar el cálculo final de la transmitancia térmica de ambos cerramientos.

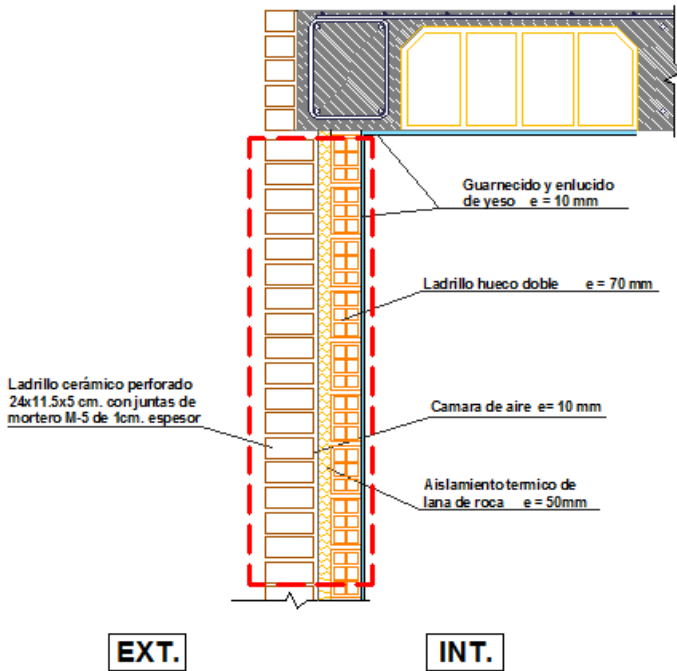


Ilustración 61: Sección de una Fachada convencional

ELEMENTO	Espesor (cm)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Resistencia Superficial exterior		0,04
½ pie ladrillo	11,5	0,15
Cámara de aire	1	0,04
Aislante lana tipo III	5	0,15
Tabique ladrillo hueco S	7	0,16
Resistencia Superficial interior		0,13
Totales	24,5 cm	0,634 (m <sup>2</sup> K/W)
<b>U= 1,61 W/m<sup>2</sup>K</b>		

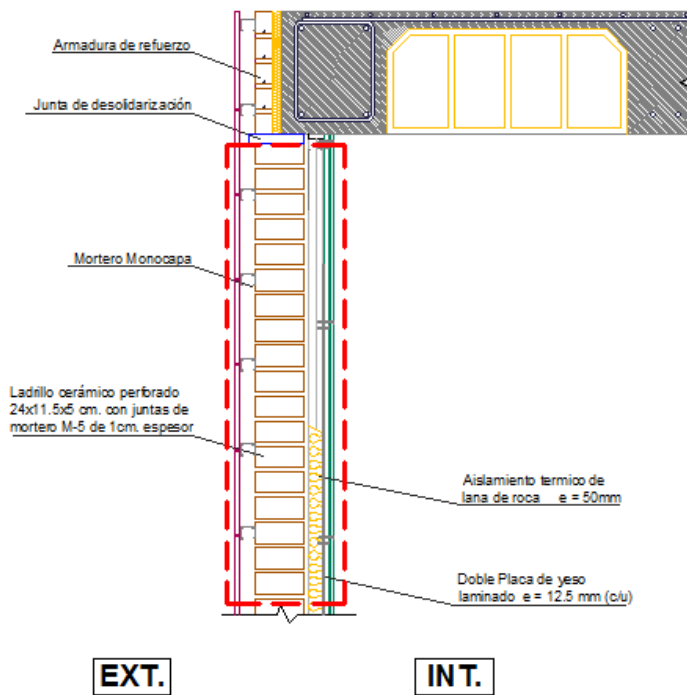


Ilustración 62: Sección de una Fachada ventilada

ELEMENTO	Espesor (cm)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> K/W)
Resistencia Superficial interior		0,156
Enlucido yeso	1	0,05
Fabrica ½ pie ladrillo P	11,5	0,15
Aislante lana tipo III	5	0,15
Resistencia Superficial exterior *		0,156
<b>Totales</b>	<b>24,5 cm</b>	<b>0,692 (m<sup>2</sup>K/W)</b>
<b>U= 1,4 W/m<sup>2</sup>K</b>		

\* (Al ser cámara fuertemente ventilada se eliminan todas las capas por el exterior del aislante del cálculo y se asume resistencia superficial equivalente a la interior)

Transmitancia de Fachada Ventilada 1,40 W/m<sup>2</sup>·K



### Transmitancia de Muro convencional 1,61 W/m<sup>2</sup>·K

Esto supone que tenemos un ahorro teórico en fachadas de un 25 % sin tener en cuenta la acción de los recercados de ventanas y cajones de persianas (puentes térmicos)

Finalmente me gustaría reseñar que se ha intentado equilibrar lo más posible las dos secciones tipo, utilizando los mismos espesores en la medida de lo posible. El objeto de este estudio no está tan centrado en el valor de la transmitancia térmica de los cerramientos si no en el resultado global, para poder afirmar que el programa de simulación también nos permite valorar energéticamente un cualquier tipo de cerramiento. Por tanto, podemos proponer el método de simulación como una herramienta potente para la representación del comportamiento del aire en la envolvente del edificio que tiene instalada una fachada cerámica ventilada.

También cabe destacar que, en este análisis simplificado, no se ha considerado la inercia térmica de las paredes y los materiales, al tratarse de un estudio puntual en régimen permanente, pero este efecto será importante en el análisis del ahorro diario y estacional.

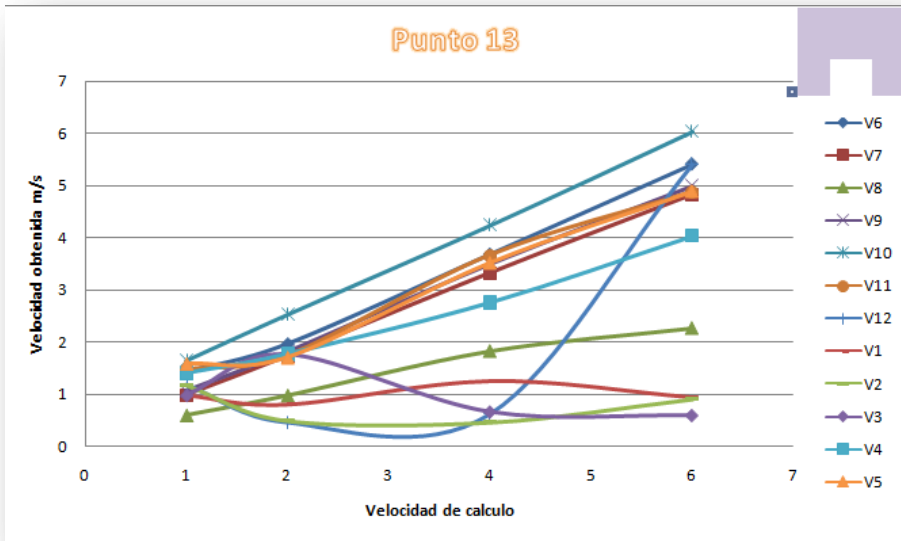


# 6

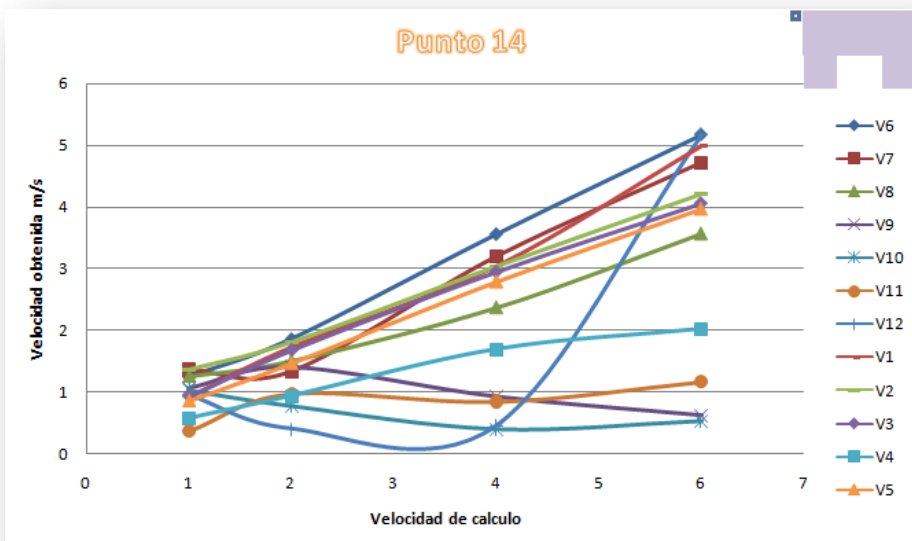
## OTROS RESULTADOS

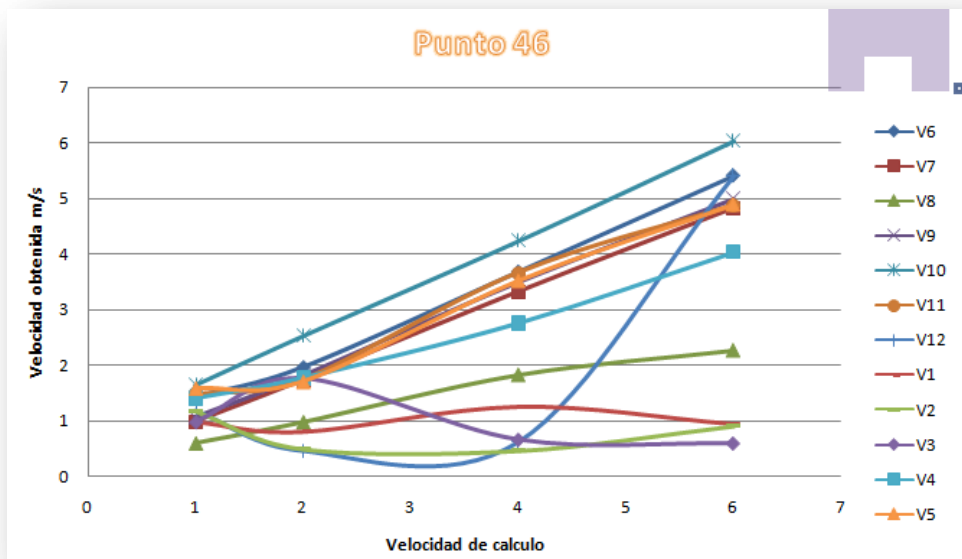
### ANALIZADOS



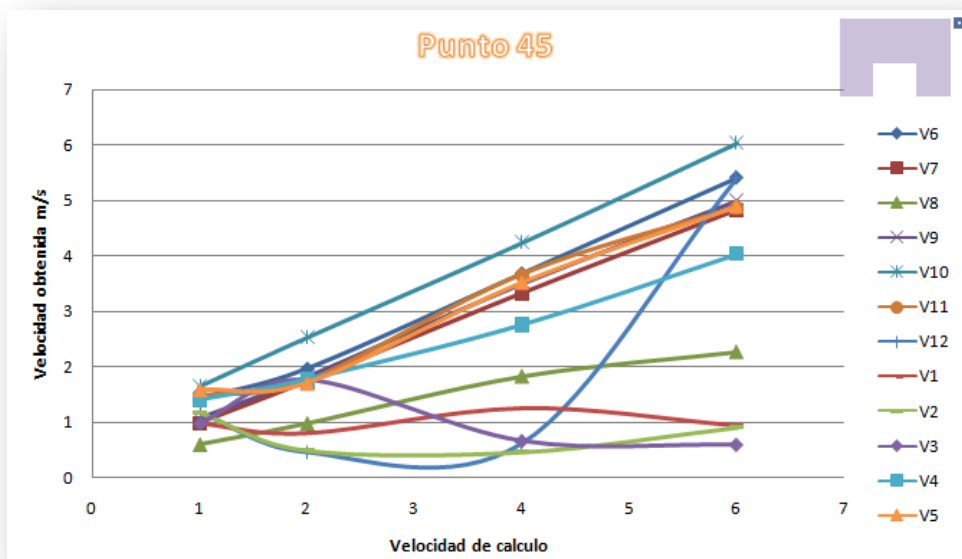


En los presentes gráficos, se han analizado los puntos de la fachada Oeste en sus esquinas Suroeste y Noroeste a 0,80 m de altura para todas las direcciones de viento y todas las velocidades. Se puede decir que, todas las direcciones del viento se comportan de una manera lineal, excepto en la dirección 12 ya que no hay ningún obstáculo alrededor que pueda hacer que la velocidad varíe y por tanto responde a una progresión tal como las velocidades de viento calculadas. La dirección 12 que es la única que varia, es cuando el flujo de aire es paralelo a la cara de la fachada, por lo que responde a un comportamiento distinto.





En los presentes gráficos, se han analizado los puntos de la fachada Oeste en sus esquinas Suroeste y Noroeste, a mitad de altura del edificio, para todas las direcciones de viento y todas las velocidades. Se puede decir que, todas las direcciones del viento se comportan de una manera lineal, excepto en la dirección 12 ya que no hay ningún obstáculo alrededor que pueda hacer que la velocidad varíe y por tanto responde a una progresión tal como las velocidades de viento calculadas. La dirección 12 que es la única que varia, es cuando el flujo de aire es paralelo a la cara de la fachada, por lo que responde a un comportamiento distinto.



# 7

## CONCLUSIONES





### **Método de trabajo**

En este proyecto y conjuntamente con otros dos compañeros mas, se han propuesto tres casos distintos de simulación en un edificio: un edificio exento, caso con edificación paralela y este caso, edificación en forma de “u”.

Se han colocado la misma cantidad de sensores por fachada, a la misma altura y distancia de separación. Sometiéndolos a unas velocidades de viento características de la zona en que nos encontramos. Y con ello hemos podido establecer una comparativa y ver las influencias que ejercen tanto las edificaciones colindantes como la forma del edificio objeto de estudio.

### **Programa**

Desde la experiencia de haber trabajado con el programa SolidWorks, podemos decir que este programa facilita su trabajo de modelización al ser de características similares al Autocad 3d y otros programas utilizados en los ámbitos de investigación. Respecto a su aplicación “Flow Simulation” como alternativa a túneles de viento, encontramos que es una herramienta que ofrece una cantidad de datos, imágenes y de posibilidades, capaz de aportarnos una cantidad de información que no tiene nada que envidiar a otro sistema de obtención de datos.

### **Datos obtenidos**

Como conclusión a todos los datos obtenidos, en los gráficos, podemos decir que el viento sobre las fachadas, responde de manera desfavorable cuando la dirección del viento es perpendicular al punto analizado, al impactar con el paramento, y aumentando a medida que el punto no tiene ningún obstáculo a sotavento, para finalmente verse reducido en su punto opuesto a la sombra del edificio, es decir, a sotavento

Si hacemos un análisis del comportamiento en la cámara de aire, podemos concluir que el flujo es menor en la altura intermedia de la fachada, y que aumenta en la parte inferior y superior debido a la convección que se produce dentro de esta.

## **Bibliografía**

**BLAZEK, J.** (2001): *Computacional Fluid Dynamics: Principles and Applications*, Elsevier

**VERSTEEG, H.K y W. MALALASEKERA** (1995): *An introduction to Computacional Fluid Dynamics*, Pearson Prentice Hall

**MESEGUER, J.** (2001): *Aerodinámica civil, cargas de viento en las edificaciones*

**ARROYO ARROYO, J; BENITO MUÑOZ, JJ; ALBAREZ CAVAL, R** (1997): *Análisis de la acción del viento en los edificios*

**McAdams, William H.** *Transmision de calor*

**CTE DB-SE (2009):** “Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación.

**CTE DB HE 1 (2009):** “Código técnico de la edificación. Documento básico. Ahorro de Energía, Apéndice C. Método de Cálculo”



# 9

## ANEXOS



### 9.1. Tablas Excel resultados de la simulación

RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 1,5 M →(1m/s)												
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 2	0,26538	0,30660	1,09790	1,19665	1,12048	0,43648	0,39617	1,22454	0,76313	1,22454	1,15955	0,23503
Punto 3	0,29103	0,36356	0,934375	0,96601	1,02072	0,49239	0,41794	0,74572	0,37085	0,74572	0,89109	0,32371
Punto 4	0,33475	0,35150	0,932618	0,75732	0,38702	0,34060	0,34615	1,02090	0,74427	1,02090	0,96338	0,32661
Punto 5	0,22900	0,46688	1,25640	1,03819	0,73303	0,40219	0,36079	1,08415	0,70394	1,08415	0,92522	0,17335
Punto 6	0,21133	0,50911	1,24980	0,94985	0,83601	0,45781	0,52989	1,00686	1,05119	1,00686	0,73546	0,12759
Punto 7	0,36261	0,27281	0,90653	0,97207	1,01902	0,49024	0,43863	1,05109	0,51174	1,05109	1,22757	0,38136
Punto 8	0,34761	0,32739	0,76979	0,87220	0,94741	0,70796	0,55321	1,00834	0,61110	1,00834	1,25986	0,39273
Punto 9	0,33927	0,50147	1,26652	1,03000	0,81804	0,57277	0,47784	1,14696	1,33330	1,14696	0,83829	0,20871
Punto 10	0,38899	0,57603	1,56702	1,33525	1,11863	0,94817	0,58106	1,09141	1,01239	1,09141	0,91489	0,43405
Punto 11	0,76999	0,62286	1,67370	1,54646	1,39384	1,33647	1,05161	1,31153	0,73412	1,31153	1,49839	1,14307
Punto 12	0,82791	0,57798	0,51645	0,48138	0,39514	0,33086	0,73459	0,30003	0,61920	0,30003	0,63298	0,86358
Punto 13	1,06982	0,60261	1,13602	1,12765	1,09847	1,16616	1,12371	1,06140	0,56848	1,06140	1,36771	1,32201
Punto 14	1,24127	1,35191	1,25139	1,05903	1,01974	0,36046	0,94917	0,92032	1,36608	0,92032	0,56805	0,85438
Punto 15	0,31273	0,54626	0,82306	0,81458	0,84316	0,22750	0,21771	0,74408	1,04690	0,74408	0,88662	0,55074
Punto 16	0,43504	0,77976	1,05162	1,07011	1,19637	0,22436	0,26866	0,69261	0,85369	0,69261	0,78301	0,43650
Punto 17	0,97885	1,26682	1,33297	1,43754	1,27490	0,29937	0,55719	1,13090	1,29865	1,13090	0,58132	0,52773
Punto 18	0,55780	0,38726	0,69947	0,85554	0,89073	0,36549	0,29633	1,08385	1,40560	1,08385	1,17424	0,95048
Punto 19	1,25043	0,73043	0,65161	1,18735	1,61406	1,19631	0,87087	1,26522	1,57351	1,26522	1,57490	1,57905
Punto 20	1,16875	1,16494	0,91077	0,33821	0,88396	1,13276	0,97437	0,55690	0,58711	0,55690	0,70851	0,78104
Punto 21	1,18753	1,55400	1,65997	1,10636	0,60812	0,91826	1,34369	1,25614	1,29282	1,25614	1,21720	0,73623
Punto 22	1,42292	0,97436	0,59919	1,05704	1,63977	1,48047	1,18029	0,97648	1,16086	0,97648	1,39648	1,58569
Punto 24	0,32792	0,42643	0,86161	1,09796	1,09896	0,83172	0,44175	1,03497	0,77512	1,03497	1,28377	0,46963
Punto 25	0,86184	1,24396	1,63536	1,28985	0,73108	0,67037	1,14175	1,57680	1,44564	1,57680	1,59730	0,75076
Punto 26	0,48618	0,58924	1,17250	1,13876	0,90969	0,51258	0,64189	1,47788	1,25098	1,47788	1,66606	0,66138

**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 6 M**

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 27	0,34553	0,48205	1,11111	1,11409	1,28568	0,75229	0,84223	1,33473	1,21588	1,33473	1,23907	0,31793
Punto 28	0,52048	0,72261	0,93764	0,94454	1,23747	1,06636	1,02577	0,95226	1,00297	0,95226	1,21041	0,69482
Punto 29	0,69151	0,64807	1,07091	0,76319	0,8803	0,90247	0,98092	1,13427	1,27367	1,13427	1,0494	0,56846
Punto 30	0,41703	0,37079	0,91864	0,9366	0,90703	0,54898	0,73734	1,13944	1,30932	1,13944	0,98241	0,2143
Punto 31	0,27199	0,51634	0,81807	0,96037	1,27746	1,10697	0,68626	1,04205	0,8264	1,04205	1,02561	0,47785
Punto 32	0,42046	0,22283	0,66976	0,79432	1,10404	0,93971	0,52231	0,96417	0,69372	0,96417	0,86471	0,40099
Punto 33	0,24523	0,33077	0,98794	0,97179	0,93144	0,53551	0,47558	0,94036	1,07537	0,94036	0,70772	0,25984
Punto 34	0,31915	0,3947	1,33959	1,19029	1,16984	0,87124	0,58915	0,9052	0,84092	0,9052	0,73775	0,39863
Punto 35	0,59377	0,62408	1,46535	1,34743	1,26823	1,1835	0,99871	1,14275	0,67447	1,14275	1,34877	1,00987
Punto 36	0,7719	0,46301	0,94120	0,8994	0,46322	0,49486	0,72413	0,54932	0,75098	0,54932	0,73771	1,00807
Punto 37	0,81171	0,85707	1,24719	1,06134	1,00048	1,07803	1,14498	0,98703	0,54365	0,98703	1,3909	1,27869
Punto 38	1,23604	1,25347	1,28458	1,07542	1,14657	0,27076	0,72218	0,82933	1,41093	0,82933	0,51918	0,87105
Punto 39	0,5416	0,73292	0,90332	0,91965	0,71225	0,4722	0,26735	0,72993	0,66217	0,72993	1,01987	0,75104
Punto 40	0,61725	0,94484	1,20341	1,07848	1,16521	0,30816	0,2435	0,62507	0,39489	0,62507	0,78156	0,5573
Punto 41	1,05481	1,29842	1,45047	1,33576	1,32275	0,19508	0,47129	1,00376	1,25441	1,00376	0,57617	0,60997
Punto 42	0,69302	0,48916	0,73798	0,92808	0,8224	0,42573	0,43193	1,06088	1,40558	1,06088	1,43896	1,0642
Punto 43	1,13596	0,69302	0,62032	1,19318	1,50764	1,11576	0,69961	1,19265	1,54788	1,19265	1,5522	1,3631
Punto 44	0,66859	1,02118	0,79598	0,30445	0,75483	0,98193	0,74349	1,00096	0,93296	1,00096	0,90843	0,68998
Punto 45	0,72208	1,42434	1,59055	1,05262	0,53282	0,82043	1,23128	1,23971	1,10711	1,23971	1,16372	0,8484
Punto 46	1,23238	0,88932	0,52822	0,98936	1,56301	1,38086	0,91402	0,97758	1,33396	0,97758	1,34254	1,23431
Punto 47	0,22048	0,32355	0,82370	0,90253	0,82808	0,41119	0,55774	0,96592	1,13403	0,96592	0,8382	0,19728
Punto 48	0,41928	0,20241	0,67200	0,80158	1,022	0,75432	0,43445	0,99689	0,85766	0,99689	0,98114	0,44175
Punto 49	0,59186	1,12358	1,51368	1,2117	0,67904	0,61293	1,05599	1,47901	1,26967	1,47901	1,3649	0,70167
Punto 50	0,41384	0,49664	1,02479	1,01057	0,83462	0,46198	0,63975	1,38522	1,17473	1,38522	1,38556	0,49277



RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 6 M →(1m/s)												
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 51	0,24713	0,43721	0,72132	0,83891	1,55654	1,212	1,32347	1,21671	1,59341	1,21671	0,88732	0,3509
Punto 52	0,51813	0,75784	0,76218	0,77958	1,45147	1,56	1,5575	1,10981	1,52556	1,10981	0,86579	0,78964
Punto 53	0,70833	0,63828	0,73368	0,86733	1,49053	1,39851	1,58634	1,17289	1,59807	1,17289	0,92239	0,63176
Punto 54	0,5267	0,27759	0,44746	0,82588	1,34469	1,06362	1,18151	1,06163	1,38953	1,06163	0,91635	0,36442
Punto 55	0,30322	0,22696	0,30579	0,80787	1,12037	0,90398	0,89849	0,94214	1,18705	0,94214	0,89115	0,16985
Punto 56	0,20029	0,71534	0,76974	0,77876	1,24875	1,54151	1,17954	1,0843	1,33038	1,0843	0,44529	0,50218
Punto 57	0,35641	0,4371	0,75781	0,74512	1,0891	1,11564	0,92292	1,02424	1,14366	1,02424	0,34309	0,35265
Punto 58	0,22482	0,32395	0,41839	0,98448	1,07592	0,91737	0,86369	0,80695	0,92538	0,80695	0,79969	0,3734
Punto 59	0,28495	0,31694	0,69002	1,09972	1,15464	1,04289	0,94439	0,81043	0,86088	0,81043	0,77484	0,67132
Punto 60	0,49246	0,40844	0,96236	1,2059	1,11341	1,12002	1,07161	1,04831	0,83601	1,04831	1,16362	1,02741
Punto 61	0,82042	0,49118	0,77530	0,97855	0,39878	0,56017	0,89761	0,91246	0,96997	0,91246	0,94742	1,05925
Punto 62	0,72142	0,68644	1,04478	1,11487	0,91062	1,02381	1,13649	1,01357	0,79624	1,01357	1,22439	1,191
Punto 63	1,15668	1,13262	1,06954	1,05524	1,08506	0,3279	0,79537	0,92237	1,26817	0,92237	0,81411	0,99488
Punto 64	0,89014	0,93401	0,91771	0,98421	0,78414	0,45677	0,3594	0,81619	0,72932	0,81619	0,93021	0,9402
Punto 65	0,9572	1,07224	1,10293	1,10882	0,88313	0,42666	0,38129	0,75077	0,67667	0,75077	0,90595	0,90651
Punto 66	1,00171	1,11304	1,15118	1,18945	1,1121	0,29418	0,48392	0,97885	1,06678	0,97885	0,75842	0,80386
Punto 67	0,95813	0,883	0,89696	0,95619	0,84027	0,65737	0,52593	0,9803	1,07519	0,9803	1,2878	1,09036
Punto 68	1,11474	0,90714	0,84676	1,08497	1,24671	1,10747	0,9012	0,99951	1,42227	0,99951	1,34692	1,1617
Punto 69	0,7661	1,0797	1,03202	0,79223	0,97678	1,05525	1,02729	1,15913	0,74877	1,15913	0,62653	0,60978
Punto 70	0,58558	1,27868	1,35139	1,0585	0,81776	0,94621	1,19936	1,17637	0,90919	1,17637	1,05828	0,60256
Punto 71	1,1492	0,98846	0,83240	0,9765	1,29778	1,25381	1,08514	0,89561	1,39995	0,89561	1,16801	1,0365
Punto 73	0,33649	0,41783	0,66667	0,75744	0,87685	0,9095	0,90449	1,02762	1,06294	1,02762	0,38326	0,52332
Punto 74	0,432	1,12236	1,27408	1,1139	0,83987	0,86024	1,11624	1,2464	1,05233	1,2464	0,99806	0,51093
Punto 75	0,23672	0,74788	0,91420	0,9716	0,87364	0,83425	0,97903	1,1741	1,12323	1,1741	0,69577	0,49571

**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 1,5 M →(1m/s)**

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 2	0,30263	0,4099	0,48104	1,09702	1,82813	0,76356	0,43837	0,62431	1,79557	1,26349	0,25946	0,18501
Punto 3	0,3053	0,47583	0,3905	0,8304	1,60423	0,75138	0,44792	0,45133	0,91986	1,0209	0,28527	0,23587
Punto 4	0,23773	0,28492	0,48883	1,05725	0,88573	0,42541	0,38567	0,59045	1,57231	0,9924	0,38277	0,17622
Punto 5	0,2491	0,22389	0,69421	1,30936	1,32314	0,53904	0,44521	0,55221	1,58397	0,98855	0,38101	0,19397
Punto 6	0,34177	0,59148	0,80564	1,25592	1,30157	0,66159	0,67722	1,05402	1,52056	0,74028	0,41217	0,25327
Punto 7	0,30838	0,52591	0,39588	0,90507	1,53921	0,68781	0,49426	0,51659	1,29124	1,33235	0,21258	0,27492
Punto 8	0,35094	0,50377	0,37882	0,8393	1,41361	1,03953	0,71234	0,62209	1,26104	1,29754	0,47781	0,59662
Punto 9	0,31858	1,067	0,65667	1,51308	1,54059	0,93071	0,63001	1,3095	1,93242	1,12243	0,55611	0,2725
Punto 10	0,29751	1,04432	0,68703	1,91186	2,04034	1,4863	0,96212	0,81692	1,70953	1,37033	0,8397	0,48231
Punto 11	0,29477	0,90812	0,98109	2,12374	2,22543	1,92464	1,80721	1,02134	1,36331	2,0371	1,85201	1,35407
Punto 12	0,56871	0,36846	0,41426	0,32096	0,31272	0,63388	0,58221	1,30843	0,88561	0,40449	0,91015	1,36097
Punto 13	0,35794	0,60765	0,82362	1,48956	1,48491	1,46521	1,77886	1,35399	0,95303	1,68609	1,91769	1,83615
Punto 14	1,85533	1,32227	1,50228	1,40087	0,76654	0,96816	0,40163	1,72652	1,81375	1,67273	0,93068	1,46392
Punto 15	0,36945	0,75081	1,46285	1,4071	0,40147	0,82252	0,12795	1,00558	0,38803	1,38115	1,51722	0,84051
Punto 16	0,64689	1,10462	1,73655	1,59565	0,49859	1,02247	0,24891	0,73975	0,52199	1,23037	1,41145	0,55896
Punto 17	1,59608	1,48656	1,90366	1,9452	0,84788	0,89733	0,33067	1,04191	1,38276	2,02	1,08674	0,89889
Punto 18	0,86584	0,47934	1,30864	1,59209	0,95656	0,50195	0,27822	1,15143	0,25842	2,01199	1,9964	1,4884
Punto 19	1,88774	1,28103	1,19496	2,13417	2,36288	1,2233	0,40414	1,13849	0,49301	2,2999	2,32908	2,0764
Punto 20	0,56954	1,76158	1,34516	0,47714	1,31139	1,68983	0,70546	0,67749	0,51723	0,66305	0,66236	0,83262
Punto 21	0,40156	1,7883	2,56432	1,82917	1,00476	1,53409	1,9298	2,12371	1,76043	1,71695	0,62235	0,66693
Punto 22	1,96126	1,72793	0,97815	1,80723	2,52422	1,74843	0,45175	0,79863	0,49046	1,76059	1,76957	1,70545
Punto 24	0,32474	0,6225	0,57288	1,24351	1,80718	1,23206	0,61348	0,98911	1,54945	1,50973	0,84592	1,02461
Punto 25	0,33501	1,20421	2,35073	2,15926	1,31604	1,11007	1,73933	2,27867	2,32017	2,29622	0,53228	0,71592
Punto 26	0,31114	0,70198	1,29941	1,717	1,61384	0,72578	1,00624	1,78296	2,27204	2,13508	0,61474	0,86105

RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 6 M →(2m/s)												
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 27	0,52395	0,49341	0,46841	0,97713	1,96224	1,25868	1,04519	1,17417	1,99518	1,07795	0,24174	0,33289
Punto 28	0,65986	0,8273	0,4721	0,8417	1,72326	1,3744	1,20623	1,23406	1,40403	0,83241	0,44029	0,57506
Punto 29	0,57712	0,53947	0,69473	0,81746	1,33907	1,16863	1,12514	1,35532	1,77045	0,96363	0,54618	0,29917
Punto 30	0,33343	0,35723	0,37194	0,67845	1,44965	0,98728	1,04607	1,36136	1,73768	0,87203	0,23985	0,22012
Punto 31	0,41595	0,49798	0,40478	0,71238	1,69215	1,41877	1,05023	0,97438	1,46072	0,69716	0,38	0,5908
Punto 32	0,36468	0,33892	0,45174	0,60823	1,46516	1,28043	0,91775	0,8643	1,35772	0,71297	0,41183	0,69563
Punto 33	0,29813	0,79063	0,50474	1,05569	1,64992	1,06152	0,8409	1,24397	1,70505	0,77773	0,34848	0,57975
Punto 34	0,4442	0,81284	0,4656	1,39375	2,04473	1,50525	1,09862	0,8592	1,52347	1,09813	0,75157	0,67632
Punto 35	0,36046	0,78982	0,51756	1,61894	2,18301	1,88057	1,78964	1,08563	1,33656	1,88841	1,65984	1,33804
Punto 36	0,73792	0,4329	0,39439	0,41815	0,3132	0,69564	0,70762	1,62602	1,12112	0,65134	1,14937	1,72506
Punto 37	0,43391	0,59554	0,48675	1,12392	1,62212	1,61271	1,90053	1,47412	1,05197	1,62419	1,87947	1,88009
Punto 38	1,9663	1,51455	1,69404	1,11701	0,29442	0,65577	0,61742	1,71752	1,87027	1,57804	1,05156	1,60727
Punto 39	0,77586	1,03268	1,64507	1,03515	0,51715	0,78475	0,24612	1,26683	0,29987	0,70893	1,69419	1,08987
Punto 40	0,94404	1,34409	1,9054	1,24492	0,48219	0,91532	0,35179	1,10535	0,38375	0,74962	1,51613	0,79138
Punto 41	1,76942	1,71354	2,04994	1,52822	0,36796	0,74418	0,52115	1,20281	1,53461	1,83446	1,22641	1,10867
Punto 42	1,08436	0,76372	1,47727	1,38724	0,74288	0,6055	0,48805	1,38716	0,36625	1,30177	2,15888	1,66932
Punto 43	1,80667	1,31281	1,2962	2,04599	2,15435	1,28951	0,46246	1,25611	0,2831	1,60714	2,25307	2,05558
Punto 44	0,56448	1,67901	1,32508	0,63625	1,28932	1,58059	0,59362	0,70244	0,44526	1,09565	0,39061	0,59737
Punto 45	0,35073	1,82982	2,44025	1,77654	1,04817	1,52858	1,66359	1,97787	1,65229	1,33741	0,2722	0,49524
Punto 46	1,81851	1,67786	1,05256	1,79842	2,39639	1,75068	0,50665	0,98316	0,25492	1,31458	1,70361	1,68817
Punto 47	0,25341	0,41682	0,42195	0,68134	1,36772	0,89228	0,95556	1,24739	1,48329	0,71954	0,1775	0,3
Punto 48	0,44987	0,35747	0,47957	0,95818	1,63731	1,12694	0,75111	1,09768	1,67456	0,98422	0,49999	0,84844
Punto 49	0,2988	1,28033	2,13946	2,03673	1,34433	1,15088	1,60195	2,16169	2,21369	1,81615	0,3436	0,4759
Punto 50	0,44139	0,55498	1,03503	1,53564	1,55625	0,78478	1,04059	1,73916	2,18855	1,5763	0,39326	0,60525

**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 11,2 M →(2m/s)**

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 51	0,59578	0,40544	0,70598	0,47564	1,87602	1,93353	1,86623	2,02011	1,93723	0,63718	0,65838	0,45983
Punto 52	0,85826	0,79855	0,7415	0,58264	1,77804	2,15977	2,07231	2,26412	1,97572	0,58782	0,62791	0,75047
Punto 53	0,78018	0,48886	0,72562	0,48959	2,00332	2,04373	2,11293	2,11687	1,88169	0,73778	0,74861	0,51263
Punto 54	0,53246	0,43144	0,56906	0,35259	1,8987	1,91114	1,93272	1,86257	1,54638	0,72269	0,61676	0,51916
Punto 55	0,37081	0,41773	0,88518	0,49691	1,79146	1,7493	1,67057	1,5687	1,39842	0,76788	0,5695	0,55028
Punto 56	0,61489	0,44665	0,71298	0,64156	1,49145	1,90719	1,90066	1,99646	1,88396	0,37587	0,56468	0,81395
Punto 57	0,54756	0,26568	0,69804	0,75822	1,37666	1,59503	1,65992	1,81368	1,81827	0,41002	0,64939	0,75535
Punto 58	0,41485	0,6412	1,11112	0,99847	2,03164	1,76607	1,60501	1,634	1,65407	1,173	0,57799	0,64277
Punto 59	0,53992	0,68287	1,11763	1,0106	2,21368	1,95503	1,73684	1,55882	1,71769	1,48909	0,93984	0,96829
Punto 60	0,51388	0,69819	1,0841	0,98269	2,20848	2,04043	1,94072	1,61576	1,68493	1,92955	1,75711	1,59711
Punto 61	1,04082	0,58208	0,76554	0,42646	0,85079	0,81577	1,07008	1,79897	1,66334	1,55548	1,77059	1,9137
Punto 62	0,67114	0,62989	0,95183	0,58914	1,83972	1,83174	1,95642	1,77522	1,59309	1,84291	1,97921	1,96699
Punto 63	1,98755	1,68785	1,71399	0,86416	0,67087	0,69071	0,77719	1,78759	1,9667	1,81988	1,69346	1,88688
Punto 64	1,53315	1,65699	1,84327	1,29742	0,76739	0,72156	0,37073	0,86246	0,59118	1,03894	1,8526	1,62674
Punto 65	1,68356	1,82801	2,03632	1,26783	0,48043	0,94617	0,42639	0,99472	0,97962	1,23199	1,90218	1,66343
Punto 66	1,79536	1,76694	1,90188	1,21671	0,48494	0,828	0,5874	1,34585	1,58437	1,88403	1,58971	1,53458
Punto 67	1,72365	1,68432	1,88277	1,67209	1,26955	0,69916	0,49301	1,03007	0,47784	1,09294	2,13333	1,94213
Punto 68	1,96789	1,77761	1,77325	2,07361	2,11002	1,44139	0,48638	0,94773	0,61774	1,14545	2,14572	2,11063
Punto 69	0,81543	1,95169	1,96503	1,69818	1,83944	1,82099	0,80654	0,8164	0,85474	0,9518	0,73543	0,5976
Punto 70	0,38371	1,98414	2,32122	1,95652	1,65016	1,76803	1,84996	1,93931	1,87144	0,71939	0,91113	0,31913
Punto 71	1,92032	1,91143	1,75373	1,97559	2,24297	1,82528	0,51772	0,83724	0,69583	0,94183	1,76847	1,86767
Punto 73	0,5944	0,32094	0,88337	1,22563	1,66841	1,67453	1,67041	1,85538	2,05801	0,75956	0,67071	0,72836
Punto 74	0,35071	1,53865	2,15281	2,06523	1,68571	1,63051	1,87467	2,12779	2,21079	0,93651	0,96064	0,40099
Punto 75	0,50954	0,75571	1,48831	1,75781	1,74701	1,56017	1,7235	2,03917	2,26434	0,90988	0,86891	0,55672

RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 1,5 M →(4m/s)												
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 2	0,32306	0,45647	0,50681	0,55673	2,71167	1,31894	0,70138	1,15443	2,7382	0,29059	0,76689	0,37513
Punto 3	0,30881	0,34199	0,43832	0,54337	2,3964	1,41556	0,6352	0,50648	1,78115	0,32226	0,5444	0,42761
Punto 4	0,20673	0,42725	0,30991	0,41862	1,72989	0,53499	0,6333	1,25194	2,39177	0,38161	0,4675	0,26679
Punto 5	0,23126	0,38213	0,2709	0,50093	2,26925	0,9373	0,72	1,15116	2,307	0,41522	0,3978	0,40826
Punto 6	0,31719	0,67467	0,75018	0,54395	2,18903	1,20625	1,04227	1,87161	2,09906	0,5169	0,45474	0,54501
Punto 7	0,22051	0,51324	0,34049	0,6436	2,51951	1,31177	0,76136	0,83913	2,24037	0,27057	0,46991	0,38443
Punto 8	0,3425	0,56179	0,29265	0,54294	2,23623	1,79553	1,15598	1,06846	2,13433	0,61806	0,98051	0,46273
Punto 9	0,28813	1,021	1,11517	0,71949	2,70951	1,72768	1,02048	2,38526	3,10354	0,95063	0,63681	0,475
Punto 10	0,30861	0,86538	0,99223	0,63045	3,49847	2,71271	1,82264	1,49776	2,98743	1,76459	1,12889	0,65036
Punto 11	0,36202	0,76181	0,7609	0,61777	3,75137	3,46794	3,5835	1,96241	2,51577	3,44512	2,88355	2,18237
Punto 12	0,904	0,5478	0,44337	0,3267	0,40401	0,54475	1,0112	2,46652	1,49723	0,62972	1,56423	2,48568
Punto 13	0,42041	0,6253	0,57432	0,56995	2,47066	2,46686	3,49684	2,62996	1,718	2,98228	3,20107	3,16631
Punto 14	3,55235	3,18953	2,36702	0,9241	0,38807	0,84069	0,4505	3,03714	3,04349	2,94316	1,68892	2,78303
Punto 15	0,59781	1,50149	2,60834	1,66946	0,48958	0,97144	0,21388	0,5156	0,61482	0,64494	2,73144	1,57356
Punto 16	1,20881	2,32365	3,09799	1,56055	0,53895	1,01241	0,25682	0,60922	0,73188	1,41497	2,55675	0,98131
Punto 17	3,10989	3,47519	3,26829	1,513	0,38777	0,87908	0,23397	1,59743	2,21474	3,43476	2,04094	1,72135
Punto 18	1,6574	0,85125	2,37796	2,69842	0,97666	0,85934	0,24482	0,46019	0,58589	0,48815	3,54299	2,86856
Punto 19	3,61837	2,43283	2,29892	4,03206	3,69966	2,6527	0,4862	0,93939	0,59174	0,7649	3,93108	4,15681
Punto 20	0,97571	3,41825	2,39864	0,83697	2,3283	3,4256	1,09327	1,32979	0,6613	0,32691	1,11538	0,88856
Punto 21	0,60119	3,51099	4,38117	3,31716	1,85503	3,18735	3,62768	3,24482	2,84745	0,36931	1,18394	0,64192
Punto 22	3,67932	3,31853	1,82765	3,49242	4,23661	3,66721	0,61208	1,25021	0,46091	0,65597	2,75743	3,51936
Punto 24	0,34459	0,56767	0,45912	1,38963	2,86744	2,14751	1,04154	1,88465	2,8694	0,78512	1,48443	0,64581
Punto 25	0,45716	2,32063	3,77322	3,84385	2,46195	2,23394	3,37074	3,90341	3,96216	0,40309	1,18907	0,5974
Punto 26	0,27316	0,93732	1,74732	2,76155	2,85538	1,26366	1,95165	3,33973	4,01852	0,35508	1,26714	0,62176

RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 6 M →(4m/s)

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 27	0,54679	0,63336	0,53534	0,72706	2,91414	2,39769	1,79491	2,19759	2,88044	0,4145	0,74562	0,53618
Punto 28	0,62726	0,77151	0,80792	0,35524	2,36257	2,4927	1,87456	1,60505	2,18985	0,55614	0,6501	0,79288
Punto 29	0,50325	0,64163	0,49873	0,47408	2,1769	1,74848	1,84528	2,39223	2,41955	0,69188	0,86444	0,60917
Punto 30	0,29541	0,67781	0,38732	0,54696	2,62904	1,85286	1,81923	2,45329	2,3151	0,44322	0,65749	0,37377
Punto 31	0,42857	0,67414	0,46681	0,47765	2,31525	2,51455	1,7835	1,72356	2,54754	0,45113	0,46506	0,72439
Punto 32	0,30575	0,54585	0,33988	0,45603	2,1463	2,26837	1,71802	1,73153	2,52623	0,62753	0,62999	0,74833
Punto 33	0,28994	0,92324	0,76368	0,71277	3,2602	2,06887	1,58843	2,36403	3,13407	0,90616	0,83165	0,42837
Punto 34	0,45843	0,8998	0,82744	0,69761	3,84493	2,80942	2,1573	1,66536	2,97796	1,85976	1,23032	0,74298
Punto 35	0,46132	0,78319	0,79866	0,81151	3,93876	3,49453	3,64666	2,1468	2,64449	3,4039	2,88049	2,23865
Punto 36	1,33444	0,70295	0,44702	0,41004	0,61995	0,98325	1,61477	3,30864	2,06809	1,2147	2,16144	3,34919
Punto 37	0,59523	0,61132	0,68506	0,68556	2,82426	2,82376	3,91391	2,95549	2,08779	2,99882	3,39758	3,45064
Punto 38	3,92056	3,38966	2,73124	0,77136	0,52502	1,02435	0,61973	3,3869	3,23922	2,93838	2,10228	3,15622
Punto 39	1,37945	2,01163	3,08008	1,32357	0,41572	1,01312	0,42684	0,50882	0,66136	0,25959	3,15348	2,07582
Punto 40	1,74414	2,72816	3,46761	1,22556	0,52825	1,21148	0,46748	0,65132	0,87339	1,14985	2,93604	1,52486
Punto 41	3,50687	3,78371	3,65452	1,24698	0,52798	1,09362	0,36204	2,00538	2,52988	3,34696	2,4535	2,175
Punto 42	2,06492	1,43717	2,90297	2,57675	0,98478	0,91575	0,32379	0,39616	0,71748	0,24046	3,88377	3,21646
Punto 43	3,57997	2,5493	2,58549	4,00196	3,62535	2,74059	0,50274	0,61661	0,74365	0,50408	4,01874	4,05062
Punto 44	0,9091	3,31107	2,50432	1,20084	2,44145	3,3184	0,9108	1,14106	0,68774	0,37954	0,89547	1,10578
Punto 45	0,5315	3,61961	4,38548	3,41918	2,08581	3,15093	3,43758	3,3527	2,91821	0,35718	0,81641	0,85295
Punto 46	3,60828	3,27459	2,09019	3,53706	4,24064	3,69963	0,55325	0,68786	0,60516	0,56617	2,93535	3,32718
Punto 47	0,24377	0,71597	0,43826	0,47462	2,57919	1,85937	1,80124	2,27898	2,11274	0,37486	0,66529	0,29015
Punto 48	0,20057	0,5619	0,53387	1,39968	3,09076	2,11234	1,43453	2,19199	3,34158	0,52418	1,29348	0,86963
Punto 49	0,36376	2,55777	3,65923	3,87357	2,64807	2,35651	3,28664	3,95366	4,06485	0,41484	1,02161	0,68724
Punto 50	0,21609	1,12841	1,49625	2,75433	3,02302	1,52527	2,08651	3,37082	4,15356	0,35089	1,23655	0,74166

RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 11,2 M →(4m/s)												
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 51	0,69246	0,75258	1,09575	0,47583	2,54594	3,95271	3,59946	3,58306	2,51437	0,29673	1,33508	0,58242
Punto 52	0,78415	0,90901	1,23858	0,65618	2,28993	3,92038	3,71127	3,72479	3,05266	0,45039	1,1524	1,11739
Punto 53	0,81825	0,82051	1,0047	0,67918	3,3754	4,0326	3,81028	3,70315	2,22376	0,56625	1,3302	0,68556
Punto 54	0,56917	0,66795	0,79937	0,70225	3,1907	3,90697	3,67084	3,17242	1,97209	0,53428	1,21847	0,4808
Punto 55	0,39502	0,56056	0,81977	0,94899	3,34519	3,594	3,39717	2,87004	2,26546	1,03199	1,17222	0,32249
Punto 56	0,72287	0,77389	0,9227	0,7068	1,90617	3,32345	3,57607	3,81357	2,98402	0,29856	1,12689	0,92731
Punto 57	0,56098	0,54278	0,97491	1,05615	2,24786	2,98872	3,37287	3,61684	3,3406	0,96668	1,39064	0,91917
Punto 58	0,40434	0,63858	1,25494	1,73861	3,98258	3,54216	3,24677	3,22344	3,50848	2,05663	1,15184	0,61503
Punto 59	0,58971	0,68104	1,57101	1,76902	4,23519	3,803	3,51801	3,0912	3,58554	2,72795	1,82892	1,44195
Punto 60	0,70187	0,60588	1,72872	1,64905	4,13132	3,85015	3,96929	3,22593	3,43819	3,75551	3,4486	2,89994
Punto 61	2,23216	1,05372	1,49404	0,75312	1,31274	1,37039	2,5531	3,6407	3,32413	3,17061	3,54782	3,83107
Punto 62	1,21747	0,43157	1,66195	1,15067	3,33058	3,2723	4,04291	3,5532	3,24682	3,64546	3,89471	3,78993
Punto 63	4,02486	3,66219	3,25274	1,49231	0,74809	1,24306	1,68648	3,61872	3,69877	3,64513	3,40567	3,79511
Punto 64	3,09579	3,34504	3,65399	2,64646	0,86253	0,78704	0,67876	0,73609	0,73812	1,46505	3,68149	3,30621
Punto 65	3,32415	3,73289	3,99455	2,48276	0,42689	1,13884	0,69133	0,93395	1,26749	2,20682	3,8205	3,40985
Punto 66	3,60381	3,76424	3,70231	2,33157	0,49358	1,08559	0,87884	2,39585	2,89462	3,75754	3,19871	3,10396
Punto 67	3,48962	3,39763	3,75089	3,35407	1,99742	1,51377	0,55043	0,67561	0,63874	1,00598	4,14484	3,86894
Punto 68	4,00702	3,55474	3,53863	4,14958	3,86143	3,23225	0,75915	0,69541	0,78741	0,96636	4,15436	4,20755
Punto 69	1,68415	3,94363	3,86974	3,43123	3,69434	3,76796	1,89486	1,76997	1,23149	0,5186	1,44989	1,32018
Punto 70	0,55562	4,03424	4,40205	3,90273	3,3564	3,61414	3,88664	3,95589	3,39764	0,74214	1,73397	0,81595
Punto 71	3,94185	3,81764	3,48513	3,96508	4,22923	3,93379	0,9492	1,19195	0,79523	0,84812	3,41251	3,73921
Punto 73	0,33712	0,5758	1,50362	2,39195	3,61099	3,37367	3,43022	3,71692	4,02883	1,47217	1,50307	0,99194
Punto 74	0,38016	3,17658	3,99419	4,09494	3,43254	3,32931	3,87169	4,30389	4,15185	1,3037	1,87573	0,71683
Punto 75	0,35525	1,55091	2,64799	3,48449	3,62427	3,17264	3,51545	4,1214	4,31654	1,36683	1,8132	0,79926

**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 1,5 M →(6m/s)**

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 2	0,21945	0,88425	0,63617	0,27671	3,85619	2,06149	0,21945	1,63877	3,72365	0,61274	0,90837	1,14375
Punto 3	0,36391	0,6664	0,49027	0,31	3,09258	1,92904	0,36391	0,90874	2,91367	0,53076	0,73801	0,77355
Punto 4	0,24089	0,58941	0,45878	0,20084	2,58197	1,03182	0,24089	1,57629	3,02864	0,75686	0,82179	0,90889
Punto 5	0,27216	0,56793	0,40124	0,36295	3,36	1,24617	0,27216	1,69693	3,08582	0,91482	0,79421	1,02695
Punto 6	0,36595	0,69546	0,79121	0,82255	3,22577	1,5203	0,36595	2,28667	2,7959	1,03359	0,72436	1,13142
Punto 7	0,32597	0,70335	0,34034	0,50756	3,42335	2,14209	0,32597	1,05151	3,68038	0,39608	0,63426	0,63722
Punto 8	0,37607	0,91108	0,36478	0,53732	2,99344	2,11105	0,37607	1,34522	3,46014	0,81012	1,13575	0,6826
Punto 9	0,37217	0,82227	1,16121	0,94888	4,06486	2,46061	0,37217	2,78341	4,19306	1,23704	0,88926	0,76845
Punto 10	0,31512	0,98847	1,19325	0,68192	5,1858	4,26454	0,31512	1,72215	4,02644	2,50546	1,51782	0,6206
Punto 11	0,36815	1,27155	1,31171	0,92785	5,49849	5,69006	0,36815	2,84215	3,35822	4,75085	3,88084	2,83767
Punto 12	1,33894	1,23639	1,13136	0,56315	0,54958	0,96067	1,33894	3,69937	1,90246	0,7977	1,95804	3,44825
Punto 13	0,41585	1,32883	1,42323	0,98641	3,57072	4,24934	0,41585	3,92997	2,08336	4,09523	4,32605	4,39041
Punto 14	5,16369	4,71428	3,56781	0,62086	0,52229	1,15998	5,16369	4,98031	4,21504	4,05158	2,01723	3,96112
Punto 15	0,38442	1,86939	3,59858	1,51512	0,57198	0,79095	0,38442	1,68717	0,82929	0,90829	3,71676	1,92048
Punto 16	1,39242	3,1885	4,35534	1,03636	0,66331	1,0131	1,39242	1,81022	0,96371	1,54399	3,36906	1,09718
Punto 17	4,39848	5,10593	4,74153	0,90683	0,52104	0,97242	4,39848	3,09267	3,0813	4,77358	2,66912	2,3977
Punto 18	2,11822	0,91337	3,25033	3,55929	1,36172	0,56273	2,11822	1,39822	0,86335	0,77047	5,03388	3,9045
Punto 19	5,28765	3,44959	3,03115	5,77852	5,25	3,22983	5,28765	1,20509	0,89082	0,50174	5,70174	5,84696
Punto 20	1,32217	4,89608	3,23249	1,32836	3,15825	4,81684	1,32217	0,87042	1,28542	0,66891	1,69012	1,24744
Punto 21	0,90203	5,14603	6,23487	4,6238	2,33918	4,55157	0,90203	4,3704	4,30304	1,12567	1,81167	1,14753
Punto 22	5,40812	4,82495	2,26799	4,99224	6,03784	4,87546	5,40812	0,93749	0,89476	0,58677	4,03954	4,88879
Punto 24	0,30014	0,64324	0,62941	1,60699	3,78706	2,42199	0,30014	2,27891	4,43921	1,52477	1,88376	0,92376
Punto 25	0,60744	3,35024	5,29812	5,33537	3,27349	3,11518	0,60744	5,31787	5,98443	1,35368	1,73283	1,01285
Punto 26	0,31321	1,00074	2,19401	3,64883	3,88124	1,5586	0,31321	4,41666	6,08594	1,38159	1,74198	0,97081



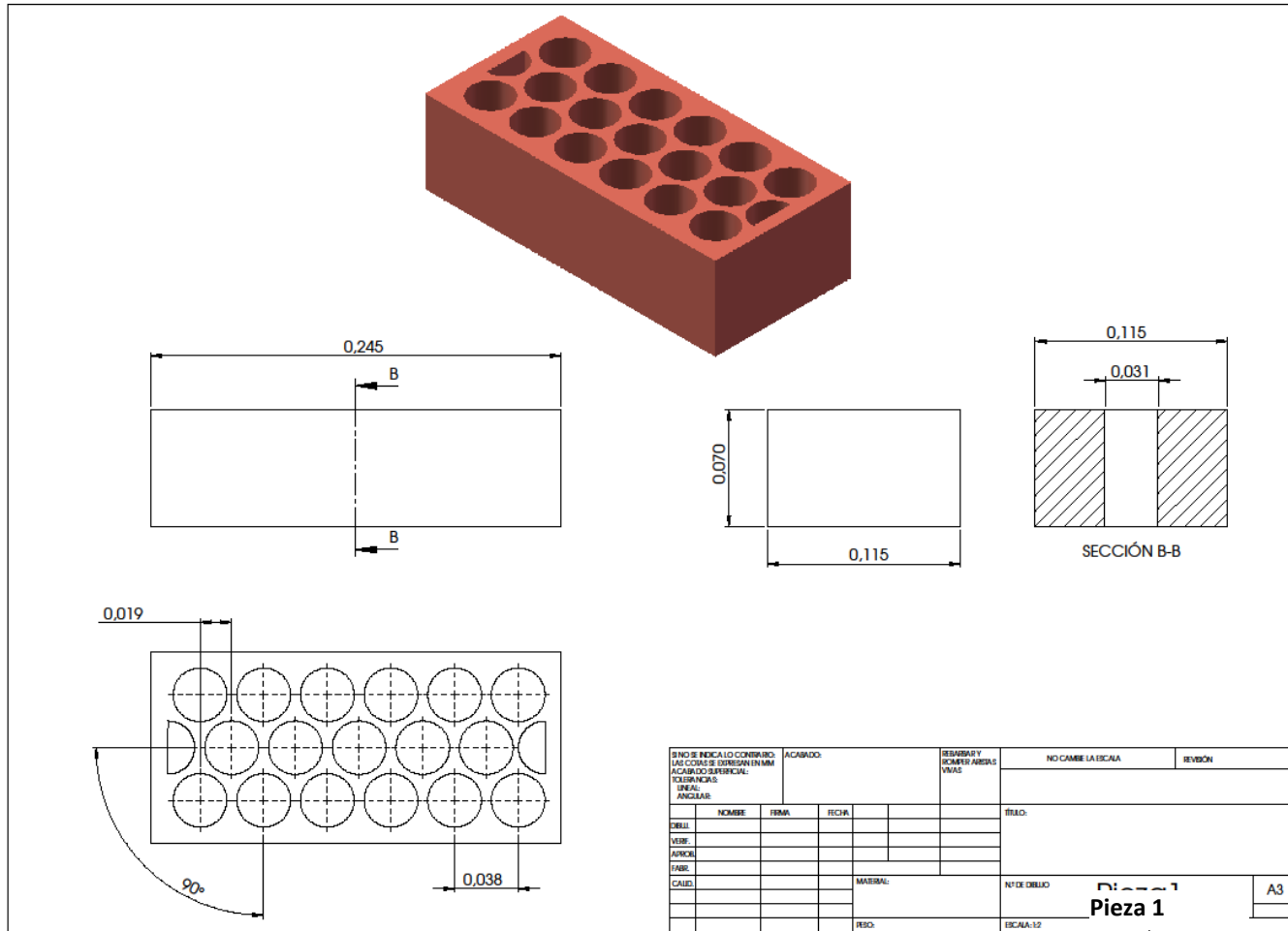
**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 6 M**

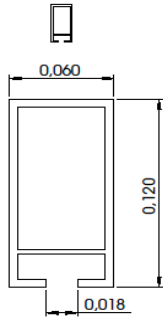
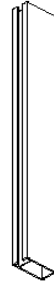
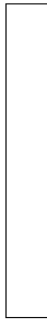
	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 27	0,33411	1,23257	0,66932	0,70241	4,05027	3,2995	0,33411	3,14112	4,00925	0,63791	0,91021	1,31091
Punto 28	0,81421	1,24773	0,81404	0,39403	3,28375	3,26236	0,81421	1,8677	3,06954	0,55055	0,74018	1,03652
Punto 29	0,54303	1,03505	0,56775	0,50483	3,17124	1,84431	0,54303	3,27058	3,19415	1,03513	1,01006	1,26802
Punto 30	0,46249	1,00196	0,41684	0,46369	3,86259	2,5936	0,46249	3,48697	3,21053	0,58127	0,79829	1,11546
Punto 31	0,59756	1,12775	0,50284	0,48374	3,22997	3,33006	0,59756	2,5864	3,67182	0,42763	0,53021	0,91051
Punto 32	0,38148	1,2332	0,5047	0,55074	3,11879	3,27068	0,38148	2,76788	3,77619	0,61111	0,8568	0,94622
Punto 33	0,49025	1,08145	1,23694	0,70695	4,89269	3,27737	0,49025	3,56798	4,66663	1,21372	1,22855	0,67912
Punto 34	0,38677	1,19692	1,30441	0,64811	5,73048	4,60104	0,38677	2,50983	4,50545	2,70991	1,799	0,80145
Punto 35	0,30832	1,25677	1,13328	0,84619	5,83021	5,82554	0,30832	3,29043	4,00671	4,92676	4,20061	3,08537
Punto 36	2,10465	1,71321	1,22759	0,7781	0,86248	1,30399	2,10465	5,19918	3,08132	1,68993	3,18403	5,07579
Punto 37	0,56299	1,24841	1,01508	0,8331	4,13616	4,94146	0,56299	4,5604	3,18149	4,34151	4,99107	5,06661
Punto 38	5,84291	5,38254	4,30139	1,04426	0,73256	1,28567	5,84291	5,5707	4,82991	4,42373	3,20057	4,74029
Punto 39	1,58964	2,85469	4,70537	1,91992	0,61579	1,10178	1,58964	1,9106	0,9873	0,56728	4,75725	2,90311
Punto 40	2,28903	3,93966	5,26136	1,66122	0,75559	1,23094	2,28903	1,94533	1,29786	1,8177	4,46476	2,21882
Punto 41	5,14722	5,77487	5,50808	1,57688	0,75498	1,24912	5,14722	3,65874	3,7552	5,0378	3,72254	3,24409
Punto 42	2,82754	2,01311	4,41283	3,81543	1,51941	1,07022	2,82754	1,62001	1,10225	0,54432	5,80735	4,53033
Punto 43	5,31073	3,78466	3,9253	5,94393	5,4209	3,61316	5,31073	1,19469	1,11962	0,62572	6,00964	5,81141
Punto 44	1,54176	5,01065	3,70561	1,73232	3,61968	4,80613	1,54176	1,19428	1,25414	0,7134	1,46481	1,5616
Punto 45	0,77021	5,43437	6,48061	5,04991	3,15046	4,54643	0,77021	4,38122	4,48261	0,79709	1,19365	1,4584
Punto 46	5,3705	4,87919	3,16569	5,24673	6,31136	5,14424	5,3705	0,86037	0,9929	0,59241	4,40391	4,77336
Punto 47	0,47108	1,04508	0,62639	0,52089	3,86704	2,79172	0,47108	3,4043	3,06623	0,52012	0,90938	0,98999
Punto 48	0,21542	1,05715	0,77007	1,96687	4,70154	3,32846	0,21542	3,15276	5,01425	0,7341	1,83583	1,52897
Punto 49	0,5281	3,57668	5,38423	5,71989	4,00712	3,44059	0,5281	5,3934	6,16005	0,74483	1,41586	1,5527
Punto 50	0,30751	1,22451	2,18377	4,03855	4,57627	2,33107	0,30751	4,67216	6,24961	0,65421	1,73432	1,6054

**RESULTADOS DE 12 DIRECCIONES DEL VIENTO PARA UNA ALTURA DE 11,2 M**

	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D1	D2	D3	D4	D5
Punto 51	0,67049	1,58897	1,62447	0,37138	3,44321	5,39629	0,67049	5,76782	3,27216	0,58848	1,72272	1,34512
Punto 52	1,09839	1,49118	1,5396	0,74418	3,02483	5,21641	1,09839	5,83918	4,49049	0,4205	1,78579	1,57589
Punto 53	0,93715	1,92554	1,58669	0,53334	4,96264	5,46149	0,93715	5,66355	2,82046	0,79836	1,51251	1,15238
Punto 54	0,81867	1,64382	1,21111	0,71554	4,73103	5,83998	0,81867	4,68869	2,69307	0,80506	1,14579	0,90334
Punto 55	0,65815	1,44347	1,16052	1,18062	5,08648	5,45525	0,65815	4,53832	3,3999	1,15146	1,09141	0,79418
Punto 56	0,8591	1,1712	1,09762	0,84181	2,65392	4,40442	0,8591	5,98943	4,44457	0,51426	1,45738	1,21548
Punto 57	0,55144	1,20212	1,1716	1,40136	3,35311	4,3384	0,55144	5,63406	5,10159	1,15696	1,39788	1,0687
Punto 58	0,5879	1,51311	1,91409	2,19395	6,01283	5,47782	0,5879	5,12068	5,44341	2,51933	1,51164	0,97034
Punto 59	0,47209	1,59919	2,47965	2,13865	6,37756	6,06952	0,47209	4,85525	5,50401	3,82946	2,62498	1,95468
Punto 60	0,85668	1,50148	2,62486	1,97268	6,20678	6,37614	0,85668	5,01004	5,23284	5,50223	5,10986	4,15713
Punto 61	3,57939	2,42028	2,32741	0,75753	1,96915	2,26289	3,57939	5,75024	5,05885	4,70652	5,29314	5,77988
Punto 62	2,00109	1,45853	2,39165	1,48931	4,998	5,75667	2,00109	5,52238	4,94462	5,37334	5,80073	5,60777
Punto 63	6,10672	5,89254	5,05736	2,1018	1,13992	1,30673	6,10672	5,90229	5,61755	5,43488	5,1043	5,71382
Punto 64	4,59187	5,00996	5,55085	3,96598	1,29284	1,23949	4,59187	1,41074	1,25506	2,44901	5,57516	4,98622
Punto 65	5,00483	5,65448	6,06702	3,7208	0,56077	1,55842	5,00483	2,3945	1,85402	3,22344	5,74803	5,16108
Punto 66	5,44822	5,87321	5,62781	3,46117	0,69284	0,96623	5,44822	4,13872	4,40817	5,57889	4,79814	4,67886
Punto 67	5,21466	5,11345	5,66464	4,9857	3,0416	1,815	5,21466	1,8771	0,87334	2,14632	6,27021	5,74507
Punto 68	6,01575	5,33605	5,33311	6,18649	5,82495	4,42695	6,01575	1,62153	1,0542	2,09999	6,28137	6,14593
Punto 69	2,58021	5,93772	5,82258	5,12172	5,60523	5,53905	2,58021	1,73034	2,01385	0,66619	2,26939	1,78201
Punto 70	0,87325	5,86873	6,58348	5,80387	5,08291	5,3269	0,87325	5,23171	5,229	1,09268	2,48852	1,379
Punto 71	5,90336	5,72138	5,24843	5,92205	6,37926	5,59082	5,90336	1,2666	1,15141	1,25975	5,17617	5,37006
Punto 73	0,33108	1,36181	1,88902	3,43205	5,53597	5,15572	0,33108	5,64663	6,10912	1,14149	1,73527	1,63322
Punto 74	0,4437	4,46596	5,94984	6,07145	5,19851	4,929	0,4437	6,02241	6,31936	1,19433	2,63852	1,71394
Punto 75	0,33347	2,2765	3,84779	5,11826	5,50894	4,73465	0,33347	6,02575	6,53935	1,16074	2,5141	1,66886

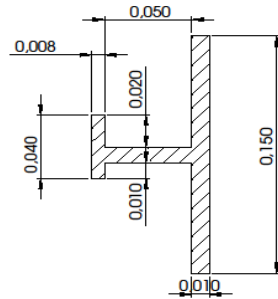
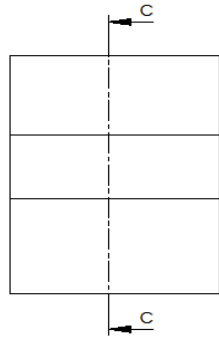
## 7.2. Croquis piezas modelizadas



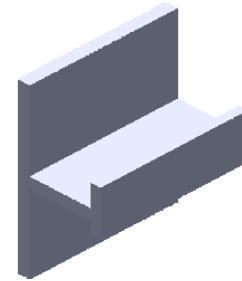
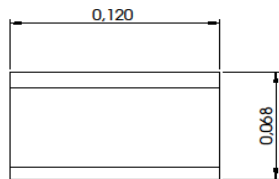


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: R: RASURADO L: LIJADO A: ANGULAR				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARELAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
NOMBRE				FECHA	RECHA	TITULO	
DISEÑO						Pieza 2	
USO:							
APROBADO:							
FABR:							
CALIB:							
				MATERIA:		Nº DE DIBUJO	A3
				RESO:		ESCALA: 1:10	Hoja 1 DE 1

Modelización del viento en edificios sobre revestimientos ventilados con aplacado cerámico



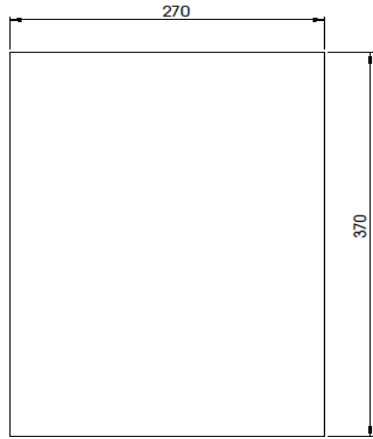
SECCIÓN C-C  
ESCALA 1 : 2



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ENTENDEN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y RECORTE ABISLAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISION	
NOMBRE: _____ FIRMA: _____ FECHA: _____ DIBUJ: _____ VISTO: _____ APROBADO: _____ DISEÑO: _____ CALIDAD: _____				MATERIAL: _____ PESO: _____		Nº DE DIBUJO <b>Pieza 3</b>		ESCALA: 1:10		HORAS: 1 DE 1	







SINO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE DEDUCEN EN MM ACABADO ESTERMINAL: SUELEN INDICAR: LINEAL: ANGULARES:				ACABADO:		REBARBATY EN SUER ABREAS VVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISION	
DIBUJ				NOMBRE		FIRMA		FECHA		TITULO:	
VERE											
AUTOR											
FABR											
CAUD								MATERIAL:		Nº DE DIBUJO	
										Pieza 6	
								ESCALA: 1:10		HOJA 1 DE 1	
										A3	





Tabla D.1 Corrección de la velocidad básica en función del periodo de servicio

Periodo de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coefficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,90	0,95	1,00	1,08

## D.2 Coeficiente de exposición

- 1 El coeficiente de exposición  $c_e$  para alturas sobre el terreno,  $z$ , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F + 7 k) \quad (D.2)$$

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) \quad (D.3)$$

siendo  $k$ ,  $L$ ,  $Z$  parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	$k$	$L$ (m)	$Z$ (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

## D.3 Coeficientes de presión exterior

- 1 Los coeficientes de presión exterior o eólico,  $c_p$ , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.
- 2 En las tablas D.3 a D.13 se dan valores de coeficientes de presión para diversas formas simples de construcciones, obtenidos como el pésimo de entre los del abanico de direcciones de viento definidas en cada caso. En todas ellas la variable  $A$  se refiere al área de influencia del elemento o punto considerado. El signo \* indica que el valor es idéntico al de la casilla superior. Cuando se aportan dos valores de distinto signo separados, significa que la acción de viento en la zona considerada puede variar de presión a succión, y que deben considerarse las dos posibilidades. En todas las tablas puede interpolarse linealmente para valores intermedios de las variables. Los valores nulos se ofrecen para poder interpolar.
- 3 Para comprobaciones locales de elementos de fachada o cubierta, el área de influencia será la del propio elemento. Para comprobaciones de elementos estructurales subyacentes, el área de asignación de carga. Si la zona tributaria del elemento se desarrolla en dos o más zonas de las establecidas en las tablas, como es el caso de análisis de elementos estructurales generales, el uso de los coeficientes tabulados opera del lado de la seguridad, toda vez que no representan valores simultáneos de la acción de viento.
- 4 Para elementos con área de influencia  $A$ , entre  $1 \text{ m}^2$  y  $10 \text{ m}^2$ , el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$c_{p,e,A} = c_{p,e,10} + (c_{p,e,10} - c_{p,e,1}) \cdot \log_{10} A \quad (D.4)$$

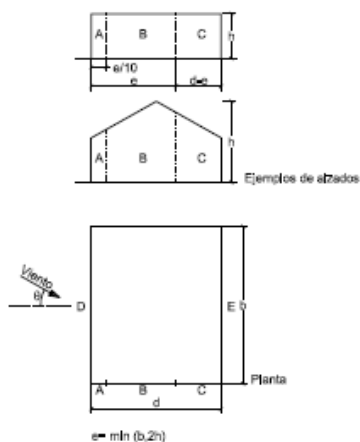
siendo:

$c_{p,e,10}$  coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia  $A \geq 10 \text{ m}^2$

$c_{p,e,1}$  coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia  $A \leq 1 \text{ m}^2$

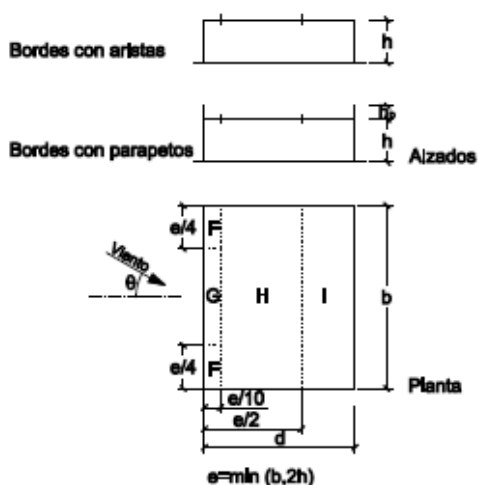
- 5 En caso de construcciones con forma diferente de las aquí establecidas, deberá procederse por analogía, considerando, si es preciso, que el volumen está formado por la construcción considerada y las medianeras.
- 6 Se permite el empleo de las tablas de coeficientes de presión de la norma EN 1991-1-4, tanto para las formas canónicas no incluidas en este Documento Básico como para los coeficientes globales de fuerza de las que sí están incluidas.

Tabla D.3 Paramentps verticales



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
$\geq 10$	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	0,7	-0,3
$\leq 1$	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	-	-	-	-	-0,5
	$\leq 0,25$	-	-	-	-	-0,3

Tabla D.4 Cubiertas planas



	$h_p/h$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$			
			F	G	H	I
Bordes con aristas		$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	0,2 -0,2
Con parapetos	0,025	$\geq 10$	-1,6	-1,1	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-2,2	-1,8	-1,2	0,2 -0,2
	0,05	$\geq 10$	-1,4	-0,9	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-2,0	-1,6	-1,2	0,2 -0,2
	0,10	$\geq 10$	-1,2	-0,8	-0,7	0,2 -0,2
		$\leq 1$	-1,8	-1,4	-1,2	0,2 -0,2

Nota: Se considerarán cubiertas planas aquellas con una pendiente no superior a 5°

## Apéndice E Cálculo de los parámetros característicos de la demanda

### E.1 Transmitancia térmica

#### E.1.1 Cerramientos en contacto con el aire exterior

- 1 Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>, despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

- 2 La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (\text{E.1})$$

siendo

$R_T$  la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> K/W].

- 3 La resistencia térmica total  $R_T$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{se} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{sa} \quad (\text{E.2})$$

siendo

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) [m<sup>2</sup> K/W];

$R_{se}$  y  $R_{sa}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> K/W].

- 4 En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total  $R_T$  debe calcularse mediante el procedimiento descrito en el apéndice F.

- 5 La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (\text{E.3})$$

siendo

e el espesor de la capa [m].

En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

- $\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>sa</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

- 6 Las cámaras de aire pueden ser consideradas por su resistencia térmica, para ello se consideraran:

a) cámara de aire sin ventilar: aquella en la que no existe ningún sistema específico para el flujo del aire a través de ella. Una cámara de aire que no tenga aislamiento entre ella y el ambiente exterior pero con pequeñas aberturas al exterior puede también considerarse como cámara de aire sin ventilar, si esas aberturas no permiten el flujo de aire a través de la cámara y no exceden:

- i)  $500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla E.2 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Los valores son aplicables cuando la cámara:

- esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y cuyas emisividades sean superiores a 0,8;
- tengan un espesor menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones y no mayor a 0,3 m;
- no tenga intercambio de aire con el ambiente interior.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en  $\text{m}^2 \text{K/W}$

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Para un cálculo más detallado se considera válido el procedimiento descrito en el apartado B.2 de la norma UNE EN ISO 6 946:1997.

b) cámara de aire ligeramente ventilada: aquella en la que no existe un dispositivo para el flujo de aire limitado a través de ella desde el ambiente exterior pero con aberturas dentro de los siguientes rangos:

- i)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{aberturas}} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $500 \text{ mm}^2 < S_{\text{aberturas}} \leq 1500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

La resistencia térmica de una cámara de aire ligeramente ventilada es la mitad de los valores de la tabla E.2.

c) cámara de aire muy ventilada: aquella en que los valores de las aberturas exceden:

- i)  $1500 \text{ mm}^2$  por m de longitud contado horizontalmente para cámaras de aire verticales;
- ii)  $1500 \text{ mm}^2$  por  $\text{m}^2$  de superficie para cámaras de aire horizontales.

- 7 Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.

- 8 La transmitancia térmica  $U_{\text{ext}}$  ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ) de las medianerías se calculará como un cerramiento en contacto con el exterior pero considerando las resistencias superficiales como interiores.

